



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

STUDIE KONSTRUKCÍ HARVESTORŮ V LESNÍ  
TĚŽBĚ

STUDY OF HARVESTERS DESIGNS IN LOGGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Gajdoš

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Mergl, Ph.D.

BRNO 2025



## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	<b>Ondřej Gajdoš</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	<b>Ing. Václav Mergl, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Studie konstrukcí harvesterů v lesní těžbě**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Provedení rešeršní analýzy konstrukcí harvesterů v rámci jejich využití v lesní těžbě. Studie obsahuje schématické nákresy základních konstrukčních uzlů.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Rešeršní rozbor konstrukcí harvesterů a jejich využití. Schématické nákresy jednotlivých konstrukčních uzlů. Odevzdání schématických nákresů. Rozdělení harvesterů do jednotlivých kategorií. Porovnání dostupných technických parametrů daných strojů.

#### **Seznam doporučené literatury:**

MALÍK, Václav; DVOŘÁK, Jiří. 2007. Harvesterové technologie a vliv na lesní porosty: Harvester technologies and impact on forest stands. Praha [i.e. Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce. Folia forestalia Bohemica: sborník původních vědeckých prací a monografií, 5. ISBN 978-80-86386-92-8.

NERUDA, Jindřich. Harvesterové technologie lesní těžby. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-842-4.

NERUDA, Jindřich. 2021. Soustředování dříví vyvážecí traktorovou soupravou s vyvážecím traktorovým přívěsem LV10 HP: charakteristika ověřené technologie. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-787-3.

ULRICH, Radomír; ZEMÁNEK, Tomáš; NERUDA, Jindřich. 2021. Uplatnění harvesteru s multifunkčním pojezdem a hybridním pohonem pro předmýtní těžby: certifikovaná metodika = Application of harvester with multifunctional travel and hybrid drive for thinning. Brno.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí harvesterů a využití této techniky v lesní těžbě. Práce je rozdělena na tři části. První částí je využití harvesterů v lesní těžbě a obecné rozdělení harvesterů. Ve druhé části jsou popsány konstrukční celky harvesterů s ohledem na využití a jejich výhody a nevýhody. Poslední částí je porovnání technických parametrů vybraných kolových a pásových harvesterů. Studie obsahuje schématické nákresy některých konstrukčních uzlů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Harvester, podvozek, rám, náprava, hydraulický jeřáb, kabina.

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction of harvesters and the application of this technology in forest logging. The thesis is divided into three parts. The first part is the use of harvesters in forest logging and the general classification of harvesters. In the second part, the construction units of harvesters are described with regard to their application and their advantages and disadvantages. The last part compares the technical parameters of selected wheel and tracked harvesters. The study includes schematic drawings of some of the construction units.

## KEYWORDS

Harvester, chassis, frame, axle, hydraulic crane, cab.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GAJDOŠ, Ondřej. *Studie konstrukcí harvestorů v lesní těžbě*. Online, bakalářská práce. Václav MERGL (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/162289>.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Václava Mergla Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 17. května 2025

.....

Ondřej Gajdoš

## PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Merglovi Ph.D. za jeho vstřícnost, ochotu a odborné rady při pracování na této práci. Dále bych rád poděkoval rodině za podporu po celou dobu studia.

## OBSAH

Úvod.....	10
<b>1 Harvestor a využití v lesní těžbě.....</b>	<b>11</b>
1.1 Základní rozdělení harvesterů .....	11
1.2 Využití harvesterů v lesní těžbě.....	12
1.3 Sortimentní těžební metoda (CTL) .....	13
1.4 Nasazení harvesterů v lesní těžbě .....	15
<b>2 Konstrukční části harvestoru .....</b>	<b>18</b>
2.1 Podvozek.....	18
2.1.1 Kolový podvozek.....	19
2.1.2 Pásový podvozek .....	24
2.1.3 Kráčivý podvozek.....	27
2.2 Kabina.....	29
2.3 Hydraulický jeřáb .....	33
<b>3 Porovnání technických parametrů harvesterů .....</b>	<b>38</b>
3.1 Kolové harvestory .....	38
3.1.1 Porovnání technických parametrů malých harvesterů.....	38
3.1.2 Porovnání technických parametrů středních harvesterů.....	39
3.1.3 Porovnání technických parametrů velkých harvesterů.....	40
3.2 Pásové harvestory .....	41
<b>Závěr.....</b>	<b>43</b>
<b>Použité informační zdroje.....</b>	<b>44</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>56</b>

## ÚVOD

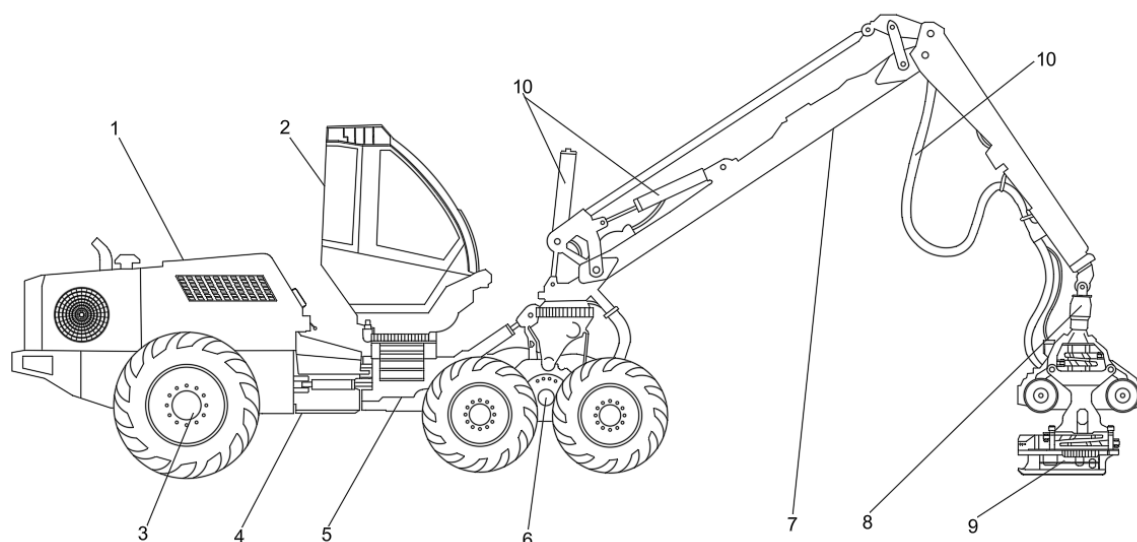
Za moderní těžbu dřeva se v dnešní době považuje použití vysoce mechanizovaných prostředků, tedy těžebně-dopravních strojů jako jsou např. harvestory a forwardery. V průběhu let procházely tyto stroje neustálým vývojem a pořád se zdokonalují. Dnes jsou tyto víceúčelové těžebně-dopravní stroje využívány v lesnictví ve všech vyspělých zemích, především díky své produktivitě, vysoké bezpečnosti práce a snížení fyzicky namáhavé práce. Na druhou stranu je ovládání a řízení takového stroje velmi složité a obsluha se musí před uvedením do provozu dostatečně kvalifikovat. Největší pozornost v lesní těžbě se upírá na ekologičnost provozu stroje a dopady mechanizované těžby na ekosystém. Tyto dva body jsou i hlavními kritérii, zda je vhodné nasadit tyto těžké stroje do těžebního procesu z pohledu produktivity [1].

Harvestor je jako celek velmi složitý stroj, skládající se ze základních konstrukčních prvků, které jsou popsány v této práci. Každý výrobce harvestorů používá různé konstrukční řešení na každý konstrukční prvek. Každé konstrukční řešení má svoje plusy i mínusy a podle toho zákazník vyhodnotí, která konfigurace je pro jeho oblast těžby nejvýhodnější. Bez ohledu na konstrukční řešení je každý harvestor nasazován do nerovného, někdy velmi členitého terénu a musí jím přejíždět bez větších problémů. Z bezpečnostních důvodů v náročném prostředí je třeba, aby harvestor vykazoval vysokou odolnost proti vnějším vlivům a dokázal ochránit operátora před nehodami [2]. Také na samotné vnější prostředí musí být harvestor co nejvíce šetrný, to je na první pohled těžké, vzhledem k tomu, že je harvestor velký a těžký stroj, ale při správném použití, harvestor téměř nepoškozuje lesní půdu [28].

Harvestory mají největší uplatnění v severských zemích Evropy a mají původ hlavně ve Finsku a Švédsku. Odsud se později rozšířily do celého světa. V ČR byl rozvoj mechanizované těžby pomalejší a i do dnešní doby je paralelně využíván s manuální těžbou dřeva, která i přes veškeré nevýhody oproti mechanizované těžbě bude i v budoucnu využívána díky své univerzálnosti oblasti těžby [11].

# 1 HARVESTOR A VYUŽITÍ V LESNÍ TĚŽBĚ

Harvestory jsou samopojízdné víceoperační stroje, které v jednom cyklu strom kácí, odvětvuje, rozřezává, měří, registruje, (příp. označuje), přemísťuje a ukládá výřezy [16]. Z důvodu chybějícího vyvážecího návěsu, nedisponují schopností vyvážení vyrobených výřezů na určité odvozní místo, ale pouze se jednotlivé výřezy nechávají v neurovnaných nebo urovnaných hraních, častěji jsou však ukládány do hromádek k okraji vyvážecích linek. K vyvážení výřezů pomocí těžebních strojů jsou v lesní těžbě využívány hlavně vyvážecí traktory (forwardery) a vyvážecí soupravy, které společně s harvestory tvoří tzv. harvestorové uzly. Harvestory jsou v průběhu celého pracovního cyklu plně mechanizovány a v určité míře automatizovány a z důvodu vysoce mechanizovaných technologií v lesní těžbě je zařazujeme do skupiny těžebně-dopravních strojů společně s dalšími víceoperačními těžebními stroji, a to vyvážecími traktory a vyvážecími soupravami [1]. Jako hlavní výhody této těžby dříví pomocí harvestoru je výrazně menší podíl manuální práce, vyšší bezpečnost práce a podstatně vyšší produktivita oproti těžbě prováděné klasickou motomanuální metodou [11]. Harvestor dokáže zpracovat strom v řádech několika minut, záleží na hmotnosti stromu. Tomuto času se zpracování stromu motorovou pilou nemůže ani přiblížit [27]. Hlavní součásti harvestoru jsou popsány v obr. 1.



1. Motor, 2. Kabina, 3. Zadní kolová náprava, 4. Zadní rám, 5. Přední rám, 6. Přední náprava (bogie), 7. Hydraulický jeřáb, 8. Rotátor, 9. Harvestorová hlavice, 10. Hydraulika hydraulického jeřábu a harvestorové hlavice

Obr. 1 Schématický náčrt harvestoru se základními konstrukčními částmi

## 1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ HARVESTORŮ

Podle tloušťky zpracovaného kmene a základních technických parametrů, rozdělujeme harvestory do tří výkonnostních tříd (dle Tab. 1):

Tab. 1 Výkonnostní třídy harvestorů a jejich základní technické parametry [2]

	Jednotky	Malé	Střední	Velké
<b>Výkon motoru</b>	[kW]	méně než 70	70–140	přes 140
<b>Hmotnost</b>	[t]	4–8	9–13	13–15 (18)
<b>Šířka</b>	[cm]	160–200	240–280	260–290
<b>Dosah jeřábu</b>	[m]	6	8,5 – 10	10–11 (15)
<b>Objem zpracovaných stromů (hmotnatost)</b>	[m <sup>3</sup> /strom]	až do 0,15	až do 0,35	přes 0,35
<b>Maximální řezný průměr</b>	[cm]	20–35	35–45	45–65
<b>Výkonost</b>	[m <sup>3</sup> /motohodinu]	3–5	4–8	5–15
	1000 m <sup>3</sup> /rok	7–8	12	18

Podle typu podvozku dělíme harvestory na (viz detailnější popis v kapitole 2.1) [1]:

- Kolové
- Pásové
- Kráčivé
- Kombinované

Podle umístění harvestorové hlavice dělíme harvestory na [3]:

- Výložníkové (širokozáběrové) - hlavice harvestoru je namontována na hydraulickém jeřábu.
- Kompaktní (úzkozáběrové) – nemají hydraulický jeřáb, ale harvestorová hlavice je umístěna přímo na přední části stroje. Kvůli absenci jeřábu, a tedy minimálnímu pracovnímu rozsahu, musí stroj zajíždět ke každému stromu. V dnešní době už nemají využití.

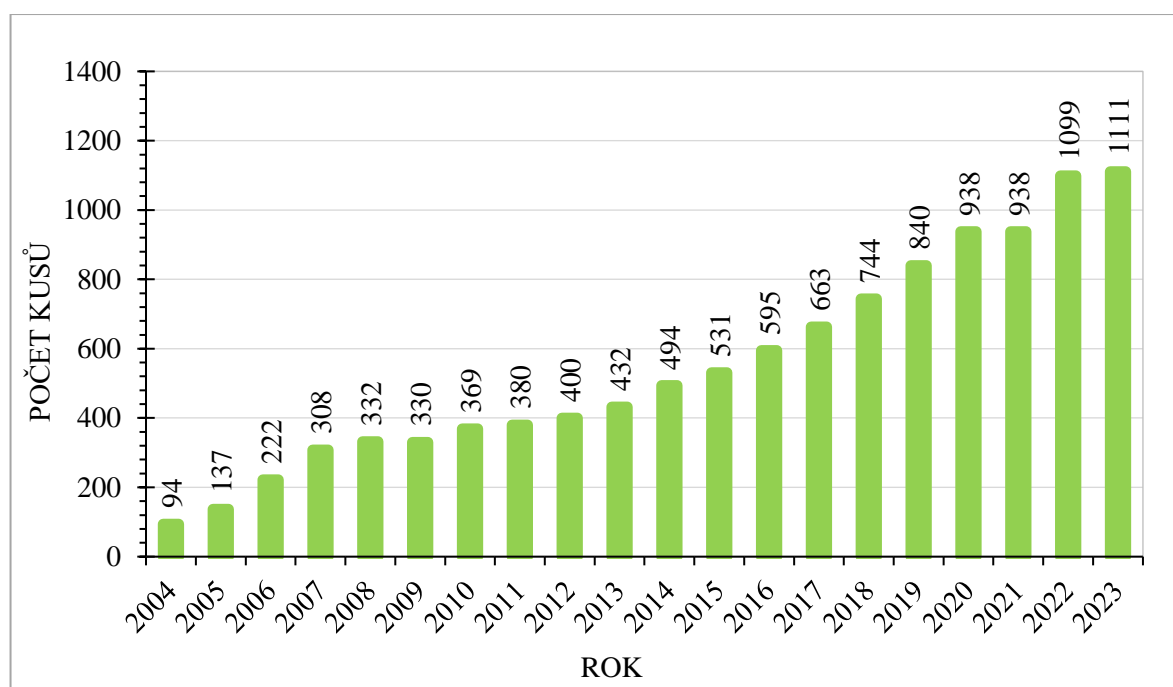
Podle technologie zpracování stromů dělíme dále výložníkové harvestory na [34]:

- Jednoúchopové – používanější a efektivnější konstrukce, kde celý strom je zpracován jednou harvestorovou hlavicí v jednom cyklu.
- Dvouúchopové – v dnešní době se již nepoužívá, hlavně z důvodu dvou hlavic potřebných pro vykonání celé operace (první operací kácení pomocí kácecí hlavice a poté je strom vkládán do procesorové hlavice na zadní části podvozku harvestoru a tam jsou vykonány všechny ostatní operace) [1].

## 1.2 VYUŽITÍ HARVESTORŮ V LESNÍ TĚŽBĚ

Harvestory se postupem času propracovaly až k samotnému vrcholu v oblasti lesní těžby jak v České republice, tak i ve světě. Tato vysoce mechanizovaná těžba dřeva má mnoho výhod, které jsou popsány v podkapitole 1.4. Harvestory využívají vlastní těžební metodu, označovanou jako těžební metoda harvestorová, která se řadí do mechanizované sortimentní metody těžby dřeva tzv. cut to length (CTL) a tato metoda u těžby harvestorem převládá.

Podrobnější popis metody těžby s obr. 28 v následující podkapitole. Harvestory vzhledem ke svým výčtům operací, kterými disponují, se řadí jako prvotní cyklus těžby dřeva. Následné vyvážení a přibližování je řešeno vyvážecí soupravou nebo forwarderem. Společně se často využívají jako kooperace v těžbě dřeva a tvoří tzv. harvesterový uzel. Harvesterové uzly jsou velmi výkonné a stačí pouze těchto dvou strojů pro veškerou práci spojenou s těžbou dřeva [1]. Stoupající poptávka po harvestorech lze vidět na obr. 2. Graf ukazuje počet harvesterů, které v daném roce byly v provozu v ČR. Do počtu harvesterů se zahrnují kolové, pásové i kráčivé podvozky a také všechny velikostní třídy. Z údajů vyplývá, že prakticky s každým rokem se zvětšuje počet harvesterů v tuzemsku a zvětšuje se tak podíl těžby dřeva vykonané harvesterovou technologií. V novodobé historii za posledních 10 let se počet harvesterů v ČR zvýšil o více než 60 %. Většina harvesterů v ČR je podle statistik s kolovým podvozkem. Jen asi necelé 4 % ze všech harvesterů v ČR jsou pásové z toho 3 harvestory používají kráčivý podvozek. Suverénně nejvíc roste počet kolových harvesterů. Pásové a kráčivé harvestory se prakticky využívají pouze ve ztížených půdních podmínkách, kde nelze použít kolového harvestoru a zůstávají ve stejném počtu od roku 2014.

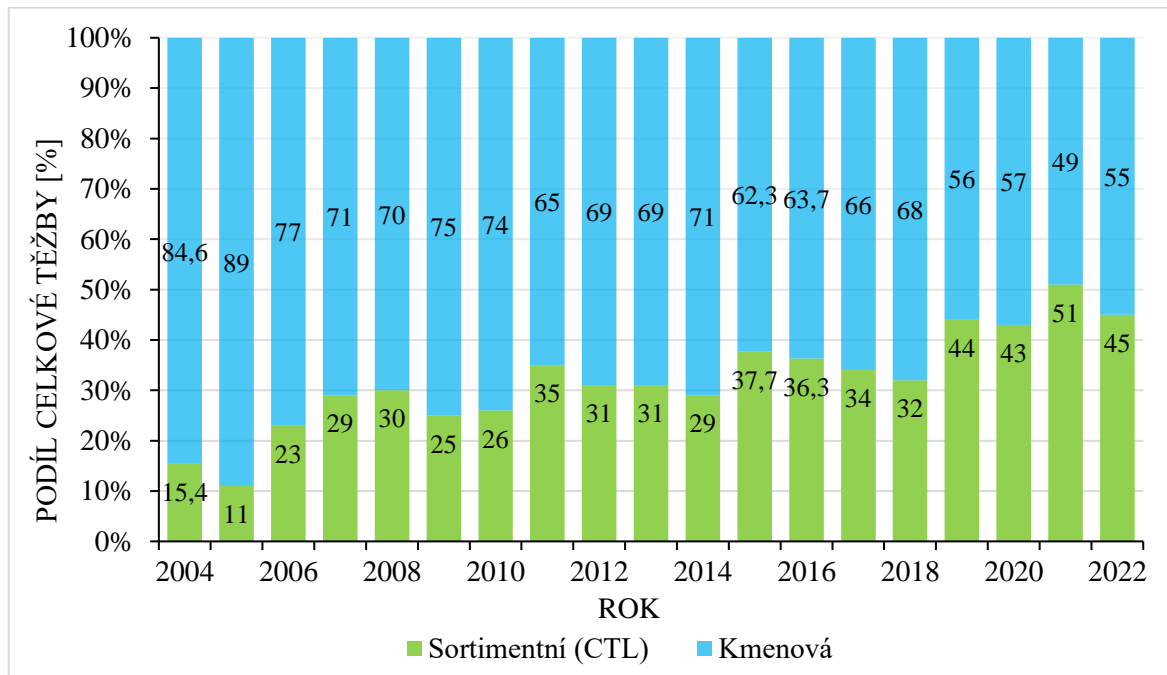


Obr. 2 Počet harvesterů v ČR [98-117]

### 1.3 SORTIMENTNÍ TĚŽBNÍ METODA (CTL)

Tato moderní těžební metoda využívá principu zpracování stromu ve dvou technologických fázích. První fází harvester strom pokácí, odvětví, nařeže na sortimenty a sortimenty ukládá podél vyvážecích linek. Poté ve druhé fázi přichází na řadu forwarder nebo vyvážecí souprava, která sortimenty dopraví na odvozní místo [24]. Stoupající zájem o harvestory v ČR má za následek změnu primární metody těžby dřeva. Jak už bylo zmíněno, harvestory využívají primárně sortimentní metodu těžby (dále také nazývanou CTL). V ČR se ale ve velké míře donedávna využívala tzv. kmenová metoda. Kmenová metoda těžby dřeva je složitější a je potřeba více pracovních strojů. Principem je pokácení a odvětvění stromu a následné vyvezení na odvozní místo celé délky stromu a až na odvozním místě se strom krátí na určité délky. Pro tuto metodu se nepoužívá harvester, hlavně z důvodu nevyužití

všech potenciálních operací harvestoru a v případě použití harvestoru, vzniká velké přetěžování stroje při odvětvování celých délek stromu [11]. Podíl metod těžeb v ČR za jednotlivé uplynulé roky je zobrazen na obr. 3. Lze pozorovat, že s postupem času se metoda CTL začala vyrovnávat metodě kmenové, hlavně z důvodu narůstajícího počtu harvestorů v ČR dle obr. 2. Za poslední roky se u nás poměr kmenové a sortimentní metody takřka vyrovnal a lze předpokládat, že s narůstajícím počtem harvestorů bude vzrůstat těžba sortimentní metodou a tedy se překloupí i poměr těžebních metod na stranu sortimentní.



Obr. 3 Procentuální podíl těžby dřeva v ČR [98-116]

Stejně jako u nás se i ve světě za posledních dvacet let metoda CTL vyšplhala na vrchol lesního těžebního průmyslu. Pro srovnání sortimentní metoda ve světě za rok 2021 činila 57% z celkové těžby dřeva. Zbýlých 43 % zahrnovala ruční těžba a metoda těžby celých stromů. Oblasti statistického šetření byly Severní a Jižní Amerika, Evropa a Rusko. V předchozích letech byly hodnoty sortimentní těžby o několik procent nižší a postupně se zvyšovaly. Lze usoudit, že stejně jako u nás bude podíl těžby sortimentní metodou v budoucnu stoupat. Největší podíl na metodě CTL má Evropa, kde např. v roce 2018 činila těžba metodou CTL 325,2 mil. m<sup>3</sup> dřeva z celkového vytěženého objemu dřeva v Evropě přibližně 390 mil. m<sup>3</sup> dřeva. To je větší objem dřeva vytěženého stejnou metodou než v Severní a Jižní Americe dohromady [24].

Důvodů využívání harvestorů v CTL metodě je mnoho. Celkově je metoda CTL šetrnější v poškození lesního porostu. Tím, že jsou sortimenty obvykle dlouhé do 4 m, jsou při dopravě v lesním porostu škody na stojících stromech redukovány do 5 %, což je mnohem méně než při dopravě celých délek dřeva, kde tato hodnota může dosahovat až 25 % [11]. Harvestory vyvíjejí vysoké měrné tlaky na půdu díky své hmotnosti a poškozují tak lesní půdu, což lze minimalizovat u sortimentní metody kladením větví a korun stromů na vyvážecí linku. Větvě vytvářejí mezivrstvu, která chrání lesní půdu před pojezdem lesních těžebních strojů. Tuto vlastnost nelze použít při kmenové metodě, kdy jsou větve skladovány poblíž odvozního místa nebo krajnici cest a živiny z větví a vrcholů stromů nejsou vstřebávány půdou [1].

Z ekonomického hlediska jsou metodou CTL kmeny stromů maximálně využity. Harvester kmen rozřezává na sortimenty různého využití nebo kvality, za účelem největšího cenového zpeněžení celého kmene, ale i podle toho co zákazník vyžaduje. Zmenšuje se tak plýtvání, které je častější u kmenové metody. Ekonomické výdaje na provoz kmenové metody jsou značně větší. Je potřeba více strojů, zpravidla nejméně tři a tím i více lidí na obsluhu. Vyrůstá také spotřeba pohonných hmot, které se do všech strojů musí zásobovat. Metoda CTL je v tomhle ohledu značně ekonomičtější [25].



Obr. 4 Odlesňování harvestorem [2]

#### 1.4 NASAZENÍ HARVESTORŮ V LESNÍ TĚŽBĚ

Nasazení harvesterové technologie vychází z určitých kritérií, které by se měly zvážit před začátkem nasazení harvestoru do provozu. Jednou z nejdůležitějších kritérií je ekonomická stránka provozu. Největší ekonomická náročnost představuje počáteční koupě stroje. Při správné logistice a organizaci těžby, dokáže harvester výkonně zpracovávat velké množství metrů krychlových dřeva. V případě nesprávného technologického postupu se snižuje produktivita vyrobených sortimentů, snižuje se zisk a zvyšují se náklady na provoz. Harvestory jsou složité stroje, které potřebují pravidelnou údržbu, aby podávaly vyrovnané výkony a prodloužila se životnost těchto strojů. Se snižujícími se fyzickými nároky se zvyšují spíše psychické. Operátor musí uvažovat o organizaci těžby, musí mít přehled ohledně konstrukčních částí stroje a jejich údržbě, musí se vyznat v řízení a ovládání celého stroje. Všechny tyto znalosti se obsluha harvestoru musí naučit a jsou nesmírně důležité k využívání harvestoru [2]. Dalším kritériem je oblast využití harvestoru. Mezi primární terénní faktory ovlivňující možnost nasazení harvesterů patří sklon terénu, únosnost a překážky v terénu. Harvestory dokážou účinně překonávat různé druhy terénů, v závislosti hlavně na typu podvozku. Vzhledem k tomu, že u nás je drtivá většina harvesterů kolová je hranice použití harvestoru do sklonu terénu 40 %, nad tuto hodnotu je jediným řešením použití motomanuální těžby [1]. Hraniční hodnota sklonu svahu pro použití harvestoru se liší s vlastnostmi daného harvestoru. Toto omezení lze z části vyřešit použitím harvestoru s pásovým, popřípadě kráčivým podvozkem nebo využitím trakčního navijáku. Trakční navijáky se používají v terénech, kde sám stroj nedokáže vyjet nebo sjet ze svahu s vysokým sklonem. Jsou to vlastně pomocné zařízení pro pojezd těžebních strojů [11]. Harvestory dokážou překonat

překážky až do 0,5 m [2]. V ostatních případech je znovu jedinou možností použití motomanuální těžby nebo použití kráčivého podvozku. Nejdůležitějším aspektem nasazení všech těžebně dopravních strojů je poškození půdy. Harvestory jsou v dnešní době schopny provozu celoročně. Záleží ovšem na únosnosti půdy a technických parametrech těžebního stroje. Nejproblematictější jsou půdy typu rašeliniště a sněhová vrstva na půdě. Obecně harvestory takřka vždy dosáhnou plastické deformace půdy, díky jejich vysoké hmotnosti [1]. Těžebně dopravní stroje obecně působí měrným tlakem na půdu od 40 do 100 kPa [26]. Kolové harvestory nemají tak dobré rozložení měrného tlaku na půdu jako pásové podvozky, ale lze je často vybavit kolopásky, které se měrným tlakem přibližují pásovým podvozkům. Kolopásky se používají v náročném nejméně únosných půdách a sněhu a zvyšují trakci podvozku. Díky tomuto řešení lze kolové harvestory s kolopásky použít místo pásového harvestoru [11].



*Obr. 5* Trakční pomocný naviják Haas [29]

Harvestory jsou primárně určeny ke zpracování jehličnatých (měkkých) stromů. Zpracování listnatých stromů harvestorem je méně časté. Listnaté stromy, jako buk nebo dub, jsou tvrdé dřeviny a oproti jehličnatým stromům se vyznačují větší hmotností, velkými korunami a většími větvemi, které by při zpracování, harvester přetěžoval a prodloužila by se doba zpracování stromu [28]. Těžba listnatých stromů harvestorem je možná při včasném zásahu do porostu nižšího věku, kdy stromy nejsou tolik vzrostlé, zpravidla ve výchovných těžbách. I přesto je potřeba použít silnějšího stroje, ale ekonomicky je tato těžba výhodná [1]. V dnešní době lze harvestory s ohledem na druh těžby použít od probírky až po velkou kalamitní těžbu. Pro každý druh těžby je specifická výkonnostní třída harvestoru. Malé harvestory se spíše hodí do výchovných těžeb, díky své malé velikosti a obratnosti v terénu. Střední harvestory jsou nejvíce univerzální, je možné je použít do probírek, ale zároveň díky vyšší výkonnosti se uplatní i v mýtních těžbách [2].



*Obr. 6* Výchovná těžba (probírka) harvestorem [33]

Velké harvestory se uplatní nejvíce ve velkoobjemových těžbách, jako jsou mýtní nebo kalamitní těžby. Díky své výkonnosti zvládnou kácet porosty vysokého věku. Velké harvestory jsou omezeny pouze na nahodilé (kalamitní) nebo obnovní (mýtní) těžby, v průběžných těžbách se nevyužívají, hlavně z důvodu zbytečného nevyužití celého potenciálu stroje a s tím i vyšší náklady na provoz většího stroje. Svoji roli hraje také velká hmotnost stroje, která více poškozují půdu mladších porostů a nízká obratnost stroje v porostu [1].

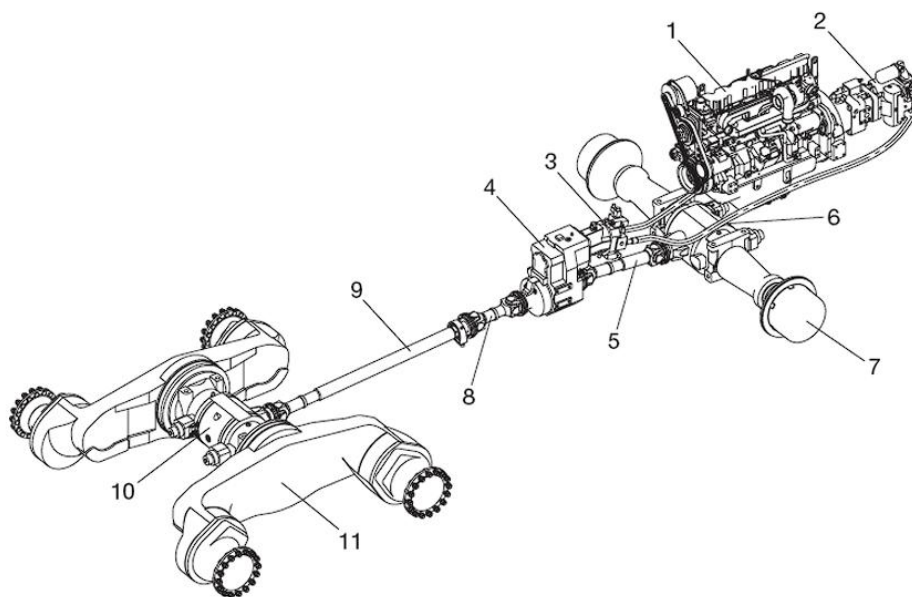


*Obr. 7* Kalamitní těžba harvestorem [32]

## 2 KONSTRUKČNÍ ČÁSTI HARVESTORU

### 2.1 PODVOZEK

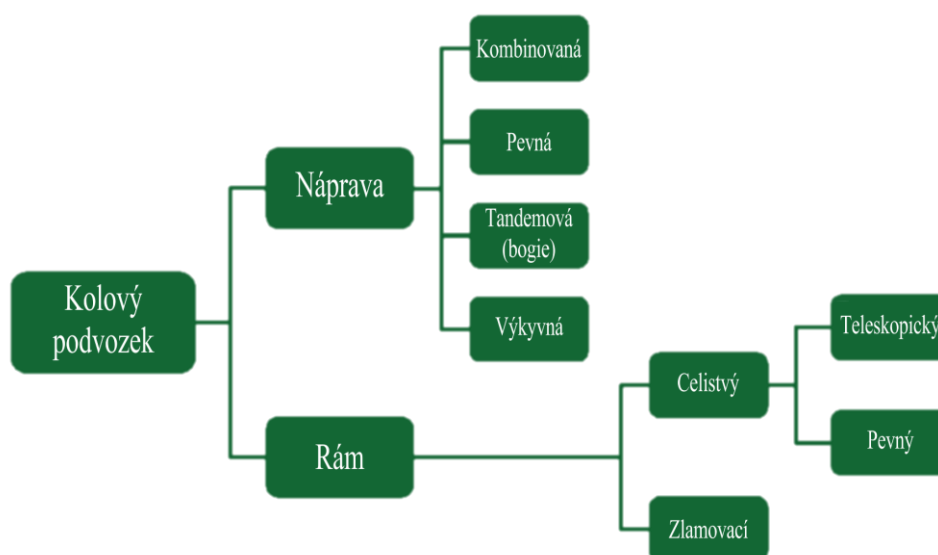
Podvozek, složený z rámu a nápravy, je hlavním nosným prvkem jakéhokoliv mobilního stroje a umožňuje pohyb stroje pomocí pojezdového ústrojí přenášeného na pohyblivý prvek (kola, pásy, ramena) s kontaktem se zemí. K rámu podvozku je přišroubovaná pohonná soustava skládající se z motoru a převodovky. V oblastech lesní těžby je typické, že pro pohon stroje využíváme hydrostaticko-mechanické pohonné soustavy [11]. Na obr. 8 je vidět popis jednotlivých konstrukčních částí podvozku s hydrostaticko-mechanickým pohonem. Princip přenosu hnací síly začíná u hydrogenerátoru 2, který je napojen na vznětový motor 1 a hydromotor 3 je namontován na hnanou hřídel převodovky a rozvodovky 4, která přenáší sílu na ozubená kola, převodovka je zpravidla s dvoustupňovým převodem (rychlý a pomalý rychlostní stupeň). Z převodovky 4 je pak hnací síla rozváděna na kardanový hřídel 5,8,9, dále na diferenciály přední a zadní nápravy 6,10 a odtud je pak kroutící moment převeden až na koncové převody kol 7 na zadní nápravě a koncové převody kol na přední bogie nápravě 11 [1]. Na konstrukci podvozku harvestoru závisí rozmístění dalších částí jako jeřáb, kabina, typ nápravy [9]. Harvestory využívají čtyři typy podvozků: kolový, pásový, kráčejší a kombinovaný [1]. Podvozky se konstrukčně vyrábí za účelem co nejmenší hmotnosti, největší možné univerzálnosti nasazení, nejnižší složitosti výroby, vysoké bezpečnosti a dalším podmínkám pro zajištění optimálního provozu. Každý typ podvozku harvestoru má určité vlastnosti, výhody a nevýhody spojené hlavně s pohybem v terénu, překonávání příčných sklonů a stabilitu podvozku. Volba typu konstrukce podvozku harvestoru je klíčová v oblasti využití stroje v těžbě a abychom dosáhli co nejučinnějšího provozu. Volbu konstrukce podvozku charakterizuje několik kritérií. Z pohledu technologie procesu je to druh pracovního cyklu, zatížení stroje vnějšími silami, pracovní rychlost a velikost stroje. Z pohledu prostředí, ve kterém pracuje je to stav a druh terénu [10]. Tento faktor se zaměřuje na měrný tlak na půdu a velikost kontaktní plochy a podle toho se volí typ podvozku. Posledním kritériem jsou jízdní vlastnosti a manévrovatelnost stroje. Zahrnuje to ekonomiku provozu, lze-li jezdit po veřejných komunikacích, vzdálenost přejezdu a manévrovatelnost v porostu [2]. Podrobněji popsáno níže u každého typu podvozku.



Obr. 8 Konstrukce podvozku a přenosu hnací síly šestikolového harvestoru [1]

### 2.1.1 KOLOVÝ PODVOZEK

Nejběžnějším způsobem pojezdu harvestorů je prostřednictvím kol a to čtyř, šesti, osmi koly. Kolový podvozek je ze všech typů nejvíce pohyblivý a může jezdit i na veřejných komunikacích oproti jiným typům podvozku [1]. V terénu je důležité, aby harvestor rovnoměrně rozložil svoji hmotnost na všechna kola a nedocházelo k velkému smykovému tření mezi koly a půdou a nezpůsobovalo se nadměrné poškození půdy [31]. Obecně kolové harvestory dokážou zvládat operovat v podélných sklonech půdy 25 až 50 % a v příčných sklonech maximálně 20 % [1]. Tyto hodnoty jsou závislé na kvalitě a stavu terénu a počtu kol podvozku a typu nápravy. Platí fakta, že kolové harvestory nejsou vhodné použít do bažinatého nebo velmi měkkého povrchu, záleží ovšem na počtu kol (zpravidla čím víc kol tím větší trakce a rozložení tlaku) a nezvládají tak velké sklony jako pásové nebo kráčivé harvestory [2, 87]. Kolový podvozek harvestorů má mnoho různých konfigurací konstrukce. Na obr. 9 je rozdělení kolových podvozků podle rámu a nápravy.



Obr. 9 Členění kolových podvozků

#### ZLAMOVCÍ RÁM

Nejčastějším typem rámu harvestoru je zlamovací, který se skládá ze dvou nebo tří částí a axiálního kloubu. Tento kloub tvoří spojovací segment částí rámu, které se dokážou vůči sobě natáčet podle horizontální osy a vertikální osy a zajišťuje trvalý kontakt všech kol s terénem [1]. Výrobce Ponsse Plc. a ProSilva Oyj používá také rám složený ze tří částí [9]. Mezi přední a zadní částí rámu je středová část, na které je uložena kabina s hydraulickým jeřábem, konkrétně například na modelu Ponsse Scorpion [30]. Standartní zlamovací úhel při řízení je do 45° a je vykonávány dvěma dvojčinnými přímočarými hydromotory a úhel ve směru kolem horizontální osy 12° až 24° je zachycován rámovou brzdou, která je spojena s přírubou axiálního kloubu a zadní částí rámu [11] a může mít podobu kotoučové brzdy nebo brzdy se dvěma přímočarými hydromotory [9]. Některé zlamovací rámy jsou konstruovány bez axiálního kloubu a používá se středový kloub, který se otáčí jen kolem vertikální osy a boční (horizontální) natáčení rámu je řešeno různými způsoby [11]. Výrobce ProSilva Oyj využívá u S5 [39] způsobu bočního náklonu přes přímočaré hydromotory rámové brzdy, které zároveň naklápí i otoč jeřábu [9]. Výrobce Komatsu Forest AB [35] využívá u osmikolových harvestorů funkci bočního náklonu zadní bogie nápravy, zobrazeno na obr. 10, pomocí dvou

přímočarých hydromotorů spojených s rámem a diferenciálem zadní nápravy [9]. Někteří výrobci využívají výkyvných náprav pro boční náklon harvestoru. ProSilva S6 [38] využívá výkyvné nápravy pouze zadního rámu a přední bogie náprava je konvenční s menším bočním náklonem [9]. Výrobce EcoLog AB u svých šestikolových harvestorů řady 500 [37] a Rottne H8e [36] posunuli hranice ještě dál a použili výkyvnou nápravu, umožňující nezávislý výkyv každého kola na předním i zadním rámu, což umožňuje rapidně zvýšit světlou výšku a tím má harvestor vysokou průchodnost i složitým např. kamenitým terénem [9, 31].



Obr. 10 Boční výkyv tandemové nápravy [35]

### CELISTVÝ RÁM

Druhým typem, méně častým je použití celistvého rámu. Nejjednodušším a ekonomicky nejvýhodnějším je použití celistvého pevného rámu. Tato koncepce se využívá jen výjimečně u malých čtyřkolových harvestorů a spíše se používá u traktorů a vyvážecích souprav [2, 9]. Zajímavým řešením je použití harvestoru s celistvým teleskopickým rámem společnosti Konrad Forsttechnik GmbH [40]. Společnost vyrábí dva modely harvestoru, jeden čtyřkolový a druhý šestikolový Highlander HL20-2 (viz obr. 11). Tyto harvestory mají společnou vlastnost v podobě nezávisle vysouvajících se zadních ramen kol a tím zvětšují rozvor stroje pro větší stabilitu v terénu. Společně s nezávislou výkyvnou nápravou na zadních kolech a možností řízení předních, zadních nebo všech kol u obou typů dokážou tyto harvestory skvěle postupovat terénem s vysokým sklonem a dokážou překonávat i členité nerovnosti terénu [41, 9]. Díky pohonu všech kol a systému krabího řízení dokážou výborně manévrovat v úzkých prostorech např. mezi stromy a přesně vymežit polohu stroje pro kácení stromů [42]. Krabí řízení je možnost otáčení všech kol do stejném úhlu a do stejného směru řízení. Výsledkem trajektorie pohybu stroje je šikmá přímočará jízda [43].

Dalším řešením je prototyp AH6 společnosti Agama a.s. Tento harvestor má hybridní pohonnou jednotku a podvozek s pevným rámem, na kterém jsou kyvně pomocí čepů uprostřed namontovány tuhé nápravy. Výkyv tuhých náprav vyrovnává boční nerovnosti terénu, klasickým způsobem přes dva přímočaré hydromotory spojené z jedné strany

k nápravě, z druhé k rámu stroje. Pro dobrou manévrovatelnost jsou všechna kola poháněná a kola obou náprav jsou vůči sobě nezávisle říditelná [97].



Obr. 11 Harvester Highlander HL20-2 [70]

### PEVNÁ NÁPRAVA

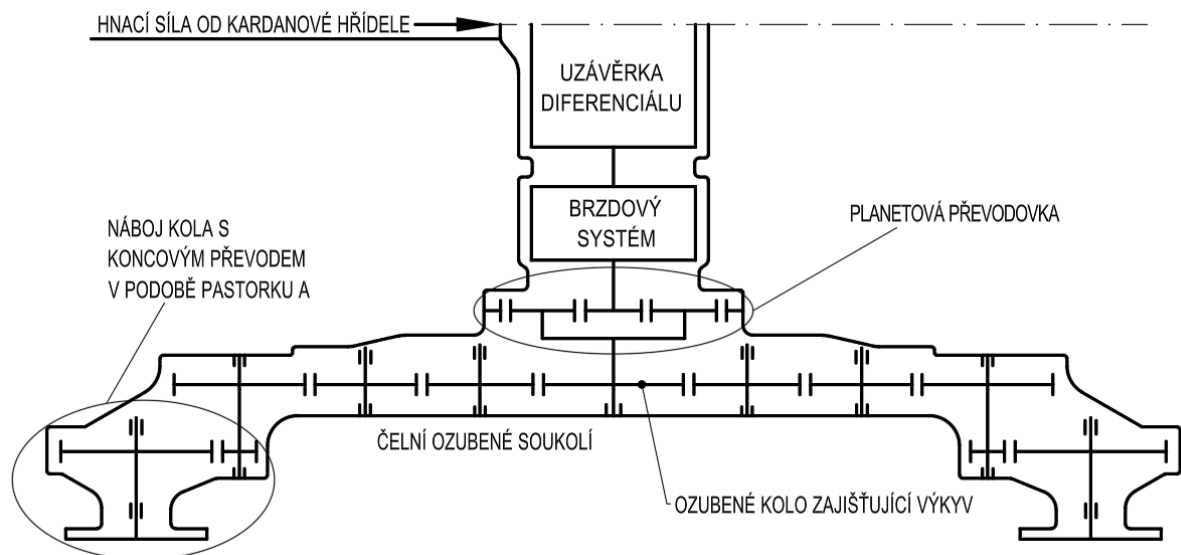
Další částí podvozku jsou nápravy. Principem je přenos hnací síly od rozvodovky na diferenciál, který rozděluje kroutící moment na hřídele vedoucí z diferenciálu až na koncové převody kol [1]. Podle počtu kol harvestoru, hmotnosti stroje a prostředí, kde harvester operuje se rozlišuje, kterou konstrukci použít [2].

Nejjednodušším ale robustním řešením je použití pevné nápravy. Principem je pevné spojení obou kol nápravy [55]. Použití pevné nápravy v harvesterových konstrukcích je značně omezené a aplikují se zpravidla jako doplněk do šestikolových harvestorů na zadní části rámu společně s tandemovou nápravou na přední části rámu. Největší použití výhradně jen pevné nápravy v přední i zadní části rámu je u čtyřkolových harvestorů a jiných traktorů, speciálních traktorů a lesních tahačů [1,11]. Příkladem jsou robustní harvestory Prosilva S3 [44] a malý Sampo Rosenlew HR46x [45] oba harvestory se kvůli své menší velikosti než šestikolové nebo osmikolové harvestory používají často do tzv. probírek, čemuž rozumíme jako řízené kácení stromů menší kvality abychom dali přednost pěstování stromů vyšší kvality [46]. Důvodem používání pevné nápravy oproti tandemové a výkyvné nápravě je jeho jednodušší a méně nákladná konstrukce a lepší ekonomika provozu. Přesto ovšem v terénu je důležité, aby měl stroj vysokou stabilitu a průchodnost i složitým terénem, kde pevná náprava zaostává kvůli své nízké flexibilitě [1].

### TANDEMOVÁ (BOGIE) NÁPRAVA

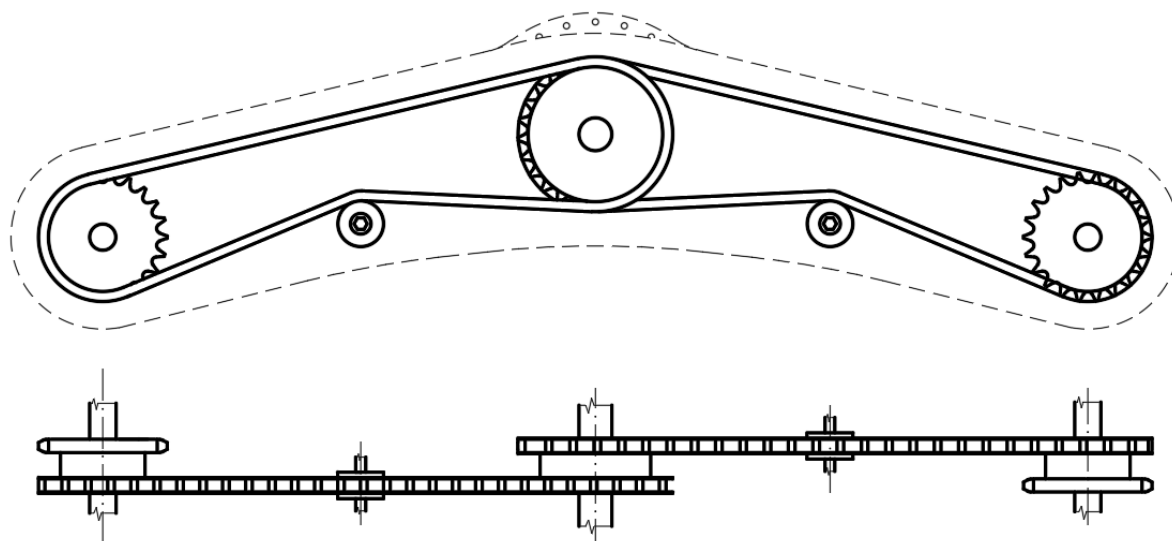
Konstruktivně složitějším řešením je použití tandemové také nazývané bogie nápravy. Toto řešení je v dnešní době více používané kvůli lepšímu rozložení tlaku na půdu mezi více kol

oproti pevné nápravě a vyšší stabilitě stroje [1]. Tento měrný tlak na půdu lze ještě snížit za pomoci aplikace kolopásů [11]. Tandemové nápravy mají celkově větší prostupnost terémem díky většímu nájezdovému úhlu, a tedy snadnějšímu překonávání překážek. Při nájezdu na překážku jednou stranou má tandemová náprava menší příčný výkyv než pevná náprava a komfortnější průjezd nerovnostmi [2]. Konstrukčně je tento výkyv tandemové nápravy řešen pevně uloženou střední částí rámu k podvozku, kde je uvnitř uložen diferenciál a hřídele s převody po stranách. Vůči pevnému rámu nápravy jsou na každé straně kyvně uložené boční skříňe tandemové nápravy s pevně uloženými hřídeli kol [11]. Výkyv skříňe tandemové nápravy je realizován přes ozubené kolo, popřípadě i planetovou převodovkou, na konci hřídele vedoucí z diferenciálu [47]. Navíc mohou být tandemové nápravy vybaveny jednosměrnými dvojcinnými přímočarými hydromotory, jeden na každou stranu nápravy, které dokážou zvednout přední i zadní tandemovou nápravu a harvestor nadále dokáže pojíždět pouze po čtyřech kolech. Tato funkce se hodí k překonávání vysokých nájezdových úhlů v terénu [9] a využívá ji firma Rottne Industri AB u svého harvestoru H11E [48] nebo harvestor Malwa 980 [54].



Obr. 11 Schéma bogie nápravy s čelními ozubenými převody

Stejně jako u pevné nápravy je hnací síla přenášena nejprve na uzávěrku diferenciálu. Uzávěrka diferenciálu má za úkol rozvést kroučící moment na pravou a levou hřídel v určitém poměru. Výrobce NAF Neunkirchener Achsenfabrik AG využívá ve svých tandemových nápravách čtyři různé typy konstrukcí diferenciálu [47], konkrétně multi-disk differential lock (MDDL) [49], automatická uzávěrka diferenciálu NoSpin [50], diferenciál s omezeným prokluzem (limited slip) [51] a uzavěrkový diferenciál s použitím tzv. dog clutch [52]. Vedle diferenciálu na každé straně je vestavěn brzdný systém, který se skládá z parkovací a provozní brzdy [47]. Rozvod hnací síly postupuje přes hřídele vedoucí z diferenciálu dále přes planetové převody, na zpravidla zubové nebo řetězové převody až na koncové hřídele kol na každé straně nápravy. Oba převody jsou uloženy v olejové lázni [1]. Koncový převod kol může být pro větší kroučící moment osazen planetovou převodovkou, která má v sobě zabudovanou kotoučovou brzdou s olejovou lázní. Pro menší kroučící momenty se využívá pastorku a ozubeného kola pro koncový převod kola [53]. Odlišností řetězového převodu je použití velkorozměrných ložisek pro výkyv tandemových náprav a použití u malých až středních harvestorů jako je tomu u firmy Malwa Forest AB [54].



Obr. 12 Schéma bogie nápravy s řetězovým převodem

### VÝKYVNÁ NÁPRAVA

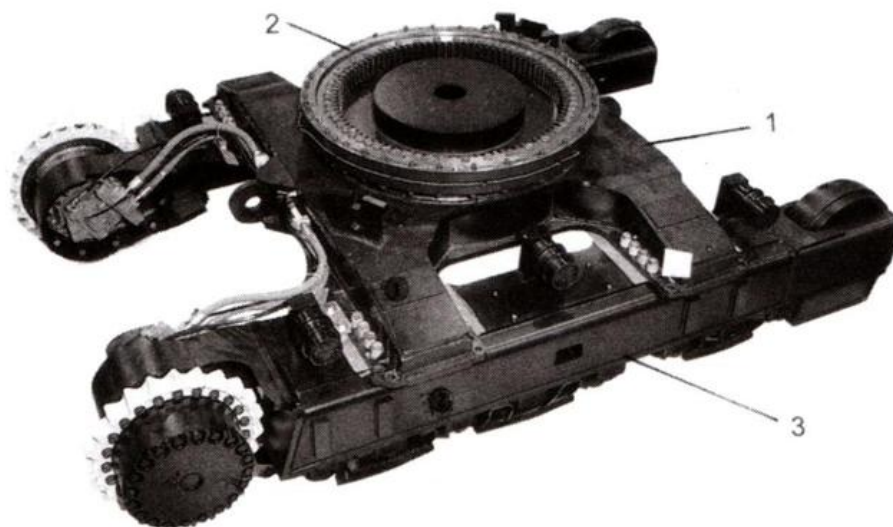
Výkyvné nápravy, jak už bylo zmíněno u různých typů rámu, jsou charakteristické tím, že každé kolo, jsou upevněny na rameni a nezávisle se výkyvně pohybují, popřípadě je výkyvná tandemová náprava, v tom případě se taková náprava nazývá kombinovaná. Tato koncepce se často využívá pro vyrovnávání povrchových nerovností a hladkému přejíždění lokálních nerovností u podvozků, které nemají axiální kloub a rámy jsou otočné jen kolem vertikální osy nebo je rám celistvý [11]. Přispívá také k vyšší stabilitě ve svažitém terénu. Díky výkyvným ramenům dokáže spolehlivě vyrovnat stroj do vodorovné pozice což nazýváme nivelace. Nivelace je ovládána ručně operátorem nebo automaticky senzory pomocí přímočarých dvojčinných hydromotorů. Nápravy jsou usazené blízko středového kloubu zlomovací nápravy a jsou spojené výkyvně k podvozku harvestoru velkorozměrovými ložisky nebo čepem. Pohon harvestoru s výkyvnou nápravou je často konstruován s hydromotorem přímo v náboji kola [9]. Podle konstrukce v náboji kola máme dvě alternativy. Při aplikaci pomaluběžného hydromotoru, konkrétně radiálního pístového hydromotoru, jsou výhodou kratší časy rozběhu a doběhu motoru. Nevýhodami jsou větší rozměry a hmotnost a vyšší výrobní náklady [69]. Druhou alternativou je použití klasických axiálních hydromotorů. Tyto motory kvůli svým vysokým otáčkám a nízkému krouticímu momentu musíme opatřit ještě planetovou převodovkou, stejně jako u tandemových náprav [10]. Hydromotory náboje kol a nivelace jsou nejčastěji poháněny axiálními pístovými hydrogenerátory. Nivelace může mít vlastní hydrogenerátor nebo je pohon nivelace hydromotorů společný s jiným hydraulickým okruhem stroje [9].



Obr. 13 Výkyv náprav harvestoru Ecolog řady 500 [71]

### 2.1.2 PÁSOVÝ PODVOZEK

Pásové podvozky harvestorů jsou využívány kvůli své schopnosti dobře rozložit vlastní hmotnost stroje a tím dosahovat velmi nízkých měrných tlaků na půdu [1]. Pásové podvozky díky hmotnosti stroje a velké stykové ploše s půdou mají výborné trakční schopnosti i při plném zatížení, vysokou stoupavost svažitém terénem a stabilitu [11]. Tato hmotnost harvestoru s pásovým podvozkem je značně vyšší než u stejně velkých kolových harvestorů [54]. Tyto vlastnosti pásového podvozku harvestoru jsou užitečné zejména na měkkém, bažinatém terénu a celkově tam, kde kolové podvozky ztrácí trakci [1]. Dalším velkým rozdílem oproti kolovému podvozku je nízká rychlost pojezdu a nutnost přesunu stroje na místo vykonání práce jiným přepravním strojem, z důvodu nemožnosti pohybu po zpevněných veřejných komunikacích, kvůli poškození vozovky v případě ocelových pásů [2]. Nevýhodami jsou vyšší ekonomika provozu a pořizovací cena [10].



Obr. 14 Nedělený rypadlový rám [10]

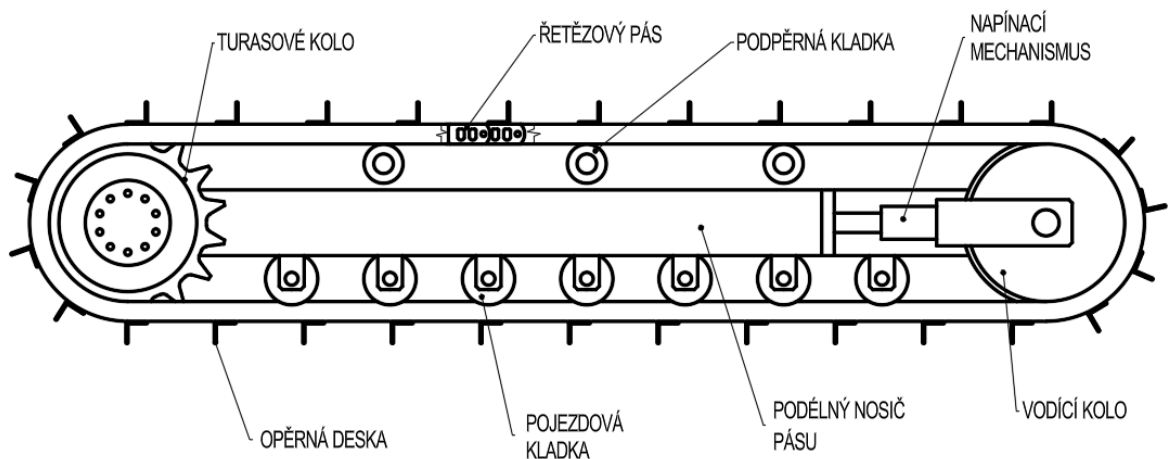
S rozdílnou konstrukcí rámu může být pásový podvozek rypadlový nebo nekonvenční [9]. Rypadlový rám je typ konstrukce pásových harvestorů, který je převzat z pásových podvozků zemních strojů [1]. Rypadlové rámy se člení na dělené a nedělené. Oba tyto rámy jsou na první pohled velmi podobné ale rozlišují se přichycením jednotlivých dílů rámu. Skládají se ze středního mostu, příčníků a podélných nosičů pásu. Díly neděleného rámu na obr. 14 jsou k sobě připevněny nerozebíratelným spojem (svarem). Na středním mostu 1 je přivařena kruhová příruba 2 pro velkorozměrné ložisko otoče kabiny a po stranách jsou přivařeny nosiče pásů 3 [9]. Tento rám se dá považovat za pevnou celistvou konstrukci a je levnější, konstrukčně jednodušší, dobře odolává zkrutu a kvůli své vysoké hmotnosti má výhodu dobré stability v určitých podmínkách a zároveň nevýhodu ve vyšším tlaku na terén [10]. Dělený rám je rozdělen na střední most a dva podélné nosiče pásu s příčnky, které jsou spojeny rozebíratelným spojem v podobě šroubů. Díky rozebíratelnosti lze namontovat rozměrově odlišné nosiče pásů podle prostředí a podmínek, ve kterých harvestor pracuje. Další odlišností je možnost využití hydraulické změny rozchodu pásů z důvodu zvýšení stability harvestoru. Rozchod se děje posuvně za použití přímočarých hydromotorů spojených se středním rámem stroje (střední most) a příčnky se zpravidla přivařenými nosiči pásů [9]. Tuto funkci (viz obr.15) využívá firma Impex Forstmaschinen GmbH u svého harvestoru T50, který má vlastní hmotnost okolo 50 tun, nosnost hydraulického jeřábu až 4,8 tun a musí mít s takovou hmotností stroje dobrou stabilitu [56]. Jiný způsob využívá kloubově uchycené nosiče pásů se středním mostem a taktéž přímočarými hydromotory. Pomocí kloubového spojení se mění rozchod nosičů pásu [10]. Bez ohledu na typ rypadlového rámu je tento podvozek poháněn obvykle rotačním hydromotorem, kdy se používají dva samostatné uzavřené okruhy (levý a pravý pás) skládající se v obou větvích z regulačního hydrogenerátoru, rotačního hydromotoru a planetové převodovky s parkovací brzdou jako koncový převod. Směr jízdy pásových strojů je řešen takřka vždy zpomalením až úplným zastavením jednoho z pásů bez přerušení pohonu [14]. Tento styl zatačení má velké dopady na deformaci půdy, zejména při otáčení na místě vznikají velké smykové síly v terénu a dochází k zhutnění a posunu půdy [31].



Obr. 15 Změna rozchodu pásů harvestoru Impex T50 [72]

Základní konstrukce pojízděcího ústrojí tvoří podélný nosník, který je součástí rámu a je nosným prvkem pojízděcího ústrojí. Nosník musí být schopen přenášet velké zatížení bez toho, aby se deformoval. Dalšími částmi, které jsou součástí nosiče pásu jsou řetězové (turasové) kolo, vodící kolo, napínací mechanismus, pojezdové a podpěrné kladky a pás [60]. Poháněné turasové kolo přenáší hnací sílu přes oka článků řetězového pásu [1]. Turasové kolo

je vyráběno jako jeden díl nebo je použit věnec složený se segmentů které se přichycují šrouby k tělesu kola. Celý pás je dále veden v dolní větvi nosnými kladkami a v horní větvi podpěrnými kladkami. Jedinou funkcí podpěrných kladek je bránit prověšení pásu [10]. Nosné kladky přenášejí tíhu stroje přes pás na půdu a snaží se kopírovat členitost terénu k zvětšení kontaktní plochy. Z důvodu členitého terénu se nosné kladky upevňují k podélnému nosníku volně [9]. Volné upevnění může mít podobu kyvně uloženého vahadla se dvěma kladkami, samostatného odpružení jednotlivé kladky pomocí torzní tyče nebo zkrutné pružiny, popřípadě vahadlovým dvoustupňovým systémem [10]. Aby se zajistil správný chod a účinnost pojezdu pásu musí být pás dostatečně napnutý, čímž dosáhneme správně zvoleným napínacím mechanismem. Moderním mechanismem je použití kombinací mechanického s pneumatickým nebo hydraulickým systémem, popřípadě hydraulicko-pneumatickým napínáním. Napínací mechanismus zajišťuje správné napnutí řetězu postupem času, kdy se řetěz roztahuje. Napínání je většinou aplikováno přes vodící kolo. Vodící kolo je specifické tím, že nemá ozubení a řetěz je veden nákrůžkem, který je z důvodu vysokého otěru povrchově kalen. Soustavu kol a kladek obíhá řetězový pás, na kterém jsou přišroubovány opěrné desky pásu [9]. Řetězový pás se skládá z jednotlivých článků, které jsou spojeny dutým hřídelem. Dutinou hřídele se napouští olej, který maže stěžejní třecí plochy pásu [21]. Opěrné desky pásu mohou být ocelové, pryžové. Ocelové jsou značně odolnější a mají vyšší nosnost, zato pryžové mají nižší tlak na půdu, tlumí rázy. Podle prostředí, ve kterém harvester s pásovým podvozkem využíváme máme volitelné šířky opěrných desek. S větší šířkou opěrných desek se lépe rozkládá měrný tlak na půdu a zvyšuje se nosnost stroje [26]. Široké opěrné desky se používají u tzv. Long Crawler podvozků, které jsou konstrukčně uzpůsobeny pro ty nejnižší měrné tlaky na půdu, díky velkému rozvoru pásů [10].



Obr. 16 Popis konstrukčních částí pásového rypadlového podvozku

Nekonvenční pásový podvozek má podobu kolového zlamovacího podvozku s rozdílem změny kol za pásové jednotky. Pásové jednotky se nazývají „delta pásy“. Konstrukční prvky delta pásů jsou stejné jako u nosiče pásu rypadlového rámu. Nosné kladky harvestoru musí být stejně jako u rypadlového podvozku náležitě odpruženy, jinak by rázy při přejíždění nerovností poničily otvory uchycení kladek [9]. Výhodami nekonvenčního podvozku s pásy oproti rypadlovému podvozkem je větší stabilita a menší poškození půdy při zatáčení [1]. Toto řešení využívala firma Valmet AB (dnes Komatsu Forest AB), která vyráběla harvester Valmet 911 Snake, který za ideálních podmínek dokázal jezdit po svahu se sklonem až 70 % a

kácet stromy ve směru jízdy ze strmého svahu dolů i do strmého svahu nahoru [57]. Jiným řešením je harvester Eco Log 570 D, který má zlamovací rám se čtyřmi výkyvnými rameny a na každém pásovou jednotku nazývanou Soft Track [58]. Tato pasová jednotka má tvar trojúhelníku a je vybavena pryžovým pásem, který zvládá i např. zasněžený terén. Díky výkyvným ramenům je přehození pásové jednotky za kola velmi rychlé a operátor ji zvládne asi za dvě hodiny [59]. Oba tyto stroje jsou ale starší a v dnešní době se využívají delta pásy společně s kolovým podvozkem jako například společnost Prosilva Oyj konkrétně harvester Prosilva S4. Tato konfigurace je vhodná do proměnlivých podmínek terénu a kombinuje výhody i nevýhody obou typů podvozků [44].



Obr. 17 Harvester Valmet 911 Snake [73]

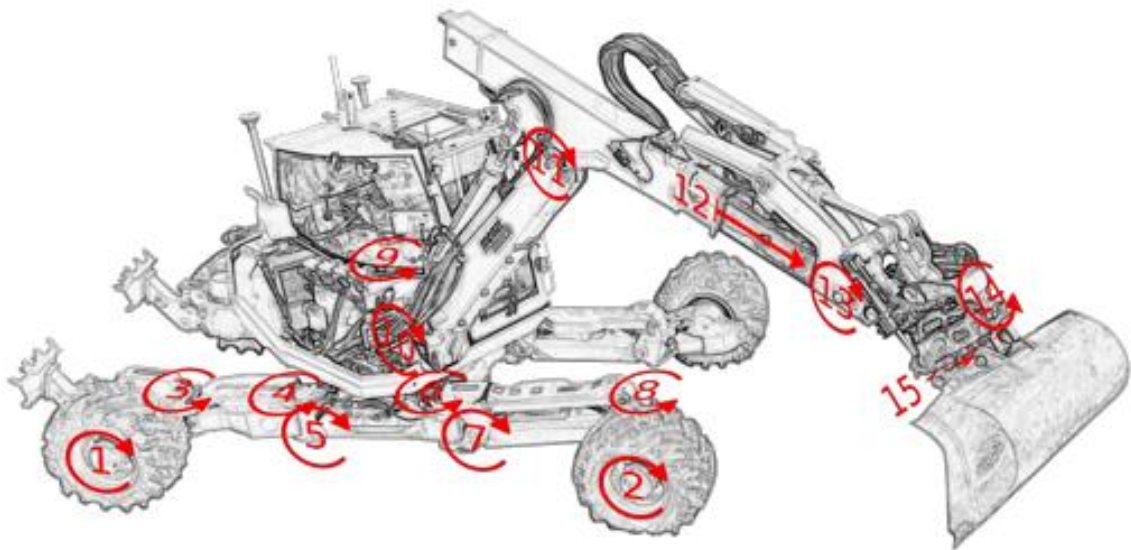


Obr. 18 Pásová jednotka Prosilvy S4 [74]

### 2.1.3 KRÁČIVÝ PODVOZEK

Specifickým způsobem pohybu harvestoru je kráčení. Tento neobvyklý pohyb je uskutečněn za použití kráčivého podvozku. Kráčivý podvozek byl primárně konstruován pro rypadla, ale začal se používat a vyvíjet i v lesním průmyslu. Výhodami těchto podvozků je výborná průchodnost jakýmkoliv terénem a v porovnání s ostatními podvozky dokáže pracovat v extrémně svažitém terénem [11]. Další výhodou jsou nízké měrné tlaky a malá hmotnost stroje [61]. Nevýhodami jsou nízká mobilita čili nemožnost častého přesunu stroje a tím i nižší produktivita práce. Nejčastější konstrukce kráčivých harvesterů využívá čtyři nezávisle hydraulicky poháněné nohy [1]. Rotační vazby nohou vizuálně jako na obr. 19 [64]. Nohy podvozku jsou téměř vždy vybaveny koly. Tyto kola mohou být poháněná (hydrokola) nebo nepoháněná. V praxi se využívá použití všech čtyř kol jako hydrokola nebo dvou zadních hydrokol a předních menších nepoháněných kol, kdy konce nohou s nepoháněnými kolama jsou teleskopická [14]. Harvester se všemi poháněnými koly má menší poloměr otáčení a celkově je lépe vyřešen problém s mobilitou. V případě pohybu celého stroje na nesjízdném terénu se pohyb uskutečňuje přes podepření stroje o podpěrnou patku na harvesterové hlavici na konci hydraulického jeřábu a následné nadzvednutí stroje a přitáhnutí nebo odtáhnutí pomocí hydraulického jeřábu na potřebné místo [1]. Typickými výrobci rypadlových kráčivých podvozků jsou např. Euromach Srl, Kaiser AG nebo Menzi Muck AG [14]. Podvozky Menzi Muck AG dokážou spolehlivě překonat kolové i pásové podvozky v jakékoliv složité práci a konkrétně vynikají svojí brodivostí vodou až 2,3 m a dokážou přelézt překážky vysoké 1,7 m [62]. Sám výrobce Menzi Muck AG tvrdí, že stroje s jejich kráčejícím podvozkem dokážou překonat stoupání až 100 % [61]. Kráčivé rypadlové podvozky jsou vzhledem ke své relativně malé velikosti a nízké hmotnosti výkonnější než těžké a velké pásové nebo kolové podvozky [63]. Kvůli svým více stupňům volnosti a

nutnosti použít více hydromotorů pro ovládání nohou, popřípadě ještě kol, je kráčivý podvozek velmi finančně nákladný a používá se v těch nejvíce nehostinných terénech [2,66].



Obr. 19 Označení možných rotačních pohybů kráčivého podvozku čísly 1 až 8 a čísla 9 až 15 pro rotační pohyb hydraulického jeřábu (číslo 12 je posuvný pohyb) [64]

Jako prototyp zůstal harvester Plusjack firmy Plusstech (dnes John Deer GmbH) a harvester Portalharvester. Plusjack je šestinohý harvester, který byl vyvinut do velmi strmých svahů, za účelem nevytvářet v půdě koleje jako u pásových nebo kolejových podvozků. Nohy byly hydraulicky ovládané, nezávisle na sobě a harvester se dokázal pohybovat všemi směry bez jakéhokoliv smyku na půdu při otáčení [65]. Pohyb harvestoru je řízen automaticky procesorem elektrického systému, propojený se senzory na nohou, které přesně vyměřují síly a stabilitu stroje při došlápnutí. Pohyb ovládá operátor, který rozdává pokyny procesoru pomocí joysticků v kabině [1].



Obr. 20 Šestinohý harvester Plusjack [75]



Obr. 21 Zkouška Portalharvesteru [67]

Portalharvester je speciální kráčivý harvester určený primárně do míst s citlivou půdou na tlak. Kabina harvesteru se pohybuje po jezdovém mostě dlouhém asi 8 m, který má na koncích stojan se třema nohama [68]. Projekt byl představen v roce 2013 ale pouze abstraktně, testován byl až v roce 2016 studentem Technické univerzity v Drážďanech [67]. Pohyb celého harvesteru je řešen přejetím kabiny po dráze jezdového mostu k jednomu ze stojanů, který se stane zatíženým a nadzvednutí nezatíženého protějšího stojanu a následné složení mostu a stojanu. Jakmile je harvester ve složeném stavu (viz obr. 22 vlevo), může se natočit kolem zatíženého stojanu a rozložit na další požadované místo těžby (viz obr. 22 vpravo). Velkou nevýhodou je zde nutnost přesunu na požadované místo těžby pomocí jiného transportního stroje [68].

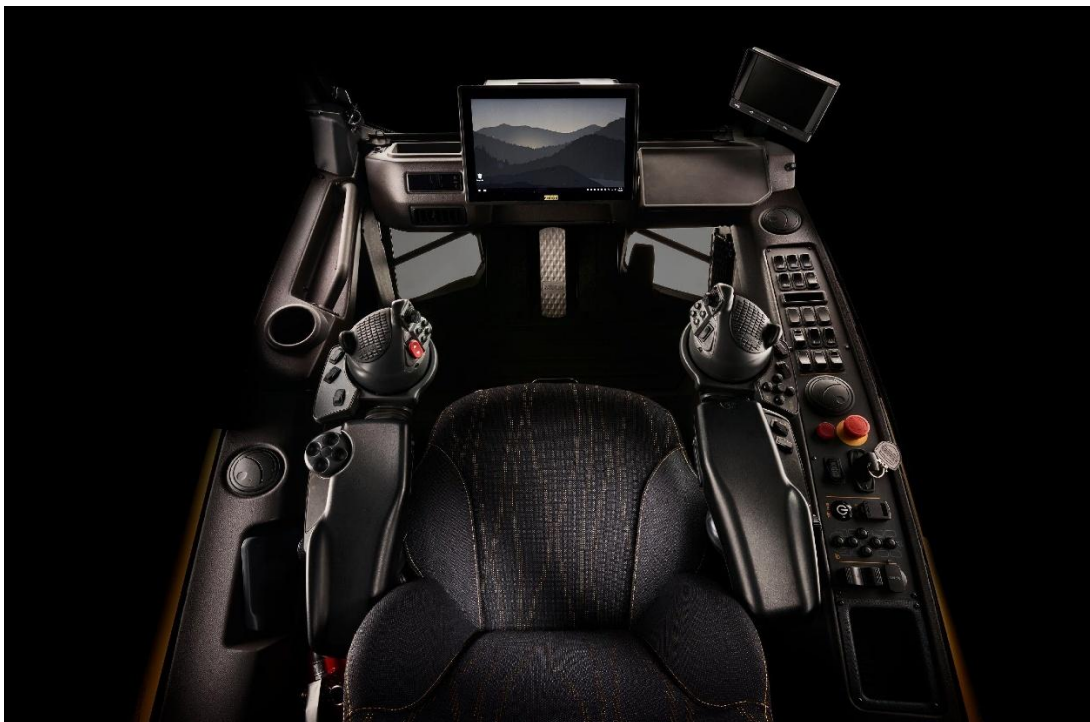


Obr. 22 Složený a rozložený stav Portalharvesteru [68]

## 2.2 KABINA

Kabina je část harvesteru, kde operátor většinu pracovního času ovládá veškeré funkce stroje. Obsluha stroje by se zde měla cítit komfortně, bezpečně a co nejjednodušeji a nejefektivněji ovládat stroj [1]. Podle požadavků zákazníků je interiér kabiny harvesteru neustále vylepšován výrobcem. V dnešních moderních kabinách lze nalézt velkou škálu odkládacích prostorů, různých nabíjecích portů, zvukového systému pro zpříjemnění práce, automatické klimatizace pro studené i teplé počasí nebo vytápěnou podlahu. Samozřejmostí je izolace

kabiny proti hluku [76,77]. Operátor pracuje na ergonomickém sedadle, ze kterého ovládá veškeré ovládací prvky kabiny [9]. Sedadlo je uzpůsobeno tak, aby operátorovi usnadnilo práci, co nejméně zatěžovalo svalstvo a aby měl zdravý posed [2]. Tyto vlastnosti zajišťují různé opěrky částí těla, vzduchové odpružení a nivelace sedadla nebo ventilace sedadla [78]. Činnost ovládacích prvků zajišťuje řídicí systém založený na technologii CAN (Controller Area Network) [1]. CAN systém je levná, snadno rozšiřitelná a spolehlivá síť pro vzájemnou komunikaci více nezávislých zařízení používající stejnou technologii. V průmyslu je velmi používána jako standartní sběrnice pro propojení elektronických řídicích jednotek a komunikaci mezi snímači, akčními členy a dalšími řídicími moduly na stroji [20]. Ovládací prvky najdeme v podobě joysticků a klávesnic na pravé a levé opěrce loktů. Joysticky ovládají pohyb harvestorové hlavičky a hydraulického jeřábu. Ergonomie zde také hraje roli při správném úchopu páky. Klávesnicí lze ovládat činnost kácací hlavičky a jiných funkcí. Ostatní tlačítka a ovladače jsou umístěny na palubní desce před operátorem, popřípadě nad operátorem ve stropě kabiny. Před operátorem je také displej, který vizuálně zobrazuje informace o stroji a činnosti, kterou provozuje. Ovládá se dotykově nebo klávesnicí a myší [1].



*Obr. 23* Pohled do kabiny harvestoru [30]

Vývoj nových moderních technologií jde dál a do kabin lesních strojů se poprvé testovalo použití rozšířené reality. Ta by měla pomoci zvýšit produktivitu a usnadnit práci. Byla použita obrazovka pro vizuální přenos, prototyp aplikace používající rozšířenou realitu, kamera na boku přilby operátora, senzory na hydraulickém jeřábu a značky pro správnou orientaci hlavy v prostoru kabiny. Na obrazovce se díky kaměře na hlavě operátora a systému zobrazují mračna bodů okolního prostoru a jeřáb v podobě přímek [83].



Obr. 24 Pohon otočného ložiska [22]

Kabiny harvestorů jsou ve většině případů vyráběny jako otočné, což zlepšuje přehled při práci. Ve zbylých případech jsou kabiny pevné a otáčí se sedadlo obsluhy [9]. Úhel otáčení je většinou od  $160^\circ$  [90] až do  $360^\circ$  kterými disponují například kabiny pásových harvestorů s rypadlovým rámem společnosti Neuson Forest [91]. Otáčení je konáno zubovým soukolím mezi pastorkem a ozubením velkorozměrného ložiska uloženého na rámu harvestoru viz obr. 24 [1]. Pohon zajišťuje rotační hydromotor přenášející moment do planetové převodovky a výstupním hřídelem je přenášen na pastorek, zabírající s ozubením velkorozměrného ložiska [10]. Hydromotory jsou většinou používány radiální pístové [9] nebo v případě firmy Menzi Muck axiální pístové společně s lamelovou brzdou [92]. Ložisko je složeno z vnitřního a vnějšího kroužku a mezi nimi z valivých těles. Ozubení může být vyrobeno na vnitřním nebo vnějším kroužku a podle toho je kroužek s ozubením přišroubován ke konstrukci kabiny a druhý kroužek bez ozubení je přišroubovaný k rámu podvozku stroje. Díky tomu je kabina otočná vůči podvozku stroje [93,94]. Vibrace a rázy absorbují silenbloky popřípadě přímočaré hydromotory [9]. Rozdílem mezi vnějším a vnitřním ozubením ložiska je větší velikost ložiska s vnějším ozubením společně s pohonem, pohon vnějšího ozubení se snadněji opravuje z důvodu snadnějšího přístupu k hydromotoru [95]. Otočné kabiny mají funkci sledování otáčení výložníku, která usnadňuje práci a zvyšuje efektivitu práce [79].



1. Vnitřní ložiskový kroužek, 2. Vnější ložiskový kroužek, 3. Těsnění, 4. Distanční vložka,
5. Valivá kulička

Obr. 25 Dvouřadé kuličkové otočné ložisko s vnitřním ozubením [86]

Další požadavkem je vyrovnávání tzv. nivelace. Řešena může být přímo nivelací otočné kabiny nebo v případě pevné kabiny je vyrovnáváno sedadlo operátora. Účelem nivelace je zvýšit komfort obsluhy při práci ve svažitém terénu vyrovnáním kabiny nebo sedadla do vodorovné polohy [79]. Vyrovnávání kabiny je realizováno přes přímočaré hydromotory, které dostávají signály od senzorů kolem otoče propojených s řídicím systémem. Sensory měří úhly naklonění kabiny. Řídicí systém vyhodnocuje data a přes hydraulický rozvaděč vyšle signál do přímočarého hydromotoru k vyrovnání kabiny [9]. Hydromotory také plní funkci tlumičů a absorbují rázy a vibrace spojené s přeježděním po nerovnostech [88]. Kabina je nivelována v podélném a bočním směru, většinou okolo 20° [1]. Kabina může být uložena na zadní nebo přední části rámu, v případech, kdy je rám stroje složen ze tří částí, je kabina uložena na střední části. Tato možnost zaručuje, že se přední a zadní rám naklání podle nerovností terénu, ale střední část s kabinou zůstává díky přímočarým hydromotorům vodorovná [30]. Jiným způsob nivelace a pohlcování rázů je využíván u pevné kabiny společností Ponsse Plc viz obr. 26, která niveluje celou přední nápravu proti rámu stroje. Pomocí přímočarých hydromotorů spojených s rámem a nápravou stroje [89].



*Obr. 26 Nivelace kabiny Active Frame [89]*

Jiným řešením je zavěšení kabiny na otočný sloup viz obr. 27. Otáčení je ovládáno operátorem v kabině. Kabina také dokáže nivelovat náklon stroje pomocí přímočarých hydromotorů ovládající kloubově uloženou konstrukci zavěšení kabiny. Klouby a hydromotory pohlcují vibrace a rázy ve vše třech osách spojené s pohybem harvestoru. Pro zvýšení efektivity tlumení lze použít pryžové měchy tlumící svislé vibrace. Nevýhodami těchto kabin je náročné nastupování a vystupování, proto byly později kabiny upraveny funkcí spuštěním kabiny při nástupu a vyzvednutím po nástupu [81].



Obr. 27 Zavěšení kabiny harvestoru na otočný sloup [96]

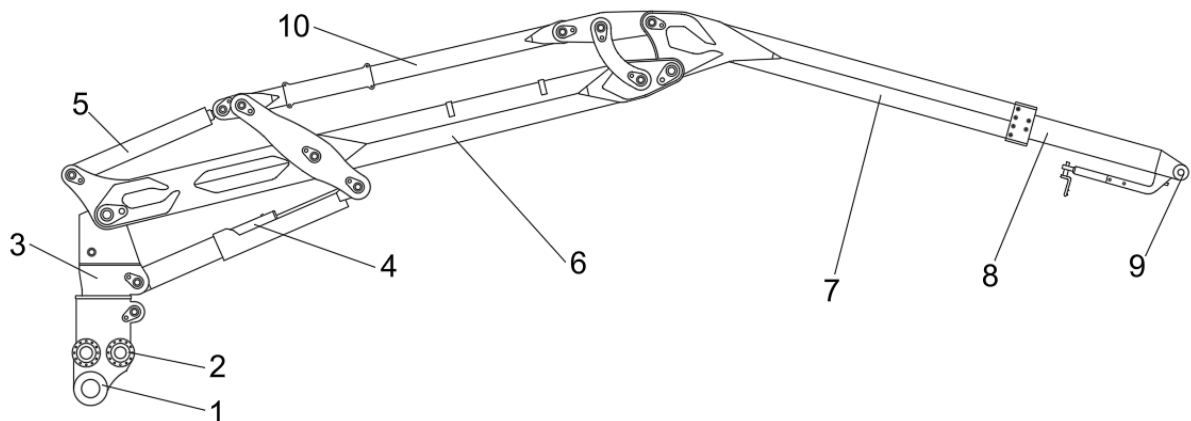
## BEZPEČNOST

V rámci bezpečnosti, je kabina jediná ochrana operátora v případě nehody a musí splňovat náležitě bezpečnostní normy. Tyto normy jsou spravovány Evropskou unií a chrání operátora před mechanickým poškozením kabiny [1]. Standartně k nim patří Roll-over Protective Structures (ROPS) – ISO 8082-2, což je ochranná konstrukce kabiny před rizikem převrácení stroje [82]. Tato ochranná konstrukce se v posledních letech testuje za pomoci topologické optimalizace technikou konečných prvků. Slouží k nalezení nejvhodnější konstrukce kabiny při simulaci převrácení a zrychluje návrh ROPS. Simulace má výhodu v nepotřebě vyrábět drahé prototypy pro zjištění správné konstrukce na experimentech [84]. V případě ochrany proti padajícím předmětům, jako jsou větve nebo článek přetrženého řetězu, slouží Falling Object Protective Structure (FOPS) - ISO 8083 [11]. Ochranu FOPS zajišťuje použití ochranných mříží a vícevrstvých polykompozitních skel nebo polykarbonátová skla. Skla se přilepují konstrukčním tmelem a zajišťují se šrouby spojující rámovou konstrukci kabiny a lištu chránící tmel [85]. Poslední normou je ochrana proti vnikajícím předmětům, Operator Protective Structure (OPS) – ISO 8084, která chrání operátora před vnějšími vlivy podobně jako FOPS [1]. Dalšími prvky bezpečnosti vybavené kabiny považujeme standartně nouzové tlačítko nebo jinak řečeno central stop, které při stisknutí zastaví stroj, aplikuje parkovací brzdu a ukončí všechny procesy. V případě převrácení harvestoru na dveře je nutné, aby se dovnitř nebo ven z kabiny harvestoru dokázal operátor dostat. Na to slouží nouzový východ v podobě otevíratelného okna [9].

## 2.3 HYDRAULICKÝ JEŘÁB

Hydraulický jeřáb harvestoru je klíčovým zařízením v lesnictví, které umožňuje efektivní manipulaci s dřevem během těžby. Jeho hlavní funkcí je zvedání, otáčení a polohování dřevních sortimentů tak, aby byly připraveny odvozu [4]. Na konci hydraulického jeřábu je namontovaná harvestorová hlavice. Hydraulické jeřáby mohou být na harvestorech umístěné před, za nebo vedle kabiny, přičemž hydraulický jeřáb před kabinou může být konstrukčně namontovaný na vlastní platformě nebo na společné platformě s kabinou harvestoru [9]. Hydraulické jeřáby mají maximální poloměr dosahu mezi 5 až 12 m, v závislosti na velikosti

harvestoru [11]. Výjimečně např. výložník harvestoru společnosti Impex Forstmaschinen GmbH má dosah 15 m [56]. Každá z umístění hydraulického jeřábu má svoje výhody. Z hlediska výhledu z kabiny je lepší řešení umístění hydraulického jeřábu vedle kabiny nebo za kabinou, kde hydraulický jeřáb neomezuje výhled operátora, navíc je kabina i jeřáb na společné platformě, takže mají společnou otoč a nemusí se řešit samostatná otoč hydraulického jeřábu. Z hlediska snížení vibrací a rázů od manipulace hydraulického jeřábu do kabiny je přínosnějším řešením oddělení platformy kabiny a hydraulického jeřábu pro lepší komfort operátora [79]. Hydraulické jeřáby mohou využívat centrální mazání pro pravidelné dodávání maziva do klíčových pohyblivých částí jeřábu, jako jsou ložiska, čepy a klouby. Systém dodává malé dávky maziva v pravidelných intervalech a tím zvyšuje životnost částí a zrychluje údržbu stroje [13]. Všechny pohyby jeřábu vyvozuje hydrostatická energie. Médium hydraulického okruhu je většinou hydraulický olej skladovaný v olejové nádrži, hydrogenerátor je zdrojem energie, který rozvádí hydraulickou kapalinu v okruhu přes potrubí do hydromotorů jeřábu. Hydrogenerátor jeřábu je většinou zubový. Hydromotory jeřábu jsou vybaveny pojistnými ventily, které zabráňují nekontrolovatelnému pádu hydraulického jeřábu v případě poruchy hydraulického okruhu [2].



1. základna hydraulického jeřábu, 2. hydromotory otoče, 3. sloup, 4. hydromotor hlavního ramene, 5. hydromotor výložníku, 6. hlavní rameno, 7. výložník, 8. teleskop, 9. připojení rotátoru, 10. paleogram

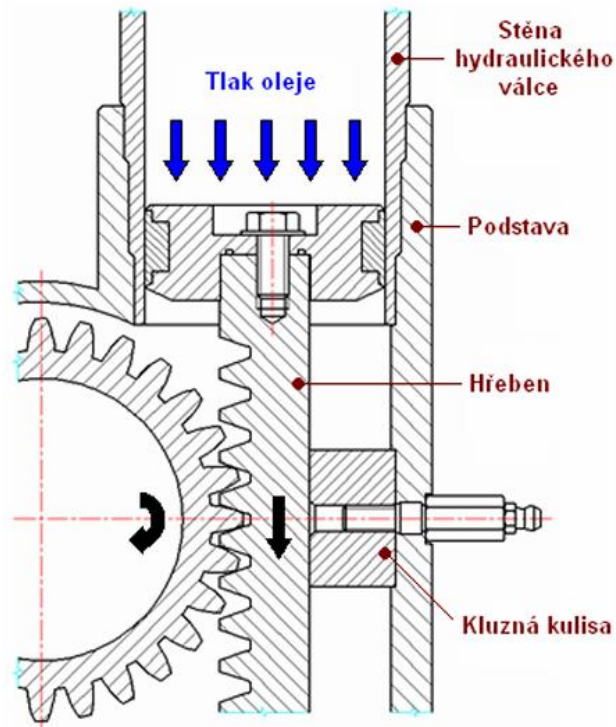
*Obr. 28* Konstrukční části paralelního hydraulického jeřábu

Klíčovým parametrem hydraulického jeřábu je zdvihový moment, který vyjadřuje schopnost jeřábu zvedat břemena na určité délce vyložení. Udává se v kilonewtonmetrech (kNm) a vypočítává se jako součin hmotnosti břemene a vzdálenosti od osy otáčení hydraulického jeřábu. Tento údaj je zásadní pro určení maximální nosnosti jeřábu při různých délkách vyložení. S rostoucím vyložením (vzdáleností břemene od osy otáčení) se snižuje maximální nosnost jeřábu a naopak, což vede k závislosti mezi těmito dvěma veličinami. Tento vztah je zásadní pro bezpečný provoz hydraulického jeřábu [5]. Podle tohoto zdvihového momentu se hydraulické jeřáby rozdělují na malé (do 100kNm), střední (od 100 do 160 kNm) a velké (nad 160 kNm) [11].



Obr. 29 Detail otoče a nivelace jeřábu [23]

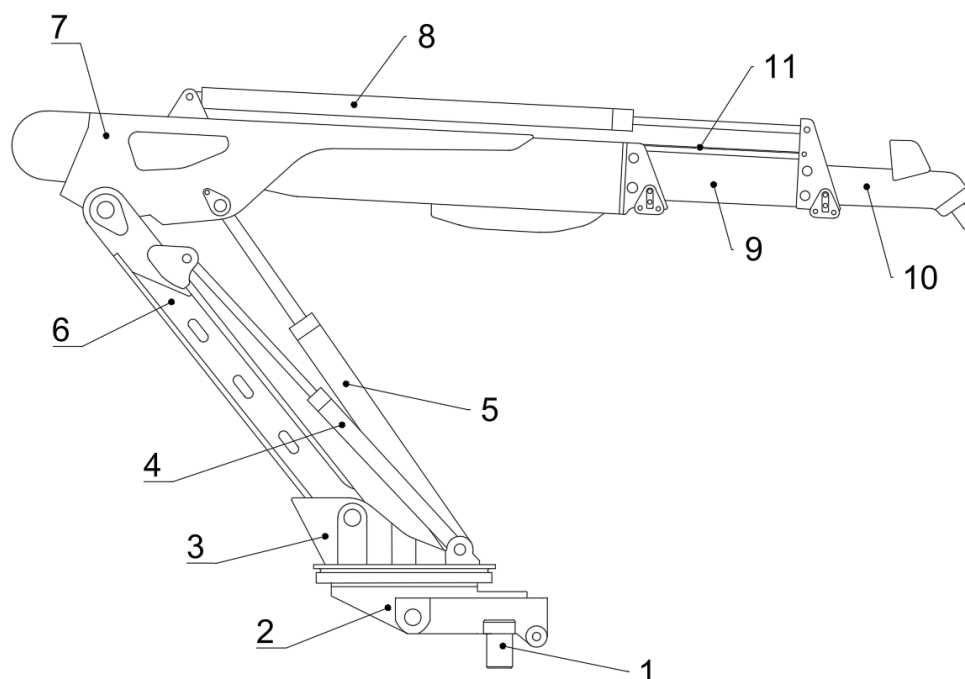
Hydraulický jeřáb je standartně řešen jako otočný a často se setkáváme i s vyrovnáním otoče jeřábu. Pokud hydraulický jeřáb sdílí platformu s kabinou, mají společnou otoč a nivelovány jsou oba celky dohromady podle kapitoly 2.2. V případě oddělené platformy kabiny a jeřábu je nivelována otoč jeřábu dvojčinnými přímočarými hydromotory. Samostatné vyrovnávání otoče jeřábu je užitečné ve svažitéch terénech a má pozitivní vliv na produktivitu práce a menšímu namáhání konstrukce jeřábu a tedy větší životnosti dílů [9]. Simulačně bylo prokázáno, že existuje závislost mezi vyrovnáním otoče jeřábu na strmém svahu a zvedacím a otočným momentem. Výsledky ukázaly, že při nevyrovnané otoči se otočný moment snižuje při natáčení do stran a největší je v podélné ose stroje. Zvedací moment je vyšší v nakloněné poloze otoče než ve vyrovnané (vodorovné) poloze [19]. Ve výchovných těžbách se lze setkat s harvestory, které naklánějí otoč jeřábu do stran s cílem pokácet strom, který se nachází v zákrytu jiného stromu. Tato konstrukce se využívá u harvestoru Sampo HR46x [45]. Otáčení jeřábu na samostatné platformě je realizováno v podobě hřebenového převodu nebo rotačním hydromotorem a ozubeným soukolím. Hřebenový převod kombinuje jednoduchost a relativně vysokou spolehlivost. Skládá se z jednoho nebo dvou hřebenů, které zapadají do ozubeného kola na sloupu jeřábu. Posuvný pohyb hřebenu vyvolá přímočarý hydromotor a přes zapadající zuby hřebenu a kola se vyvodí rotační pohyb ozubeného kola a tedy celého jeřábu. Největší nevýhodou hřebenového převodu je omezený úhel natočení a větší konstrukční rozměry a větší hmotnost. Z toho důvodu se více začaly používat rotační hydromotory a velkorozměrná ložiska s ozubením. Konstrukčně podobné jako u otoče kabin viz kapitola 2.2 [80]. Pro vyšší momenty se mohou použít dva hydromotory uložené proti sobě [23].



Obr. 30 Popis funkce hřebenového převodu [80]

Harvestory využívají tři konstrukčně odlišné typy hydraulických jeřábů. S nejvíce stupni volnosti se vyznačuje jeřáb s výložníkem, zlamováním a teleskopickým ramenem také zkráceně nazývaný výkyvný jeřáb. Tento jeřáb má nižší nosnost, oproti paralelnímu jeřábu je hlavní výložník a zlamovací rameno samostatně ovládáno přes přímočaré hydromotory [1,15]. Zajímavým konstrukčním řešením je u zlamovacích výložníků horizontální zlamování, kterým se rozumí podélné vychýlení ramene jeřábu vůči výložníku [14]. Tato netradiční konstrukce se hodí hlavně do probírek. Nevyniká ovšem vysokou spolehlivostí a navíc je díky složitější konstrukci toto řešení nákladnější [9].

Paralelní jeřáb (viz obr. 28) je podobný výkyvnému jeřábu ale pro zlamování výložníku a ramene je použit paralelní mechanismus, který pomocí přímočarých hydromotorů na výložníku, soustavou pák a čepů a ramene jeřábu pohybuje paralelně. Sloup jeřábu jde stejně jako u jiných hydraulických jeřábů zvedat stejným způsobem pomocí přímočarých hydromotorů [6]. Paralelní jeřáby používá řada výrobců jako Ponsse Plc [18], Nisula Forest Oyj [17], Prosilva Oyj [38] a tedy jsou na trhu nejvíce žádané a to díky vysokému zvedacímu momentu, možnosti použití teleskopického výložníku, výbornému poměru hmotnosti a účinnosti díky paralelnímu systému.



1. Rotační hydromotor, 2. Spodní část základny, 3. Horní část základny, 4. Naklápěcí hydromotory (2ks), 5. Zvedací hydromotor, 6. Sloup, 7. Hlavní výložník, 8. Hydromotor teleskopického výložníku, 9. 1. sekce teleskopického výložníku, 10. 2. sekce teleskopického výložníku, 11. Řetěz pro pohon 2. sekce teleskopického výložníku

Obr. 31 Teleskopický hydraulický jeřáb

Nejméně častým konstrukčním řešením u harvestorů je teleskopický hydraulický jeřáb viz obr. 31. Skládá se ze sloupu 6 kyvně uloženého k otoči jeřábu (základna) 3 a hlavního výložníku 7 připevněného ke sloupu 6 taktéž kyvně. Pomocí přímočarých hydromotorů 4,5 připevněných z jedné strany k základně otoče jeřábu a z druhé strany k hlavnímu výložníku a sloupu lze hlavní výložník zvedat a sloup naklánět. Hlavní výložník 7 má uvnitř dva teleskopické výložníky 9,10, které se v případě potřeby dokážou vysunout [6]. Teleskopické výložníky jsou vedeny v kluzných deskách pro zmenšení tření a odporu vůči hydromotoru. Vysunutí výložníku většího průřezu 9 je za pomoci dvojčinného přímočarého hydromotoru 8 a stejně velké vysunutí menšího výložníku je nepřímě přes článkový řetěz 11 [9]. Tuto konstrukci jeřábu využívá společnost Ponsse Plc s označením jeřábu C5 a nejnovější generace C6. Úhel sklonu jeřábu je  $\pm 20^\circ$  což zlepšuje práci ve svažitém terénu a zvedací moment je 248 kNm [7]. S využitím funkce Active Crane je ovládání jeřábu pro operátora jednodušší, stačí když řídí pohyby harvestorové hlavy na konci hydraulického jeřábu a o pohyby hydraulického jeřábu se postará řídicí systém [8]. Konstrukce teleskopických jeřábů je značně jednodušší z důvodu menšího počtu kloubových spojů a hydraulické hadice vedoucí z harvestorové hlavy můžou být schovány uvnitř konstrukce výložníku, což chrání hydraulické hadice před poškozením, ale zároveň je v případě výměny nebo údržby potřeba rozmontovat výložník [9]. Navíc hydraulické hadice vedoucí podél hydraulického jeřábu až k harvestorové hlavě jsou namontovány na otočných čepech, které zabraňují namáhání v krutu vyztužených konstrukcí hydraulických hadic při pohybech jeřábu a harvestorové hlavy [12]. Další výhodou teleskopického jeřábu je variabilní dosah při těžbě dřeva. Tím se myslí, že není potřeba často měnit pozici harvestoru, aby dosáhl na určitý strom a zároveň, když je teleskopický výložník zasunutý dokáže kácet stromy i v hustém porostu a zvyšuje univerzálnost harvestoru.

### 3 POROVNÁNÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ HARVESTORŮ

Harvestorů je na dnešním trhu mnoho, každý výrobce používá specifické technické parametry svých harvestorů, prosazuje výhodné vlastnosti těchto strojů a snaží se jimi zaujmout zákazníka. Výrobci využívají různých rozměrů harvestorů, konstrukcí, pohonů a jiných parametrů, které si zákazník může nakonfigurovat, aby se nejlépe přizpůsobily oblasti využití v lesní těžbě. Kvůli odlišnému využití kolových a pásových harvestorů se tyto dvě skupiny oddělily a u kolových harvestorů se vytvořily tři samostatné tabulky technických parametrů harvestorů rozdělené podle velikosti harvestorů. Hlavním seřadovacím parametrem obou tabulek byla provozní hmotnost.

#### 3.1 KOLOVÉ HARVESTORY

##### 3.1.1 POROVNÁNÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ MALÝCH HARVESTORŮ

Bez ohledu na velikostní parametr bylo celkově vybráno dvacet modelů harvestorů a byly vybrány od nejmenších až po rozměrově největší harvestory s důrazem na různorodost výrobců. První tab.2 obsahuje kategorii malých harvestorů. Tyto harvestory jsou výkonnostně primárně určeny do probírek. Mezi hmotnostně nejmenší vybrané harvestory patří Vimek 404 T4 [126,127], Jarcrac Magnopro Eco [121], Malwa 560H [119], Vimek 470 [118]. Všechny tyto harvestory vynikají svou velmi nízkou hmotností, výbornou mobilitou a jsou určeny pro těžbu mladého porostu. Největší odlišností je délka strojů. Lze vidět, že délka Jarcrac Magnopro Eco je dvakrát větší než Vimeku 404 T4. To je zapříčiněno tím, že Vimek 404 T4 [126] má čtyřkolový podvozek, zato Jarcrac Magnopro Eco [121] má osmikolový podvozek. Oba jsou přitom určeny do výchovných zásahů, ale lépe se v porostu bude chovat kompaktnější čtyřkolový harvestor. Oba zástupci Vimek AB mají nespornou výhodu v extrémně velkém úhlu řízení mezi všemi harvestory, spojením zlamovacího rámu a natáčení přední nápravy mají oba harvestory úhel řízení přes 70° a dokážou se díky kompaktním rozměrům otočit takřka na místě [126]. V tab.2 si lze všimnout, že Vimek 470 je oproti jiným harvestorům enormně dlouhý. Délka v tab.2 u Vimek 470 [118] je ovšem s připočítáním délky části hydraulického jeřábu. Dalšími dvěma osmikolovými harvestory jsou Terri 3HW [120] a český harvestor Novotný H512 [128,129]. Oba harvestory se výkonnostně pohybují v té nejnižší skupině z pohledu výkonu na tunu hmotnosti stroje. Posledními dvěma jsou výkonné čtyřkolové harvestory Rottne H8E [36] a Sampo HR46x [45,130]. Oba jsou o poznání těžší a také vyprodukují více výkonu. Sampo HR46x má sice silnější motor, ale Rottne H8E má vyšší tažnou sílu i díky hydromotorům v kolech [36]. Podvozek obou modelů se také liší. Sampo HR46x [45] má jednoduchou pevnou nápravu, proti tomu Rottne H8E [36] disponuje výkyvnými nápravami, které se v terénu dokonale hodí pro překonávání překážek, zvýšení stability stroje a změnu světlé výšky.

Tab. 2 Technické parametry vybraných malých kolových harvestorů

Model	Provozní hmotnost [kg]	Výkon motoru [kW]	Dosah jeřábu [m]	Zvedací moment [kNm]	Úhel natočení jeřábu [°]	Světlá výška [m]	Délka stroje [m]	Šířka stroje [m]	Tažná síla [kN]
Vimek 404 T4	4100	44	4,6	21	250	0,4	3,35	2,15	-

Jarcrac Magnopro Eco	5 700	55	6,5	45	-	0,61	6,8	2,2	-
Malwa 560H	5 700	55	6,2	37	-	0,4	5,7	1,95	-
Vimek 470	6 100	55,4	6,3	43	360	0,48	7,85	2,3	75
Terri 3HW	7 500	55,4	7,5	52	260	0,7	5,9	2,05	-
Novotný H512	7 800	55	6,5	45	360	0,45	6,152	2,1	77
Sampo HR46x	8000-9500	140	7,1	55	220	0,67	4,95	2,4	90
Rottne H8E	10 200	125	7	90	236	0,285-1,067	4,83	2,42	137

### 3.1.2 POROVNÁNÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ STŘEDNÍCH HARVESTORŮ

Tab. 3 patří střední třídě harvestorů, které pracují hlavně ve větších probírkách a můžou se používat také pro mýtní těžbu. Mezi menší střední harvestory byl vybrán Sampo HR56 [122,123], který vychází ze staršího čtyřkolového modelu HR46x. Dalšími dvěma stejně těžkými harvestory jsou ProSilva S3 4x4 [44,125] a Logset 5HP GT [132,133]. Oba harvestory patří mezi nejvýkonnější ve své třídě, Logset 5HP GT má velmi silný hydraulický jeřáb, ale má o něco slabší motor než ProSilva S3 4x4, která se lépe bude chovat v terénu díky vyšší tažné síle a menší velikosti stroje. Posledními třemi harvestory jsou John Deer 1070G 6W [136], Prosilva S4 [44,131] a Ponsse Beaver [124]. Zajímavým srovnáním je poslední zástupce čtyřkolových harvestorů Prosilva S4 [44], která oproti jiným čtyřkolovým harvestorům vyniká vysokou hmotností a velkou šířkou stroje při konfiguraci s velkými pneumatikami a výkyvnou nápravou. Výhodou je ovšem velká univerzálnost použití v jakýkoliv terénních podmínkách, právě díky dobrému rozložení tlaku na půdu a výborné tažné síle díky pohonu všech kol. Navíc může být stroj vybaven pásovými jednotkami místo kol, s kterými lze harvestor použít do těch nejvíce měkkých terénů. Hmotnostně nejtěžším zástupcem mezi středními harvestory Ponsse Beaver [124] je podle parametrů poměrně velký stroj na výchovné těžby, k poměru ke své hmotnosti nemá tak výkonný motor, ale vyniká robustním hydraulickým jeřábem, který si poradí i s většími stromy.

Tab. 3 Technické parametry vybraných středních kolových harvestorů

Model	Provozní hmotnost [kg]	Výkon motoru [kW]	Dosah jeřábu [m]	Zvedací moment [kNm]	Úhel natočení jeřábu [°]	Světlá výška [m]	Délka stroje [m]	Šířka stroje [m]	Tažná síla [kN]
Sampo HR56	13 000	140	10	140	-	0,67	6,245	2,67	-
ProSilva S3 4x4	15 000	186	10,5	153	260	0,57	6,54	2,85	192
Logset 5HP GT	15 000	169	11	188	240	0,575	7,24	2,78	135
John Deer 1070G 6W	16 000	136	10,8	143	220	0,55	7	2,65	130

ProSilva S4	17 200	186	11	177	260	0,7	6,54	2,85 (3,1)	192
Ponsse Beaver	17 700	150	11	230	250	0,67	7,3	3,09	130

### 3.1.3 POROVNÁNÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ VELKÝCH HARVESTORŮ

Největšími vybranými harvestory používanými hlavně na mýtní a kalamitní těžby jsou Komatsu 931 [134], Eco Log 590G [135], John Deer 1470H 6W [136], Logset 12H GTE HYBRID [137,138], Ponsse Bear [139] a Rottne H21E (8WD) [140]. Tyto harvestory se vyznačují vysokou hmotností, nejméně šesti kolovým podvozkem, standardně je na výběr z několika konfigurací hydraulického jeřábu, z níž nejdelší je v tab. 4, tyto jeřáby musí být dostatečně robustní a mít vysoký zvedací moment, aby dokázaly zdvihnout objemné stromy. Pohonné ústrojí u všech velkých harvestorů musí být dostatečně výkonné, aby dokázalo rozpohybovat většinou více jak dvacetitunové stroje. Mezi velkými harvestory vyniká výkonem Logset 12H GTE HYBRID [137], který má standardně výkonný spalovací motor, který je navíc doplněn elektromotorem, společně je to nejvýkonnější pohonná jednotka mezi harvestory. Hybridní pohon navíc spotřebuje méně paliva, které škodí životnímu prostředí. Hydraulické jeřáby velkých harvestorů disponují velkým zvedacím momentem, který se většinou pohybují mezi druhou a třetí stovkou kilonewtonmetrů. Nadstandardně velkým momentem disponují harvestory Eco Log 590G [135], Ponsse Bear [139] a Rottne H21E (8WD) [140], které svou silou zvládnou zpracovat ty nejobjemnější stromy. Eco Log 590G [135] je vybaven výkyvem náprav, což mu umožňuje měnit světlou výšku dle potřeby. Lze si všimnout, že ty největší harvestory mají délku okolo 8 a více metrů, což je z pohledu manévrovatelnosti a celkově pohybu v lese značně náročnější řídit, než ovládat mnohem menší například čtyřkolový harvestor.

Tab. 4 Technické parametry vybraných velkých kolových harvestorů

Model	Provozní hmotnost [kg]	Výkon motoru [kW]	Dosah jeřábu [m]	Zvedací moment [kNm]	Úhel natočení jeřábu [°]	Světlá výška [m]	Délka stroje [m]	Šířka stroje [m]	Tažná síla [kN]
Komatsu 931	19 880	190	11	230	360	0,685	7,525	2,726	189
Eco Log 590G	21 500	235	11	310	350	0,175-1,26	7,767	3	220
John Deer 1470H 6W	24 300	220	11	241	220	0,8	8,15	3	210
Logset 12H GTE HYBRID	24 500	369	9,7	280	202	-	9,21	3,08	230
Ponsse Bear	24 500	260	10	310	250	0,7	8,99	3,13	230
Rottne H21E (8WD)	26 700	227	10	325	250	0,69	9,23	3,16	230

### 3.2 PÁSOVÉ HARVESTORY

Pásové harvestory mají odlišné využití a pro lepší srovnání je vytvořena samostatná tab. 5 s vybranými pásovými harvestory a jejich technickými parametry. Nosnost hydraulického jeřábu je oproti jeřábům na kolových harvestorech, psána v kilogramech na maximálním vyložení hydraulického jeřábu. Je tedy důležité i jak velký dosah má hydraulický jeřáb. Nejmenší pásové harvestory produkuje na trh firma Neuson Forest GmbH, konkrétně například model 104HVT [147], který je kompaktní a hodí se na výchovné zásahy. Většina vybraných pásových harvesterů přesahuje hmotnost 20 tun. Lehce přes 20 tun se dostal pouze další harvester Neuson Forest 204HVT [145,146] a Barko 240B-H [141]. Oba tyto harvestory jsou si velikostně dost podobné, ale Barko 240B-H má velmi vysokou tažnou sílu, zato ztrácí v malém dosahu jeřábu. Lze si všimnout velmi rozdílných nosností jeřábu u obou harvesterů. Důvodem je, že s narůstající délkou vyložení jeřábu klesá nosnost, aby nedošlo k přetížení stroje. Nosnosti jsou tedy někdy v porovnání zkrslující. Dalšími vybranými zástupci větších pásových harvesterů jsou Neuson Forest 264 HVT [144], Tigercat H855E [142] a Komatsu XT430-5 [149]. Největší model od Neuson Forest GmbH, harvester 264HVT, má několik konfigurací jeřábu, z níž nejdelší s teleskopickým výložníkem dokáže dosáhnout na strom vzdálený až 14,5 m [144]. S takovou délkou je ovšem nosnost omezená a není schopný kácet objemné stromy, proto je tato konfigurace jeřábu vhodná spíše do probírek. Poslední tři jsou opravdovými obry mezi harvestory. John Deer 953MH [143], vyniká silným motorem a ostatní parametry jsou velmi vyrovnané vzhledem ke své hmotnosti. Společnost Impex Forstmaschinen GmbH vyrábí řadu let ty největší harvestory. Impex Königstiger T30 [148] byl ve své době jeden z největších harvesterů na světě, dnes jej vystřídal nástupce Impex Hannibal T50 [56], který má status největšího harvesteru na světě. S takovou velikostí lze použít extrémně silný hydraulický jeřáb, který na maximálním vyložení dokáže zvednout i několik tun. Stroje takových hmotností jsou ovšem omezeny svou velikostí, manévrovatelností a i když jsou to výkonné stroje je jejich využití velmi omezené.

Tab. 5 Technické parametry vybraných pásových harvesterů

Model	Provozní hmotnost [kg]	Výkon motoru [kW]	Dosah jeřábu [m]	Max nosnost výložníku [kg]	Délka stroje [m]	Šířka stroje [m]	Tažná síla [kN]
Neuson Forest 104HVT	14 000	86	9,3	-	3,46	2,5	123,5
Neuson Forest 204HVT	20 700	163	10,3	1150	4,1	2,5	212
Barko 240B-H	20 639	168	6,1	4309	3,99	2,84	298,6
Neuson Forest 264HVT	26 500	226	10 (14,5)	2070 (1250)	4,42	2,95	263
Tigercat H855E	27 600	212	11,93	2 270	5,38	3,38	277
Komatsu XT430-5	31 400	247	10	2145	4,9	3,14	289



John Deer 953MH	36 500	246	10,34	4860	4,9	3,4	322
Impex Königstiger T30	40 000	185	15	3000	4,9	3	355
Impex Hannibal T50	52 000	250	15	4800	-	3 (4)	-

## ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce byla rešeršní analýza konstrukčních částí harvestoru. Byly popsány výhody a nevýhody každého konstrukčního řešení. Harvestor je jako celek složitý stroj a každý výrobce používá svých vlastních řešení, které se uplatňují v různých terénních oblastech lesní těžby. Základní koncepty konstrukčních částí se pořád vyvíjejí a zlepšují, jelikož se klade stále větší důraz na ochranu lesů před poškozením lesní technikou, bezpečnost obsluhy stroje, ekologii provozu a samozřejmě stále vyšší produktivitu těžby.

V terénu je nejdůležitější výběr správného podvozku. Podvozek musí zajišťovat vysokou trakci a průchodnost terénem a působit co nejmenším měrným tlakem na půdu. Celkově je nejvíce rozšířený kolový podvozek, který svými vlastnostmi má největší oblast využití a s přídatnými doplňky se oblast nasazení zvětšuje. Kolové podvozky se stále vylepšují, hlavně se musí pořád řešit rozložení hmotnosti harvestoru a tedy měrný tlak na půdu, jelikož se harvestory pořád zvětšují a nabírají na hmotnosti. Pásové, respektive kráčivé harvestory mají díky nízké mobilitě velmi specifickou oblast využití a ČR se využívají jen zřídka, navíc mohou být nahrazeny kolovými harvestory s nasazenými kolopásky.

Nedílnou součástí harvestoru je obsluha, která většinu času manuálně ovládá harvestor v prostoru kabiny. Obsluha musí být dostatečně kvalifikovaná pro provoz harvestoru, který značně zaměstnává vnímání a myšlení operátora při řízení stroje. Kabina je jednou z částí harvestoru, která je nejvíce inovovaná, za účelem zlepšení komfortu, ergonomie řízení, bezpečnosti a také zvýšení produktivity těžby. Kabiny harvestorů jsou většinou otočné a nivelační s odpružením, popřípadě je otočné a odpružené sedadlo v kabině. Pomocné inteligentní funkce, jako automatické sledování natočení jeřábu zvyšují rychlost těžby. Některé další moderní funkce, jako rozšířená realita, se teprve testují ale s modernizací se dá předpokládat se brzy stanou realitou.

Hydraulický jeřáb s harvestorovou hlavicí je hlavním prostředkem pro zpracování stromu. Konstrukce hydraulického jeřábu musí být pevná, disponovat výkonnou hydraulikou, která dokáže hýbat částmi jeřábu a stromem v harvestorové hlavici. Rozlišují se tři typy jeřábu a každý z nich má své výhody a nevýhody. Je nutné si uvědomit, které parametry jeřábu jsou v určitých typech těžby (probírka, kalamitní těžba, mýtní těžba) podstatné mít vysoké, s ohledem na velikost samotného harvestoru, aby nedošlo k přetížení stroje.

Těžba dřeva harvestory je několikrát produktivnější než manuální těžba, počátečním problémem je vysoká pořizovací cena harvestoru a omezenější oblast použití, která v některých případech odradí zákazníka k přechodu na mechanizovanou těžbu dřeva. Přesto u nás i ve světě mechanizovaná sortimentní těžba stále roste a oslovuje stále více lidí. Je potřeba vyvíjet nové konstrukční možnosti a vylepšovat ty stávající, aby se zvětšil terénní rozsah nasazení harvestorů a zmenšila se tak motomanuální těžba a zároveň při navýšení počtu strojů se zmenšilo produkování škodlivých látek a snížil dopad na poškození půdy a lesů.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] NERUDA, Jindřich. *Harvestorové technologie lesní těžby*. V Brně: Mendelova univerzita, 2022. ISBN 978-80-7375-842-4.
- [2] DVOŘÁK, Jiří. *The use harvester technology in production forests*. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, 2011. Folia forestalia Bohemica. ISBN 978-80-7458-018-5.
- [3] MERGL, Václav. *Využití odkorňovací hlavice harvestoru v podmínkách kůrovcové kalamity*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav techniky. Vedoucí práce Tomáš Zemánek.
- [4] JPJ FOREST. *Hydraulická ruka* [online]. 2020 [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://www.jpjforest.cz/hydraulicka-ruka-2/>
- [5] PROFI PRESS. *Hydraulické jeřáby v zemědělství a lesnictví* [online]. 2004 [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/hydraulicke-jeraby-v-zemedelstvi-a-lesnictvi/>
- [6] FORSBERG, Johan. *Model-based study of the energy efficiency of two different types of harvester cranes* [online]. Stockholm, 2014 [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://5dok.org/document/y96098jd-model-based-study-energy-efficiency-different-harvester-cranes.html>. Diplomová práce. Royal Institute of Technology, Industrial Engineering and Management, Machine Design.
- [7] PONSSE OYJ. *PONSSE Ergo* [online]. [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: [https://www.ponsse.com/cs/produkty/harvestory/produkt/-/p/ergo\\_8w#/](https://www.ponsse.com/cs/produkty/harvestory/produkt/-/p/ergo_8w#/)
- [8] PONSSE OYJ. *Nová řešení PONSSE 2024: Udržitelná řešení těžby dřeva a zároveň naslouchání zákazníkům* [online]. 2024 [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://news.ponsse.com/ponsse-2024-uutuusratkaisut-vastuullisia-puunkorjauuratkaisuja-asiakkaita-kuunnellen/>
- [9] MERGL, Václav. *VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Konstrukční řešení lesnických TDS: Harvestor* [PDF]. Přednáška č. 4. Brno, 2024, 165 s. [cit. 2025-05-11]. Prezentováno 9.10. 2024.
- [10] FRIES, Jiří. *Zemní stroje*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2567-0. Dostupné také z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FS/ZS/index.htm>
- [11] NERUDA, Jindřich. *Technika a technologie v lesnictví: učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví. Díl první*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-839-4. Dostupné také z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:f8b22e00-a4a4-11ea-a314-5ef3fc9bb22f>
- [12] TREMBLAY, Seabastian. *Sklízeč dřeva těží z otočného designu bez koule*. *Power & Motion* [online]. 2013, 16. prosince 2013 [cit. 2025-05-11]. Dostupné z:

- <https://www.powermotiontech.com/applications/forestry-lumber/article/21883615/log-harvester-benefits-from-ball-less-swivel-design>
- [13] HENNLICH S.R.O. Centrální mazací systémy. In: *HENNLICH* [PDF]. [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: [https://www.hennlich.cz/hennlichapi/media/Category/cz\\_INFO\\_centralni\\_mazaci\\_syste my.pdf](https://www.hennlich.cz/hennlichapi/media/Category/cz_INFO_centralni_mazaci_syste my.pdf)
- [14] MAZURKIEVIČ, Izidor, Ladislav GULAN, Gregor IZRAEL a Metod GLATZ. *Mobilné pracovné stroje: Zemné stroje*. Bratislava: STU, 2014, 254 s. ISBN 978-80-227-4190-3.
- [15] ULRICH, Radomír. *Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. ISBN 80-737-5012-0.
- [16] ULRICH, R., 2014. *Metodika využití těžebně dopravních strojů John Deere*. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 80 s. ISBN 978-80-7375-946-9.
- [17] NISULA FOREST OY. *Jeřáby a výsuvné výložníky* [online]. [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://nisulaforest.com/en/products/cranes-extension-booms/>
- [18] PONSSE OYJ. *Harvestery* [online]. [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://www.ponsse.com/cs/produkty/harvestory#/>
- [19] MERGL, Václav a Jaroslav KAŠPÁREK. Verifying the Lifting and Slewing Dynamics of a Harvester Crane with Possible Levelling When Operating on Sloping Grounds. *Forests* [online]. 2022, 13(2), 357 [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/2/357>
- [20] CHEN, Du, Shumao WANG a Yongjun ZHENG. An ARM-based Environment for Combine Harvester Process Monitor via CAN Bus. *Physics Procedia* [online]. 2011, 22, 258-262 [cit. 2025-05-11]. ISSN 1875-3892. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187538921100695X>
- [21] RENOMAG. *Díly podvozkové ITM* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.renomag.cz/s379991-dily-podvozkove-itm?lang=cz>
- [22] IMO HOLDING. *Slew drives* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.imo.de/en/products-services/slew-drives>
- [23] YOUTUBE. *Rottne H21D / EGS 706* [online]. 2015 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=l-jjcTWWzqE&t=40s>
- [24] Dokonalý řez: CTL – Sortimentní těžební metoda. In: *Ponsse* [PDF]. 2023 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://cdn-ponsse.contenthub.fi/api/v1/cdn/19982837>
- [25] PONSSE. *Metoda řezu na délku* [online]. 2023 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: [https://www.ponsse.com/cs/rez-na-delku?p\\_1\\_back\\_url=https%3A%2F%2Fwww.ponsse.com%2F%23%2F&p\\_1\\_back\\_url\\_title=PONSSE+A+logger%27s+best+friend#/](https://www.ponsse.com/cs/rez-na-delku?p_1_back_url=https%3A%2F%2Fwww.ponsse.com%2F%23%2F&p_1_back_url_title=PONSSE+A+logger%27s+best+friend#/)

- [26] MERGL, Václav. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Nasazení současných lesnických TDS* [PDF]. Přednáška č. 11. Brno, 2023, 113 s. [cit. 2025-05-12]. Prezentováno 21.9.2023.
- [27] SILVARIUM. *Mechanizace těžby a dopravy dříví (Zemědělec)* [online]. 2014 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.silvarium.cz/zpravy-z-oboru-lesnictvi-a-drevarstvi/mechanizace-tezby-a-dopravy-drivi-zemedelec>
- [28] LESY JEŘÁBEK. *Slon v mechu minulosti, co umí šetrně rychlý harvester 21 století* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://lesyjerabek.cz/tezba-dreva-harvestorem-co-harvestor-umi/>
- [29] HAAS. *HAAS Traktionshilfseilwinde "highgrade"* [online]. 2022 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.haas-maschinenbau.com/haas-produkte/haas-traktionshilfsseilwinde.html>
- [30] PONSSE. *Ponsse Scorpion* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.ponsse.com/cs/produkty/harvestory/produkt/-/p/scorpion#/>
- [31] ISMOILOV, Abbas, Ulf SELLGREN, Kjell ANDERSSON a Björn LÖFGREN. A comparison of novel chassis suspended machines for sustainable forestry. *Journal of Terramechanics* [online]. 2015, 58, 59-68 [cit. 2025-05-12]. ISSN 0022-4898. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022489815000117?via%3Dihub>
- [32] DENNÍK N. Ministerstvo životného prostredia chce sprísnit' podmienky ťažby dreva v chránených oblastiach [online]. 2018 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://dennikn.sk/minuta/1283387/>
- [33] MAASEUDUN TULEVAISUUDEN. *Voisiko kuolinpesä tehdä puukaupat enemmistön päätöksellä? – Kimmo Sasi ei usko perustuslain tulevan ongelmaksi* [online]. 2018 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/ac0e8ee7-a362-518f-91d3-c6c1dcf9a26b>
- [34] MERGL, Václav. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Historie, současnost a budoucnost lesnických těžebně dopravních strojů (TDS)* [PDF]. Přednáška č. 1. Brno, 2024, 58 s. [cit. 2025-05-12]. Prezentováno 18.9.2024.
- [35] YOUTUBE. *Komatsu 901XC 2020 (ENG)* [online]. 2020 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=GrtJ3TwwvvM>
- [36] ROTTNE. *Rottne H8E* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.rottnet.com/en/catalog/products/rottnet8-e>
- [37] ECOLOG. *Harvesters* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://ecologforestry.com/en/products/harvesters/>
- [38] PROSILVA. *ProSilva S6* [online]. 2024 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://prosilva.fi/en/forest-machines/prosilva-s6/>
- [39] PROSILVA. *ProSilva S5* [online]. 2024 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://prosilva.fi/en/forest-machines/prosilva-s5/>

- [40] KONRAD FORSTTECHNIK. *Highlander* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.forsttechnik.at/en/products/harvester/highlander>
- [41] FOREST MACHINE MAGAZINE. Konrad Forsttechnik GmbH. In: *Forest Machine Magazine* [online]. 23 June 2020 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://forestmachinemagazine.com/konrad-forsttechnik-gmbh/>
- [42] KRAMER. *Types of steering* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.kramer-online.com/uk/technology-and-more/die-lenkarten>
- [43] LI, Wei, Fan YANG, Enrong MAO, Mingxi SHAO, Haochen SUI a Yuefeng DU. Design and Verification of Crab Steering System for High Clearance Self-Propelled Sprayer. *Agriculture* [online]. 2022, 12(11) [cit. 2025-05-12]. ISSN 2077-0472. Dostupné z: doi:10.3390/agriculture12111893
- [44] PROSILVA. The Smart Guy. In: *ProSilva* [PDF]. 2024 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: [https://prosilva.fi/wp-content/uploads/ProSilva\\_EN\\_2024.pdf](https://prosilva.fi/wp-content/uploads/ProSilva_EN_2024.pdf)
- [45] SAMPO ROSENLEW. *HR46x* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.sampo-rosenlew.fi/forest-machines/hr46x-harvesteri-2/#Crane>
- [46] VACEK, Stanislav, Jiří REMEŠ, Zdeněk VACEK, Lukáš BÍLEK, Igor ŠTEFANČÍK, Martin BALÁŠ a Vilém PODRÁZSKÝ. *Pěstování lesů*. Vydání: druhé (upravené a doplněné). V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2022. ISBN 978-80-213-3203-4.
- [47] NAF AXLES. *Bogie axles for heavy duty off-road vehicle* [online]. 2024 [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.nafaxles.com/products/bogie-axles/>
- [48] ROTTNE. *Rottne H11E* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://www.rottne.com/en/catalog/products/rottne-h11-e>
- [49] HAKO-LEHRMITTEL. *Multi-disk differential lock* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://hako-lehrmittel.de/en/produktkatalog/multi-disk-differential-lock/>
- [50] LOCKED DRIVE SYSTEMS. *NoSpin Locking Differential* [online]. [cit. 2025-05-12]. Dostupné z: <https://lockeddrivesystems.com.au/nospin.php>
- [51] XJX PARTS. *How Does Limited Slip Differentials Work?* [online]. 2025 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.xjxparts.com/how-does-limited-slip-differentials-work/>
- [52] PALAZZOLO, Joe. Aftermarket Differentials. In: *High-Performance Differentials, Axles & Drivelines* [online]. CarTech, 2009, s. 72-89 [cit. 2025-05-13]. ISBN 978-1-93470-902-3. Dostupné z: <https://www.muscledcardiy.com/performance/selecting-aftermarket-differentials-to-improve-performance/>
- [53] NAF AXLES. *News: Drive solutions for harvesters* [online]. 2023 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.nafaxles.com/drive-solutions-for-harvesters/>
- [54] U.S. FOREST SERVICE. *Forestry Equipment Chassis Configurations* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.fs.usda.gov/forestmanagement/equipment-catalog/chassis-config.shtml>

- [55] NAF. *Rigid Axles* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.nafaxles.com/products/rigid-axles/>
- [56] IMPEX FORSTMASCHINEN. *Hannibal T50* [online]. [2022] [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://impex-forstmaschinen.de/en/forest-machines/hannibal-t50-harvester-en>
- [57] STAMPFER, Karl a Thomas STEINMÜLLER. *Leistungsdaten Valmet 911.1 X3 M* [PDF]. Wien, 2004 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H91000/H91500/snake\\_fpp\\_endbericht.pdf](https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H91000/H91500/snake_fpp_endbericht.pdf). Projektová zpráva. Universität für Bodenkultur Wien.
- [58] DOUARD, Alain. FACHZEITSCHRIFT LA FORET. *Neuer geländegängiger Vollernter mit Raupenlaufwerk* [online]. 2013.
- [59] LIPTAY, Peter. Schleichende Harvester: Gummiketten-Laufwerke schonen Wurzeln und Boden. In: *Holzkurier* [online]. 2010, 7.12.2010 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://www.holzkurier.com/rundholz/2010/12/schleichende\\_harvester.html#](https://www.holzkurier.com/rundholz/2010/12/schleichende_harvester.html#)
- [60] JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-707-8389-3
- [61] MENZI MUCK. *Lesnictví* [online]. c2018 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://menzimuck.eu/lesnictvi-pouziti/>
- [62] MEYER, Tobias. Menzi Muck: Baggern mit großen Schritten. In: *Bauhof-online* [online]. 2021, 22. Februar 2021 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.bauhof-online.de/d/baggern-mit-grossen-schritten/>
- [63] KAISER. *Kráčivé bagry* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.kaiserag.cz/kracive-bagry>
- [64] JUD, Dominic, Simon KERSCHER, Martin WERMELINGER, Edo JELAVIC, Pascal EGLI, Philipp LEEMANN, Gabriel HOTTIGER a Marco HUTTER. HEAP - The autonomous walking excavator. *Automation in Construction* [online]. 2021, 129(Article 103783) [cit. 2025-05-13]. ISSN 0926-5805. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658052100234X?via%3Dihub>
- [65] MCNEE, John. Plustech, John Deere and more: Inside the Finnish Forestry Museum. In: *Forestry Journal* [online]. 14 August 2024 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.forestryjournal.co.uk/features/forestry-journal-features/24518089.plustech-john-deere-inside-finnish-forestry-museum/>
- [66] LINDROOS, Ola, Pedro Xavier LA HERA a Carola HÄGGSTRÖM. Drivers of Advances in Mechanized Timber Harvesting – a Selective Review of Technological Innovation. *Croatian Journal of Forest Engineering* [online]. 2017, 38(2), 243-258 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/319716065\\_Drivers\\_of\\_Advances\\_in\\_Mechanized\\_Timber\\_Harvesting\\_-\\_a\\_Selective\\_Review\\_of\\_Technological\\_Innovation](https://www.researchgate.net/publication/319716065_Drivers_of_Advances_in_Mechanized_Timber_Harvesting_-_a_Selective_Review_of_Technological_Innovation)

- [67] JOHNSON, Per. The Portalharvester – the wetland dream? In: *NordicWoodJournal* [online]. 16 April 2020 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://nordicwoodjournal.com/editorial/equipments/portalharvester-wetland-dream/>
- [68] KNOBLOCH, Christian. Entwicklung und kombinierte Verwendung eines Portalharvesters und eines mobilen Seilkransystems in forstlichen Verfahren zur vollmechanisierten Holzernte auf befahrungssensiblen, ebenen Standorten [online]. Dresden, 2017 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A30322/attachment/ATT-1/>. Disertace. Technická univerzita v Drážďanech.
- [69] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 526 s., ISBN 80-200-1045-9.
- [70] FORDAG. *Wie innovativ ist Forsttechnik?* [online]. 2004 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://holz.fordaq.com/fordaq/news/Forsttechnik\\_9227.html](https://holz.fordaq.com/fordaq/news/Forsttechnik_9227.html)
- [71] YOUTUBE. *Eco Log skördare – G-serien. Välkommen in i Eco Logs skördarhytt* [online]. 2024 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=X\\_sfAimbrg](https://www.youtube.com/watch?v=X_sfAimbrg)
- [72] YOUTUBE. *Holzernte XXL – Größter Harvester der Welt* [online]. 2023 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=5r--ylWwV3U&t=5s>
- [73] SANYO SHOJI. オーストリア林業機械展 Austrofoma2015 について [online]. 2014 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://sanyo-trade.com/news/218/218/>
- [74] Versatile Performers. *Forestry Machinery* [online]. 2022, Autumn 2022(9), 30-40 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://issuu.com/sundialmagazines/docs/fm009r>
- [75] BLOG MACHINEFINDER. *John Deere Walking Harvester in Action* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://blog.machinefinder.com/3255/john-deere-walking-harvester>
- [76] ECOLOG. *Eco Log's cabin project – from start to finish* [online]. 2023 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://ecologforestry.com/en/eco-logs-cabin-project-from-start-to-finish/>
- [77] ECOLOG. *Welcome inside Eco Log's new harvester cabin* [online]. 2023 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://ecologforestry.com/en/welcome-inside-eco-logs-new-harvester-cabin/>
- [78] JOHN DEER. *Sedadla* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/Dily-a-slu%C5%BEby/dily/dily-pro-lesni-stroje/sedadla/>
- [79] JOHN DEER. *Cabins* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.deere.co.nz/en/forestry/cabins/>
- [80] VRANÍK, Pavel. Otáčecí ústrojí hydraulických nakládacích jeřábů. *Perner's Contacts* [online]. 2010, 5(3), 416–421 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/1035>

- [81] GELLERSTEDT, Sten. A Self-Leveling and Swiveling Forestry Machine Cab. *Journal of Forest Engineering* [online]. Taylor & Francis, 1998, 9(1), 7-16 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08435243.1998.10702706>
- [82] ADC EQUIPMENT INNOVATIONS. *Cab Certifications* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://adcequipmentinnovations.com/design-process/cab-certifications-rops-fops-tops-ops/>
- [83] PALONEN, Tuomo, Heikki HYYTI a Arto VISALA. Augmented Reality in Forest Machine Cabin. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2017, 50(1), 5410-5417 [cit. 2025-05-13]. ISSN 2405-8963. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2017.08.1075
- [84] D.C., Vdovin. Topology optimization in ROPS-safe design process of operator cabin for forestry, agricultural and construction machinery. *Izvestiya MGTU MAMI* [online]. 2018, 12(4), 21-29 [cit. 2025-05-13]. ISSN 2074-0530. Dostupné z: <https://journals.eco-vector.com/2074-0530/article/view/66817>
- [85] GLASSHAPE. *Arbourshield forestry* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://glasshape.com/arbourshield-forestry/>
- [86] LUOYANG JIAWEI BEARING MANUFACTURING [LYJW]. *Double-row Ball Slewing Ring Bearing* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <http://slewing-ringbearing.com/1-2-double-row-ball-slewing-ring-bearing.html>
- [87] ZHU, Yue, Jiangming KAN, Wenbin LI a Feng KANG. Strategies of traversing obstacles and the simulation for a forestry chassis. *International Journal of Advanced Robotic Systems* [online]. 2018, 15(3) [cit. 2025-05-13]. ISSN 1729-8806. Dostupné z: doi:10.1177/1729881418773903
- [88] SCRIBD. *Komatsu Comfort Ride* [PDF]. Komatsu Forest. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/414602508/komatsu-cab>
- [89] YOUTUBE. *PONSSE Ergo ActiveFrame* [online]. 2016 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=PHYi9eIILF0>
- [90] JOHN DEER. *1070G* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.deere.com/en/wheeled-harvesters/1070g/>
- [91] NEUSON FOREST. *Thinning* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.neuson-forest.com/thinning/>
- [92] MENZI MUCK. *Menzi Muck M5* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://menzimuck.eu/wp-content/uploads/2018/10/Menzi-Muck-M5.pdf>
- [93] H&R PARTS. *What Is a Slewing Ring with Slewing Ring Diagram* [online]. 2021 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.hrparts.com/blog/post/what-is-slewing-ring-diagram>
- [94] YOUTUBE. *Slewing Bearing System in RomaxDesigner* [online]. 2010 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=iB\\_pnN\\_TMq0](https://www.youtube.com/watch?v=iB_pnN_TMq0)

- [95] FDON. *Five Advantages of External Gear Slewing Ring Bearing* [online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://slewingbearings.com/five-advantages-of-external-gear-slewing-ring-bearing/>
- [96] KLARAVIK. *Harvester SRG Pendo Master* [online]. 2017 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.klaravik.se/auktion/produkt/skordare-skogsmaskin-8/?msockid=04cfa68a930b68192914b21292fa69d0#nav-freight>
- [97] ULRICH, Radomír, Jindřich NERUDA a Tomáš ZEMÁNEK. *Uplatnění harvestoru s multifunkčním pojezdem a hybridním pohonem pro předmytní těžby*. V Brně: Mendelova univerzita, 2021. ISBN 978-80-7509-786-6.
- [98] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2004*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2005. ISBN 80-7084-451-5. Dostupné z: [https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/ZZ\\_2004.pdf](https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/ZZ_2004.pdf).
- [99] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2005* [online]. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2006 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266347---MWOsQU1I/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a235159](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266347---MWOsQU1I/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a235159)
- [100] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2006* [online]. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2007 [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266337---IM1IJWPH/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-1?\\_linka=a546578](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266337---IM1IJWPH/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-1?_linka=a546578)
- [101] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2007*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2008. ISBN 978-80-7084-635-3. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266327---9poBiai0/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-1?\\_linka=a235147](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266327---9poBiai0/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-1?_linka=a235147).
- [102] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2008*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2009. ISBN 978-80-7084-861-6. Dostupné také z: [http://eagri.cz/public/eagri/pub/fe/9/61/41365\\_45479\\_zz2008.pdf](http://eagri.cz/public/eagri/pub/fe/9/61/41365_45479_zz2008.pdf)
- [103] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2010. ISBN 978-80-7084-861-6. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266271---yFWiasKY/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a235117](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266271---yFWiasKY/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a235117).
- [104] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011. ISBN 978-80-7084-995-8. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266421---0UG-wm7w/zprava-o-stavu-lesa-2010?\\_linka=a235203](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266421---0UG-wm7w/zprava-o-stavu-lesa-2010?_linka=a235203).
- [105] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2011*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2012. ISBN 978-80-7434-063-5. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266413---NmfbCqb4/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a235199](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266413---NmfbCqb4/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a235199).

- [106] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013. ISBN 978-80-7434-112-0. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266367---hnX100Fp/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a547606](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266367---hnX100Fp/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a547606).
- [107] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014. ISBN 978-80-7434-153-3. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266387---r1W-9u3V/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a235185](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266387---r1W-9u3V/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a235185).
- [108] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2014*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2015. ISBN 978-80-7434-242-4. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266359---fMlj4lc/zprava-o-stavu-lesa-2014?\\_linka=a235175](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266359---fMlj4lc/zprava-o-stavu-lesa-2014?_linka=a235175).
- [109] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2016. ISBN 978-80-7434-324-7. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266289---Agl3EgnQ/zprava-o-stavu-lesa-2015?\\_linka=a546580](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266289---Agl3EgnQ/zprava-o-stavu-lesa-2015?_linka=a546580).
- [110] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017. ISBN 978-80-7434-389-6. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266311---VboBlgt0/zprava-o-stavu-lesa-2016?\\_linka=a235139](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266311---VboBlgt0/zprava-o-stavu-lesa-2016?_linka=a235139).
- [111] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2018. ISBN 978-80-7434-477-0. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266279---DL2RYsk-/zprava-o-stavu-lesa-2017?\\_linka=a235131](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266279---DL2RYsk-/zprava-o-stavu-lesa-2017?_linka=a235131).
- [112] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2019. ISBN 978-80-7434-530-2. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266301---xFN0Mufn/zprava-o-stavu-lesa-2018?\\_linka=a235125](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266301---xFN0Mufn/zprava-o-stavu-lesa-2018?_linka=a235125).
- [113] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN 978-80-7434-571-5. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266395---l\\_BR4i30/zprava-o-stavu-lesa-2019?\\_linka=a235189](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266395---l_BR4i30/zprava-o-stavu-lesa-2019?_linka=a235189).
- [114] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021. ISBN 978-80-7434-625-5. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266439---q01VtDbV/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a544814](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266439---q01VtDbV/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a544814).
- [115] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2022. ISBN 978-80-7434-669-9. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266433---jF\\_7lFFI/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?\\_linka=a563494](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-q266433---jF_7lFFI/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho?_linka=a563494).

- [116] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2023. ISBN 978-80-7434-703-0. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-a30268---rWtfkQZD/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-ceske-republiky-v-roce-2022-strucna-verze?\\_linka=a540692](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-a30268---rWtfkQZD/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-ceske-republiky-v-roce-2022-strucna-verze?_linka=a540692).
- [117] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2023*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2024. ISBN 978-80-7434-790-0. Dostupné z: [https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-a30268---rWtfkQZD/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-ceske-republiky-v-roce-2022-strucna-verze?\\_linka=a540692](https://mze.gov.cz/public/portal/mze/-a30268---rWtfkQZD/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-ceske-republiky-v-roce-2022-strucna-verze?_linka=a540692).
- [118] VIMEK. *Vimek 470* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://vimek.com/products/forestry-machines/vimek-470>
- [119] MALWA. *Malwa 560H Harvester* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://malwaforest.com/en/forwarders-harvesters/560h-harvester/>
- [120] TERRI FOREST MACHINES. *Terri 3HW* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.terri.se/en/machines/wheeled/terri-3hw/>
- [121] JARCRAC FOREST. *Jarcrac Magnapro Eco* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://jarcrac.com/kaikki-tuotteet/jarcrac-magnapro-eco/>
- [122] P&L. *Harvestor SAMPO ROSENLEW HR56* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.pal.cz/lesni-technika/harvestory-sampo-rosenlew/harvestor-sampo-rosenlew-hr46x-6wd>
- [123] LOGMER. *LOGMER ultraluja mallisto* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.logmer.com/?content=LOGMER%20ultralujaja%20mallisto>
- [124] PONSSE. *An agile six-wheeler* [online]. Direct industry. c2019 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://pdf.directindustry.com/pdf/ponsse/agile-six-wheeler/56915-878997.html>
- [125] KESLA. *Datasheet KESLA 13H* [online]. 2022 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://issuu.com/keslaoyj/docs/2022\\_6\\_datasheet\\_kesla\\_13h](https://issuu.com/keslaoyj/docs/2022_6_datasheet_kesla_13h)
- [126] MALESA. *Těžba slabé dřevní hmoty harvesterovou technologií Vimek 404T4* [online]. [2018] [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <http://www.malesa.cz/tezba-slabe-drevni-hmoty-harvesterovou-technologii#:~:text=Konstrukce%20harvestoru%20je%20odleh%C4%8Den%C3%A1%20a%20hmotnost%20nep%C5%99esahuje%204%2C1,hydraulick%C3%BD%20manipulu%C3%A1tor%20a%20tak%C3%A9%20hlavice%20na%20k%C3%A1cen%C3%AD%20d%C5%99evin.>
- [127] LECTURA. *MOWI 2046* [online]. [1999-2014] [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/nakladaci-geraby/lesnicke-geraby-mowi/2046-1018180>
- [128] AGROPORAL24H. *Nový harvester Novotný H512 na probírkovou těžbu* [online]. 2024 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/novy-harvestor-novotny-h512-na-probirkovou-tezbu>

- [129] LECTURA. *MOWI P50* [online]. [2017-2022] [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/nakladaci-geraby/lesnicke-geraby-mowi/p50-11698506>
- [130] KESLA. *Datasheet KESLA 6H* [online]. 2022 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://issuu.com/keslaoyj/docs/2022\\_6\\_datasheet\\_kesla\\_6h](https://issuu.com/keslaoyj/docs/2022_6_datasheet_kesla_6h)
- [131] KESLA. *Datasheet KESLA 16H* [online]. 2022 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://issuu.com/keslaoyj/docs/2022\\_6\\_datasheet\\_kesla\\_16h](https://issuu.com/keslaoyj/docs/2022_6_datasheet_kesla_16h)
- [132] LOGSET. Logset GT Harvester. *MHD Forsttechnik* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://mhd-forsttechnik.de/images/docs/logset-gt-harvesters-de-2.pdf>
- [133] MESERA. *221 H* [online]. 2017 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://mesera.fi/wp-content/uploads/2020/01/M221H83\\_H100\\_530551\\_1.pdf](https://mesera.fi/wp-content/uploads/2020/01/M221H83_H100_530551_1.pdf)
- [134] KOMATSU. *Komatsu 931/931XC: Productive and versatile harvester-choose between 6WD and 8WD* [online]. 2022 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://shopv15.mediahandler.se/pdf/komatsu/k931\\_931XC\\_b\\_2022\\_gb.pdf](https://shopv15.mediahandler.se/pdf/komatsu/k931_931XC_b_2022_gb.pdf)
- [135] ECOLOG. *Eco Log 590G* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://ecologforestry.com/en/products/harvesters/harvester-590g/>
- [136] JOHN DEER. *HARVESTERS* [online]. 2024 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://johndeere.widen.net/s/mzhdqlgs8v/jd-harvesters-en-web>
- [137] LOGSET. LOGSET 12H GTE Hybrid Harvester. *MHD Forsttechnik* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://mhd-forsttechnik.de/images/docs/LOGSET\\_12H%20GTE%20Hybrid\\_DE.pdf](https://mhd-forsttechnik.de/images/docs/LOGSET_12H%20GTE%20Hybrid_DE.pdf)
- [138] MESERA. *285 H* [online]. 2017 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://mesera.fi/wp-content/uploads/2020/01/3120551\\_M285H97.pdf](https://mesera.fi/wp-content/uploads/2020/01/3120551_M285H97.pdf)
- [139] PONSSE. *Ponsse Bear* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.ponsse.com/cs/produkty/harvestory/produkt/-/p/bear#/>
- [140] ROTTNE. *Rottne H21E* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.rottne.com/en/catalog/products/rottne-h21-e>
- [141] BARKO. *240B-H* [online]. c2023 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.barko.com/products/tracked-harvester-240b-h/>
- [142] TIGERCAT. *Tracked harvesters: H855E* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.tigercat.com/product/h855e-harvester/>
- [143] JOHN DEER. *953MH Tracked Harvester* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.deere.com/assets/pdfs/common/products/sync/MTH953U-953MH-tracked-harvester.pdf>
- [144] NEUSON FOREST. *Harvester 264HVT* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.neuson-forest.com/de/neuson-forest-264hvt/>

- [145] NEUSON FOREST. *Harvester 204HVT* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.neuson-forest.com/neuson-forest-204hvt/>
- [146] WARATAH. *Harvester Crane: CH6* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://www.waratah.com/product/ch6/>
- [147] NEUSON FOREST. *Datasheet 104HVT* [online]. [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://www.neuson-forest.com/wp-content/uploads/Produktblatt\\_104HVT\\_EN\\_web.pdf](https://www.neuson-forest.com/wp-content/uploads/Produktblatt_104HVT_EN_web.pdf)
- [148] IMPEX FORSTMASCHINEN. *Impex KönigsTiger T 30* [online]. Lectura [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: <https://specs.lectura.de/de/datasheet-viewer/33764>
- [149] KOMATSU. *Tracked harvester: XT430-5* [PDF]. c2022 [cit. 2025-05-14]. Dostupné z: [https://www.komatsu.com/-/media/brochures/forestry/trackedfellerbuncherharvester\\_xt-5\\_brochure\\_english-en-xt5bro-1022-v3.ashx](https://www.komatsu.com/-/media/brochures/forestry/trackedfellerbuncherharvester_xt-5_brochure_english-en-xt5bro-1022-v3.ashx)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CAN	Controller Area Network
CTL	Cut To Length
FOPS	Falling Object Protective Structure
MDDL	Multi-Disk Differential Lock
OPS	Operator Protective Structure
ROPS	Roll-Over Protective Structures