

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



**Vliv vybraných faktorů pracovního prostředí na
oběhovou soustavu operátorů lesních strojů**

Diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Čirč

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Jankovský PhD.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Čirč

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv vybraných faktorů pracovního prostředí na oběhovou soustavu operátorů lesních strojů

Název anglicky

The effects of selected factors of the work environment on the circulatory system of forest machine operators

Cíle práce

Analyzovat data o vybraných faktorech pracovního prostředí (ekvivalentní hladina hluku, vrcholová hladina hluku, operativní teplota v kabině, rychlost proudění vzduchu v kabině, průměrná osvětlenost kabiny, mentální zátěž) u operátorů lesních strojů – odvozní souprava, vyvážecí traktor a harvester. Určit vliv daných faktorů na srdeční frekvenci operátorů daných strojů. Srovnat vliv daných faktorů u začínajících operátorů se zkušenými operátory. Interpretovat vlastní výsledky práce a srovnat je s dostupnou literaturou domácí i světovou.

Metodika

Měření faktorů pracovního prostředí proběhne dle dostupných českých nebo mezinárodních norem upravujících metodiku měření jednotlivých faktorů pracovního prostředí. Měření odezvy oběhové soustavy na zátěž pracovním prostředím bude probíhat při plném provozu strojů v souladu s metodikou popsanou v Jankovský et al. (2018). Data budou následně zpracována a vyhodnocena vhodnými statistickými metodami.

Doporučený rozsah práce

50-60 stran

Klíčová slova

hluk, mikroklimatické podmínky, fyziologická odezva, biofeedback, srdeční frekvence, harvester, vyvážecí traktor, odvozní souprava

Doporučené zdroje informací

- B. Pagnussat, M., da Silva Lopes, E. 2017. The behavioral profile of harvester operators. *Revista Árvore*. 41. DOI: 10.1590/1806-90882017000200010.
- Dvořák J., Bystrický R., Hrib M., Hošková P., Jarkovská M., Kováč J., Krilek J., Natov P., Natovová L. 2011. The use of harvester technology in production forests. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*. 156 pp.
- JANKOVSKÝ, M. – FERENČÍK, M. – ALLMAN, M. – DVOŘÁK, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Ergonomie a hygiena práce v lesnictví*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2017. ISBN 978-80-213-2792-4.
- Jankovský M., Hnilica R., Dvořák J. Dado M., Natov P. 2013. Utilization of biofeedback devices in determination of learning curves of harvester operators. *ICERI2013 Proceedings*. p 3703-3711.
- Jankovský M., Merganič J., Allman M., Ferenčík M., Messingerová V. 2018. The cumulative effects of work-related factors increase the heart rate of cabin field machine operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 65: 173-178.
- Kabeš A., Dvořák J., Natov P. 2014. Operation Times in John Deere 1110 E Forwarders in Regeneration Felling. *Journal of Forest Science* 60(6): 248-253.
- Macků J., Dvořák J. 2013. A comparative analysis of neck muscle tension in a harvester operator compared with chainsaw and horse skidding operator and with normal human activities. *Journal of Forest Science* 59(8): 301-305.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Martin Jankovský, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 15. 1. 2020

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 11. 08. 2020

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv vybraných faktorů pracovního prostředí na oběhovou soustavu operátorů lesních strojů“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Martinem Jankovským, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V Praze dne.....

.....

Bc. Tomáš Čirč

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Martinovi Jankovskému, Ph.D. za vedení této diplomové práce, propůjčení měřících přístrojů a vřelý přístup. Děkuji všem operátorům strojů za umožnění realizace praktického měření, bez nich by tato práce vzniknout nemohla. V neposlední řadě také své rodině za jejich neustálou podporu a dodávání odvahy během studia. Děkuji.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce byla analýza jednotlivých faktorů pracovního prostředí v lesních strojích (odvozní souprava, vyvážecí souprava, harvester), u kterých se předpokládá vliv na oběhovou soustavou operátorů těchto strojů. Na čtyřech osobách s různými stupni kvalifikace bylo provedeno celkem 27 měření metodou biofeedback, která monitorovala puls, teplotu pokožky a hybnost hlavy v průběhu jejich standardního pracovního zatížení. Sledovanými faktory pracovního prostředí byly operativní teplota, intenzita osvětlení, rychlost proudění vzduchu uvnitř kabiny, ekvivalentní a vrcholová hladina hluku. Výstupní data byla nejprve zpracována v programu Excel a následně byla statisticky analyzována v programu STATISTICA. Nejprve bylo provedeno základní statistické zpracování, poté regresně-korelační analýzy, a nakonec analýza rozptylu s využitím post hoc Tukeyova testu. Z dosažených výsledků vyplývá, že faktory pracovního prostředí, konkrétně osvětlení a ekvivalentní hladina hluku vykazují statisticky významný vliv na srdeční frekvenci měřených pracovníků. Značný vliv má také použitý stroj nebo část pracovní směny.

Klíčová slova: Hluk, mikroklimatické podmínky, fyziologická odezva, biofeedback, srdeční frekvence, harvester, vyvážecí souprava, odvozní souprava

Abstract

The aim of the thesis was to analyze particular environmental factors in forest machines (timber truck, forwarder, harvester) and their possible influence on operators cardiovascular system. Four persons of various degree of qualification were submitted and were carried out in total 27 tests by the biofeedback method. Heart rate, external body temperature and head movement were monitored during their workload. The observed factors of working environment were operational temperature, illumination intensity, air flow speed inside the cabin, equivalent and peak noise level. External data were primarily processed in Excel programme, subsequently by statistics analyzing in STATISTICA programme. Initially was introduced basic statistics elaboration, followed by regression-correlation analysis and concluded by dispersal analysis using post hoc Tukey test. Obtained results figure out that working process environment, exact illumination and equivalent noise level show statistically significant influence on heart rate on tested worker. Important influence has the type of the machine and working shift.

Key words: Noise, microclimatic conditions, physiological respond, biofeedback, heart rate, harvester, forwarder, timber truck

Obsah

1	Úvod	12
2	Cíle práce	13
3	Literární rešerše	14
3.1	Lesnická mechanizace	14
3.1.1	Rozvoj lesnické mechanizace	14
3.1.2	Harvestorové technologie	14
3.1.3	Vyvážecí traktory a vyvážecí soupravy	18
3.1.4	Odvozní soupravy.....	20
3.2	Ergonomie, bezpečnost a hygiena práce v lesnictví	23
3.2.1	Ergonomie	23
3.2.2	Faktory pracovního prostředí a jejich vliv na organismus člověka	24
3.2.2.1	Fyzická zátěž.....	24
3.2.2.2	Psychická zátěž	24
3.2.2.3	Hluk.....	25
3.2.2.4	Vibrace	26
3.2.2.5	Osvětlení.....	27
3.2.2.6	Mikroklimatické podmínky	28
3.2.3	Vliv ergonomie na lesnickou mechanizaci	30
3.2.3.1	Harvestory a vyvážecí traktory.....	31
3.2.3.2	Odvozní soupravy.....	33
3.2.4	Bezpečnost a hygiena práce v lesnictví	34
3.2.4.1	Bezpečnost práce.....	34
3.2.4.2	Úrazy a nemoci z povolání	36
3.2.4.3	Prevence a možnosti, jak zabránit úrazům a nemocím z povolání	38
3.3	Oběhová soustava	39
3.3.1	Srdce	40
3.3.2	Krevní oběh	41
3.3.3	Krevní tlak	42
3.3.4	Tep.....	42
3.4	Měření pracovní zátěže	43
3.4.1	Psychická zátěž.....	43
3.4.2	Biofeedback a jeho využití v lesnictví	44
4	Metodika práce	46
4.1	Technické a softwarové vybavení	46
4.1.1	Biofeedback 2000 x-pert [®]	46
4.1.2	Testo 480	48
4.1.3	TSI Quest EG4.....	50
4.2	Průběh a posloupnost měření	51
4.3	Testované osoby a použitá mechanizace	53
4.4	Sběr a zpracování dat	55
4.4.1	Zpracování dat v Excelu	55
4.4.2	Statistické analýzy	58
5	Výsledky a diskuze	59
5.1	Vyhodnocení parametrů popisnou statistikou	60
5.2	Vliv faktorů pracovního prostředí na oběhovou soustavu.....	65

5.3	Analýzy rozptylu fyziologické odezvy pracovníků.....	70
5.4	Porovnání výsledků s legislativou a literaturou	74
6	Závěr	76
7	Seznam literatury a použitých zdrojů	78

Seznam obrázků

Obrázek 1 Popis základních částí harvestoru	15
Obrázek 2 Konstrukční prvky vyvážecího traktoru.....	18
Obrázek 3 Schéma traktorové vyvážecí soupravy.....	19
Obrázek 4 Přívěsová souprava na krátké dříví	21
Obrázek 5 Návěsová souprava na krátké i dlouhé dříví	21
Obrázek 6 Odvozní souprava s polopřívěsem	22
Obrázek 7 Popis kabiny harvestoru nebo vyvážecího traktoru	32
Obrázek 8 Pohled do kabiny nákladního vozidla zn. MAN	34
Obrázek 9 Syndrom karpálního tunelu.....	37
Obrázek 10 Oběhová soustava člověka.....	39
Obrázek 11 Průtok krve srdcem	40
Obrázek 12 Velký a malý krevní oběh (zjednodušené schéma).....	42
Obrázek 13 Detail na příslušenství přístroje Biofeedback 2000 x-pert.....	48
Obrázek 14 Měřicí přístroj Testo 480	49
Obrázek 15 Sondy pro měření intenzity osvětlení (vlevo) a míry turbulence (vpravo) .	50
Obrázek 16 Měřič hluku TSI Quest EG4	50
Obrázek 17 Měření v kabině (A), pohled na odvozní soupravu (B)	53
Obrázek 18 Vlevo: Měření při práci; Vpravo: harvestor Rottne H8	53
Obrázek 19 Operátor Martin Č. při práci	54
Obrázek 20 Vlevo: Odvozní souprava Volvo; vpravo: sběr dat uvnitř vozu	54
Obrázek 21 Vlevo: Sběr dat při práci; Vpravo: Měřicí přístroje ve vyvážecí soupravě	55
Obrázek 22 List se souhrnnými hodnotami ze všech měření	57
Obrázek 23 Histogram pulsu ze všech měření	59
Obrázek 24 Histogram pulsu po vyloučení extrémních a odlehlých hodnot.....	60
Obrázek 25 Krabicový graf: Srdeční frekvence u jednotlivých osob.....	61
Obrázek 26 Krabicový graf: Srdeční frekvence v závislosti na věku.....	62
Obrázek 27 Krabicový graf: Srdeční frekvence v závislosti na stroji	63
Obrázek 28 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na osvětlení	65
Obrázek 29 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na proudění vzduchu.....	66
Obrázek 30 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na teplotě vzduchu	67
Obrázek 31 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na ekvivalentní hladině hluku	68
Obrázek 32 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na vrcholové hladině hluku.....	69
Obrázek 33 Grafické zobrazení výsledků ANOVA pro faktor: operátor.....	70
Obrázek 34 Grafické zobrazení výsledků ANOVA pro faktor: typ stroje	71

Obrázek 35 Grafické zobrazení výsledků ANOVA pro faktor: část směny.....	72
Obrázek 36 Krabicový graf: Srdeční frekvence podle části směny	73

Seznam tabulek

Tabulka 1 Počet harvestorů v ČR v roce 2019.....	17
Tabulka 2 Výroba nových přípojných vozidel v ČR.....	22
Tabulka 3 Popisné statistiky za všechna měření	60
Tabulka 4 Popisné statistiky jednotlivých měřených osob	61
Tabulka 5 Popisné statistiky podle jednotlivých strojů	63
Tabulka 6 Závislost osvětlení na pulsu	66
Tabulka 7 Závislost proudění vzduchu na pulsu	67
Tabulka 8 Závislost teploty vzduchu na pulsu	68
Tabulka 9 Závislost ekvivalentní hladiny hluku na pulsu	69
Tabulka 10 Závislost vrcholové hladiny hluku na pulsu.....	70
Tabulka 11 Výsledky analýzy rozptylu pro faktor operátor.....	71
Tabulka 12 Tukeyův test pro faktor operátor.....	71
Tabulka 13 Výsledky analýzy rozptylu pro faktor typ stroje	72
Tabulka 14 Tukeyův test pro faktor typ stroje	72
Tabulka 15 Výsledky analýzy rozptylu pro faktor část směny	73
Tabulka 16 Tukeyův test pro faktor část směny.....	73
Tabulka 17 Limit srdeční frekvence při práci podle 361/2007	74

Použité zkratky a symboly

ANOVA – analýza rozptylu

FOPS Falling Objects Protectives Structures – ochrana proti padajícímu předmětu

OPS Operator Protective Systém – ochrana proti proniknutí předmětu

ROPS Roll Over Protective Structures – ochrana proti převrácení stroje

JMP – jednomužná motorová pila

BPM – počet úderů srdce za minutu

BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Sb. – sbírky

AG – Aktiengesellschaft (německy akciová společnost)

GmbH – Gesellschaft mit beschränkter Haftung (společnost s ručením omezeným)

dB – Decibel

Hz – Hertz

°C – stupně Celsia

lx – lux

GB – gigabajt

NTC – termistor s negativním teplotním koeficientem

cm – centimetr

mm – milimetr

g – gram

mm Hg – milimetr rtuťového sloupce; také Torr

OOP – osobní ochranné prostředky

PHM – pohonné hmoty

1 Úvod

Lesní hospodářství vykazuje řadu různorodých specifických činností, které na sebe často vzájemně navazují, jako je např. těžba a následná doprava dříví ke spotřebiteli. Člověk při provádění těchto činností mnohdy zápolí s náročným venkovním prostředím, kde navíc musí manipulovat s rozměrnými a hmotnými předměty, tedy především se stromy a dřívím z nich vyrobených (Neruda a kol., 2013).

Moderní doba s sebou přináší trend zvyšování produktivity a efektivity práce a zároveň snižování výrobních nákladů. Lesní hospodářství, ostatně jako většina průmyslových odvětví tento trend následuje a do lesů zavádí víceoperační těžebně-dopravní stroje. Nástupem víceoperačních strojů se snížil podíl fyzické práce a zároveň se zvýšila bezpečnost a produktivita práce. Navzdory technologickému pokroku a zaváděné mechanizaci je práce v lesnictví stále řazena mezi nejtěžší a nejméně bezpečné odvětví (Klun, Medved, 2007).

Víceoperační technologie sice snížily podíl namáhavé fyzické práce, avšak vyvstaly nové problémy. Stroje kladou na operátory zvýšené nároky z hlediska kvalifikace, fyzického zdraví a mentálně – psychických schopností a dovedností (Dvořák a kol., 2012). Obsluhování lesních strojů je intenzivní a komplexní pracovní úkol, který zahrnuje jednotvárné a cyklické opakování pracovních úkonů. Operátor sedí v kabině stroje stále v jedné pracovní poloze, musí dávat pozor a být aktivní po celou dobu pracovní směny (Gellerstedt, 2002).

Dnešní lesnická mechanizace, ať už se jedná o těžební nebo dopravní stroje, mají své pracoviště, tedy kabinu, dobře ergonomicky uzpůsobenou, nicméně stále je co zlepšovat, a to hlavně v návaznosti na jednostranné zatěžování těla operátorů a zdravotních problémů z tohoto vyplývajících.

Nejúčinnější způsoby omezování rizika úrazů při práci mají v rukou konstruktéři strojů, výrobních zařízení a tvůrčí lidé technologických postupů. Konstrukcí strojů a volbou technologických principů lze úplně nebo částečně vyloučit nebezpečné faktory. Výsledky této diplomové práce mohou posloužit výrobcům lesnické mechanizace ve zdokonalení pracovního prostředí pro obsluhu strojů. Zlepšením ergonomie pracoviště může být zvýšena produktivita práce a zároveň snížena rizika vzniku úrazu nebo nemoci z povolání.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv vybraných faktorů pracovního prostředí na oběhovou soustavu operátorů lesních strojů a řidičů odvozních souprav v reálném pracovním zatížení. Vybranými měřenými faktory pracovního prostředí jsou hluk, rychlost proudění vzduchu a osvětlení uvnitř kabiny stroje/vozidla. Současně na operátorech a řidičích probíhá měření fyziologické odezvy, konkrétně oběhové soustavy za pomoci technologie biofeedback. Na některém ze strojů bude pracovat i autor práce, který sice má potřebné kvalifikace, avšak minimální zkušenosti. Výsledky práce budou porovnávány s dostupnou literaturou a dále bude posuzováno, zdali existuje měřitelný rozdíl mezi profesionálem a začátečníkem.

Pro správné pochopení celé problematiky vztahu zaměstnance v lesnictví k jeho pracovnímu prostředí bude čtenáři předkládána literární rešerše, která jednotlivá témata popisuje a rozvíjí.

3 Literární rešerše

3.1 Lesnická mechanizace

3.1.1 Rozvoj lesnické mechanizace

Celý sektor lesnictví je provázán činnostmi, které na sebe vzájemně navazují. Jedná se zejména o těžbu, dopravu dříví a obnovu vytěžených ploch. Tyto činnosti jsou často spojeny s komplikovanými podmínkami, mezi které patří například venkovní prostředí, které ovlivňuje způsoby vykonání těchto aktivit. Manuální práce se ve složitých lesních podmínkách využívala až do druhé poloviny dvacátého století, kdy došlo k postupnému rozvoji mechanizace. Rozvoj lesnické mechanizace vedl ke snížení fyzické námahy a ke zvýšení pracovní výkonnosti (Neruda a kol., 2013).

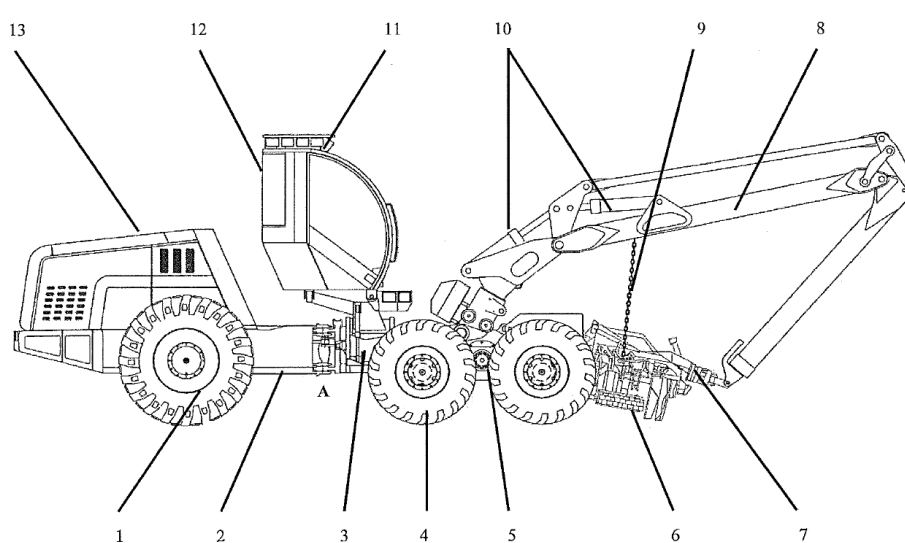
V českém lesním hospodářství se rozvoj těžebních a dopravních strojů datuje až do druhé poloviny 70. let. V první fázi se však jednalo o těžké stroje, které sloužily především ke zpracování imisních kalamit v severozápadních Čechách a severní Moravě (Lasák a Němec, 1996). Vyráběly se dva sortimenty – čtyřmetrové kulatinové výřezy a dvoumetrové vlákninové výřezy. Ukázaly se zde první výhody, ale i nevýhody mechanizovaných těžebních technologií. Za výhodu byla uváděna menší potřeba kapacit manipulačních skladů a úspora pracovních sil oproti manuální technologii až o 70,5 %. Na druhou stranu nasazení tehdejších harvesterových technologií vedlo k zvýšení výrobních nákladů až o 35,5 % a nemožnosti provádění kvalitní manipulace a žádané sortimentace (Gross, 1984).

3.1.2 Harvesterové technologie

Harvestor je víceoperační těžebně-dopravní stroj, který strom podřezá a částečně opracuje (odvětví a zkrátí) nebo též dopraví na kratší vzdálenost (vyklidí). Vždy provádí kácení, případně další operace (Janeček a kol., 2002). Pokácení a zpracování stromů harvesterem probíhá v kontinuálním pracovním cyklu, přičemž některé operace mohou probíhat souběžně (např. přemísťování, odvětvování, manipulace kmene). Celý cyklus je plně mechanizovaný a částečně automatizovaný (Neruda a kol., 2008).

První víceoperační těžební stroje se začaly objevovat koncem čtyřicátých let ve skandinávských zemích, konkrétně ve Švédsku a Finsku. První, kdo se začal touto technologií výroby surového dříví zabývat, je společnost Rauma-Repola FMG (Forest Machine Group). V průběhu osmdesátých a devadesátých let došlo ve střední Evropě k obrovskému rozšíření této technologie (Macků, Gašparík, 2015).

Konstrukce harvestoru sestává z 5 základních částí. Jedná se o motor, podvozek, řídicí kabinu operátora, hydromanipulátor a pracovní zařízení (Dvořák a kol., 2012).



Obrázek 1 Popis základních částí harvestoru

ZDROJ: Neruda a kol., 2008

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1. kolo zadní nápravy | 8. hydraulický jeřáb |
| 2. zadní rám | 9. upevňovací řetěz |
| 3. přední rám | 10. přímočaré hydromotory |
| 4. kolo přední boogie nápravy | 11. osvětlení |
| 5. boogie náprava | 12. kabina |
| 6. těžební hlavice | 13. kryt motoru |
| 7. rotátor | A – kloub řízení |

Harvestory jsou nasazovány při kmenové nebo sortimentní těžební metodě. Stroje kácí a odvětvují stromy a mohou provádět sortimentaci. V první řadě jsou odtěžovány stromy na linkách zabraňující průjezdu strojů s následujícím těžebním zásahem v pracovním poli. Pokácené stromy jsou zpracovány, tzn. odvětveny, kráceny v délce požadovaných sortimentů a ukládány kolmo k vyvážecí linii, pokaždé na druhou stranu polovinu pracovního pole, než z jaké byl odtěžen (Dvořák a kol., 2012). Kladením větví a vrcholových částí stromů na vyvážecí linky je snižováno riziko poškození kořenů stromů a půdního povrchu, protože půda a kořeny jsou tak lépe chráněny před vlivem pojezdu harvestoru, zejména pak vyvážecího traktoru (Neruda a kol., 2008). Valná většina výrobců se zaměřuje na vývoj vedoucí k minimalizaci škod na zůstávajícím porostu, vzniklé pohybem strojů. Ať už se jedná o nové typy pneumatik, pásů a kolopásů, které snižují měrný tlak na půdu nebo o pokročilé systémy řízení a navigace omezující zbytečné pojezdy porostem (Macků, Gašparík, 2015).

Sortimentní těžební metoda prováděna harvestory umožňuje environmentálně šetrné a rychlé zpracování dříví, které je orientováno na zákazníka, jenž je rozhodujícím činitelem pro stanovení jakosti, množství a časového rozvržení dodávek dříví. Výřezy vyrobené harvestorem a vyvážené vyvážecím traktorem zůstávají čisté, což je značnou výhodou jak pro odběratele, tak i pro dodavatele dříví. Dodavateli poté odpadají starosti se sankcemi od odběratelů za poškozené pilové pásy, případně od vlastníka pozemní komunikace za znečištění silnice (Neruda a kol., 2008).

Harvestorové technologie je vhodné nasadit pouze v oblastech, kde je jejich využití ekonomické a smysluplné. Jedná se o lesní majetky dostatečné velikosti s určitým stupněm lesnatosti (Ulrich a kol., 2006). Technologie je optimalizována pro jehličnaté porosty s dominantním zastoupením smrku a borovice. Z listnatých dřevin přicházejí v úvahu porosty s bukem a břízou do věku 50 let. Další dřeviny jsou z technologického hlediska problematické ke zpracování nebo nemají významné postavení v českém lesním hospodářství (Dvořák a kol., 2012).

Charakteristika lesního porostu značně ovlivňuje produktivitu práce a náklady. Mezi nejčastější faktory, které ovlivňují produktivitu těžby se řadí průměrná hmotnatost kmene, staří a zásoba porostu, typ terénu a druh dřeviny (Ulrich a kol., 2006).

Rozsah plochy, na které mohou harvestorové technologie pracovat s ohledem na uvedené faktory, představuje v ČR téměř 78 % z celkové výměry lesů, tj. více než 2 mil. ha. Přes 62 % výměry lesů je tvořeno porosty, kde podíl požadovaných dřevin (smrk, borovice, bříza) přesahuje 80 % a zásoba 84 % z celkové zásoby lesů (Dvořák a kol., 2012).

V České republice se používání harvestorové technologie začalo rychle rozvíjet po roce 2000. V roce 2002 se na území republiky vyskytovalo zhruba 60 strojů, které v té době pokryly přibližně 7 % veškeré těžby, v roce 2005 to bylo 140 kusů, které zajistily přibližně 11 % celkové těžby. Zelená zpráva (MZe, 2019) uvádí, že v roce 2019 bylo v provozu 744 harvestorů, z toho 707 kolových a 37 na pásových podvozcích.

Tabulka 1 Počet harvestorů v ČR v roce 2019

Výrobce	Celkem	%	z toho dle úřezu kácecí hlavice				až 1995	z toho dle roku výroby		
			do 55 cm	do 62 cm	do 72 cm	do 75 cm		1996–1999	2000–2009	2010–2019
John Deere	372	46,3	65	101	148	58	20	38	188	126
Rottne	175	21,8	85	53	4	33	0	3	109	63
Komatsu	49	6,1	17	9	21	2	0	8	36	5
Ponsse	111	0	7	0	15	89	3	4	55	49
Logset	22	2,7	1	2	5	14	0	0	11	11
HSM	5	0,8	2	0	2	1	0	0	0	5
Sampo	34	5,4	32	2	0	0	0	0	15	19
Gremo	3	0,4	2	1	0	0	0	1	2	0
SP-Maskiner	1	0,1	1	0	0	0	1	0	0	0
Caterp./EcoLog	1	0,1	1	0	0	0	1	0	0	0
Profipro	2	0,2	1	1	0	0	0	0	0	2
Vimek 404	18	2,7	18	0	0	0	0	0	6	12
UTC 10-67	1	0,1	1	0	0	0	0	1	0	0
Entracon	9	1,1	9	0	0	0	0	0	2	7
Kolové celkem	803	88	242	169	195	197	25	55	424	299
Kaiser	1		0	0	0	1	0	0	0	1
Menzi Muck	3		3	0	0	0	0	0	3	0
MHT Linz	32		31	1	0	0	0	4	21	7
Königs Tiger	1		1	0	0	0	0	0	1	0
Pásově celkem	37		35	1	0	1	0	4	25	8
Celkem	840		277	170	195	198	25	59	449	307
Processor Hypro	3		3	0	0	0	0	0	3	0

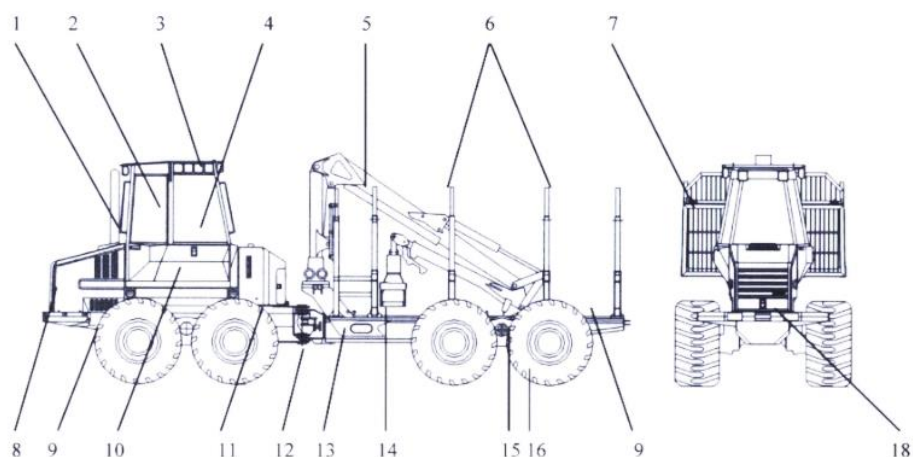
ZDROJ: Zpráva o stavu lesa lesního hospodářství ČR (MZe, 2019)

3.1.3 Vyvážecí traktory a vyvážecí soupravy

Cílem vyvážení dříví je transport vytěženého dříví od pařezu nebo vývozního místa na odvozní místo, nejčastěji vyvážecím traktorem nebo vyvážecí soupravou, dále složení hmoty na skládce s potřebným urovnáním nezbytným pro její naložení na následný odvozní prostředek bez další práce (Štícha a kol., 2015).

Velmi významným faktorem vyvážení je, že dopravované dříví není poškozováno a znečišťováno vlečením po zemi a zároveň nedochází k narušování půdního povrchu rytím čel výřezů do povrchu půdy, případně i poškozování stojících stromů kontaktem s vlečeným dřívím (Celjak, 2010). Důležitým přínosem této technologie je výrazné snížení fyzické námahy pracovníků ve srovnání s konvenčními technologiemi, nižší závislost na počasí a snížení rizika vzniku pracovních úrazů. Při úvazkovém soustředování dříví musí pracovník často podstupovat nepříjemné a nebezpečné situace, např. poutání a odvazování úvazků v bahně či sněhu, prodírání buřeni nebo riskuje poranění od roztřepené lana, či od samotného dříví. Nespornou výhodou je i zvýšení denní produktivity práce na jednoho pracovníka až na 60 m³ a více soustředěného dříví (v příznivých podmínkách i přes 200 m³), což je při úvazkovém soustředování traktory nedosažitelné (Neruda a kol., 2008).

Dvořák a kol. (2006) ve skriptech z lesnické mechanizace popisují rozdíl mezi vyvážecím traktorem a vyvážecí soupravou. Vyvážecí traktor popisují jako jednoúčelový stroj s vlastní ložnou plochou, který je používán pouze pro vyvážení sortimentů nebo klestu z lesa. V odborné terminologii je často také nazýván forwardérem.

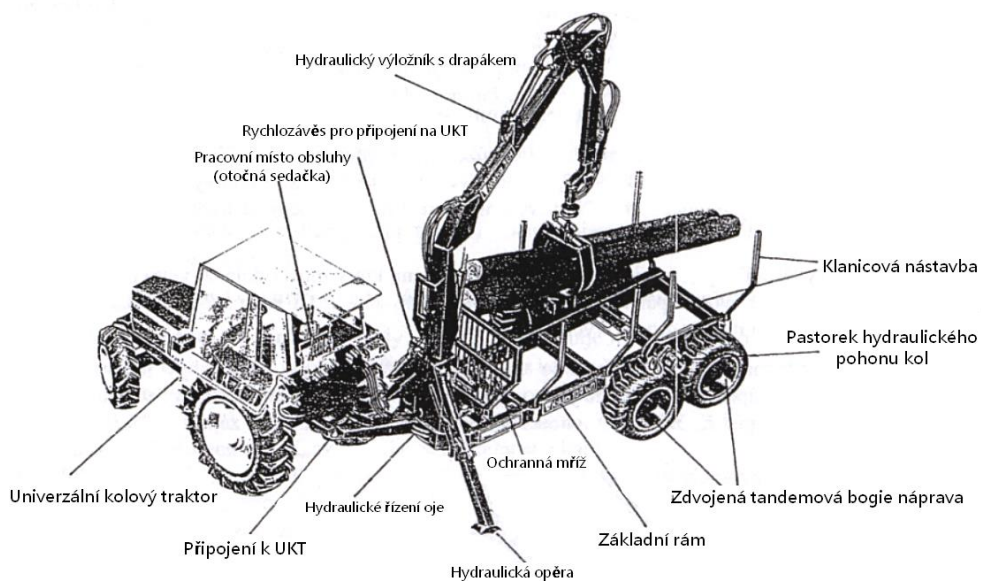


Obr. 4.1: 1. chromovaný výfuk, 2. klimatizovaná kabina, 4. polykarbonová okna, 5. hydraulický jeřáb, 6. klanice, 7. čelní mříž, 8. motor, 9. přední rám, 10. skříň na nářadí, 11. nádrže, 12. zlomovací systém, 13. zadní rám, 14. drapák, 15. boogie náprava, 16. pneu, 17. ložná plocha, 18. chladiče (z manuálu fy Komatsu Foret AB).

Obrázek 2 Konstrukční prvky vyvážecího traktoru

ZDROJ: Malik, Dvořák, 2007

Vyvážecí soupravu naproti tomu definují jako sestavu univerzálního traktoru a přívěsu či polopřívěsu a hydraulické ruky. V této sestavě je používán ke stejným účelům jako vyvážecí traktor. V případě odpojení přívěsu je traktor nosičem pro další adaptéry a lze ho využívat v jiných výrobních operacích (Dvořák a kol., 2006). K výhodám vyvážecích souprav patří velká flexibilita i při menším množství přibližovaného dříví, možnost jízdy po veřejných komunikacích vyšší rychlostí, traktor může být použit i pro jiné práce, pořizovací cena je zhruba poloviční oproti vyvážecímu traktoru (Neruda a kol., 2008).



Obrázek 3 Schéma traktorové vyvážecí soupravy

ZDROJ: Neruda a kol., 2008

Při nasazení harvestorového uzlu je nutné vycházet z terénní dostupnosti vyvážecího stroje, která je oproti harvestoru nižší pro výše položené těžiště a možnou horší stabilitu ve svažitém terénu (Malík, Dvořák, 2007).

Pokud se tato mechanizace používá nesprávným způsobem, může dojít k poškození stojících stromů a k narušení půdního povrchu. Zcela zásadní je zde role operátora, který svým odpovědným přístupem k práci může ovlivnit značnou část nepříznivých dopadů techniky na lesní prostředí (Simanov, 2003). Poškození stojících stromů se může projevit zejména těmito způsoby (Ulrich a kol., 2006):

- Ztráta na přírůstu
- Snížení stability jednotlivých stromů, příp. celých porostů
- Snížení kvality dřeva

3.1.4 Odvozní soupravy

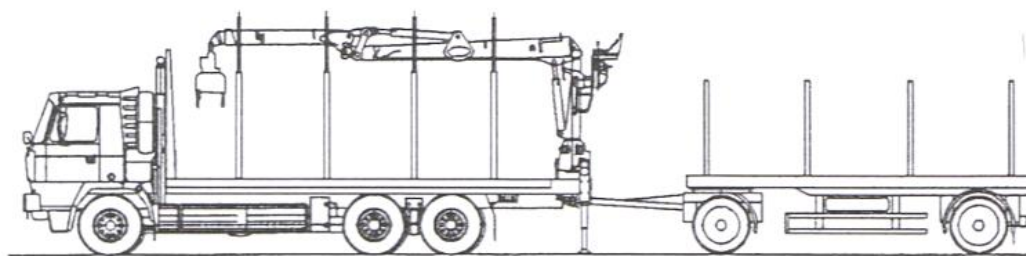
Odvoz dříví je poslední fází procesu výroby surového dříví. Jedná se o dopravu dříví po lesních cestách a veřejných komunikacích z odvozního místa (OM) na manipulačně-expediční sklad (MES), případně na expediční sklad nebo k odběrateli, což je nejčastěji pilařský provoz. Dříví se přepravuje po veřejných cestách a silnicích nebo veřejnou železnicí (Štícha a kol., 2015).

Dříve bylo dříví převáženo z odvozního místa na místo určení v nedělené podobě. Podíl jízd v různě těžkém nezpevněném terénu byl větší než po zpevněných komunikacích. Dalším významným faktorem bylo používání podstatně méně výkonných tažných vozidel, než je tomu dnes. Přípojná vozidla byla konstruována na rychlosti dosahované v dané době a podmínkách. Současná doba přináší mnoho nového i v oblasti lesotechniky. Nový způsob přepravy dříví znamená větší objem přepravy krácených výřezů mezi manipulačními sklady, což je přeprava po zpevněných komunikacích, nakládání a vykládání velkokapacitními nakladači a převoz dříví po nezpevněných lesních komunikacích dalšími vozidly (Nosek, 2006).

K odvozu dříví se používají tažná a přípojná vozidla, která jsou k tomuto účelu speciálně upravena. V současnosti je přeprava dříví z OM vykonávána výhradně odvozními soupravami. Odvozní souprava je nákladní automobil určený pro odvoz dlouhého dříví nebo výřezů, který je k tomu speciálně vybaven a upraven. (Dvořák a kol., 2006).

Dvořák a kol. (2006) a Neruda se Simanovem (2006) popisují způsob připojení k tažnému vozidlu na:

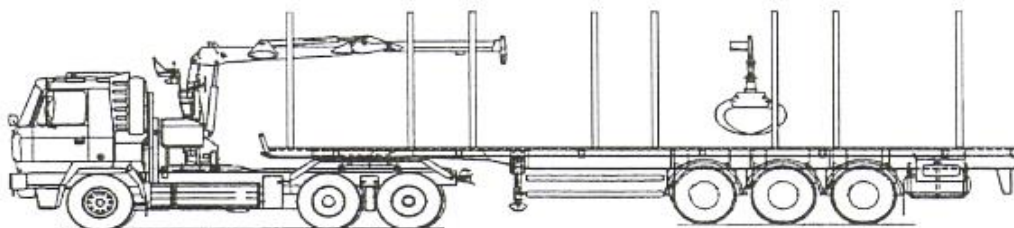
- **přívěsové soupravy**, složené z tažného vozidla a 1 či více přívěsů,
- **polopřívěsové soupravy**, tedy tažné vozidlo a polopřívěs,
- **návěsové soupravy**, obsahují tažné vozidlo a 1 návěs,
- **kombinované soupravy**, z tažného vozidla a 1 návěsu a 1 přívěsu.



Obrázek 4 Přívěsová souprava na krátké dříví

ZDROJ: Neruda a Šimanov, 2006

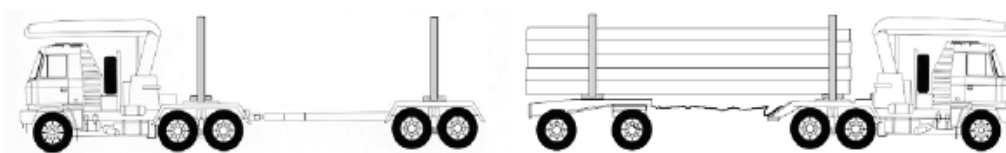
Přívěsy jsou přípojná vozidla, která nesou náklad samostatně a nejsou ani z části nesený tažným vozidlem (Janeček a kol., 2002). Točnicové přívěsy jsou určeny pro krátké dřevo do délek 7 m. Vyrábí se v provedení dvou, či tří náprav s možnou tonáží od 9 t do 12 t (Nosek, 2006). Přívěs vyniká dobrými manévrovacími vlastnostmi během jízdy a při otáčení, což urychluje celý proces odvozu a současně umožňuje použití v členitých hornatých terénech mimo lesní odvozní cesty (Dvořák a kol., 2006).



Obrázek 5 Návěsová souprava na krátké i dlouhé dříví

ZDROJ: Neruda a Šimanov, 2006

Návěsy se přední částí připojují na návěsové sedlo tahače, či napevno připevňují kuličkovou točnicí. Používají se pro krátké výřezy i dlouhé dříví. Návěsy jsou obvykle konstruovány na třinápravovém podvozku, z nichž jedna nebo dvě nápravy jsou zvedané a při zatěžování návěsu se automaticky spouští (Dvořák a kol., 2006). Celková délka návěsové soupravy dle legislativy je 16,5 m, avšak pro přepravu nadměrně dlouhých kmenů lze získat výjimku. Návěs je možné mít i s teleskopickou možností změny délky v rozsahu 2–3 m. Výhodou tohoto řešení je možnost lepší manévrovatelnosti v krátkém stavu, nevýhodou je větší hmotnost ve srovnání s neteleskopickými variantami (Nosek, 2006).



Obrázek 6 Odvozní souprava s polopřívěsem

ZDROJ: Dvořák a kol., 2006

Polopřívěsy se používají po přepravu dlouhého dříví. Jedna část nákladu leží na tažném vozidle a druhá na polopřívěsu (Janeček a kol., 2002). U této soupravy bývá polopřívěs často přetěžován, protože posádka má tendenci umísťovat polopřívěs co nejbližší k tažnému vozidlu, kdy současně dochází k odlehčení předního tažného vozidla, projevujícím se sníženou ovladatelností při brždění a změně směru. Stanovení vhodné vzdálenosti oplenu se vypočítá podle polohy těžiště nákladu, případně postačí pravidlo 2/3 délky nákladu (Neruda a Simanov, 2006).

Polopřívěs může mít nápravy neřízené, nebo se samočinně řízenou přední nápravou, která sleduje stopu tahače, což výrazně zvyšuje průjezdnost úzkými lesními cestami (Dvořák a kol., 2006).

Tabulka 2 Výroba nových přípojných vozidel v ČR

Těžební, přibližovací a dopravní prostředky	2017		2018		2019	
	ČR	Export	ČR	Export	ČR	Export
Návěsy, přívěsy, určené k dostavbě					26	
Kompletace odvozních souprav na krátké dříví			66		45	8
Kompletace odvozních souprav na dlouhé dříví	27				31	7
Jednonápravové oplénové přívěsy	1	1				
Dvounápravové oplénové přívěsy					20	6

ZDROJ: Zpráva o stavu lesa lesního hospodářství ČR (MZe, 2019)

Používají se pouze taková přípojná vozidla, která svou užitečnou hmotností odpovídají použitému tažnému vozidlu nebo tahači. Jinak by mohlo docházet k tomu, že jedno z vozidel v soupravě není vytěžováno, nebo je naopak přetěžováno. Ke každému typu přípojného vozidla je potřeba vyrobít příslušnou nástavbu včetně upevnění hydraulického jeřábu na tažném vozidle. Tyto nástavby a jejich konstrukce se řídí dle legislativních podmínek a praktických zkušeností ohledně torzních vlastností, které musí být shodné s vlastnostmi základního rámu vozidla, jinak může dojít k trvalým deformacím a praskání nosných částí (Nosek, 2006).

3.2 Ergonomie, bezpečnost a hygiena práce v lesnictví

3.2.1 Ergonomie

Ergonomie je vědecká disciplína, zabývající se poznáním a pochopením interakcí mezi lidmi, která aplikuje teorie, principy a data tak, aby optimalizovala pohodu (komfort) člověka a celkový výkon systému (Malý a kol., 2010). Počátky ergonomie lze hledat už v pravěku, kdy si člověk začal přizpůsobovat různé předměty tak, aby mu ulehčovaly každodenní práci. Pojem ergonomie zavedl v roce 1857 polský vědec Wojciech Jastrzebowski spojením řeckých výrazů „Ergon“ (práce) a „Nomos“ (zákon) (Jankovský a kol., 2017).

Základní prvky ergonomického systému jsou tvořeny třemi subsystemy člověk – stroj – prostředí (Pandula, Jalčová, 2002). Středem pozornosti ergonomie je člověk, jak při práci, tak v každodenních životních situacích. Při práci mohou nastat nebezpečné, nezdravé a nekomfortní stavy. Cílem ergonomie je vyhnout se těmto stavům tím, že je nezbytné se soustředit především na fyziologické a psychologické výkonnostní kapacity a limity člověka. Významnou roli v ergonomii hraje řada faktorů, jako například tělesná poloha a pohyby těla (stání, sezení, tah, tlak), faktory prostředí (hluk, vibrace, osvětlení, klima a mikroklima), organizace práce a informace získávané vizuálně nebo prostřednictvím jiných smyslů (Malý a kol., 2010).

Ergonomie aplikuje poznatky z mnohých oblastí věd o člověku a technologiích včetně fyziologie, psychologie, medicíny, antropometrie, biomechaniky, strojírenství apod. (Japan Ergonomics Society, 2016).

Ergonomie se aplikuje do třech základních oblastí (Jankovský a kol., 2017):

- 1) Určení požadavků na zaměstnance vzhledem k vykonávané práci
- 2) Navrhování strojů a zařízení
- 3) Navrhování pracovního prostředí a výrobních postupů

V České republice reprezentuje ergonomii „Česká ergonomická společnost“ se sídlem v Praze. Touto problematikou se zabývá také celá řada institucí v jednotlivých resortech (Výzkumný ústav bezpečnosti práce, Ministerstvo zdravotnictví), organizacích (Škoda Auto) i vysokých školách (Chundela, 2013).

3.2.2 Faktory pracovního prostředí a jejich vliv na organismus člověka

Pracovním prostředím se podle ČSN ISO 6385 (83 3510) rozumějí fyzikální, chemické, biologické, sociální a kulturní činitelé působící na osoby v pracovním prostoru. Jankovský a kol. (2017) popisují pracovní prostředí jako soubor všech podmínek, ve kterých se vykonává práce. Je tvořeno pracovníky a faktory, jenž se na pracovišti vyskytují nebo s prací souvisí a mohou ovlivňovat zdraví a pohodu pracovníka.

Faktory mohou být fyzikální (osvětlení, hluk, mikroklima, fyzická zátěž atd.), ale i sociální, hygienické a bezpečnostní (Chundela, 2013).

3.2.2.1 Fyzická zátěž

Fyzické zatížení člověka je pracovní zátěž pohybového systému, srdečně cévního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci organismu (Pandula, Jalčová, 2002). Podle střídání intenzity svalového stahu a relaxace se fyzická zátěž dělí na statickou a dynamickou. U dynamické fyzické zátěže po svalovém stahu následuje svalová relaxace. Statická fyzická zátěž nemění délku svalu, ale roste v něm napětí (Dvořák a kol., 2012). Statické zatížení je zvláště nevýhodné, protože nedochází k pohybu svalu (prodloužení nebo zkrácení) a dochází tak k jeho únavě. Čím je práce fyzicky namáhavější, tím dochází k vyšší přeměně (metabolismu), tzn. že člověk musí pro pokrytí vydané energie sníst větší objem a kvalitu potravy (Chundela, 2013).

Kritériem pro hodnocení fyzické namáhavosti práce jsou, podle nařízení 361/2007 Sb. *o stanovení podmínek ochrany zdraví při práci* hodnoty energetického výdeje a srdeční frekvence. Energetický výdej 6,8 MJ pro muže a 4,5 MJ za práci vykonávanou velkými svalovými partiemi nesmí být překročen v průběhu směny při rovnoměrném rozdělení pracovní doby. Nejvyšší přípustná hodnota srdeční frekvence za pracovní směnu je podle tohoto nařízení 102 tepů za minutu.

U operátorů víceoperačních strojů je možné se setkat s několika typy statické zátěže vyvolané např. polohou (trvalý sed), prostorovým omezením (nemožnost pohybu v kabině stroje) a držetím joysticků (Dvořák a kol., 2012).

3.2.2.2 Psychická zátěž

Psychická zátěž je taková zátěž, která klade zvýšené nároky na psychické procesy, a to zejména na pozornost, paměť, představivost, myšlení a rozhodování, které vyplývají

z potřeby na zpracování informací. Podíl psychické zátěže se díky vlivu modernizace a využívání výpočetní techniky významně zvyšuje, často na úkor zátěže fyzické (Dvořák a kol., 2012).

Ve srovnání s fyzickými faktory jako je hluk, osvětlení, zátěž teplem a chladem a dalšími, jež jsou objektivně měřitelné v definovaných jednotkách, míra psychické zátěže je značně závislá na osobních vlastnostech jednotlivce, tj. na jeho zátěžové toleranci. V tomto ohledu jde tedy spíše o jistý kvalifikovaný odhad a lze předpokládat, že psychická zátěž se zvětšuje při současném působení více okolností jako je např. vnucené pracovní tempo, trvalá zátěž (vigilance) nebo monotónnost práce (Hanáková, Matoušek, 2006).

Na pracovišti je velmi důležité dbát na psychickou pohodu zaměstnanců, kterou tvoří:

- Přiměřená psychická zátěž a tempo práce
- Vyloučení stresorů
- Jasná organizační struktura a náplň práce
- Kladné mezilidské vztahy
- Kolegialita, důvěra a zodpovědnost (Hush a kol., 2009).

Nerespektování těchto faktorů vytváří na pracovišti pocit fyzické a psychické nepohody, stresu, který si lidé často ani neuvědomují (Jankovský a kol., 2017). Práce ve stresu svádí k nepozornosti, což může zapříčinit vznik pracovního úrazu (Pandula, Jalčová, 2002).

3.2.2.3 Hluk

Zvuk je běžnou součástí každodenního života. Projevuje se změnou tlaku v prostředí, tzn. vytváří vlny, které okolní prostředí zahušťují a ředí. Počet změn tlaku za jednotku času určuje kmitočet zvuku, jehož užívanou jednotkou je Hz (Hertz) (Hanáková, Matoušek, 2006). Kmitočtový rozsah zdravého člověka sahá přibližně od 20 do 20 000 Hz (20 kHz), přičemž největší citlivost se pohybuje v rozmezí 1 000 – 4 000 Hz (Gilbertová, Matoušek, 2002).

Hluk je podmnožinou zvuku. Všeobecně ho je možné charakterizovat jako nepříjemný zvuk, který je z biologického (medicínského) hlediska škodlivý svou nadměrnou intenzitou (Melnick, 1991). Hluk vzniká jako vedlejší produkt lidské činnosti – tzn. provoz strojů a zařízení je příčinou vytváření vysokých hladin, které nepříznivě

působí na jejich obsluhu a zatěžují okolí. Vnímání hluku je subjektivní – pro někoho může být nějaký zvuk hlukem, pro jiného ne (Beran, 2010). Obecně platí, že hluk působí na daného jedince negativně, jestliže jej vytváří někdo jiný a člověk tento zvuk nemůže ovlivnit. Hodnoty intenzity hluku se uvádějí v decibelech (dB) (Chundela, 2013).

Na základě dat statistické databáze EU je hluk nejčastějším zdrojem pracovních úrazů a nemocí z povolání. Sluchový aparát je citlivý na akustické podněty a při jeho dlouhodobém stimulování dochází k jeho únavě, čímž se zvyšuje riziko poškození sluchu (Jankovský a kol., 2017). Za nejpříznivější zvukové prostředí pro člověka je považována hladina do 30 dB, což odpovídá šumu lesa a zvukům tichých zahrad. Pásmo zvuků od 30 do 65 dB jsou zvuky relativní. V pásmu od 65–95 dB jsou zahrnuty tzv. absolutní hluky, které jsou člověku škodlivé a projevují se pocitem celkové únavy (Veber, 1982). V případě, že je pracovník vystavený hladině nad 87 dB po dobu několika let, je poškození sluchového aparátu zaručené (Jankovský a kol., 2017). Hluk 130 dB je člověkem vnímán jako bolest a již po krátkém působení se sluchové orgány trvale poškozuji (Pandula, Jalčová, 2002).

Hluk, na rozdíl od ostatních činitelů ovlivňujících kvalitu pracovního prostředí, nepůsobí na člověka jen v průběhu trvání, ale i skrytě, což znamená, že jeho účinky se hromadí a projevují se až po určitém čase. Mimo obvyklého poškození sluchového aparátu může hluk vyvolat i tyto nepříznivé účinky: snižování tělesné a duševní výkonnosti, předčasná únava, zhoršování reakční schopnosti a snižování produktivity práce (Messingerová a kol., 2008). Hanáková a Matoušek (2006) uvádějí, že hluk může poškodit i srdeční sval infrazvukovými kmity. Za zvláště nebezpečné jsou považovány kmitočty blízké fibrilační hodnotě, tj. kolem 0,3 Hz, vyvolané z rázů výstřelů nebo z explozí.

3.2.2.4 Vibrace

Vibrace jsou charakterizovány jako mechanické otřesy charakterizované časově pravidelnými nebo nepravidelnými výkyvy určitého tělesa z klidové polohy (Erban, 2003). Chundela (2013) ve své publikaci o ergonomii popisuje vibrace (chvění) jako pohyb pružného tělesa nebo prostředí, jehož jednotlivé body mechanicky kmitají. Vibrace jsou ve své podstatě podobné hluku, jelikož se v obou případech jedná o mechanické kmitání a tyto rizikové faktory pracovního prostředí jsou často spojené. Jejich přítomnost

v pracovním prostředí je nežádoucí, jelikož snižují pracovní výkon a ohrožují pracovníky na zdraví (Jankovský a kol., 2017).

Důležitý je způsob a místo přenosu vibrací na člověka. Veber (1982) a Hanáková s Matouškem (2006) rozeznávají tyto způsoby přenosu na tělo:

- 1) Přenášené na ruce – přenos z vibrující rukojeti nebo jiného předmětu přidrženého rukou
- 2) Celkové vibrace – přenášejí se na osobu z vibrujícího povrchu (stání na vibrující ploše, sezení na vibrujícím sedadle
- 3) Přenášené zvláštním způsobem – nelze je zařadit do předchozích dvou, přenášejí se na určité části těla (na hlavu, páteř, ramena apod.)

Expozice vibracím se měří pomocí specializovaných přístrojů, tzv. vibrometrů (Jankovský a kol., 2017). V praxi to jsou snímací čidla, která se upevňují na měřený předmět a samotný měřicí přístroj, často spojený s měřičem hluku (Chundela, 2013).

V průběhu minulosti nebyly vibrace přítomny v takové míře, s jakou se potýkáme dnes. Jejich negativní vliv se podle Panduly a Jalčové (2002) a Chundely (2013) projevuje:

- Změnami funkce nervů ve stěně tepen
- Změnami vaziva šlachových pochev
- Změnami na kostech, kloubních a kostních chrupavkách
- Zvýšenou fyzickou i psychickou únavou

3.2.2.5 Osvětlení

Jednou ze základních podmínek práce je vhodné osvětlení, neboť člověk přijímá asi 80 % veškerých informací zrakem (Chundela, 2013). Je dokázáno, že intenzita a kvalita osvětlení v podstatné míře ovlivňují zdraví, únavu a duševní pohodu pracujících (Veber, 1982). Rozeznáváme tři základní druhy osvětlení (Veber, 1982; Chundela, 2013, Pandula, Jalčová, 2002; Jankovský a kol., 2017):

1) **Denní osvětlení:**

Denní, neboli přírodní, osvětlení je člověku nejbližší, protože jedině v denním světle je možné hovořit o reálném podání barev těles. Výhoda přirozeného osvětlení je v tom, že zdroj (slunce) je zadarmo. Intenzita a zabarvení se mění

během dne, roku a se změnou atmosférických podmínek. Jednotkou intenzity osvětlení je *lux* (lx), což je osvětlení plochy, na kterou dopadá 1 *lumen* (lm) na 1 m². Denní osvětlení letního odpoledne dosahuje hodnot až 100 000 lx, při zastření slunce oblaky se hodnoty pohybují mezi 20 000 až 30 000 lx. Denní osvětlení u vnitřních prostor se navrhuje takovým způsobem, aby byl pracovník v optickém kontaktu s okolím mimo interiéru.

2) Umělé osvětlení:

Pokud není možnost osvětlit pracovní prostor přirozeným světlem, využívá se osvětlení umělého. Jeho charakteristikou je časová stálost. Zdrojem světla jsou buď teplotní (žárovky), výbojové (zářivky) nebo LED soustavy.

3) Kombinované osvětlení

Kombinované, neboli sdružené, osvětlení se používá, pokud jsou hodnoty denního osvětlení nedostatečné. Umělé osvětlení se používá zejména v ranních a podvečerních hodinách. Při dostatečném denním osvětlení se používá výlučně přirozené světlo

3.2.2.6 Mikroklimatické podmínky

Dalším základním faktorem ovlivňující kvalitu pracovního prostředí, jsou mikroklimatické podmínky, což je soubor několika složek, které jsou navzájem závislé (Pandula, Jalčová, 2002). Do mikroklimatických podmínek počítáme zejména:

- **Teplotu vzduchu** – Teplota prostředí musí odpovídat tepelné bilanci lidského těla, tj. vztah množství tepla jím produkovaného k množství tepla odváděného z organismu do okolního prostředí (Malý a kol., 2010). Pocit tepelné pohody je vždy subjektivní (Hanáková, Matoušek, 2006). Bylo dokázáno, že při lehké fyzické práci dochází k maximálnímu výkonu při teplotě vzduchu 22 °C, při teplotě 27 °C klesá o 25 % a při 30 °C dosahuje pouze 50 % optimálního výkonu (Erban, 2003). Extrémní teploty představují chlad nebo horko. V důsledku chladného prostředí je zaměstnanec nucen být oblečený ve více vrstvách oděvu, což při výkonu povolání může být mnohdy překážkou. Naopak v případě vysokých teplot na pracovišti musí zaměstnanec častěji doplňovat tekutiny nebo využívat jiných prostředků, jak docílit ochlazení

(Kršková, 2010). Zastíněné okna a klimatizované prostory jsou funkčním preventivním opatřením, které snižují riziko úrazu nebo rozvoje nemoci z povolání (Jankovský a kol., 2017).

- **Vlhkost vzduchu** – Vlhkost vzduchu představuje množství vodní páry ve vzduchu. Rozlišuje se vlhkost absolutní, kterou lze charakterizovat jako hustotu vodních par ve vzduchu a vlhkost relativní, která značí poměr hmoty vodní páry obsažené ve vzduchu ke hmotě vodní páry, kterou by obsahoval tentýž objem vzduchu, pokud by byl parou nasycený (Jankovský a kol., 2017). Doporučené hodnoty jsou v rozmezí 30–60 % relativní vlhkosti (r.v.) při teplotách vzduchu 16–22 °C (Malý a kol., 2010). Vlhkost je sice člověkem pocíťována mnohem méně než teplota, avšak i tak může nepříznivě ovlivnit stav jedince (Hanáková, Matoušek, 2006). Hodnoty pod 20 % r.v. jsou výrazně pocíťovány vysycháním sliznic a popisují se jako „pouštní klima“. Naopak při hodnotách kolem 80 % r.v. nastává „tropické klima“, při kterém se člověk velmi potí a pot se nestačí odpařovat (Chundela, 2013).
- **Proudění vzduchu** – Prouděním vzduchu dochází k výměně vzduchu na pracovišti a děje se tak přirozenou nebo umělou cestou. Na volném prostranství se určuje rychlost a směr proudění, v uzavřených prostorech pouze rychlost proudění (Jankovský a kol., 2017). Rychlosti proudění vzduchu doporučované pro pracovní prostředí se pohybují v rozmezí 0,1-0,3 m.s⁻¹ v závislosti na druhu činnosti a použitém oděvu (Pandula, Jalčová, 2002). Proudění vzduchu musí zabezpečovat dobré provětrávání pracoviště a nesmí přispívat k šíření škodlivin na jiné pracoviště (Malý a kol., 2010).
- **Tlak vzduchu** – Tlak vzduchu na pracovišti je ovlivněn počasím a také technologickými podmínkami. Podtlak bývá nejčastěji při pracích ve vyšších nadmořských výškách a oproti tomu přetlak se může vyskytovat na pracovištích pod vodou (potápěči) nebo v některých závodech u některých technologických procesů, kde se tímto zabraňuje pronikání škodlivin z okolí (Chundela, 2013).
- **Čistota vzduchu a prašnost** – Vzduch je směsí dusíku (78 %), kyslíku (21 %), oxidu uhličitého a jiných látek (1 % - vodík, vodní páry, ozon apod.) (Jankovský a kol., 2017). Prašností se rozumí znečištění ovzduší hmotnými částicemi. Hmotné částice rozptýlené ve vzduchu se nazývají aerosoly, které

se podle velikosti částic dělí na prach (vzniká drcením pevných hmot), kouř (vznik spalováním organických látek) a dým (vznik oxidací anorganických látek) (Malý a kol., 2010). Z hlediska působení na člověka se dělí prach na toxický a netoxický. Toxický prach může mít na člověka fibrogenní účinek, který dráždí plicní tkáň a způsobuje zvazivovatění plic (nemoci silikóza, azbestóza) (Hanáková, Matoušek, 2006).

- **Sálavé teplo** – Sálavé teplo je vyzařováno do prostoru tělesy skrz jejich povrch (Jankovský a kol., 2017). Aby se tomuto tepelnému vyzařování zabránilo, používají se clony proti sálání, které teplo pohlcují nebo odrážejí (Hanáková, Matoušek, 2006). Dlouhodobé působící sálavé teplo vede ke vzniku kožních nemocí, např. hyperpigmentaci nebo k chronické dermatóze (Malý a kol., 2010).

3.2.3 Vliv ergonomie na lesnickou mechanizaci

Lesnická mechanizace v mnohých případech ulehčuje, snižuje fyzickou náročnost komplikovaných pracovních operací a zrychluje jejich provedení (Messingerová a kol., 2008). Tato technická evoluce se projevuje přesunem namáhavé fyzické práce z venkovních pracovišť do uzavřených, klimatizovaných kabin, které jsou nedílnou součástí moderních víceoperačních strojů. Čas strávený nebezpečnou fyzickou prací ve vnějších náročných podmínkách je nahrazen časem stráveným v uzavřeném a homogenním pracovním prostředí kabiny stroje (Dvořák a kol., 2012).

Při vývoji lesnické a zemědělské techniky se často používají ergonomické softwary. Tyto programy umožňují vytvoření virtuálních pracovníků se specifickými atributy populace, které jsou vkládány do trojrozměrných návrhů pracovního prostředí. Výhodou tohoto přístupu je, že se zaměřuje na člověka jako na střed pracovního systému, což umožňuje posouzení vhodnosti návrhu pracovního prostoru, posouzení rizika vzniku muskuloskeletárních onemocnění a snížení výrobních nákladů (Chaffin, 2007). Na trhu je dnes k dispozici celá řada ergonomických softwarů – např. Ramsis, Safeworks, Sammie, Tecnomatix Jack a další (Kováč, Szombathyová, 2010).

V letech 2002–2005 byla Evropskou unií spolufinancovaná studie, která řešila jednotnost pravidel posuzující ergonomické vlastnosti lesnické techniky v evropských zemích.

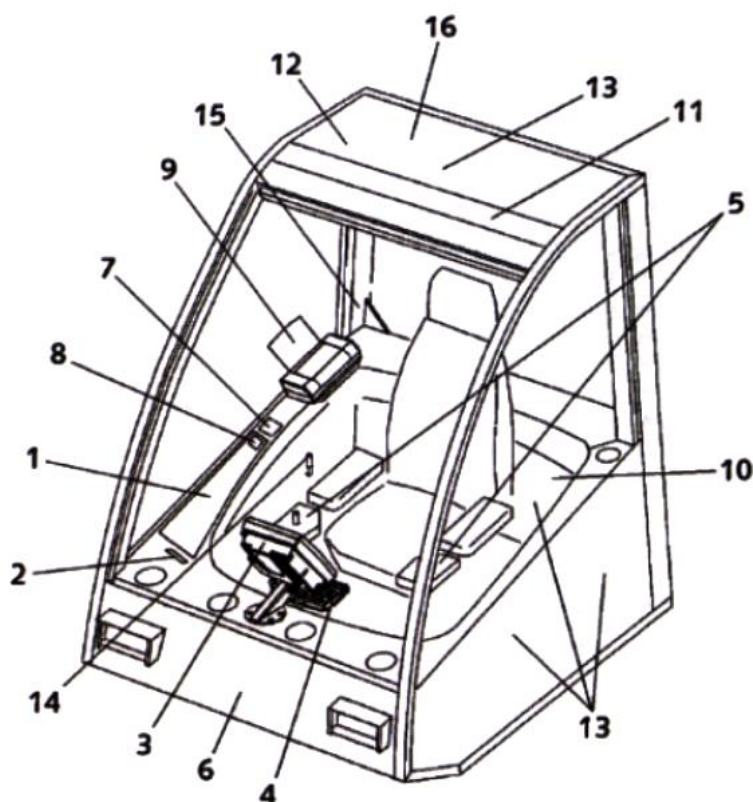
Do této studie byli zapojeni majitelé a operátoři strojů, odbory, vlastníci lesů, lesnické společnosti, výrobci a dodavatelé strojů, orgány ochrany zdraví a bezpečnosti a výzkumná pracoviště z Francie, Německa, Norska, Polska, Švédska, Velké Británie a Finska. Výsledkem bylo sestavení ergonomických a bezpečnostních pokynů pro stroje používané v lesním hospodářství a které jsou vybaveny kabinou. Obsahují celkem 17 posuzovaných sekcí (Gellerstedt a kol., 2006):

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. vstup do kabiny | 10. vibrace |
| 2. kabina | 11. mikroklima v kabině |
| 3. viditelnost | 12. expozice škodlivým látkám a částicím ve vzduchu |
| 4. sedadlo operátora a loketní opěrky | 13. osvětlení |
| 5. ovládací prvky | 14. příručky a návody |
| 6. ovládání stroje | 15. manuály a instrukce |
| 7. informace ze stroje | 16. údržba |
| 8. pracovní pozice | 17. index údržby |
| 9. hluk | |

3.2.3.1 Harvestory a vyvážecí traktory

Koncipování a konstrukce strojů, zejména prostoru kabiny se soustředí na minimalizaci negativních vlivů endo a exoprostředí ve vztahu k operátorovi a zároveň aby poskytovaly maximální užitnou hodnotu, dobrou ovladatelnost a výhled. Vybavení a design kabiny hrají podstatnou roli v pracovním zatížení operátora. (Dvořák a kol., 2012).

V kabině tráví operátor většinu pracovní doby, jsou odtud prováděny všechny řídicí funkce stroje při výrobní činnosti (Dvořák a kol., 2006). Pro splnění mezinárodních standardů ISO u ochranných prvků musí kabina harvesterů a vyvážecích traktorů projít zkouškami ROPS, FOPS, OPS. Skla jsou vydutá, vyrobená z vysoce odolného tónovaného polykarbonátu, mohou být vybavena slunečními clonami (Ulrich a kol., 2006). Sedadlo musí splňovat ergonomické funkce pro optimální pracovní podmínky, může být vyhřívané nebo větrané a je vybaveno četnými prvky nastavení podle hmotnosti a tělesných proporcí operátora (Neruda a kol., 2008). Kabina může dále být vybavená tiskárnou, připojením na mobilní telefon, rádiem, nezávislým topením atd. (Ulrich a kol., 2006).



- | | |
|---|---|
| 1. Přístrojová deska | 10. 24 V zásuvka |
| 2. Kontrolky | 11. Strop kabiny: výstražné světlo a bzučák |
| 3. HPC, displej a centrální jednotka (CPU) | 12. Strop kabiny: rádio, 12 V přípojka pro mobilní telefon, řídicí jednotka pro hasící zařízení |
| 4. Klávesnice, Timbermatic™300 | 13. Ve dveřích: odkládací přihrádka pro autolékárničku, dokumentaci a potraviny |
| 5. Ovládací tlačítka | 14. Páka řízení *) |
| 6. Pedály | 15. Držák na elektronickou průměrku *) |
| 7. Ovládání klimatizace | 16. Zadní okno: okenní anténa, rádio |
| 8. Ovládání naftového nezávislého topení *) | |
| 9. Tiskárna Timbermatic™ 300 | |

*) Volitelná výbava

Obrázek 7 Popis kabiny harvestoru nebo vyvážecího traktoru

ZDROJ: Ulrich a kol., 2006

Kromě výše zmíněných se výrobci lesnické mechanizace specializují i na další prvky ergonomie, které usnadňují operátorovi námahu a minimalizují vznik úrazu nebo onemocnění. Komatsu (2018) uvádí, že ergonomii se věnuje již od počátku vzniku firmy, tedy od 60. let 20. st. V současné době instaluje do vyvážecích traktorů speciální systém Comfort Ride, což je systém čtyř hydraulických tlumičů pod kabinou, které snižují rázy a vibrace. Švédský výrobce Rottne dodává do všech strojů kabiny stejné velikosti s výkonnou klimatizací a dobrým úložným prostorem. Dále uvádí, že úroveň hluku v kabině je nižší než v osobních autech (www.rottnet.com).

Úroveň hluku se věnovala Messingerová a kol. (2008), která srovnávala hlukovou zátěž pracovníků s JMP oproti operátorům harvestoru. Hluková zátěž pracovníků s motorovými pilami se pohybovala v intervalu 92,8 – 94,7 dB, u harvestorů v rozmezí od 66,9 do 76,1 dB. V současnosti moderní víceoperační stroje nepřekračují hodnoty hluchnosti uvedené v legislativních předpisech. Podobnou problematikou se zabýval Jankovský a kol. (2017), který u harvestorů naměřil 77,3 dB a 78,9 dB u forwarderů.

3.2.3.2 Odvozní soupravy

Na osobu řídící nákladní vozidlo jsou kladeny vysoké požadavky ze strany mnoha různých faktorů působících nejen na řidičův tělesný stav, ale i na jeho emocionální rovinu. Tyto faktory pak přeneseně ovlivňují způsob jeho řízení, řidičovu interakci s ostatními účastníky silničního provozu a v neposlední řadě vyvolávají únavu, což zvyšuje riziko dopravní nehody (Okunribido a kol., 2008). Jedním z hlavních rozdílů mezi sezením člověka na kancelářské židli a na sedadle řidiče je ten, že jde v podstatě o dvě různé aktivity. Při držení volantu má člověk polohu rukou a paží výše, než když pracuje za stolem. Při obsluze pedálů se nohy musí natáhnout a šikmým pohybem je obsluhovat. Řidič kromě pohybu těla do stran, způsobené jízdou vozidla (akcelerace, brždění, přetížení z jízd do zatáček), absorbuje i vibrace způsobené chodem motoru a pohybem vozidla po nerovném povrchu nebo hrbolaté silnici (Ccohs.ca, 2018).

Výrobci nákladních automobilů a s tím související specializované firmy na úpravu ložných ploch pro přepravu dříví se v posledních letech značně zaměřili na pohodlí a komfort pro řidiče. Například firma Mercedes-Benz do kabin svých nákladních vozidel montuje nejmodernější multimediální systémy, ergonomické odpružené sedadlo s masážní funkcí, pohodlné lůžko se 7zónovou matrací a také např. kompresorovou chladničku (<https://www.mercedes-benz-trucks.com/>)

Gilbertová a Matoušek (2002) popisují požadavky na správné umístění konstrukčních dílů v kabině vozidla, které zajišťují správnou pracovní polohu řidiče. Mezi tyto požadavky patří prostorný interiér, který musí odpovídat velikosti těla řidiče a jeho potřebám. V případě vstupu nebo výstupu do kabiny musí mít schůdky vhodnou pozici protiskluzový povrch. Nezbytnými prvky pro komfortní jízdu jsou posilovače řízení a pedálů brzd a spojky, úprava polohy volantu čtyřmi směry, sklonění volantu pro snadnější výstup a nástup do vozidla či jeho správná poloha před displejem

na přístrojové desce. Samozřejmostí je symetrické umístění pedálů s ne příliš vysokým sklonem. V případě špatného nastavení pedálu anebo polohy sedadla jsou chodila v extenzi.

Důležitým komfortním a zároveň bezpečnostním prvkem je opěrka šíje a hlavy (ccohs.ca). Opěrka má význam jednak pro odlehčení zátěže svalů šíje a ramenních pletenců a také plní funkci ochrany krční páteře před úrazem (Gilbertová, Matoušek, 2002). K charakteristickému úrazu tzv. „whiplash injury“ dochází při nárazu do vozidla zezadu nebo z boku. Přenos energie má za následek poranění kostí nebo měkkých tkání. K vyloučení nebo zmírnění dopadů úrazu je důležité, aby hlava v době nárazu byla opřena o tuto opěrku (Zemanová a kol., 2003).



Obrázek 8 Pohled do kabiny nákladního vozidla zn. MAN

ZDROJ: www.truck.man.eu

3.2.4 Bezpečnost a hygiena práce v lesnictví

3.2.4.1 Bezpečnost práce

Bezpečnost práce (BP) lze definovat jako stav (stroje, systému), při kterém nemůže dojít k úrazu. Z této definice vyplývá, že zcela bezpečný stroj v praxi neexistuje. Trvalý trend zvyšuje nároky na úroveň BP, tzn., že míra přijatelnosti nebezpečnosti používaného stroje je stále přísnější, což se například projevuje v podrobnosti a náročnosti bezpečnostních norem a předpisů (Chundela, 2013). Bezpečnost práce je zaměřena na prevenci úrazovosti a nemocí z povolání, jejím hlavním posláním je eliminace rizik

při práci (Malý a kol., 2010). Zaměstnavatel je zodpovědný za zdraví a bezpečnost personálu. Svým zaměstnancům by měl poskytnout odpovídající výcvik, aby znali správné pracovní postupy, plán údržby a všeobecné směrnice bezpečnost práce (Ulrich a kol., 2006).

Před zahájením prací na nové ploše by operátoři a pracovníci měli obdržet stanovištní mapy a písemné pracovní pokyny od společnosti, která je zodpovědná za těženou plochu. Veškeré nebezpečné zóny by měly být jasně vyznačeny na stanovištní mapě a rovněž i přímo v lese, např. dráty elektrického vedení, měkká neúnosná půda či strmý terén (Ulrich a kol., 2006).

Problematika bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v lese je řešena v celé řadě legislativních předpisů. Z hlediska legislativní úpravy je zásadním předpisem zákon č. 262/2006 *Sb. zákoník práce*, kde problematika bezpečnosti a ochrany zdraví při práci je upravena zejména v části páté (§ 101-108), a to z pohledu zaměstnance i zaměstnavatele. Blíže pak problematiku BOZP upravuje zákon 309/2006 *Sb. o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*. Důležitým předpisem upravující bezpečnost práce při činnostech v lese, a to nejen s těžebně-dopravními technologiemi, je nařízení 339/2017 *Sb.*, o bližších požadavcích na způsob organizace práce a pracovních postupů při práci v lese a na pracovištích obdobného charakteru. Toto nařízení stanovuje způsob práce takovým způsobem, kdy je zaměstnavatel zodpovědný za bezpečný průběh prací v lese. Podstatným požadavkem tohoto nařízení je §6, odstavec 10, který zaměstnavateli ukládá povinnost provést přípravu pracoviště před nasazením mechanizačního prostředku. Tím se rozumí rozčlenění porostů, určení počtu a směru vyklizovacích linek pro soustředování dříví a vyznačení odpovídajících manipulačních skladovacích prostor. Při práci s harvestorem je potřeba brát v potaz velikost ohroženého prostoru, čemuž se rozumí kruhová plocha o poloměru nejméně dvojnásobku výšky káceného stromu, prodlouženém o délku pracovního ramene stroje. U vyvážecí soupravy je ohroženým prostorem kruhová plocha poloměru nejméně délky vyváženého nebo zpracovávaného dříví, prodlouženém o délku pracovního ramene stroje. Při odvozu dříví musí zaměstnavatel zajistit, aby zaměstnanci nepřeváželi dříví, které je nezajištěné proti pohybu nebo aby se nezdržovali v ohroženém prostoru nakládaného nebo skládaného dříví.

3.2.4.2 Úrazy a nemoci z povolání

Nařízení vlády 290/1995 Sb. definuje nemoci z povolání jako nemoci vznikající nepříznivým působením chemických, fyzikálních, biologických nebo jiných škodlivých vlivů, které vznikly za podmínek uvedených v příloze tohoto nařízení.

Navzdory technologickému pokroku je práce v lesnictví stále jedním z nejnebezpečnějších povolání (Klun, Medved, 2007). Axelsson (1998) uvádí, že úrazovost pracovníku ve švédských lesích, klesla v období mezi 1970–1995 u pracovníků s motorovou pilou o 48 % a o 70 % u operátorů víceoperačních strojů. Například ve Spojených státech byla úrazovost 19krát větší než v jiných sektorech, což potvrzuje nebezpečnost v lesnických pracích v čele s dřevorubci, kteří jsou vystaveni největšímu nebezpečí (Lefort a kol., 2003). Nejmenší úrazovost je v zemích Skandinávie (0,1 mrtvých na 1 milion vytěženého m³ dříví), naopak ve Slovinsku je situace nejhorší, kdy připadá 4,9 smrtelných úrazů na 1 mil. m³ vytěžené hmoty (Klun, Medved, 2007).

Fyzická kondice a osobnost pracovníka velmi ovlivňují míry úrazu v lesích (Salminen a kol., 1999). Extrovertní a impulzivní lidé čelí většímu riziku ve srovnání s introverty. Představa, že nastane úraz vede k sebeobviňování jedince a tento pocit se přeměňuje ve stres a v důsledku toho se zvyšuje riziko (Wilhelmson a kol., 2005).

Bylo zjištěno, že pracovníci s krátkou zkušeností si méně uvědomují rizikovitost a nebezpečí práce, a tak jsou více náchylní ke zranění, kromě uklouznutí a zakopnutí, které jsou častější u zkušených pracujících (Bentley a kol., 2002).

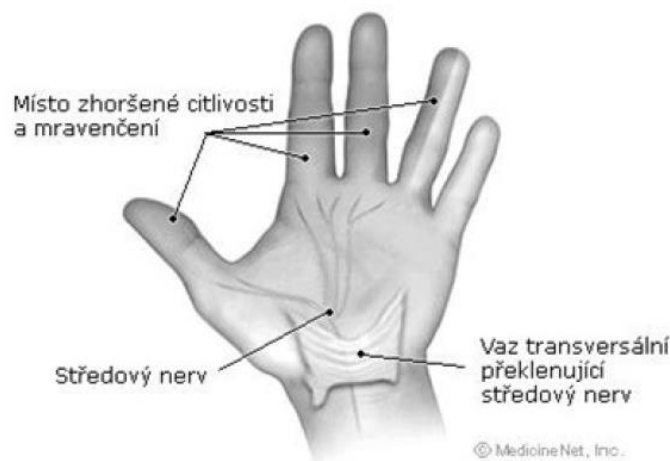
I když pečlivé plánování a optimální pracovní metody zlepšují bezpečnost na pracovišti, mohou se přesto vyskytnout úrazy (Ulrich a kol., 2006). Nejvíce úrazů při těžbě s JMP vzniká v obtížně dostupných lokalitách, u víceoperačních strojů vznikají při nastupování do kabiny stroje a při jejím opuštění nebo při údržbách a opravách (Wilhelmson a kol., 2005). Nejčastěji postihnutou částí těla jsou dolní končetiny, zvláště kotníky a chodidla (Bentley a kol., 2002). Počet úrazů je u těžařů s pilou čtyřnásobně vyšší, než u operátorů těžebních strojů (Axelsson, 1998).

Operátoři víceoperačních technologií se potýkají se syndromem RSI (Repetitive Strain Injury), což je poškození z opakovaného namáhání projevující se napětím svalstva šíje, bolestí ramen a krční páteře. Tyto bolesti nemusí vznikat jen v důsledku fyzického stresu. Jednou z teorií je, že psychické vypětí zvyšuje statickou svalovou aktivitu a díky tomu jsou svaly více zatěžovány (Gallis, 2006). Syndrom RSI je bolestivý a obtížně

léčitelný, způsobuje dlouhou dobu pracovní neschopnosti, a dokonce i invaliditu (Tobisch a kol., 2005).

Dlouhodobé působení vibrací na lidský organismus ovlivňuje kosti, svaly i klouby. Projevuje se to zánětlivými změnami kolem kloubního vaziva, kosti mohou být postiženy osteoporózou, tedy chronickým onemocněním způsobující řídnutí kostní tkáně. Bylo zjištěno, že energie z vibrací se přenáší rovnou na buňky svalů, což má za následek zhoršenou uchopovací schopnost v ruce (Hagberg, 2001).

Nevhodným úchopem a strnulou pozicí dlaní a předloktí může dojít k onemocnění karpálního tunelu, tj. prostoru mezi zápěstními kůstkami se silným vazivovým pruhem (Malý a kol., 2010). Syndrom karpálního tunelu je způsoben útlakem středového nervu v zápěstí, což se projeví mravenčením, šimráním, snížením citlivosti, otoky a bolestmi (Bursová, 2005). Léčba se sestává z úkonů stejných jako u léčby zánětu. U závažných případů je nutná operace vedoucí ke zvětšení prostoru karpálního tunelu, čehož se docílí protnutím karpálního vazy, pod kterým je středový nerv umístěn. I v případě úspěšné operace pacienta čeká několikaměsíční rekonvalescence a nutnost rehabilitace a cvičení k nabytí původních schopností (Marek, Skřehot, 2009).



Obrázek 9 Syndrom karpálního tunelu

ZDROJ: www.medicine.net ; přeloženo do češtiny

Všeobecným problémem sedavého zaměstnání je nesprávné držení těla, především pak sed s kulatými zády předklonem či předsunem hlavy (Marek, Skřehot, 2009). Většina řidičů nákladních automobilů a operátorů strojů, kteří musejí dlouhodobě sedět, se potýká s bolestmi v dolní části zad. Tyto bolesti jsou nejen důsledkem trvalého sezení, ale i důsledkem vibrací, které na tělo působí. Bolesti zad jsou masovým jevem, minimálně 80% populace aspoň jednou touto bolestí trpělo (Novák, 2002). Nejchoulostivějším úsekem páteře je bederní oblast, která je tvořena spojením volně pohyblivých obratlů. Bederní oblast nese celý trup, hlavu a horní končetiny. Jedinou oporu bederní páteři mohou poskytnout břišní svaly. Pokud by tyto svaly byly ochablé, je páteř vystavena větší zátěži a riziku poškození (Tichý, 2000). Na výskytu bolestí v dolní části zad mají vliv také narůstající věk a vysoká tělesná hmotnost (Waxman a kol., 2000). S bolestí dolních částí zad se následně pojí také bolest dolních končetin (Andrusaitis a kol., 2006).

3.2.4.3 Prevence a možnosti, jak zabránit úrazům a nemocím z povolání

Základní prevencí před zdravotními riziky jsou vstupní a opakované lékařské prohlídky (Marek, Skřehot, 2009). Vstupní lékařská prohlídka může vyloučit uchazeče nemající pro výkon profese dostatečné předpoklady (Neruda a kol., 2013).

Mezi hlavní doporučení patří vzdělávací programy týkající se pracovních technik a o bezpečnosti a ochraně zdraví. Školení se zaměřují na používání a údržbu osobních ochranných prostředků (OOP), prevence proti fyzickému namáhání a s tím související protahovací cviky a správné používání ručního náradí (Lefort a kol., 2003). Absolvování kvalifikačních kurzů slouží nejen k získání samotného kvalifikačního průkazu, ale i k nácviku modelových situací se kterými se může pracovník v praxi setkat, a také k osvojení řešení některých rizikových situací na trenažérech (Neruda a kol., 2013).

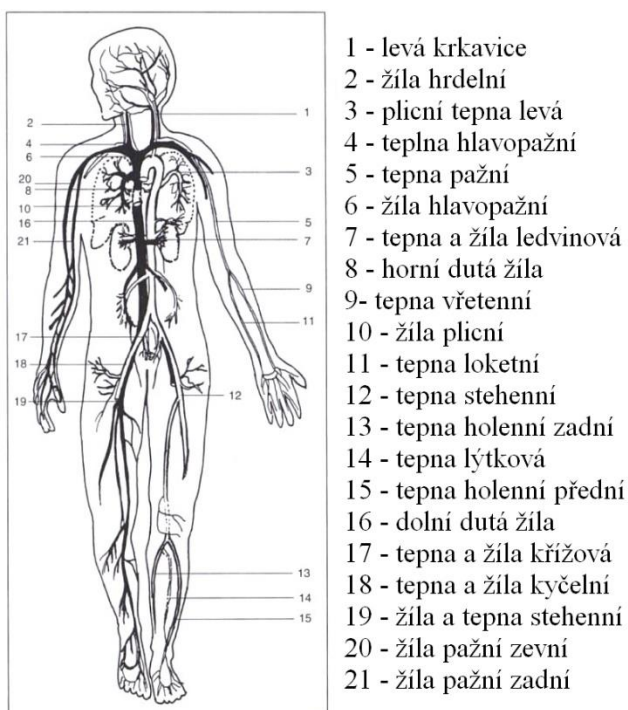
Ve většině evropských zemích se pracovní podmínky vylepšily díky mechanizaci, i když se úroveň zlepšení v jednotlivých zemích liší (Blombäck a kol., 2003). Harvestorové technologie výrazně snížily úrazovost, ale způsobují nové zranění a nemoci, kterým je třeba zabránit různými opatřeními (Lefort a kol., 2003). Častým bolestem v oblasti krční páteře a ramen by šlo zabránit, pokud by se operátoři na stroji střídali a měli by omezené pracovní hodiny (Synwoldt, Gellerstedt, 2002).

I když v některých případech byla účinnost OOP zpochybněna, je nevyhnutelné je na pracovišti přijmout a mít na vědomí jejich důležitost. Tyto pomůcky musí být navrženy a upraveny pro dané pracoviště a pro jednotlivé úkoly (Lefort a kol., 2003).

Dobrá fyzická kondice jedince hraje velkou roli při muskuloskeletárních onemocněních. Pravidelné a správně prováděné cvičení zvyšuje sílu a pohyblivost pohybového aparátu, který chrání muskuloskeletární systém, a to hlavně u lidí, kteří vykonávají pracovní úkony s monotónním fyzickým zatížením (Miranda a kol., 2001). Cviky se zaměřením na jedince se sedavým způsobem zaměstnání jsou zaměřeny na vzpřimující cvičení nebo na zpevňování svalstva páteřního korzetu. Pokud jsou dodrženy zásady správného provádění cviků, mohou se stát nejen spolehlivou možností prevence, ale i účinným prostředkem k odstranění případné již vzniklé funkční poruchy pohybového aparátu (Bursová, 2005).

3.3 Oběhová soustava

Oběhová soustava zajišťuje oběh tělních tekutin. Tělní tekutiny zajišťují buňkám tkání stálé optimální podmínky pro jejich specializované funkce. Součástí oběhové soustavy je cévní soustava tvořená srdcem, hustou sítí cév a na ní navazující lymfatický systém (Benešová a kol., 2003). Krev se u obratlovců pohybuje v uzavřené cévní soustavě, což znamená, že tepny a žíly jsou spojeny v jeden uzavřený celek prostřednictvím menších cév. Celkový objem krve v těle činí okolo 4,5–5,5l. Pohyb krve je vytvářen rytmickými stahy srdce (Novotný, Hruška, 2015).



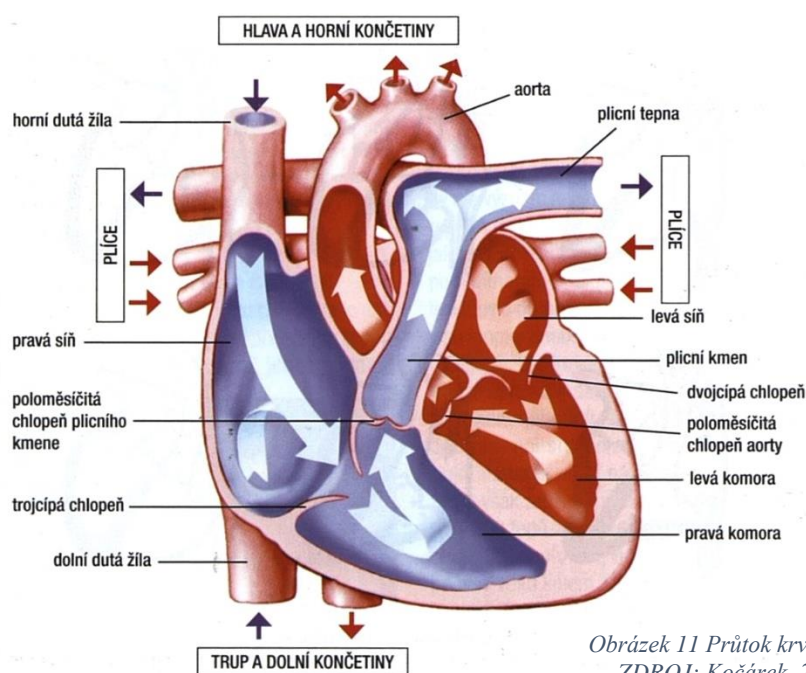
Obrázek 10 Oběhová soustava člověka

ZDROJ: Jelínek, Zicháček, 2014

3.3.1 Srdce

Krevní cévy procházejí téměř všemi orgány a vytvářejí tak složitý, vzájemně propojený systém. Síla, která umožňuje pohyb krve v cévách, vzniká rytmickými stahy srdce (Kočárek, 2010). Srdce je nepárový dutý svalový orgán, umístěný v dutině hrudní mezi pravou a levou plicí. Pracuje neúnavně a dynamicky. Je uloženo ve vazivovém pouzdře – osrdečníku (perikardu) (Parker, 2007). Vnitřní vazivovou výstelku tvoří endokard, což je srdeční nitroblána, ze které jsou tvořeny chlopně mezi síněmi a komorami. Vnější povrch srdce pokrývá vazivo epikardu, který přechází i na začátek cév (Jankovský a kol., 2017 a Jelínek, Zicháček, 2014). Velikost srdce lze přirovnat k sevřené pěsti. Konečný tvar nabývá v sedmnáctém roce, především roste mohutnost svaloviny (myokardu) levé komory. Váží asi 250–340 g a denně přečerpá zhruba 7000 litrů krve, přičemž rozvede krev do 100 km dlouhého systému cév (Dylevský, 2009).

Uvnitř srdce se nacházejí čtyři dutiny: pravá předsíň, pravá komora, levá předsíň a levá komora. Do pravé předsíně vstupuje horní a dolní dutá žíla, do levé předsíně vstupují dvě pravé a dvě levé plicní žíly (Longo a kol., 2012). Mezi pravou síní a pravou komorou je chlopně trojcípá a mezi levou síní a levou komorou je chlopně dvojcípá. Chlopně fungují jako jednosměrné ventily – usměřňují průtok krve ze síní do komor. Funkcí srdce je udržování cirkulace krve v cévách. Tato funkce je prováděna tak, že se rytmicky naplňuje krví ze žil a náplň vyprazdňuje do tepen. Základem jeho rytmické činnosti je střídání stahu (systola) a ochabnutí myokardu (diastola). Při stahu se dutiny v srdci vyprazdňují, při ochabnutí se krví naplňují (Machová, 2016).



Obrázek 11 Průtok krve srdcem
ZDROJ: Kočárek, 2010

3.3.2 Krevní oběh

Člověk a ostatně všichni savci mají uzavřenou cévní soustavu. Krev koluje v cévách, které prostupují celým organismem. Cévy se dělí na tepny, žíly a vlásečnice. Tepny přivádějí kyslíkem obohacenou krev k buňkám, žíly krev vedou zpět, aby mohla být opět okysličená a zbavena odpadních látek (Benešová a kol., 2003). Ve vlásečnicích dochází k výměně kyslíku, oxidu uhličitého a dalších látek mezi krví a buňkami (Skýbová, 2008).

Krevní oběh člověka tvoří dva okruhy. Oba začínají a končí v srdci, které je podélně rozděleno na dvě funkční poloviny (Novotný, Hruška, 2015).

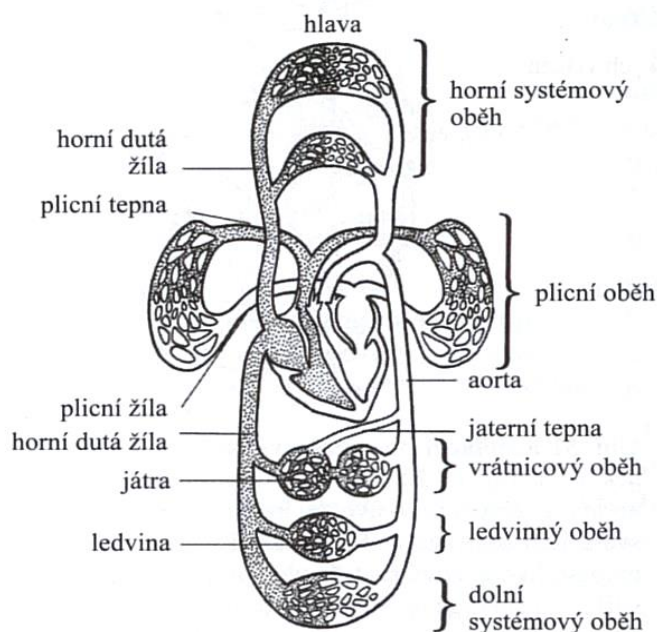
Krevní oběh rozdělujeme na:

- Malý (plicní) oběh
- Velký (tělní) oběh (Jankovský a kol., 2017).

Malý krevní oběh obstarává tok krve mezi srdcem a plicemi. Začíná v pravé komoře, odkud se vyplaví plicnicovým kmenem, který se rozděluje na dvě plicní tepny, zanořující se do pravé a levé plice. V plicích dojde k okysličení krve. Okysličená krev se vrací čtyřmi plicními žilami z plic do levé síně srdeční (Longo a kol., 2012).

Velký krevní oběh rozvádí okysličenou krev do celého těla a zpět k srdci přivádí z těla krev neokysličenou. Oběh začíná v levé komoře, odkud se srdečnicí (aortou) stáčí nalevo dozadu do tzv. oblouku aorty. Z aorty vystupuje velký počet tepen zásobujících jednotlivé orgány, popř. orgánové skupiny (Kočárek, 2010). Ve velkém tělním oběhu rozlišujeme několik obvodů. Vrátnicový oběh začíná sítí kapilár v nepárových orgánech dutiny břišní, které se spojují do mohutné žíly – vrátnice, která následně vstupuje do jater. Takto se do jater dostávají živiny vstřebané do krve z trávicích orgánů (Jankovský a kol., 2017). Další obvod je ledvinový, jímž je krev vedena do ledvin, kde dochází k jejímu pročištění, tj. odstranění zplodin metabolismu a toxických látek, které jsou poté vyloučeny močí (Kočárek, 2010). Horní a dolní systémový oběh přivádí krev do mozku, svalů, kůže a dalších orgánů. Životně důležitý je obvod srdeční, který slouží k zásobování srdečních svalových buněk kyslíkem a živinami (Novotný, Hruška, 2015).

Fyzická zátěž klade na oběh vysoké nároky. Při svalovém výkonu roste nárok na objem přečerpávané krve a zároveň stoupá i nárok na udržení krevního tlaku v celém systému, vzhledem k přesunům značných objemů krve (Dylevský, 2009).



Obrázek 12 Velký a malý krevní oběh (zjednodušené schéma)

ZDROJ: Novotný, Hruška, 2015

3.3.3 Krevní tlak

Krevní tlak je definován jako tlaková síla proudící krve působící na plošnou jednotku cévní stěny. Při systole vhání srdce do velkých tepen určitý objem krve, který vzhledem k odporu tepen a tepének, nestačí odtéct do žil. Pružné stěny velkých tepen se napnou a vzniká zde pružné napětí (Jelínek, Zicháček, 2014). Krevním tlakem se obvykle rozumí tlak arteriální (tepenný), neboť tlak v žilách je téměř nulový. Měří se na pažní tepně pomocí tlakoměru (tonometru). Hodnota systolického tlaku u dospělého se v rozmezí 110-140 mm Hg a diastolického 70-90 mm Hg (Benešová a kol., 2003).

3.3.4 Tep

Tep neboli puls je počet srdečních stahů za minutu. Tepová frekvence je závislá na věku, tělesné práci a podmínkách vnějšího a vnitřního prostředí. Systola u zdravého dospělého jedince trvá asi 0,3 sekundy a diastola 0,5 sekundy. Při tělesném klidu se srdce stáhne přibližně 70krát za minutu (Novotný, Hruška, 2015). Nejnižších hodnot, zhruba 50–60 tepů za minutu, je dosahováno při spánku. Při vydatných fyzických výkonech se frekvence pohybuje okolo 180-200 tepů za minutu. Tepovou frekvenci zvyšují také emoce, radost, napětí, strach, hluk, horečka aj. (Machová, 2016). Tep lze nahmatat na povrchových tepnách, nejlépe na vřetenní tepně na zápěstí (Jankovský a kol., 2017).

3.4 Měření pracovní zátěže

Pracovní zátěž je souhrn vlivů a faktorů, které působí na organismus člověka při výkonu práce nebo v pracovním prostředí. Problematikou pracovní zátěže se zabývá fyziologie práce, jenž je součástí aplikované fyziologie (Matoušek, Růžička, 2002). Průběh změn fyziologických funkcí organismu lze měřit objektivními nepřímými metodami, které zjišťují odezvu organismu. Měří se například srdeční frekvence, povrchová teplota těla, krevní tlak, elektrický kožní odpor a další (Dvořák a kol., 2012).

3.4.1 Psychická zátěž

Psychickou zátěž lze charakterizovat jako proces psychického zpracování a vyrovnání se organismu s požadavky a vlivy pracovního prostředí. Lze rozlišit tři formy psychické zátěže: senzoryckou (smyslovou), mentální a emoční (Malý a kol., 2010). Reakcí na extrémní psychickou zátěž je stres. Stres může způsobovat nejen duševní choroby, ale také onemocnění kardiovaskulárního systému, nervového systému či poruchy spánku nebo syndrom trvalé únavy. K pozitivním stránkám stresu patří fakt, že stres napomáhá k dosažení nejvyššího mentálního i fyzického výkonu (Skřehot a kol., 2009).

Pro stanovení hladiny psychického zatížení operátorů se používají dotazníková šetření, hojně používaná je multikriteriální metoda SWAT (*Subjective Workload Assessment Technique*). V rámci metody SWAT se hodnotí časová a mentální zátěž a zátěž psychickým stresem (Dvořák a kol., 2012). Mezi další metodu patří dotazník NASA-TLX, který používá při hodnocení šest aspektů: mentální, fyzické a časové nároky, úsilí, výkon a úroveň frustrace. Jedná se o velmi dobře aplikovatelnou metodu, kterou lze použít na spoustu systémů založených na spolupráci stroj-člověk (Hart, Staweland, 1988). Je potřeba si uvědomit, že NASA-TLX představuje subjektivní škálu, čemuž nemusí reálně odpovídat skutečně vnímané pracovní zatížení (Dvořák a kol., 2012).

K hodnocení vlivů pracovní činnosti na psychiku pracovníků se také používá Meisterův dotazník, jehož autorem je W. Meister z Zentralinstitutu für Arbeitsmedizin v Berlíně (NDR). Meisterův dotazník je hojně využíváný pro svou stručnost a dobrou srozumitelnost pro dotazované. Hodnocení pracovní zátěže touto metodou je platné pouze pro konkrétní zkoumanou skupinu (Hladký, Židková, 1999).

3.4.2 Biofeedback a jeho využití v lesnictví

Mezi nové způsoby měření fyziologické odezvy patří biofeedback. Termín biofeedback neboli biologická zpětná vazba, je terapeutický postup, který za použití speciálního zařízení, měří a vyhodnocuje fyziologické veličiny v reálném čase (Ptáček a kol., 2017). Technicky přesný název zní nácvik kontroly autonomního nervového systému pomocí biofyziologické zpětné vazby. S použitím přístrojů je možné okamžité sledování psychofyziologických procesů, které si člověk sám neuvědomuje, ale může nad nimi získat vědomou kontrolu. Tato metoda člověku umožňuje stát se aktivním účastníkem procesu rozvoje psychického i fyzického potenciálu (Valuch, 2006).

Biofeedback v praxi užívá mnoho modalit a technik, v současnosti mezi nejvíce užívané patří:

1) Elektromyografie – EMG

Elektromyografie se používá již desítky let jako diagnostický nástroj pro měření svalového napětí. Principem metody je sledování změn elektrického potenciálu vznikající při činnosti příčně pruhované svaloviny (Hrazdira, Mornstein, 2001). Metoda EMG se v klinické praxi osvědčila na zápěstí nebo na zádech, kde například u skoliózy může trénink EMG přispět ke zpevnění požadovaného zádového svalstva, zatímco ostatní svalové skupiny relaxují (Pfeiffer, Votava, 1983).

2) Elektroencefalografie (EEG)

EEG metoda umožňuje snímání a měření elektrické aktivity mozku. Měří se buď neinvazivně (z povrchu hlavy snímači) nebo invazivně (podpovrchovými jehlovými elektrodami). Sledované osobě je snímán záznam elektrické aktivity mozku, který je podrobně analyzován a tříděn na frekvenční pásma (Dvořák, Pána, 2008). V padesátých letech 20.st. došlo u této k technologickému vylepšení a byly např. objeveny fáze a cykly spánku. EEG biofeedback je využíván k léčení stavů epilepsie, migrén nebo ADHD (Pilný, 2013).

3) Temp

Za pomoci metody temp je měřena teplota kůže. Snímač je obvykle připojený na prst nebo palec. V terapii se užívá k léčbě chronické bolesti, zvýšeného tlaku nebo reakcí na stres (Ptáček a kol., 2017).

4) Elektrokardiografie (EKG)

Elektrokardiografie je základní vyšetřovací metoda v kardiologii. Snímaná elektrická aktivita srdce je zaznamenána v podobě elektrokardiogramu, tedy časového záznamu EKG křivek (Pilný, 2013). Signály EKG jsou snímány přes samolepící elektrody, které se umísťují na hrud' (Ptáček a kol., 2017).

Sledováním tělesné teploty, svalového napětí, srdeční a dechové frekvence můžeme upozornit na intenzitu fyzické i psychické zátěže pracovníků v lesním hospodářství při pracovních operacích. Využívání aplikované diagnostiky se může stát v provozu pomocnou kontrolní metodou při sledování zátěže pracovníků a může napomoci odhalovat změny v zatížení vyvolané dlouhodobým provozním nasazením. Jak ukazují experimenty, fyziologické faktory organismu se mohou měnit v provozních podmínkách, které se často spojují s výskytem neočekávaných situací (Dvořák, Natov, 2010).

Cílem výzkumu měření fyziologických faktorů v lesním hospodářství je využití výsledků výzkumu pro praktické využití a zpřístupnění pro budoucí terapeutické použití. Z výsledků lze posuzovat zátěž pracovníků v různých výrobních podmínkách a v odlišných pracovních procesech. Výsledky zátěže pracovníků v lesním hospodářství mohou být srovnány s pracovníky v jiných oborech. Spolupráce s lékaři by mohla analyzovat riziko zátěže s ohledem na zdravotní rizika s ním spojená (Dvořák, Natov, 2010).

4 Metodika práce

Základem praktické části bylo měření operátorů harvestoru, vyvážecí soupravy a řidičů odvozní soupravy v rámci jejich standardního každodenního pracovního zatížení. Byly měřeny celkem čtyři osoby. Dva z nich jsou profesionálové ve svém oboru, další je pokročilý a čtvrtý je autor práce, jenž je začátečníkem s drobnými zkušenostmi.

Metodika měření se odvíjí od metodiky popsané v Jankovský a kol. (2013), která je dále rozvíjena v Jankovský a kol. (2017).

V rámci měření byly zjišťovány tyto parametry, které byly dále zpracovávány a vyhodnocovány:

- Povrchová teplota pokožky, srdeční puls, motilita – pomocí metody biofeedback přístrojem Biofeedback 2000^{x-pert}
- Teplota prostředí, intenzita osvětlení, rychlost proudění vzduchu – pomocí přístroje zn. Testo 480 pro měření klimatu a pohody pracovního prostředí
- Ekvivalentní a vrcholová hladina hluku – pomocí hlukoměru TSI Quest EG4

4.1 Technické a softwarové vybavení

4.1.1 Biofeedback 2000^{x-pert}

Fyziologické zatížení operátorů víceoperačních strojů a řidičů odvozních souprav bylo měřeno pomocí modulárního diagnostického přístroje Biofeedback 2000^{x-pert}, který vyrábí rakouská společnost Schuhfried GmbH. Tento přístroj společně při použití registračních modulů a neinvazivních elektrod snímá signály z povrchu kůže, které jsou bezdrátově ihned pomocí Bluetooth odesílané do počítače. Přijatá data jsou zpracována softwarem Biofeedback 2000^{x-pert} a schematicky ve formě grafu nebo čísel zobrazena na obrazovce (Schuhfried, 2014).

Přístroj je vybaven čtyřmi registračními moduly. Podle druhu použití je modul vybaven 2-4 konektory pro připojení elektrod. Uvnitř modulu je zabudovaný Lithium-polymerový akumulátor, který na jedno nabití dodává energii na 5-9 hodin používání.

- 1) EMG modul (zelené barvy) – pro měření elektromyografie
- 2) RESP modul (modré barvy) – monitoring dechové frekvence
- 3) EXG modul (červené barvy) – měření EEG a srdečního rytmu
- 4) MULTI modul (žluté barvy)

Pro účely této práce byl používán žlutý MULTI modul, který umožňuje měřit tyto parametry:

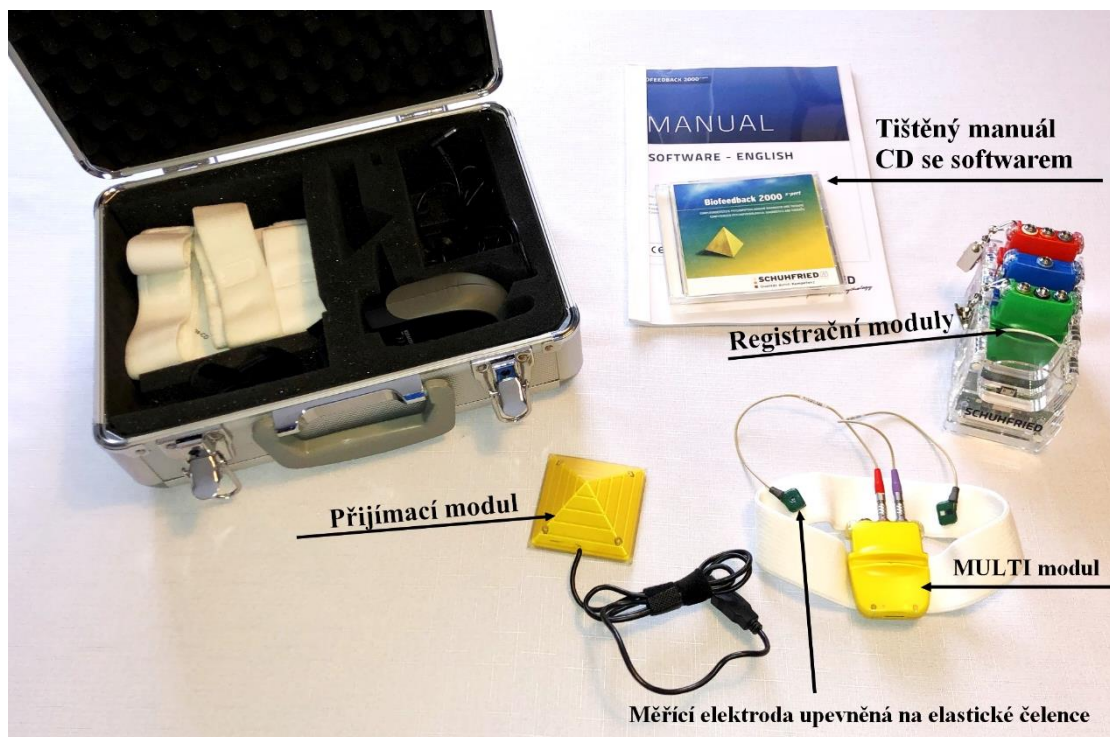
- tělesná teplota
- srdeční puls, celkový puls
- objem (síla) srdečního pulsu
- amplituda objemu (síly) srdečního pulsu
- motilita (registrující bezděčné i záměrné pohyby vybraných tělesných partií v našem případě pohybu hlavy)

Tělesná teplota je snímána teplotním senzorem, jehož konektor je označen červenou barvou. Snímač dokáže měřit rozsah od 10 do 40°C s přesností na setiny.

Celkový puls je uváděn v jednotkách BPM (Beats per minute – počet úderů srdce za minutu), který se skládá z BVP (Blood volume pulse – objem (síla) srdečního pulsu) a PVA (Blood volume amplitude – amplituda objemu (síly) krevního pulsu). BVP je získáno jako průměrný tok krve, vztažený k maximálním naměřeným hodnotám z PVA. PVA představuje vrcholy systoly a diastoly. Senzor s fialovým konektorem se skládá ze zdroje infračerveného světla a infračerveného přijímače. Zdroj vysílá konstantní intenzitu infračerveného záření a přijímač měří pulzující průtok krve, který jas světla odrazí nebo propustí (Schuhfried, 2014).

Motilita zaznamenává pohyby v místě měření. Senzor pohybu je zabudován uvnitř modulu. Aktivita pohybu hlavy je měřena senzorem ve třech osách X, Y, Z. Interval měření je 0–20 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ s rozlišením na 0,01 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Další z částí hardware přístroje je bezdrátový USB přijímač tvaru pyramidy, který dokáže přijímat signál až na 15metrovou vzdálenost. Mezi další příslušenství patří elektrody, dokovací stanice s moduly a nabíječkou, tištěné manuály, instalační CD se softwarem a elastická čelenka sloužící pro připojení senzorů a modulu.



Obrázek 13 Detail na příslušenství přístroje Biofeedback 2000 x-pert

ZDROJ: Vlastní pořízení

4.1.2 Testo 480

Testo AG se sídlem v Lenzkirchu, je německá firma zabývající se vývojem, výrobou a prodejem přenosných měřících přístrojů pro měření fyzikálních a chemických hodnot. Jedním z přístrojů je Testo 480 sloužící k měření klimatických veličin. Zařízení je konstruováno pro měření pohody prostředí na pracovišti. Základ je tvořen měřícím přístrojem s 1,8 GB interní pamětí, která uchová cca 60 milionů naměřených hodnot. Uživatel si může nastavit parametry požadovaných měřených údajů přímo v aplikaci přístroje nebo přes počítač v programu Testo EasyClimate. Uvnitř přístroje jsou integrované dvě sondy na měření tlaku, respektive na měření absolutního a diferenčního tlaku. Dále je k dispozici dalších 6 konektorů pro připojení digitálních nebo teplotních sond. Provozní doba přístroje na jedno nabití je cca 17 hodin (Testo, 2016).



Obrázek 14 Měřicí přístroj Testo 480

ZDROJ: Testo, 2016; upraveno

K výzkumu této práce byly k zařízení připojeny následující periferie:

1) Digitální sonda pro měření intenzity osvětlení

Sonda pro měření intenzity osvětlení se používá pro hodnocení světelných podmínek na pracovišti. Vyhodnocení se provádí podle V-lambda křivky, která odpovídá citlivosti lidského oka za denního světla. Měřicí rozsah je v rozmezí od 0 do 100 000 luxů (lx), přesnost rozlišení 1 lux je zaručena německými normami DIN EN 13032-1 a DIN 5032-7.

2) Digitální sonda pro měření stupně turbulence

Sonda je využívána pro měření pohody na pracovišti. Průvan je nejčastější příčinou stížností na vnitřní klima pracovišť. Sonda je vybavena žhaveným drátkem, který rychlost proudění vzduchu od 0 do 5 $\frac{m}{s}$. Měření stupňů turbulence jsou v souladu s normou EN 13997. Dále je sonda vybavena NTC teploměrem s rozsahem měření od 0 do 50°C.



Obrázek 15 Sondy pro měření intenzity osvětlení (vlevo) a míry turbulence (vpravo)

ZDROJ: Testo, 2016

4.1.3 TSI Quest EG4

Expozice hluku na pracovišti byla měřena měřičem hluku TSI Quest model EG4, který je vyráběn pod licencí u amerického konglomerátu 3M. Jedná se o osobní hlukoměr s kompaktními rozměry (88 x 53 x 19 mm) a váhou 85 g. Měřicí rozsah mikrofону je 30-150 dB a proti větru je chráněn pěnovým krytem. Paměť uchovává až 180 hodin záznamu a na jedno nabití zvládne 60 hodin provozu. Naměřená data jsou přenášena do PC programu TSI Detection Management Software, kde mohou být dále analyzována. Měření vyhovuje normám pro osobní měřiče hluku: ANSI S1.25 a IEC. Kalibrace měřiče je prováděna pomocí kalibrovacího zařízení 3M AC 300, který kalibruje při 114 dB a frekvenci 1000 Hz (TSI Quest, 2018).



Obrázek 16 Měřič hluku TSI Quest EG4

ZDROJ: TSI Quest, 2018

4.2 Průběh a posloupnost měření

Před samotnými měřeními probíhala komunikace se zaměstnavateli, kteří byli obeznámeni se záměrem o sběru dat. Zaměstnavatel po dohodě zajistil organizaci práce tak, aby měření nenarušovalo pracovní pohodu jeho zaměstnanců a zároveň, aby pracoviště ve kterých se měření provádělo, bylo dostatečně bezpečné s přihlédnutím k teoretickým rizikům, která by mohla vzniknout v průběhu měření.

S účastníky měření, tedy operátory víceoperačních strojů a řidičů odvozních souprav, předcházela telefonní komunikace, kdy byl dohodnut vhodný termín a zároveň byla po telefonu ve stručnosti vysvětlena metodika měření.

Po příjezdu na pracoviště proběhla krátká demonstrace měřících přístrojů. V průběhu ukázky byl kladen důraz na přístroj Biofeedback 2000^{x-pert}, zejména na správné umístění měřících elektrod. Měřeným jedincům bylo sděleno, aby se v průběhu měření plně věnovali výkonu svého povolání a měřícím přístrojům nevěnovali pozornost. Tímto způsobem se vyloučil možný stresový faktor vzniklý z přítomnosti měřících přístrojů.

Měření byla koncipována tak, aby probíhala v různých částech během pracovního dne. V jednom dni byla provedena 2-3 měření, vždy s odstupem několika hodin, obvykle ráno, po obědě a na konci směny. Měření probíhala vždy při pracovní zátěži, čas odpočinku a pauz nebyl měřen. Posloupnost činností pro konkrétní přístroj je dále vysvětlována níže:

Postup měření s Biofeedback 2000^{x-pert}

- Umístění notebooku v kabině stroje
- Zapnutí notebooku, spuštění měřícího programu
- Nastavení údajů o měřené osobě do programu v počítači (jméno, příjmení, datum narození, pohlaví)
- Připojení USB přijímače (pyramida)
- Připevnění modulu a měřících elektrod na čelenku
- Upevnění elastické čelenky na spánkovou oblast (konkrétně *os temporale – pars pyramidalis*) a kontrola, zda jsou senzory v přímém kontaktu s pokožkou
- Zahájení měření

Postup měření s TSI Quest EG4

- Zapnutí přístroje, provedení kalibrace pomocí přenosného kalibrátoru 3M AC 300
- Upnutí pomocí klipu na oblečení měřené osoby (na rameno) nebo na přístrojovou desku stroje
- Zahájení měření

Postup měření s Testo 480

- Montáž stativu a uchycení držáků sond
- Vizuální kontrola sond a jejich připevnění na stativ
- Připojení měřících sond do konektorů přístroje
- Zapnutí přístroje, nastavení parametrů měření
- Zahájení měření

Všechny přístroje byly spouštěny naráz v rozmezí jedné minuty. Přístroj Testo 480 po umístění na stativ je poměrně rozměrný, proto k nepřetržitému měření mohl být použit pouze v kabině odvozní soupravy, která je dostatečně prostorná. Prostornost a koncepce kabiny umožňuje, aby přístroj řidiči nepřekážel a také, aby byl bezpečně umístěn a zajištěn proti pohybu po celou dobu měření.

Vzhledem k velikosti a uspořádání kabiny harvestoru a vyvážecí soupravy je ideální poloha pro měření mikroklimatických podmínek nad podlahou před sedadlem. Zde však vznikají komplikace, kdy přístroj brání obsluze v ovládání pedálů. Navíc by také mohlo dojít ke spadnutí a poškození přístroje v momentě, kdy stroj překonává terénní nerovnosti. Proto bylo měření prováděno v cca 15minutových sekcích, když se stroj nepohyboval. V praxi se u vyvážecí soupravy jednalo o pracovní operaci vykládání sortimentů z ložné plochy na OM a u harvestoru bylo prováděno nastavení parametrů ve výrobně-evidenčním softwaru.

Po ukončení všech měření v daném dni byly data z paměti přístrojů přeneseny do počítače, kde byly následně zpracovávány a analyzovány.

4.3 Testované osoby a použitá mechanizace

1) Řidič odvozní soupravy Josef G.

- Věk 52 let
- Praxe v řízení nákladních vozidel: 31 let
- Zkušenosti: profesionál
- Použitý stroj: MAN, pohon 6x4, odvozní souprava s přívěsem vybavená hydraulickou rukou Palfinger Epsilon



Obrázek 17 Měření v kabině (A), pohled na odvozní soupravu (B)

ZDROJ: Vlastní pořízení

2) Operátor harvestoru Jiří K.

- Věk 44 let
- Praxe s víceoperačními stroji: 19 let
- Zkušenosti: profesionál
- Značka stroje: Rottne H8



Obrázek 18 Vlevo: Měření při práci; Vpravo: harvestor Rottne H8

ZDROJ: Vlastní pořízení

3) Operátor vyvážecí soupravy Martin Č.

- Věk 26 let
- Praxe s víceoperačními stroji: 2 roky
- Zkušenosti: pokročilý
- Použitý stroj: Zetor 9540 + vyvážecí vlek PALMS 8S



Obrázek 19 Operátor Martin Č. při práci

ZDROJ: Vlastní pořízení

4) Autor DP Tomáš Čirč

- Věk 26 let
- Praxe s lesnickou mechanizací: minimální
- Zkušenosti: začátečník
- Vyzkoušené stroje: Odvozní souprava: Tahač Volvo + klanicový návěs;
Vyvážecí souprava Zetor 9540 + vyvážecí vlek PALMS 8S



Obrázek 20 Vlevo: Odvozní souprava Volvo; vpravo: sběr dat uvnitř vozu

ZDROJ: Vlastní pořízení



Obrázek 21 Vlevo: Sběr dat při práci; Vpravo: Měřicí přístroje ve vyvážecí soupravě

ZDROJ: Vlastní pořízení

4.4 Sběr a zpracování dat

Sběr dat probíhal v období od října 2020 do března 2021. Celkem proběhlo 27 měření, přičemž nejvíce (20) jich bylo uskutečněno v odvozních soupravách. Průměrná doba měření činila 34 minut, nejkratší měření (15 minut a 10 sekund) bylo provedeno ve vyvážecí soupravě, kdy probíhala činnost vykládání sortimentů na OM. Naopak nejdelší měření činí 55 minut a 50 vteřin, které se uskutečnilo v odvozní soupravě. Všechny měřené osoby byly v době měření bez zdravotních komplikací a v dobré kondici.

Mentální zátěž byla zjišťována pomocí Meisterova dotazníku, avšak odpovědi všech dotazovaných byly natolik shodné, že jejich další posuzování by bylo v rámci této práce kontraproduktivní, proto bylo od tohoto faktoru pracovního prostředí upuštěno.

Produktem terénních měření byla výstupní data, která mohou být v jednotlivých softwarech zobrazena v grafu nebo formou hodnot v tabulce. Pro účely této práce byly všechna data exportována ve formátu .xls a dále separátně zpracována.

4.4.1 Zpracování dat v Excelu

Aby bylo možné exportovaná data z použitých přístrojů mezi sebou statisticky porovnat, bylo potřeba vytvořit minutové mediány naměřených hodnot.

Zpracování naměřených hodnot z přístroje Testo 480:

Přístroj Testo byl nastavený tak, aby zaznamenával hodnoty klimatických podmínek každých 5 vteřin, na jednu minutu tedy vždy vycházelo 12 měření. Hodnoty mediánu v jednotlivých minutách byly počítány v tabulkovém procesoru, respektive v programu Excel. Vzhledem k velkému počtu naměřených hodnot byla kromě funkce *medián* také použita funkce *posun*.

Funkce *posun* byla navíc upravena tak, aby vždy postoupila o 12 řádků (1 minuta měření) níže. Zápis funkce *medián* s dynamickým posunem o 12 řádků vypadal například takto:

$$=MEDIAN(POSUN(\$C\$1;((I10-1)*\$I\$3)+1;0; \$I\$3;1))$$

Ve sloupci C1 se nacházejí naměřené hodnoty, v buňce I10 je číslice s minutou měření (1,2,3 → X). Zafixovaná buňka I3 udává počet měření v jedné minutě (v tomto případě vždy dvanáct) a zároveň funkci *posun* nařizuje o kolik řádků dolů se má funkce dynamicky posunout.

Zpracování naměřených dat z přístroje Biofeedback 2000^{x-pert}:

Rozdíl v měření s Biofeedback 2000^{x-pert} oproti přístroji Testo 480 je v tom, že Biofeedback 2000^{x-pert} měří nepřetržitě s frekvencí na tisíce vteřiny. Zvláštností je, že jednotlivá exportovaná měření ve formátu .xls končila na řádku 65400 a nezáleží, zdali se jedná o měření s délkou 30 nebo 50 minut. Software Biofeedback před exportem vygeneruje hodnoty tak, aby mezi nimi byly rozestupy po 20, 30 nebo 50 tisícinách sekundy, určující je délka měření. Čím je měření kratší, tím je kratší časový rozstup mezi jednotlivými řádky. Je to dáno tím, že již nepoužívaný formát .xls umožňuje na jeden list využít maximálně 65 536 řádků a software Biofeedback nedokáže vytvořit na jedno měření více .xls souborů, proto musí každé měření vměstnat do jednoho listu.

Před výpočtem minutových mediánů bylo potřeba zjistit, na kolik řádků vychází jedna minuta měření. Pro tyto účely je vhodná funkce COUNTIF, zápis vypadal takto:

$$=COUNTIFS(\$A\$1:\$A\$65401;">=00:01:00.010";\$A\$1:\$A\$65401;"<=00:02:00.000")$$

Zde například funkce vyhledala všechny řádky nacházející se intervalu od první do druhé minuty měření. Na základě toho byl upraven i vzorec pro výpočet mediánu, který byl totožný jako u výpočtů s Testo 480 s rozdílem, že buňka I3 již nebyla zafixovaná.

Zpracování naměřených hodnot z TSI Quest EG4:

Údaje o hluku byly dozimetrem v průběhu měření zaznamenávány nepřetržitě, avšak výstupní data z programu byly automaticky přepočítány na průměrné hodnoty v každé měřené minutě.

Pro následné statistické zpracování dat byl v Excelu vytvořen souhrnný list, který obsahoval tyto údaje:

- Iniciály operátora
- Druh stroje
- Značka stroje
- Výška měřené osoby
- Hmotnost měřené osoby
- Věk osoby
- Délka praxe
- Datum měření
- Čas kdy měření probíhalo
- Část směny
- Teplota těla
- Puls
- Motilita
- Osvětlení
- Proudění vzduchu
- Teplota prostředí
- Ekvivalentní míra hluku
- Vrcholová hladina hluku

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1		Operátor	Stroj	Značka stroje	Výška (cm)	Hmotnost (kg)	Věk	Praxe (roky)	Datum	Délka měření	ČAS	Směna	TEMP	PULS	MOT	Osvětlení lx	Proudění vzduchu m/s	Teplota °C	Hluk dB(A) Lavg-1	Hluk dB(C) Lzpk-1
2	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	1	13:50	Sříd	29,57	82,701584	0,546011269	1324,50	0,11	21,3	74,50	105,40
3	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	2	13:51	Sříd	32,15	81,135902	0,42387718	1096,50	0,12	21,4	67,50	112,00
4	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	3	13:52	Sříd	32,73	82,079345	0,438245893	883,50	0,16	21,6	50,00	105,20
5	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	4	13:53	Sříd	32,97	78,380142	0,567564368	830,50	0,16	21,7	44,60	105,40
6	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	5	13:54	Sříd	33,06	80,917061	0,495720774	747,50	0,15	21,8	57,60	105,40
7	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	6	13:55	Sříd	33,09	80,213905	0,581933081	661,50	0,16	21,9	64,20	105,40
8	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	7	13:56	Sříd	33,11	83,974808	0,488536417	675,50	0,13	22,0	53,80	105,20
9	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	8	13:57	Sříd	33,16	80,189693	0,546011269	757,00	0,13	22,0	66,90	105,00
10	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	9	13:58	Sříd	33,20	79,734222	0,772318587	637,00	0,13	22,1	52,10	105,50
11	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	10	13:59	Sříd	33,25	76,481834	0,632223606	617,50	0,19	22,2	58,40	105,40
12	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	11	14:00	Sříd	33,28	80,267555	0,52445823	604,50	0,16	22,2	62,30	105,70
13	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	12	14:01	Sříd	33,32	78,740158	0,768726408	576,50	0,10	22,2	37,10	105,40
14	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	13	14:02	Sříd	33,36	70,059345	0,546011269	613,50	0,15	22,1	56,80	113,50
15	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	14	14:03	Sříd	33,41	81,300812	0,704067171	600,50	0,16	22,1	57,20	110,10
16	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	15	14:04	Sříd	33,48	78,277885	0,811832547	607,00	0,20	22,2	58,50	114,20
17	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	16	14:05	Sříd	33,53	79,681274	0,810670507	660,50	0,76	21,8	45,70	111,30
18	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	17	14:06	Sříd	33,55	76,287346	0,646592319	684,50	0,28	21,6	48,30	115,50
19	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	18	14:07	Sříd	33,58	82,930199	0,632223606	627,00	0,23	21,6	41,60	105,40
20	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	19	14:08	Sříd	33,59	82,023239	0,495720774	571,00	0,62	21,6	47,90	105,80
21	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	20	14:09	Sříd	33,58	79,5756	0,581933081	616,50	0,60	21,7	54,30	108,20
22	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	21	14:10	Sříd	33,55	81,911263	0,438245893	412,50	0,75	21,7	53,30	114,00
23	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	22	14:11	Sříd	33,57	80,428955	0,563972175	446,00	0,92	21,6	59,10	109,60
24	Session	JG	Odvozní souprava	MAN 6x4 + HR	187	98	52	31	30.10.2020	23	14:12	Sříd	33,62	83,597494	0,933966696	453,50	0,50	21,5	39,60	109,30

Obrázek 22 List se souhrnnými hodnotami ze všech měření

V této tabulce se souhrnnými daty jsou k jednotlivým minutovým mediánům v daném čase přiřazeny naměřené hodnoty ze všech přístrojů. Naměřené hodnoty osvětlení, proudění vzduchu a okolní teploty z harvestoru a vyvážecí soupravy byly získávány v cca 15minutových sekcích, tudíž nešly napárovat na déletrvající měření z biofeedbacku. Proto byl z těchto 15minutových sekcí vypočítán průměr, který byl přiřazen k hodnotám z biofeedbacku.

Pro zvýšení vypovídací schopnosti statistických modelů byly přidány i osobní charakteristiky měřených osob, konkrétně výška, hmotnost, věk a délka praxe. Je pravděpodobné, že tyto charakteristiky ovlivňují intenzitu fyziologické odezvy operátorů/řidičů k jejich pracovní zátěži.

4.4.2 Statistické analýzy

Naměřená a poté přes Excel uspořádaná data byla statisticky vyhodnocována v programu STATISTICA, verze 12 od společnosti Tibco Software, Inc. Nejprve byla ověřena normalita naměřených dat podle Shapiro-Wilkova testu a následně bylo provedeno základní statistické zpracování, podávající obecné informace o výsledcích této práce. Bylo použito bodových diagramů, histogramů, krabicových grafů a popisné statistiky u které se zjišťovaly veličiny jako průměr, medián, minimum, maximum, rozpětí, rozptyl a směrodatná odchylka.

Srdeční frekvence, respektive puls byl zvolen jako parametr, na kterém je založená závislá proměnná (y). Do srovnání dále vstupovaly tyto nezávislé proměnné (x):

x₁: Osvětlení

x₆: Věk osoby (r)

x₂: Proudění vzduchu

x₇: Hmotnost operátorů (kg)

x₃: Operativní teplota prostředí

x₈: Výška (cm)

x₄: Ekvivalentní hladina hluku

x₉: Délka praxe (r)

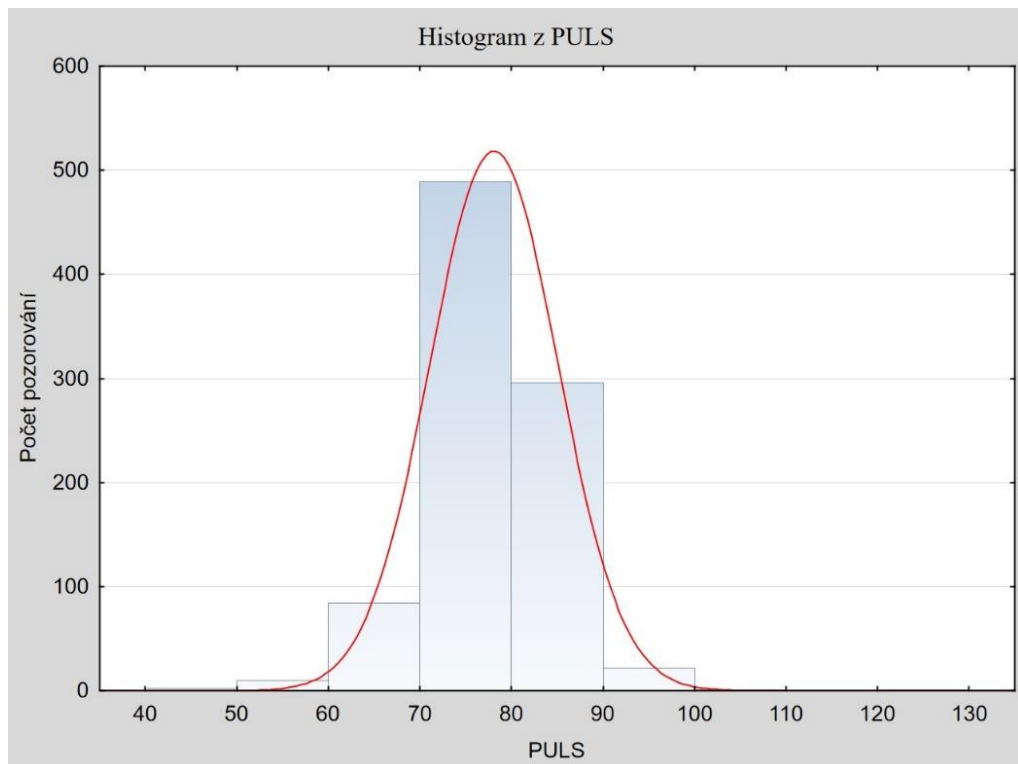
x₅: Vrcholová hladina hluku

Pro hledání a hodnocení vztahů mezi závislou proměnnou a nezávisle proměnnými byla použita regresně-korelační analýza. Pro zjištění významnosti některých faktorů (operátor, druh stroje, délka praxe) byla použita jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA, k vícenásobnému porovnání byl použit post hoc Tukey HSD test, neboli Tukeyův test rozsahu, který porovnává všechny kombinace dvojic skupin a identifikuje rozdíl mezi nimi.

Výsledky testování souborů dat jsou zaznamenány v grafech a tabulkách na následujících stranách.

5 Výsledky a diskuze

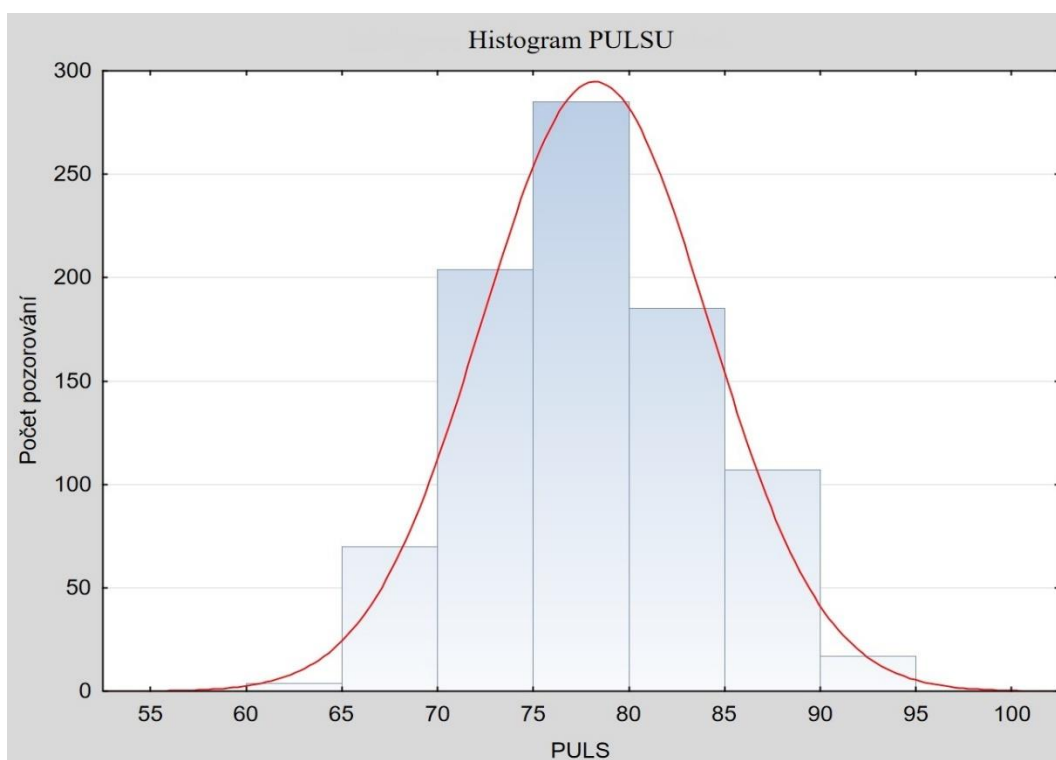
Během experimentu, který čítal 27 měření bylo celkem naměřeno více než 8,8 milionu biometrických údajů, 16 400 údajů o klimatických podmínkách a necelý jeden tisíc záznamů o hlukové expozici na pracovišti. Souhrnný list obsahující minutové mediány a k tomu přiřazené údaje dohromady čítal 905 řádků. Jinými slovy, výsledky vycházejí z jednotlivých měření, které dohromady trvaly 905 minut.



Obrázek 23 Histogram pulsu ze všech měření

PULS: N = 905; Průměr = 77,8735; Sm.od. = 6,96;
Max = 121,5805; Min = 48,9596

Histogram na obrázku č.23 zobrazuje naměřený puls ze všech měření, bez ohledu na měřenou osobu. Nejfrekventovanější hodnota pulsu se pohybuje mezi 70-80 BPM (Beats per minute – počet úderů srdce za minutu). Dále je histogramem proložená křivka normálního rozdělení. Na základě tohoto histogramu lze konstatovat, že naměřené hodnoty pulsu odpovídají normálnímu rozdělení.



Obrázek 24 Histogram pulsu po vyloučení extrémních a odlehlých hodnot

PULS: N = 872; Průměr = 78,1125; Sm.od. = 5,9008; Max = 94,6372; Min = 62,5652;

Pro srovnání s předchozím histogramem (obrázek 23) byl použit Grubbsův test, který vyloučil 33 odlehlých nebo extrémních hodnot. Pro další analýzy se však vždy vycházelo ze všech 905 případů, neboť i data včetně odlehlých hodnot odpovídají normálnímu rozdělení.

5.1 Vyhodnocení parametrů popisnou statistikou

Tabulka 3 Popisné statistiky za všechna měření

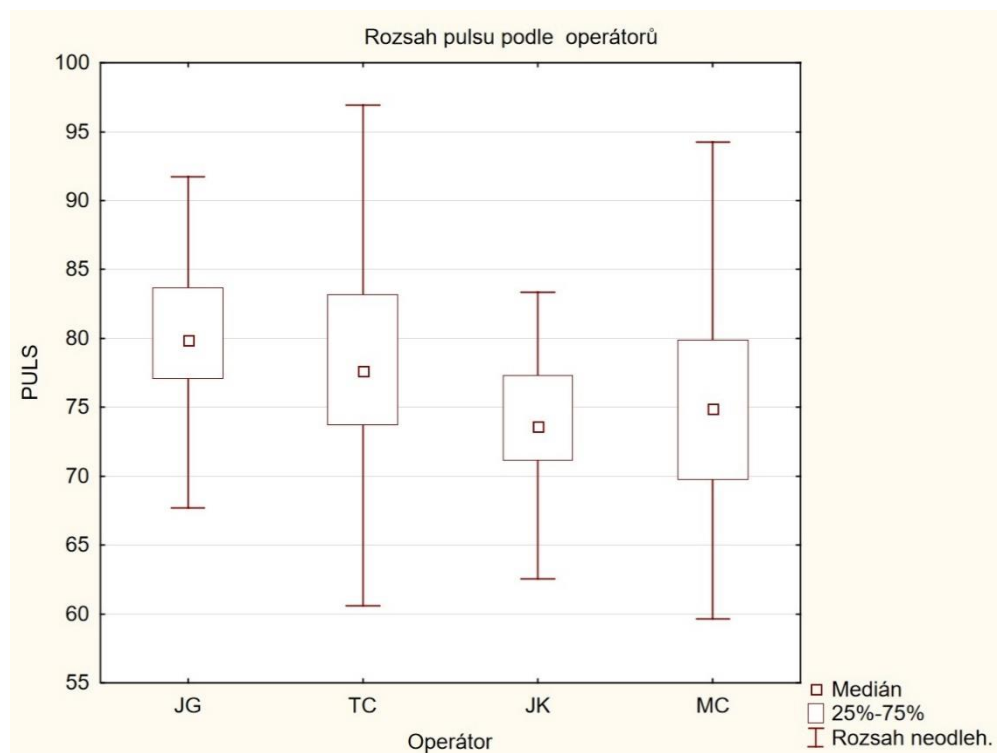
Proměnná								
	N platných	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozpětí	Rozptyl	Sm.odch.
TEMP	905	34,9512	35,2900	19,1200	36,660	17,540	3	1,581
PULS	905	77,8735	77,7706	48,9596	121,581	72,621	48	6,960
MOT	905	0,5034	0,4742	0,0790	1,451	1,372	0	0,158
Osvětlení lx	905	995,6951	144,5000	0,0000	8353,500	8353,500	2313991	1521,181
Proudění vzduchu m/s	905	0,1386	0,1050	0,0184	0,920	0,902	0	0,094
Teplota °C	905	24,1949	24,8000	14,2000	29,200	15,000	8	2,785
Hluk dbA Lavg-1	905	60,0518	58,1000	30,5000	88,400	57,900	119	10,893
Hluk dbC Lzpk-1	905	108,6345	107,3000	100,7000	143,400	42,700	32	5,687

Parametr rozpětí popisuje rozdíl mezi maximem a minimem. Směrodatná odchylka zde určuje, v jakém rozpětí se navzájem liší vypočtené hodnoty zkoumaného souboru dat (vzdálenost dat od průměru) Rozptyl byl odvozen od součtu čtverců odchylek hodnot od průměru sledované proměnné.

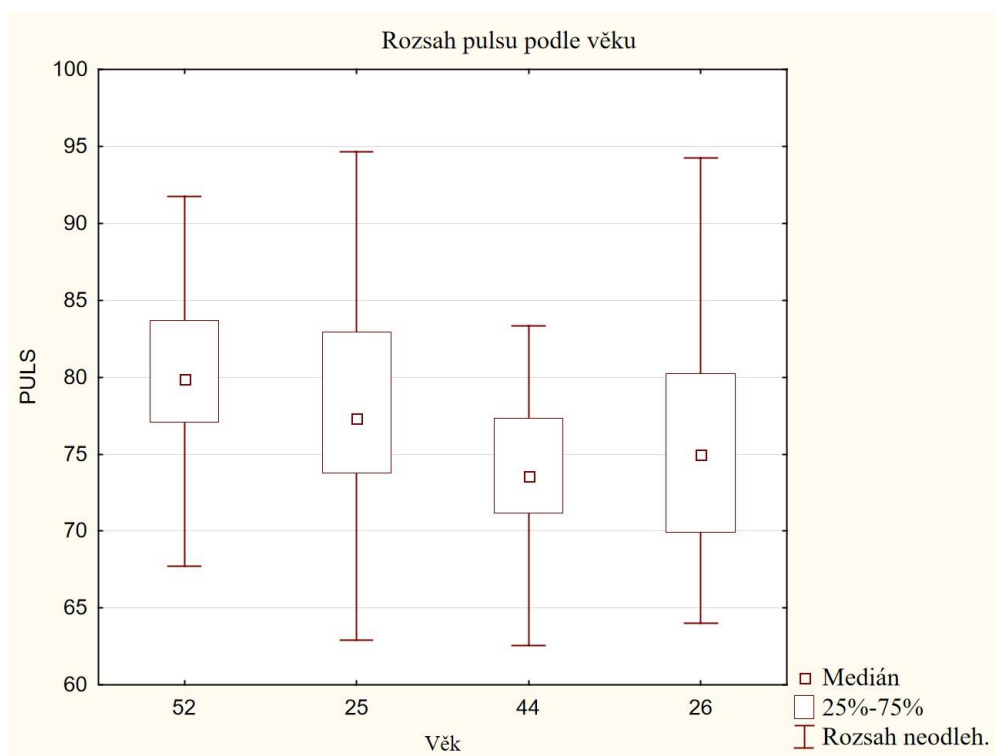
Měřený parametr TEMP vyjadřuje povrchovou teplotu těla v místě měření (spánková oblast). Nejnižší hodnota 19°C je zapříčiněna tím, že přístroj byl vytažen z vnějšího chladného prostředí, měření bylo zahájeno během krátké chvíle, kdy přístroj nebyl ještě dostatečně aklimatizovaný.

Tabulka 4 Popisné statistiky jednotlivých měřených osob

Proměnná	Operátor	N platných	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozpětí	Rozptyl	Sm.odch.
TEMP	JG	287	33,77	33,77	29,52	35,99	6,47	1	0,99
PULS	JG	287	79,73	79,73	53,55	98,12	44,57	36	5,98
MOT	JG	287	0,59	0,56	0,28	1,19	0,91	0	0,16
Osvětlení lx	JG	287	954,31	611,00	0,00	5861,00	5861,00	1471832	1213,19
Proudění vzduchu m/s	JG	287	0,20	0,19	0,06	0,92	0,85	0	0,12
Teplota °C	JG	287	25,00	25,20	14,20	29,20	15,00	8	2,85
Hluk dbA Lavg-1	JG	287	61,56	62,60	30,50	83,10	52,60	103	10,13
Hluk dbC Lzpk-1	JG	287	108,52	105,80	101,20	130,80	29,60	37	6,08
TEMP	TC	460	35,64	35,91	19,12	36,66	17,54	3	1,63
PULS	TC	460	78,02	77,52	50,00	121,58	71,58	54	7,38
MOT	TC	460	0,43	0,44	0,08	1,06	0,98	0	0,10
Osvětlení lx	TC	460	435,69	1,00	0,00	8353,50	8353,50	1012121	1006,04
Proudění vzduchu m/s	TC	460	0,09	0,09	0,02	0,28	0,27	0	0,04
Teplota °C	TC	460	24,64	25,30	15,70	28,70	13,00	6	2,46
Hluk dbA Lavg-1	TC	460	57,95	56,70	36,50	88,40	51,90	99	9,93
Hluk dbC Lzpk-1	TC	460	107,55	107,00	100,70	127,70	27,00	18	4,22
TEMP	JK	108	34,92	35,12	29,57	35,89	6,32	1	0,82
PULS	JK	108	73,71	73,46	53,98	83,33	29,35	22	4,67
MOT	JK	108	0,50	0,51	0,22	0,72	0,50	0	0,08
Osvětlení lx	JK	108	2637,49	1530,03	340,10	5603,69	5263,59	5247320	2290,70
Proudění vzduchu m/s	JK	108	0,14	0,09	0,08	0,25	0,16	0	0,08
Teplota °C	JK	108	20,84	20,40	20,39	21,62	1,22	0	0,59
Hluk dbA Lavg-1	JK	108	55,00	55,70	38,90	67,50	28,60	35	5,94
Hluk dbC Lzpk-1	JK	108	114,61	114,10	104,80	143,40	38,60	45	6,68
TEMP	MC	50	35,46	35,53	30,86	36,60	5,74	1,1	1,05
PULS	MC	50	74,85	74,84	48,96	94,27	45,31	59,7	7,72
MOT	MC	50	0,67	0,58	0,25	1,45	1,20	0,1	0,28
Osvětlení lx	MC	50	2839,02	3395,09	1135,00	3395,09	2260,09	798437,3	893,55
Proudění vzduchu m/s	MC	50	0,20	0,23	0,07	0,31	0,24	0,0	0,06
Teplota °C	MC	50	22,71	21,23	21,23	26,90	5,67	5,3	2,31
Hluk dbA Lavg-1	MC	50	81,65	81,05	79,30	88,20	8,90	3,4	1,85
Hluk dbC Lzpk-1	MC	50	106,42	104,30	102,40	128,30	25,90	21,5	4,64



Obrázek 25 Krabicový graf: Srdeční frekvence u jednotlivých osob

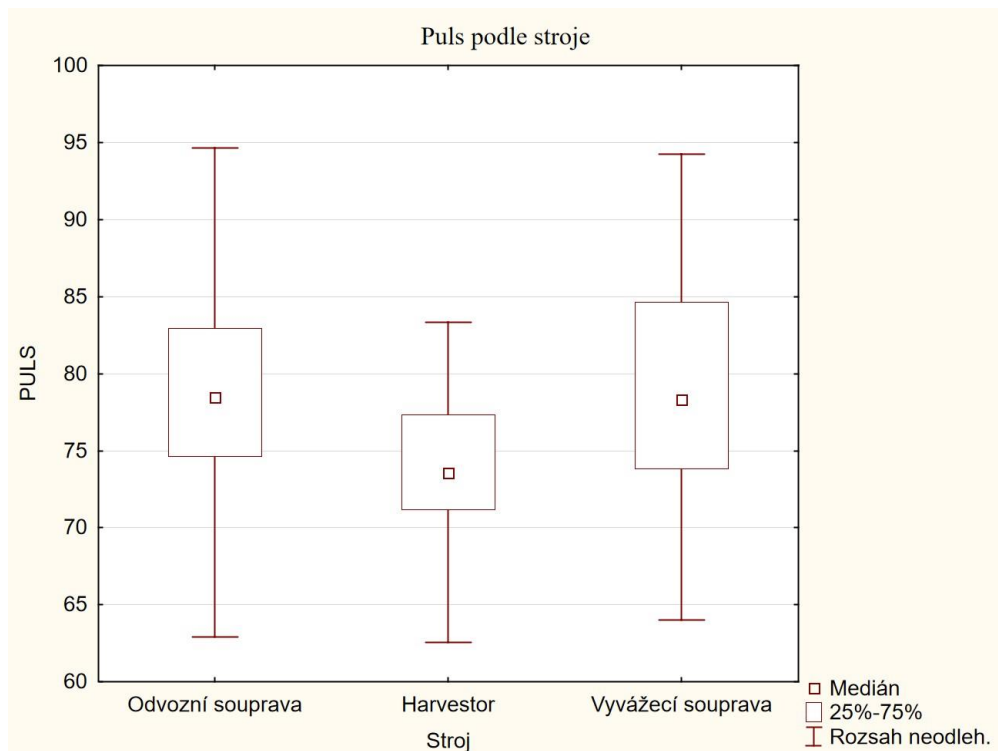


Obrázek 26 Krabicový graf: Srdeční frekvence v závislosti na věku

Hodnoty srdeční frekvence jsou dále graficky znázorněné na krabicovém grafu pod tabulkou č. 4. Největší rozpětí pulsu bylo naměřeno u autora práce (v grafu pod TC). Předpokládá se, že autor jakožto začátečník byl vystaven častějším stresovým situacím, které vyvolaly náhlé změny v srdeční frekvenci. Na druhou stranu, na autorovi práce bylo provedeno nejvíce měření – data vycházejí ze vzorku o 460 pozorováních. Největší průměrnou srdeční frekvenci (79,73 BPM) vykazuje řidič odvozní soupravy Josef G. Tento řidič je aktivním kuřákem, denně vypije několik káv. Longo a kol. (2012) považuje nikotin a kofein za stimulanty, které zvyšují nároky na práci srdce. Malý a kol. (2010) udává klidovou srdeční frekvenci přibližně 70 úderů za minutu, tudíž na základě tohoto poznatku můžeme konstatovat, že vykonávaná práce měřených osob nevyžaduje zvýšené fyzické nároky.

Tabulka 5 Popisné statistiky podle jednotlivých strojů

Proměnná	Stroj	N platných	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozpětí	Rozptyl	Sm.odch.
TEMP	Odvozní souprava	714	34,89	35,38	19,12	36,66	17,54	2,9	1,72
PULS	Odvozní souprava	714	78,25	78,33	50,00	98,12	48,12	42,6	6,53
MOT	Odvozní souprava	714	0,50	0,47	0,08	1,19	1,11	0,0	0,15
Osvětlení lx	Odvozní souprava	714	532,42	10,00	0,00	6004,50	6004,50	970626,8	985,20
Proudění vzduchu m/s	Odvozní souprava	714	0,13	0,11	0,02	0,92	0,90	0,0	0,10
Teplota °C	Odvozní souprava	714	24,94	25,50	14,20	29,20	15,00	6,5	2,54
Hluk dbA Lavg-1	Odvozní souprava	714	58,27	57,50	30,50	83,10	52,60	81,7	9,04
Hluk dbC Lzpk-1	Odvozní souprava	714	107,88	106,80	100,70	130,80	30,10	25,4	5,04
TEMP	Harvestor	108	34,92	35,12	29,57	35,89	6,32	1	0,82
PULS	Harvestor	108	73,71	73,46	53,98	83,33	29,35	22	4,67
MOT	Harvestor	108	0,50	0,51	0,22	0,72	0,50	0	0,08
Osvětlení lx	Harvestor	108	2637,49	1530,03	340,10	5603,69	5263,59	5247320	2290,70
Proudění vzduchu m/s	Harvestor	108	0,14	0,09	0,08	0,25	0,16	0	0,08
Teplota °C	Harvestor	108	20,84	20,40	20,39	21,62	1,22	0	0,59
Hluk dbA Lavg-1	Harvestor	108	55,00	55,70	38,90	67,50	28,60	35	5,94
Hluk dbC Lzpk-1	Harvestor	108	114,61	114,10	104,80	143,40	38,60	45	6,68
TEMP	Vyvážecí souprava	83	35,53	35,53	30,86	36,60	5,74	1	0,85
PULS	Vyvážecí souprava	83	80,07	79,95	48,96	121,58	72,62	106	10,29
MOT	Vyvážecí souprava	83	0,57	0,49	0,25	1,45	1,20	0	0,26
Osvětlení lx	Vyvážecí souprava	83	2844,71	3395,09	675,50	8353,50	7678,00	1343973	1159,30
Proudění vzduchu m/s	Vyvážecí souprava	83	0,18	0,20	0,04	0,31	0,27	0	0,07
Teplota °C	Vyvážecí souprava	83	22,17	21,23	18,60	26,90	8,30	5	2,23
Hluk dbA Lavg-1	Vyvážecí souprava	83	81,96	81,40	77,00	88,40	11,40	5	2,18
Hluk dbC Lzpk-1	Vyvážecí souprava	83	107,34	104,80	102,40	128,30	25,90	24	4,86



Obrázek 27 Krabicový graf: Srdeční frekvence v závislosti na stroji

Puls v závislosti na použité mechanizaci je vyobrazen výše na obrázku č.27. Průměrný zátěžový puls vypočítaný z minutových mediánů byl u odvozních souprav 78,24 BPM, u harvestoru 73,71 BPM a u vyvážecí soupravy 80,07 BPM. Na odvozních soupravách a vyvážecí soupravě pracoval i autor práce, u kterého bylo zjištěno největší rozpětí hodnot pulsu. Pokud by si vyzkoušel práci i na harvestoru, je pravděpodobné, že i zde by křivka rozsahu dosahovala většího rozpětí.

Největší motilita, respektive pohyby hlavy, byly zaznamenány u operátora vyvážecí soupravy Martina Č. Lze konstatovat, že práce ve vyvážecí soupravě je z testovaných strojů fyzicky nejnáročnější, neboť operátor musí neustále otáčet sedačkou, jejíž konstrukční mechanismus pro otočení vyžaduje vykonávání složitých a nepřírodných pohybů. Tuto překážku lze vyřešit osazením modernějšího sedadla, avšak jedná se o poměrně nákladnou položku. Další nevýhoda koncepce vyvážecí soupravy oproti vyvážecím traktorům tkví v tom, že pedály a celkové ovládání pohybu stroje se nachází pouze na jedné straně stroje (klasické uspořádání zemědělského traktoru), tudíž operátor při couvání k sortimentům musí neustále otáčet hlavou a sledovat okolí před a za strojem. Ovládání joysticků zde bylo také namáhavější, neboť páky jsou vedeny přímo od hydraulického rozvaděče a kladou jistý odpor. Harvestory jsou vybaveny elektrickými joysticky, které jsou velmi pohodlné na ovládání.

Martin Č. je uvnitř kabiny také vystaven největší hlukové expozici a stejně tak i proudění vzduchu. Kabina vyvážecí soupravy je značně ovlivněná vnějším venkovním prostředím, neboť zadní okno musí být po většinu pracovní doby otevřené, z důvodu zavěšení ovládacích prvků vyvážecího vleku. Toto řešení není vhodné z hlediska bezpečnosti (riziko vzniku úrazu popálenin od horkého oleje při přetrhnutí hydraulické hadice), zdraví (častý průvan – přenos prachu a zplodin z motoru, změny teplot – riziko nachlazení) a komfortu práce (hluk).

Nejnižší hodnoty hlukové expozice byly naměřeny v harvestoru. Měřený harvester značky Rottne, model H8 je vybaven ochranou proti padajícím předmětům (FOPS), která zahrnuje čelní sklo o síle asi 30 mm. Toto konstrukční řešení s sebou přináší i velmi dobrou zvukovou izolaci od vnějšího prostředí.

5.2 Vliv faktorů pracovního prostředí na oběhovou soustavu

Pro zhodnocení vlivu naměřených faktorů pracovního prostředí na oběhovou soustavu měřených pracovníků byla data nejprve posuzována v programu STATISTICA pomocí bodového grafu a poté bylo použito regresně – korelační analýzy.

Do výpočtu vstupoval puls jako závislá proměnná, na které byly posuzovány tyto faktory pracovního prostředí:

x_1 : Osvětlení

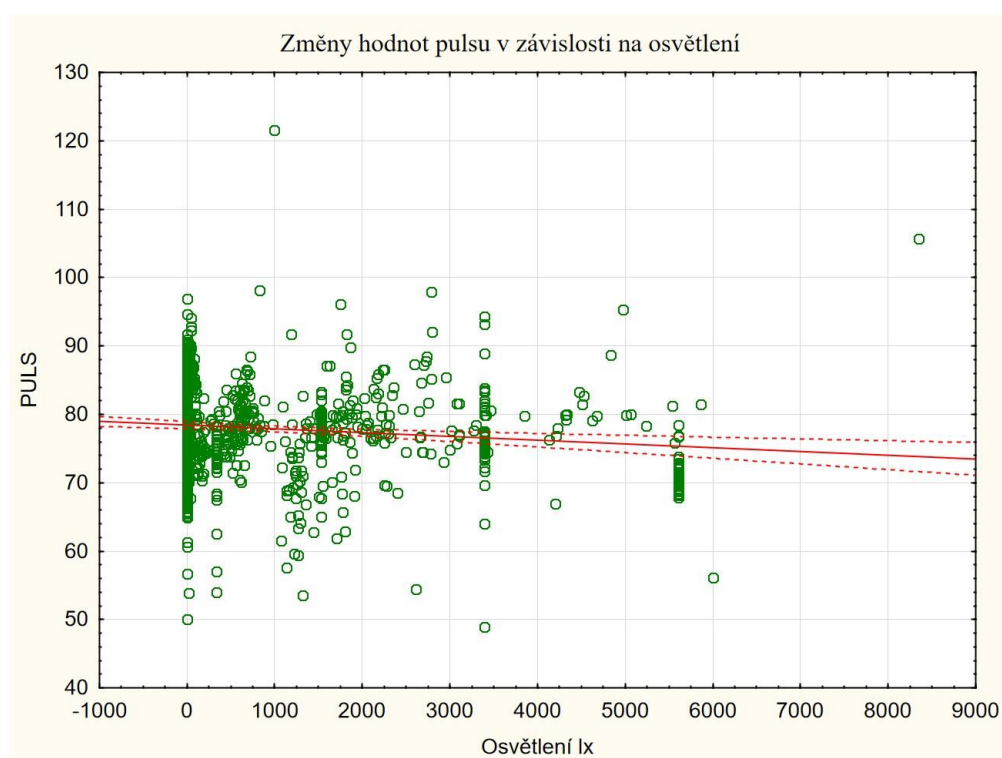
x_4 : Ekvivalentní hladina hluku

x_2 : Proudění vzduchu

x_5 : Vrcholová hladina hluku

x_3 : Operativní teplota prostředí

1. Osvětlení



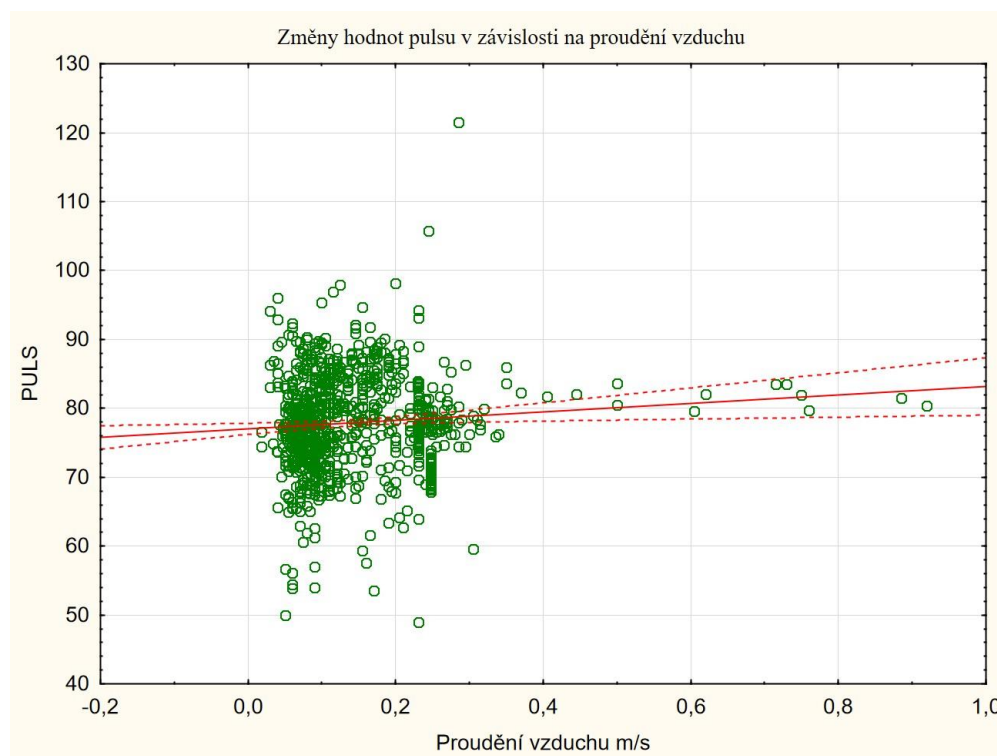
Obrázek 28 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na osvětlení

Tabulka 6 Závislost osvětlení na pulsu

Výsledky regrese se závislou proměnnou :						
R= ,15032401 R2= ,02259731 Upravené R2= ,02148282						
F(1,903)=20,276 p<,00001 ; Směrod. chyba odhadu : 5,9450						
N=905	b*	Sm.chyba (z b*)	b	Sm.chyba (z b)	t	p-hodn.
Abs. člen			78,76556	0,239163	329,3389	0,000000
Osvětlení lx	-0,150324	0,033384	-0,00060	0,000134	-4,5029	0,000008

Pro faktor osvětlení byla provedena regresní a korelační analýza. Výsledky této analýzy jsou zobrazeny ve statistickém shrnutí v tabulce č.6. Červená barva vyjadřuje statisticky významnou závislost na hladině $\alpha=0,05$. Negativní korelační koeficient ($R = -0,15$) znamená, že se stoupajícím osvětlením klesá puls měřených osob. Koeficient determinace R^2 popisuje, že variabilita osvětlení se podílí asi z 2 % na variabilitě srdeční frekvence.

2. Proudění vzduchu



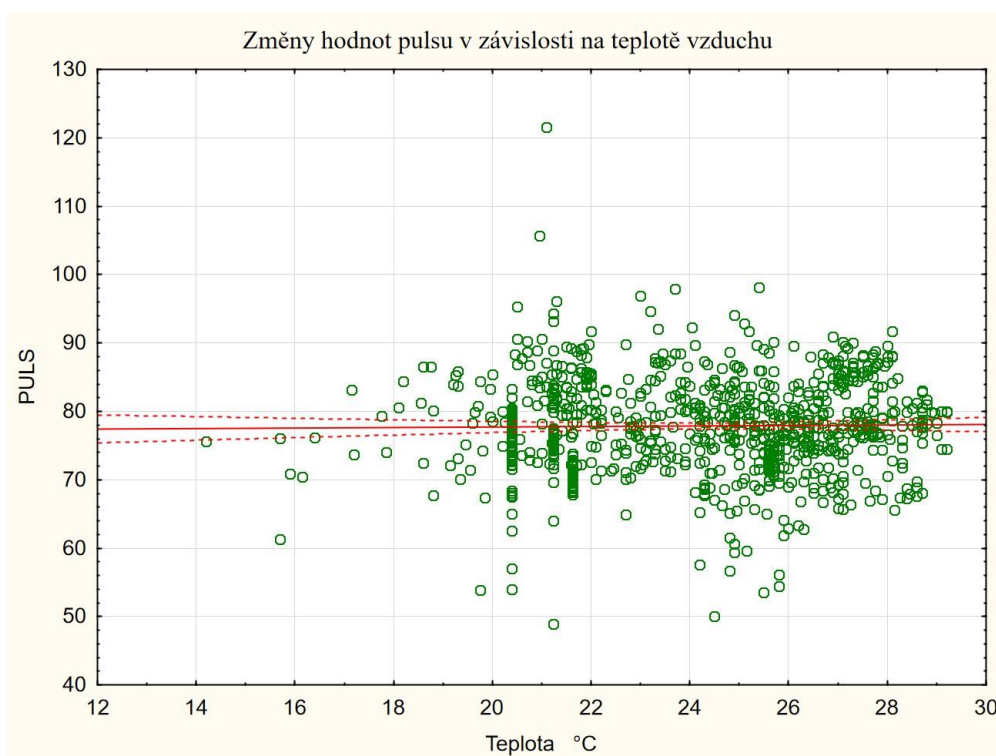
Obrázek 29 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na proudění vzduchu

Tabulka 7 Závislost proudění vzduchu na pulsu

Výsledky regrese se závislou proměnnou :						
R= ,06592244 R2= ,00434577 Upravené R2= ,00321047 F(1,903)=3,8279 p<,05072 Směrod. chyba odhadu : 6,0002						
N=905	b*	Sm.chyba (z b*)	b	Sm.chyba (z b)	t	p-hodn.
Abs. člen			77,59577	0,360147	215,4560	0,000000
Proudění vzduchu m/s	0,065922	0,033694	4,20708	2,150316	1,9565	0,050724

Proudění vzduchu, jakožto jeden z faktorů mikroklimatických podmínek, bylo také vyhodnoceno regresně-korelační analýzou, avšak analýza nepotvrdila žádný statisticky významný vztah mezi tímto faktorem a srdeční frekvencí. Vztah není statisticky významný kvůli hodnotě $p=0,0507$, která je vyšší než hladina významnosti $\alpha=0,05$.

3. Operativní teplota prostředí



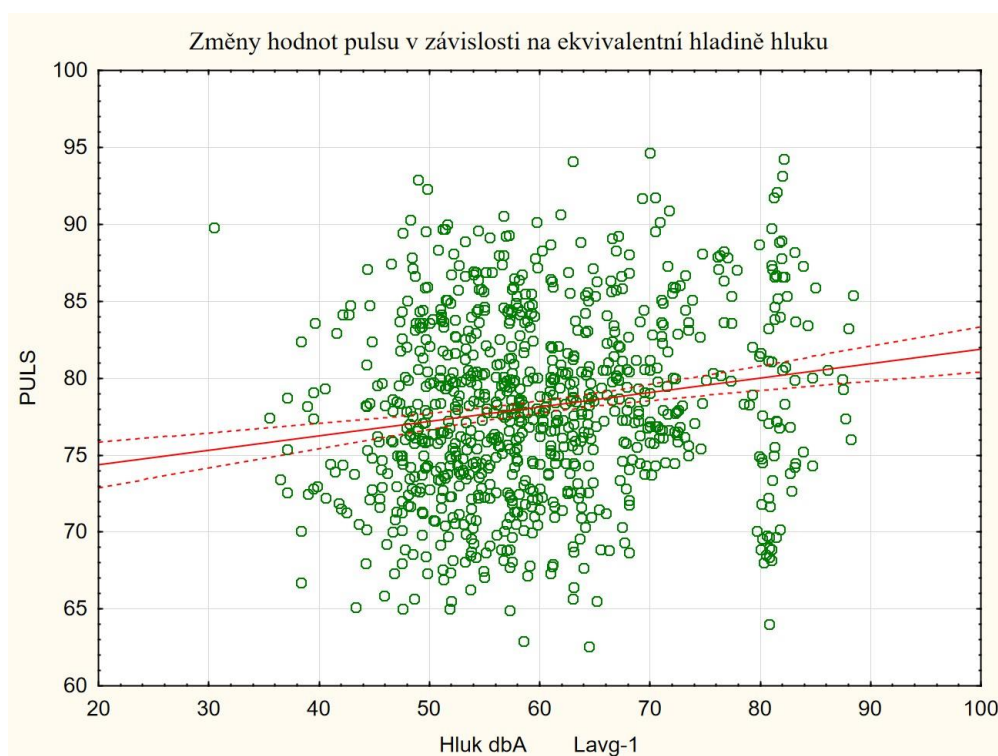
Obrázek 30 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na teplotě vzduchu

Tabulka 8 Závislost teploty vzduchu na pulsu

Výsledky regrese se závislou proměnnou : R= ,01904782 R2= ,00036282 Upravené R2= ---- F(1,903)=,31831 p<,57277 Směrod. chyba odhadu : 6,0122						
N=905	b*	Sm.chyba (z b*)	b	Sm.chyba (z b)	t	p-hodn.
Abs. člen			77,18505	1,772702	43,54090	0,000000
Teplota °C	0,019048	0,033761	0,04104	0,072744	0,56419	0,572770

Teplota vzduchu, respektive operativní teplota v kabinách strojů byla dalším posuzovaným mikroklimatickým faktorem. Z výsledků je zřejmé, že operativní teplota neovlivňuje srdeční frekvenci statisticky významným způsobem. Všechny stroje, kromě vyvážecí soupravy jsou vybaveny automatickou klimatizační jednotkou, která udržuje teplotu vzduchu v kabině na předem nastavenou hodnotu. Z bodového grafu na obrázku č. 30 vyplývá, že velmi častá hodnota teploty na pracovišti se pohybovala mezi 20–22°C a mezi 24–26°C.

4. Ekvivalentní hladina hluku



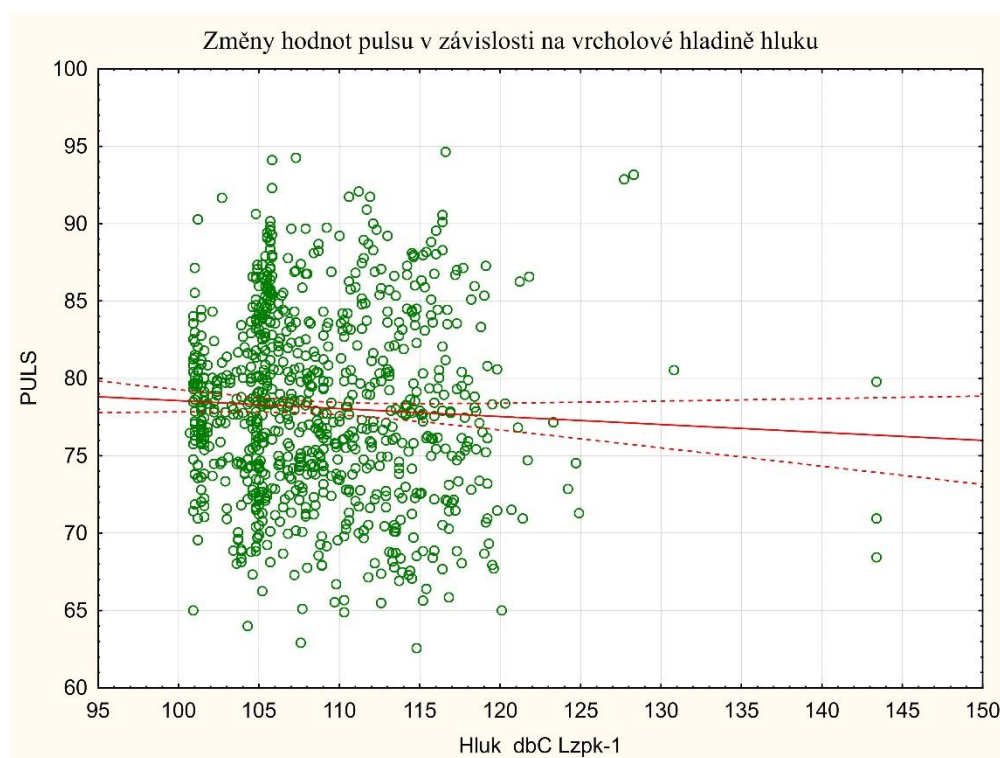
Obrázek 31 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na ekvivalentní hladině hluku

Tabulka 9 Závislost ekvivalentní hladiny hluku na pulsu

		Výsledky regrese se závislou proměnnou :					
		R= ,18001092 R2= ,03240393 Upravené R2= ,03130063 F(1,903)=29,370 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : 5,9151					
		b*	Sm.chyba (z b*)	b	Sm.chyba (z b)	t	p-hodn.
N=905							
Abs. člen				72,21458	1,118435	64,56754	0,000000
Hluk dbA	Lavg-1	0,180011	0,033216	0,09938	0,018338	5,41940	0,000000

Regresní a korelační analýzou byl zjištěn statisticky významný vztah mezi ekvivalentní hladinou hluku a srdeční frekvencí. Kladný korelační koeficient ($R=0,18$) udává, že s rostoucí hladinou hluku pracovníkům narůstá i srdeční tep. Koeficient determinace říká, že variabilitou ekvivalentního hluku je možné vysvětlit asi 3% variability srdeční frekvence.

5. Vrcholová hladina hluku



Obrázek 32 Bodový graf: Změny pulsu v závislosti na vrcholové hladině hluku

Tabulka 10 Závislost vrcholové hladiny hluku na pulsu

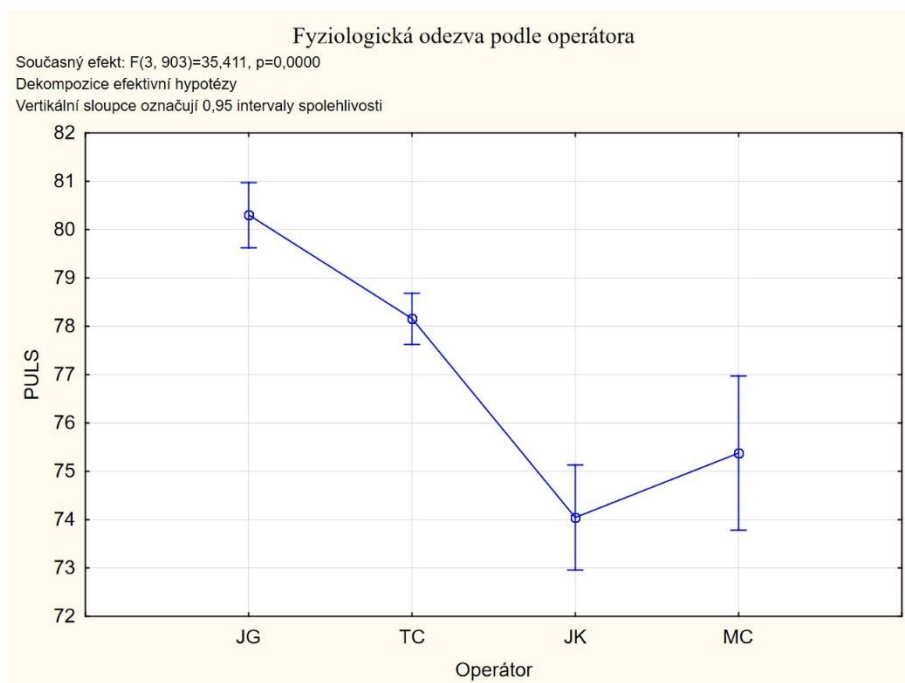
Výsledky regrese se závislou proměnnou :						
R= ,05482942 R2= ,00300626 Upravené R2= ,00186944						
F(1,903)=2,6444 p<,10427 Směrod. chyba odhadu : 6,0043						
N=905	b*	Sm.chyba (z b*)	b	Sm.chyba (z b)	t	p-hodn.
Abs.člen			84,49684	3,890601	21,71820	0,000000
Hluk dbC Lzpk-1	-0,054829	0,033717	-0,05814	0,035755	-1,62617	0,104272

Vztah mezi vrcholovou hladinou hluku a srdeční frekvencí byl softwarem vyhodnocen jako statisticky nevýznamný. Zajímavá je však záporná hodnota korelačního koeficientu (R= -0,05) z čehož vyplývá, že se stoupající hlukovou zátěží klesá puls. Avšak i v případě, že by existoval statisticky významný vztah, síla tohoto vztahu by na základě koeficientu determinace R^2 byla velmi nízká.

5.3 Analýzy rozptylu fyziologické odezvy pracovníků

Pro analýzy rozptylu fyziologické odezvy operátorů/řidičů na zátěž pracovním prostředím byly vybrány tyto faktory:

1) Operátor (měřená osoba)



Obrázek 33 Grafické zobrazení výsledků ANOVA pro faktor: operátor

Tabulka 11 Výsledky analýzy rozptylu pro faktor operátor

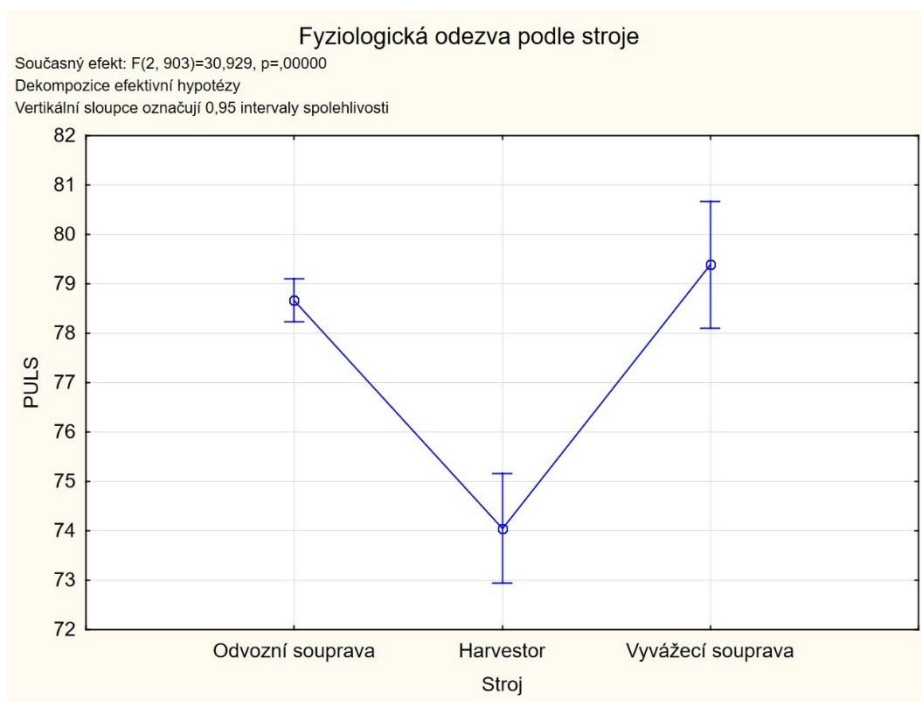
Závislé proměnné	Vícenás. (R)	Vícenás. (R2)	Upravené (R2)	SČ (Model)	SV (Model)	PČ (Model)	SČ (Rezid.)	SV (Rezid.)	PČ (Rezid.)	F	p
PULS	0,329036	0,108264	0,105207	3433,316	3	1144,439	28279,00	903	32,31886	35,41086	0,00

Tabulka 12 Tukeyův test pro faktor operátor

Č. buňky	Tukeyův HSD test Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 32,319, sv = 903,00				
	Operátor	{1} (80,300)	{2} (78,154)	{3} (74,050)	{4} (75,381)
1	JG		0,000012	0,000008	0,000008
2	TC	0,000012		0,000008	0,006516
3	JK	0,000008	0,000008		0,527353
4	MC	0,000008	0,006516	0,527353	

Na základě výsledků analýzy ANOVA je možné pozorovat, že vliv operátora má vyznaný vliv na intenzitu fyziologické odezvy na zátěž pracovního prostředí. Tukeyův test odhalil statisticky významné rozdíly v hodnotách pulsu mezi jednotlivými pracovníky. Vzhledem k cílům této práce je tento test pouze doložením skutečnosti, že srdeční puls je variabilní veličinou, která se liší u každé z měřených osob.

2) Druh stroje



Obrázek 34 Grafické zobrazení výsledků ANOVA pro faktor: typ stroje

Tabulka 13 Výsledky analýzy rozptylu pro faktor typ stroje

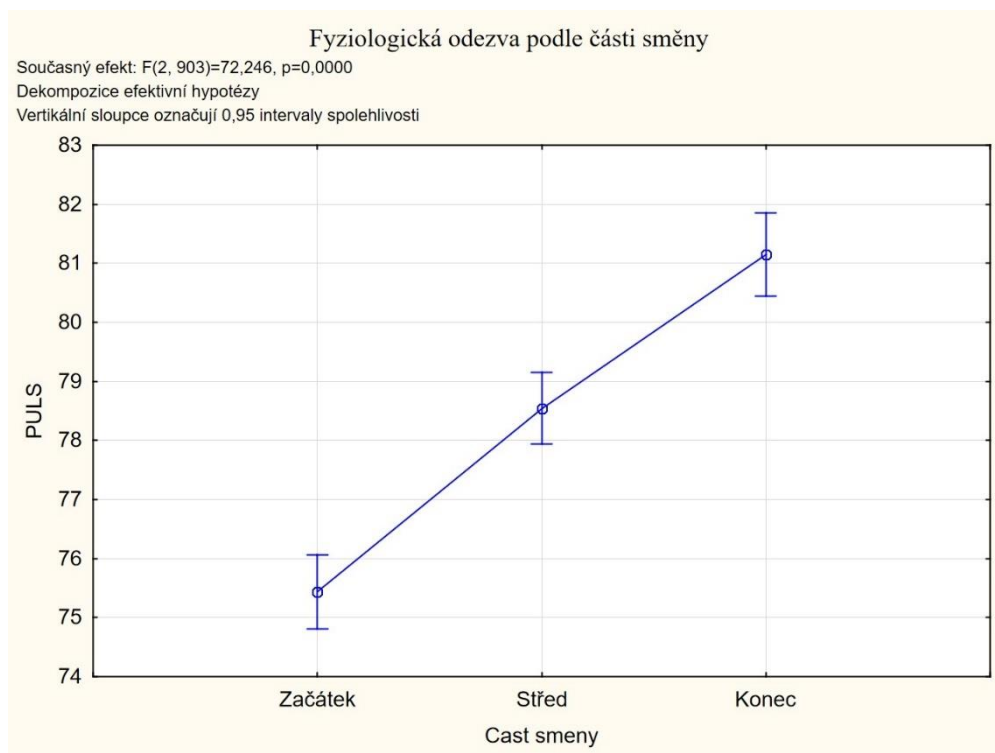
Závislé proměnné											
	Vícenás. (R)	Vícenás. (R2)	Upravené (R2)	SČ (Model)	SV (Model)	PČ (Model)	SČ (Rezid.)	SV (Rezid.)	PČ (Rezid.)	F	p
PULS	0,256820	0,065956	0,063824	2091,628	2	1045,814	29620,69	903	33,81358	30,92881	0,000000

Tabulka 14 Tukeyův test pro faktor typ stroje

Tukeyův HSD test				
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = 33,814, sv = 903				
Č. buňky	Stroj	{1} (78,671)	{2} (74,050)	{3} (79,390)
1	Odvozní souprava		0,000022	0,550892
2	Harvestor	0,000022		0,000022
3	Vyvážecí souprava	0,550892	0,000022	

Vliv druhu použitého stroje je zobrazen v grafu na obrázku č. 34. Harvestor v porovnání s jinými stroji vykazuje statisticky významný vliv. Tento výsledek může být ovlivněn tím, že na harvestoru byla měřena pouze jedna osoba, a to zkušený operátor s letitou praxí.

3) Část směny (začátek – střed – konec)



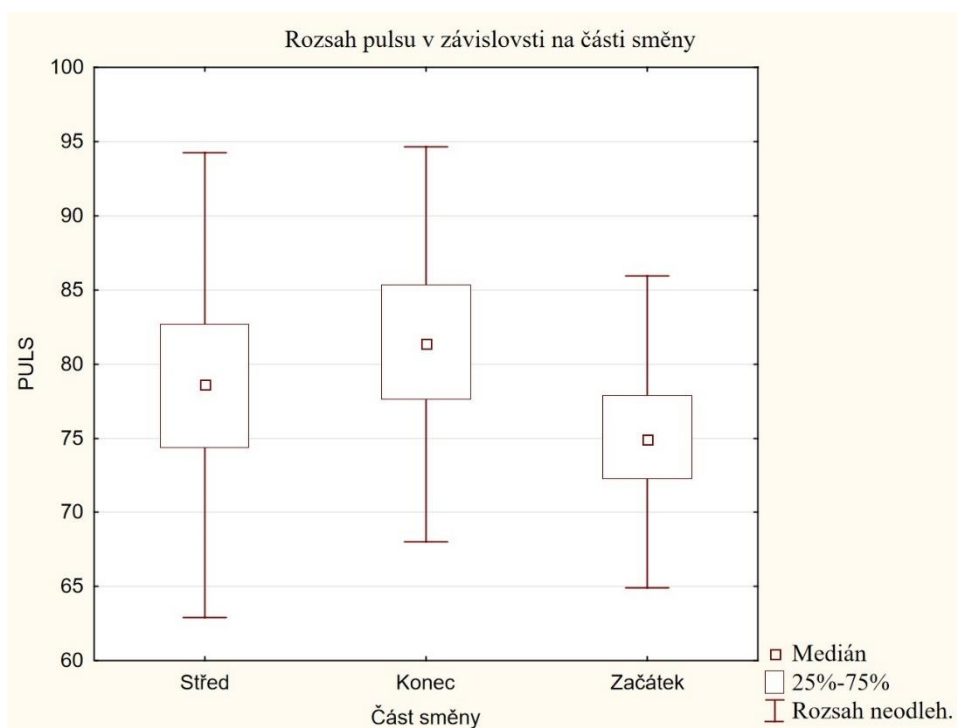
Obrázek 35 Grafické zobrazení výsledků ANOVA pro faktor: část směny

Tabulka 15 Výsledky analýzy rozptylu pro faktor část směny

Závislé proměnné	Vícenás. (R)	Vícenás. (R2)	Upravené (R2)	SČ (Model)	SV (Model)	PČ (Model)	SČ (Rezid.)	SV (Rezid.)	PČ (Rezid.)	F	p
PULS	0,376285	0,141590	0,139631	4490,161	2	2245,080	27222,16	903	31,07552	72,24594	0,00

Tabulka 16 Tukeyův test pro faktor část směny

Č. buňky	Tukeyův HSD test			
	Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 31,076, sv = 903,00			
	Část směny	{1} (75,438)	{2} (78,544)	{3} (81,146)
1	Začátek		0,000022	0,000022
2	Střed	0,000022		0,000022
3	Konec	0,000022	0,000022	



Obrázek 36 Krabicový graf: Srdeční frekvence podle části směny

PULS: N = 905; F (2;860) = 99,5513; p = 0.0000;
KW-H (2;863) = 169,1131; p = 0.0000

Statisticky významný vliv byl potvrzen i pro faktor část směny. Z výsledků je patrné, že pracovníkům se v průběhu směny mění fyziologická odezva. Statisticky významné rozdíly jsou vnímány v každé části pracovní směny. Z grafu na obrázku č. 35 vyplývá, že největšího pulsu pracovníci dosahují na konci směny. Na tomto faktu může mít podíl i faktor osvětlení, u kterého byl statisticky dokázán vztah k fyziologické odezvě. Měření na konci směny byla absolvována v šeru nebo ve tmě, kdy se puls pracovníkům zvyšoval.

5.4 Porovnání výsledků s legislativou a literaturou

Pracovní podmínky a jejich rizikové faktory jsou probírány v řadě legislativních předpisů. V této práci byla měřena jak srdeční frekvence, tak i některé faktory pracovního prostředí. Faktory pracovního prostředí jsou nejpřesněji vymezené v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Velmi dobrým výsledkem je skutečnost, že žádná z měřených osob nepřekračuje maximální hygienický limit pro minutovou srdeční frekvenci, která dle tohoto nařízení činí nejvýše 150 tepů za minutu. K tabulce níže je důležité přidat dovětek z §27, který nařizuje snížit tyto hodnoty o 20 % v případě, že pracovník pracuje ve směnách delších než osmihodinových. Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že průměrná srdeční frekvence měřených osob nepřekračuje stanovené limity z tabulky ani po odečtu 20 %.

Tabulka 17 Limit srdeční frekvence při práci podle 361/2007

Přípustné hygienické limity pro hodnoty srdeční frekvence při práci s celkovou fyzickou zátěží	
Průměrná	102
Nejvyšší přípustná	110
Zvýšení nad výchozí hodnotu	28

Zvýšení nad výchozí hodnotu popisuje takovou přípustnou hodnotu zvýšení srdeční frekvence, která je u zdravých jedinců dlouhodobě únosná.

Všechny stroje jsou vybavené topením a také klimatizací, vyvážecí souprava pouze topením. Lze předpokládat, že v letních měsících budou teploty v kabině vyvážecí soupravy přesahovat 30 °C a v takovém případě musí být podle §4 tohoto nařízení poskytnuta pracovníkovi náhrada ztráty tekutin. V letních měsících je u operátorů obsluhující starší stroje bez klimatizace běžnou praxí, že začínají pracovní směnu v brzkých ranních hodinách a končí nejpozději v poledne.

Vliv hluku na pracovníky je zakotven v nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Paragraf 3 udává přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku, který se rovná max 85 dB. V §10 je nařízeno, aby zaměstnavatel zajistil používání ochranných pracovních prostředků v případě, že je překročen přípustný expoziční limit 85 dB. Na základě dosažených výsledků bylo zjištěno, že žádný ze strojů nepřekračuje legislativně stanovený expoziční limit, avšak u vyvážecí soupravy se dlouhodobá zátěž hlukem pohybuje kolem 80 dB, tudíž chrániče sluchu lze minimálně doporučit.

V současnosti se pracovní prostředí hodnotí pomocí jednofaktorové analýzy, kterou se izolovaně posuzuje např. hlučnost pracoviště, prašnost, průvan apod. Toto jednofaktorové hodnocení nemusí vystihnout skutečné účinky pracovního prostředí vzhledem k faktu, že na pracovníky působí současně více faktorů, které mezi sebou mohou spolupůsobit, nebo dokonce dosahují i synergických efektů. Komplexnímu hodnocení pracovního prostředí a jejich vlivům na srdeční frekvenci operátorů víceoperačních strojů se v disertační práci věnoval Jankovský (2014), který toto téma dále rozvíjel v Jankovský a kol. (2017). Srdeční frekvence byla u obou studií zvolena jako parametr fyziologické odezvy pro hodnocení rizikovosti práce operátorů, neboť jí lze měřit přesným přístrojem a její maximální hodnoty v rámci pracovního zatížení jsou přesně vymezeny v legislativě. V disertační práci vycházel z měření provedených na pěti operátorech (3x operátor harvestoru, 2x operátor vyvážecího traktoru), kdy měřený soubor čítal 930 vzorků, respektive 678 po vyloučení chybně naměřených hodnot. Průměrná srdeční frekvence operátorů při pracovní zátěži byla 91,02 tepů za minutu. V klidové fázi se jednalo o hodnotu 65,60 tepů za minutu. Dále Jankovský (2014) zjistil u čtyř operátorů statisticky významný vliv vibrací přenášených na tělo k srdečnímu pulsu, vliv mikroklimatických podmínek a hluku se lišil operátor od operátora. Například u operátora harvestoru byl zjištěn vliv operativní teploty a míry osvětlenosti na variabilitě srdečné frekvence, kdežto operátor vyvážecího traktoru vykázal statisticky významný vliv jak u operativní teploty, tak u ekvivalentního a vrcholového hluku k variabilitě srdeční frekvence.

Fil'o (2013) tvrdí, že na variabilitě srdeční frekvence má velký podíl druh osvětlení a typ stroje. Za přirozeného denního osvětlení dosahuje puls nejnižších hodnot. Při umělém osvětlení jsou ranní hodnoty pulsu operátora mnohonásobně menší v porovnání s hodnotami z večerního měření, zvláště pak z večerního měření, které proběhlo na stroji s otočným typem kabiny

S přístrojem Biofeedback 2000^{x-pert} měřil i Macků (2014), který posuzoval vliv lidského faktoru na výkonnost harvestorové technologie. Monitoroval práci operátora harvestoru a vozky s koněm. V rámci experimentu měřil tep, tělesnou teplotu a také elektrickou reakci svalových vláken na vybraných svalových skupinách. Z naměřených údajů došel k závěru, že údaje o tepové frekvenci a tělesné teplotě se v rámci jeho průzkumu jeví jako neprůkazné, kdežto EMG měření specifických svalových skupin vykazovalo podstatné rozdíly u rozličných pracovních operacích.

6 Závěr

Tato diplomová práce v úvodní literární části přináší pohled na problematiku vztahu stroj x pracovník, počínaje popisem lesnické mechanizace, dále ergonomií, bezpečností a hygienou práce v lesnictví. Byl kladen důraz na popis jednotlivých faktorů pracovního prostředí, které mají, nebo mohou mít vliv na organismus pracovníka. Dále je čtenář seznámen s metodami měření pracovní zátěže, například metodou biofeedback, která byla použita i pro praktické měření.

Části praktické předcházelo vlastní měření, metodika a postup měření vycházely z Jankovský a kol. (2013) a také z Jankovský a kol. (2017). Měření se účastnily celkem čtyři osoby, které pracovaly na čtyřech různých strojích. Použitými stroji byly dvě odvozní soupravy, harvester a vyvážecí souprava. Stroje se lišily rokem výroby, stupněm výbavy, komfortem, náročností na ovládání i ergonomickým uspořádáním. Měření absolvoval i autor práce, který si vyzkoušel práci na odvozní soupravě a vyvážecí soupravě. Jako nejlépe ergonomicky navržený stroj autor hodnotí kabinu odvozních souprav. Moderní kabiny nákladních vozů poskytují mnoho komfortních funkcí jak v oblasti řízení, tak i v oblasti odpočinku. Zde je však potřeba upozornit, že kabina odvozní soupravy je totožná jako kabina kamionu určená pro dálkový provoz, která je koncipovaná tak, aby šofér uvnitř mohl trávit většinu dne, včetně spánku.

Z dosažených výsledků vyplývá, že faktory pracovního prostředí jako osvětlení a ekvivalentní míra hluku mají statisticky významný vliv na variabilitu srdeční frekvence. Značný vliv má také použitý stroj nebo část směny. Případné absolvování longitudinální studie by mohlo přinést nové výsledky. Ideálním strojem pro absolvování této dlouhodobé studie jsou odvozní soupravy, kde přístroje měřeným osobám nijak nepřekáží a zároveň jsou bezpečně zajištěné proti nečekanému pohybu.

Pořízení nového víceoperčního stroje nebo odvozní soupravy je pro podnikatele velký finanční výdaj. Stroj musí být co nejvíce vytižený, aby se jeho použití ekonomicky vyplatilo. Vytiženost se projevuje na zatížení obsluhujícího operátora. Operátoři a řidiči, vzhledem k jejich nutnému nepřetržitému soustředění potřebují mít vhodně ergonomicky zorganizované pracoviště. V případě ergonomicky špatně navrženého stroje vznikají zdravotní rizika (opakovaná jednostranná zátěž určitých svalových partií), zvyšuje se únava a klesá produktivita práce. Také je potřeba si uvědomit, že vliv pracovního prostředí trvá zpravidla od doby dospívání až po stáří, tedy zhruba 40-50 let.

Pracovníci v lesním hospodářství, a zvláště operátoři víceoperačních strojů jsou zpravidla finančně ohodnoceni úkolovou mzdou, tedy na základě vytěženého nebo vyvezeného dříví. Za účelem nadstandardního výdělku jsou operátoři schopni v kabině trávit i 12 a více hodin denně. Takto dlouhá pracovní doba, spojená s nepřetržitým soustředěním klade na operátora velké nároky jak z hlediska psychického, tak fyzického.

Existuje řada publikací, ve kterých jsou popisovány různé pracovní režimy, které mohou pracovníkům v lesním hospodářství alespoň částečně ulehčit od pracovní zátěže. Neruda a kol. (2013) doporučuje, aby se operátoři víceoperačních strojů střídali mezi sebou na jednotlivých strojích po několika dnech práce, obvykle aby obsluha vyvážecího traktoru (jednodušší obsluha) vystřídala operátora harvestoru (náročnější obsluha). Toto opatření však klade na oba operátory stejné předpoklady v rámci jejich kvalifikace. Gallis (2006) nedoporučuje, aby zaměstnanci byli placeni od kusu, neboť je to nutí k vyššímu pracovnímu tempu pod tlakem, s vidinou vyššího výdělku.

Závěrem je nutné dodat, že organizace a průběh praktického měření bylo značně komplikováno probíhající pandemií koronaviru. Několik operátorů na poslední chvíli odřeklo domluvené měření anebo s ohledem k vládním nařízením nebylo možné se k těmto osobám dostavit. I přes vzniklé komplikace a omezení související s pandemií COVID-19 však může autor konstatovat, že stanovené cíle této diplomové práce byly naplněny.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

Legislativní dokumenty:

Česko. Vláda. Nařízení 361/2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2007. Částka 111. Dostupné také z WWW: < <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=361&r=2007>>

Česko. Vláda. Nařízení č. 272/2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2011. Částka 97. Dostupné také z WWW: < <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=272&r=2011>>

Česko. Vláda. Nařízení 290/1995, kterým se stanoví seznam nemocí z povolání. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995. částka 76. Dostupné také z WWW: < <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=290&r=1995>>

Česko. Vláda. Zákon č. 262 ze dne 21. dubna 2006 zákoník práce. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 84, s. 3146-3241. Dostupné také z WWW: < <https://www.psp.cz/sqw/text/sbirka.sqw?cz=262&r=2006>>

Česko. Vláda. Zákon č. 309 o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 96. Dostupné také z WWW: < <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=309&r=2006>>

Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 339 ze dne 18. září 2017 o bližších požadavcích na způsob organizace práce a pracovních postupů při práci v lese a na pracovištích obdobného charakteru. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2017, částka 117. Dostupné také z WWW: < <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=339&r=2017>>

Technické normy:

ČSN EN ISO 6385 (833510) *Ergonomické zásady navrhování pracovních systémů*. 1.vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. 24 stran

Literatura:

ANDRUSAITIS, S., OLIVEIRA, R.; BARROS F. Study of the prevalence and risk factors for low back pain in truck drivers in the state of Sao Paulo, *Brazil. Clinics* 2006/6. P. 503-510

AXELSSON, S. The mechanisation of logging in Sweden and its effect on occupational safety and health. *International Journal of Forest Engineering.*, 1998. vol 9(no. 2): s.25-31. ISSN 0843-5243

BENEŠOVÁ, M.; HAMPLOVÁ, H.; KNOTOVÁ, K.; LEFNEROVÁ, P.; SÁČKOVÁ, I.; SATRAPOVÁ, H.; *Odmaturuj z biologie*. 1.vyd. Brno: Didaktis, 2003. 213 stran. ISBN 80-86285-67-7

BENTLEY T.; PARKER R.; ASHBY L.; MOORE D.; TAPPIN D. The role of the New Zealand forest industry injury surveillance system in a strategic ergonomics, safety and health research programme. *Applied Ergonomics*, 2002. Vol. 33 (No. 5). s. 395-403. ISSN 0003-6870

BERAN, V. *Chvění a hluk*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010. 2002 stran. ISBN 978-80-7043-916-6

BLOMBÄCK P.; POSCHEN P.; LÖVGREN M. *Employment Trends and Prospects in the European Forest Sector*. Geneva Timber and Forest Discussion Papers, European Forest Sector Outlook Study (EFSOS), New York, Geneva: United Nations, 2003. 45 p. ISSN 1020-7228

BURSOVÁ, M., *Kompenzační cvičení – uvolňovací, posilovací, protahovací*. 1. vyd., Praha: Grada Publishing, a.s., 2005, 195 s., ISBN 80-247-0948-1

DVOŘÁK, J.; FRANC, J.; VALDMAN, S. *Cvičení z lesnické mechanizace*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2006, 237 s. ISBN 80-213-1524-5.

DVOŘÁK, J.; NATOV, P.; HRIB, M.; NATOVOVÁ, L.; HOŠKOVÁ, P.; BYSTRICKÝ, R., KOVÁČ, J.; KRILEK, J.; LIESKOVSKÝ, M. *Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2012, 156 s. ISBN 978-80-7458-028-4.

DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4

DVOŘÁK, K.; PÁNA, L. *Komunikace a myšlení*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2008. 86 s. ISBN 978-80-86708-78-2

ERBAN, V. *Fyziologie práce a ergonomie*. 1.vyd. Liberec: Technická univerzita, 2003, 158 s. ISBN 80-7083-767-5

FIĚO, P. *Nové metody v ergonomii*. 1.vyd. Brno: Mendelova univerzita, 2013. 107 s. ISBN 978-80-7375-970-7

- GALLIS, CH. Work-related prevalence of musculoskeletal symptoms among Greek forest workers. *International Journal of Industrial Ergonomics* .2006/vol. 36 no. 8. P. 731-736. ISSN: 0169-8141.
- GELLERSTEDT, S.; ErgoWood; European Commission. *European ergonomic and safety guidelines for forest machines* International government publication. 2006, 100 s., ISBN 9157668779
- GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O., *Ergonomie – optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada Publishing a. s., 2002, 240 s., ISBN 80-247-0226-6.
- GROSS, J, *Zhodnocení použitých mechanizačních prostředků v těžebně-dopravním procesu u Severočeských státních lesů*. Praha: VŠZ Praha – Ústav aplikované ekologie a ekotechniky v Kostelci nad Černými lesy, 1984, 127 s.
- HAGBEG, M. Clinical assessment of musculoskeletal disorders in workers exposed to hand-arm vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2001. vol. 75. P. 97-105.
- HANÁKOVÁ, E.; MATOUŠEK, O. *Hygiena práce*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2006. 154 stran. ISBN 80-245-1116-9
- HART S.; STAVELAND L.; Development of NASA-TLX (task load index): results of empirical and theoretical research. *Advances in Psycholog.* 1988, vol. 52. p 139-183.
- HLADKÝ, A.; ŽIDKOVÁ, Z. *Metody hodnocení psychosociální pracovní zátěže*. 1.vyd. Praha: Karolinum, 1999. 78 s. ISBN 80-7184-890-5.
- HRAZDIRA I., MORNSTEIN V, 2001.: *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1.vydání. Brno: Neptun, 396 s. ISBN 80-902896-1-4.
- CHUNDELA, L. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2013. 173stran. ISBN 978-80-01-05173-3
- JANKOVSKÝ, M.; FERENČÍK, M.; ALLMAN, M.; DVOŘÁK, J. *Ergonomie a hygiena práce v lesnictví*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2017. 214 stran. ISBN 978-80-213-2792-4
- JANKOVSKÝ M.; HNILICA R.; DADO M.; DVOŘÁK J.; NATOV P.: Utilization of biofeedback devices in determination of learning curves of harvester operators. In:

Gómez Chova L., López Martínez A., Candel Torres I. (eds): ICERI 2013 *Proceedings: 6th International Conference of Education, Research and Innovation*, Seville, 2013 Nov 18–20, 2013: 3703–3711.

JANKOVSKÝ M.; MERGANIČ J.; ALLMAN M.; FERENČÍK M.; MESSINGEROVÁ V. The cumulative effects of work-related factors increase the heart rate of cabin field machine operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2017. vol. 65: 173-178.

JANEČEK, A.; MIKLEŠ, M.; ULRICH, R.; DVOŘÁK J. *Lesnická mechanizace III*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2002, 323 stran, ISBN 80-213-0945-8

JELÍNEK, J.; ZICHÁČEK, V.; *Biologie pro gymnázia*. 11.vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2014. 579 stran. ISBN 978-80-7182-338-4

KLUN J., MEDVED M, 2007. Fatal accidents in forestry in some European countries. *Croat J For Eng*, 2007 28(1): str. 55-62.

KOČÁREK, E. *Biologie člověka I: somatologie, antropologie, fyziologie, imunologie*. 1.vyd. Praha: Scientia, 2010. 336 s. ISBN 978-80-86960-47-0

KOVÁČ, J; SZOMBATHYOVÁ, E. *Ergonómia*. 1.vyd. Košice: Technická univerzita. 2010. 121 stran. ISBN 978-80-553-0538-7

KRŠKOVÁ, B. *Vyhodnocování, zvládnání a snižování stresu*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta podnikatelská. 2010

LASÁK, O.; NĚMEC, K. Víceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR. *Lesnická práce*. 1996, 74(11), str. 402-403. ISSN 0322-9254

LEFORT, A.; HOOP, C.; PINE, J. Characteristics of injuries in the logging industry of Louisiana, USA: 1986 to 1998. *International Journal of Forest Engineering.*, 2003. vol. 14. p 75-89.

LONGO, D.; FAUCI, A.; KASPER D.; HAUSER, S.; JAMESON, J.; LOSCALZO, J. *Harrisons Manual of Medicine, 18th edition*. NYC: McGraw-Hill Education/ Medical, 2012. 1568 s. ISBN 9780071745192

- MACKŮ J. *Spotřeba času a produktivita práce víceoperačních technologií v závislosti na lidském faktoru*. 2014. ČZU: Fakulta lesnická a dřevařská, Disertační práce
- MACHOVÁ, J. *Biologie člověka pro učitele*. Praha: Karolinum, 2. vyd. 2016. 269 s. ISBN 978-80-246-3357-2
- MALÍK, V.; DVOŘÁK, J. *Harvestorové technologie a vliv na lesní porosty*. Praha: Lesnická práce, 2007. 78 stran. ISBN 978-80-86386-92-8
- MALÝ, S.; KRÁL M.; HANÁKOVÁ, E. *ABC ERGONOMIE*. 1.vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2010. 386 stran. ISBN 978-80-7431-027-0
- MAREK, J.; SKŘEHOT, P. *Základy aplikované ergonomie: Bezpečný podnik*. Praha: VÚBP, v.v.i., 2009, 115 s., ISBN 978-80-86973-58-6
- MATOUŠEK, O., RŮŽIČKA, J. K problémům monotonie, *Bezpečnost a hygiena práce* 2. s. 2002, vol. 2, s.28-33. ISSN 0006-0453.
- MELNICK W. Hearing Loss from Noise Exposure. 1991, In: Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control. McGraw Hill, New York, NY
- MESSINGEROVÁ, V.; STANOVSKÝ, M; FERENČÍK, M. Comparison of noise load on workers with chainsaw and harvester operators during wood harvesting. In OLIVA, J (ed.) *Těžební dopravní technologie a stavební úpravy v kalamitních těžbách: Sborník z mezinárodní vědecké konference*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. s 121-128. ISBN 978-80-213-1791-8
- MIRANDA, H., VIIKARI-JUNTURA, E., MARTIKAINEN R., TAKALA E.P., RIIHIMÄKI, H., 2001: Physical exercise and musculoskeletal pain among forest industry workers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2001. vol 11. P. 239-246. ISSN 16000838
- NERUDA, J.; ULRICH, R.; KUPČÁK, V.; SLODIČÁK, M.; MESSINGEROVÁ, V., *Harvestorové technologie lesní těžby*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2008. 149 s. ISBN 978-80-7375-146-3
- NERUDA, J.; SIMANOV, V. *Technika a technologie v lesnictví*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2006. 323 stran. ISBN 80-7157-988-2

NERUDA, J., a kol., *Technika a technologie v lesnictví*. Díl první. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 364 s. ISBN 978-80-7375-839-4

NOSEK, M. Technické provedení přípojných vozidel odvozních souprav a jejich vybavení moderními zařízeními. In CHYTRÝ, M. *Doprava dřeva v nových odbytových a technologických podmínkách*. Tlustice: Česká lesnická společnost, 2006, s. 11-14. ISBN 80-02-01835-4

NOVÁK M. *Bolesti zad I.*, 2002. 1. vyd., Praha: Triton, 94 stran., ISBN 80-7254-314-8.

NOVOTNÝ, I.; HRUŠKA, M. *Biologie člověka: pro gymnázia*. 5. vyd. Praha: Fortuna, 2015. 248 s. ISBN 978-80-7373-128-1.

OKUNRIBIDO, O.; MAGNUSON, M.; POPE, M.H The role of whole body vibration, posture and manual materials handling as risk factors for low back pain in occupational drivers. *Ergonomics*, 51, 3, p.308–329.

PANDULA, B.; JALČOVÁ, V.; *Hygiena a bezpečnost práce*. 1.vyd. Košice: Edičné stredisko AMS, 2002. 105 stran, ISBN 80-8073-009-1

PARKER, S. *Lidské tělo*, 1. vyd. Praha: Euromedia Group – Knižní klub, 2007. 256 s. ISBN 978-80-242-2211-0

PFEIFFER, J.; VOTAVA, J.; *Rehabilitace s využitím techniky*, 1983. 1.vyd. Praha: Avicenum. 320 s.

PILNÝ, I. *Máte na víc! Probud'te svůj mozek*. 1.vyd. Brno: Albatros Media, 2013. 238 s. ISBN 978-80-265-0065-0

PTÁČEK, R; NOVOTNÝ, M; FABER, J; KOPŘIVOVÁ, J; KOTIANOVÁ, A; NOVÁK, J; ŠLEPECKÝ, M; TONHAJZEROVÁ, I; TYLOVÁ, V. *Biofeedback v teorii a praxi*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2017. 168 s. ISBN 978-80-247-5694-3.

SALMINEN S.; KLEN T.; OJANEN K. Risk taking and accident frequency among Finnish forestry workers. *Safety Science*, 1999. vol. 33. s. 143-153.

SIMANOV, V. *Těžba a doprava dříví*, Písek: Matice lesnická s.r.o., 2003. 142 s, ISBN 80-86271-14-5

SKŘEHOT, P.; VLKOVÁ, Š.; MAREK, J.; RUPOVÁ, M.; MACLOVÁ, I.; MALÝ, S.; GILBERTOVÁ, S.; HAVLENA, P. *Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením*. 1.vyd. Praha: Pinkpig, 2009. 181 s. ISBN 978-80-86973-91-3

SKÝBOVÁ, J. *Přírodopis biologie člověka*. 1.vyd. Praha: Septima, 2008. 80 s. ISBN 978-80-7216-261-1

SYNWOLDT U; GELLERSTEDT S. Ergonomic initiatives for machine operators by the Swedish logging industry. *Applied Ergonomics*, 2003. vol. 34. p.149-156. ISSN 0003-6870

ŠTÍCHA, V., GAŠPARÍK, M., HRIB, M. a kol. *Lesní hospodářství* 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2015. 266 s. ISBN 978-80-213-2613-2.

TOBISCH, R.; WALKER M.; WEISE G. Scientific review of forest machine technical ergonomics. In Lewark Siegfried (Ed) *Scientific reviews of ergonomic situation in mechanized forest operations*. 2005 Vol 2. p 65-121. ISSN 16541-114X

ULRICH R.; NERUDA J.; ZEMAN V. ml.; ZEMAN V. st.; ZEMÁNEK T. *Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Merimex s.r.o., 2006, 79 stran. ISBN 80-7375-012-0

VALUCH, J.M.; *Neurotechnologie, mozek a souvislosti*. 3.vyd. Praha: Galaxy, 2006. 183 s. ISBN 80-903202-1-X

VEBER, V. *Pracovní prostředí: osvětlení: barevná úprava: hluk: tvarové uspořádání*. 2. vyd. Praha: vydavatelství a nakladatelství ROH, 1982. 328 stran.

WAXMAN, R., TENNANT, A., HELLIWELL, P. A prospective follow-up study of low back pain in the community. *Spine*. 2000 vol 25 (16). p. 2085-2090.

WILHELMSON, E.; STAALWÄSTERLUND, D.; BURSTRÖM, L.; BYLUND P., Public health effects of accidents in selfemployed forestry work. *Small-Scale Forestry*, 2005. vol. 4(no. 4). s. 427–436. ISSN 1873-7854

ZEMANOVÁ, M.; VACEK, J.; BEZVODVOVÁ V.; Whiplash poranění. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2003; vol. 10, no. 4. s.139–142. ISSN 1211-2658.

Internetové zdroje:

CELJAK, I. Harvestorová technologie. *Farmář* [online]. 2010, Roč. 16, č. 4 [cit. 2020-12-15]. Dostupné z WWW: <<http://profipress.cz/archiv/farmar-042010/>>. ISSN: 1210-9789.

DVOŘÁK J., NATOV P. Fyziologická zátěž pracovníků v lesním, *Lesnická práce* [online]. 2010. Vol 10, no. 2 [cit. 2021-03-03], dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-2-10/fyziologicka-zatez-pracovniku-v-lesnim-provozu>>

Driving and Ergonomics [online], poslední aktualizace 31.8.2018 [cit. 2021-02-14]. Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS). Dostupné z WWW: <<https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/driving.html>>

HUSH, J; MICHALEFF, Z.; MAHER, CH.; REFSHAUGE, K.; *Individual, physical and psychological risk factors for neck pain in Australian office workers: a 1 year longitudinal study* [online]. 2009. Eur Spine J, Oct; 18(10): p.1532–1540. [Cit 2021-02-08]. Dostupné z WWW <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2899383/>>

CHAFFIN, D.B. Human Motion Simulation for Vehicle and Workplace Design. *Wiley Periodicals, Inc* [online] 2007, vol.17 (5), p 475-484. [Cit 2021-02-14]. Dostupné z WWW <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hfm.20087> >

JAPAN ERGONOMICS SOCIETY. *History of ergonomics*. 2016 [cit 2021-02-10]. Dostupné z WWW: <https://www.ergonomics.jp/e_index/e_outline/e_ergo-history.html>

KOMATSU. *Just Forest: Job satisfaction and productivity* [online]. 2018, no. 1 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z WWW: <https://www.komatsuforest.com/-/media/komatsuforest/files/corporate-files/just-forest/jf-2018-no1/jf_1_2018_en2.pdf?la=en>

MACKŮ, J.; GAŠPARÍK, M. Harvestorová technologie – moderní a k přírodě šetrný těžebně-dopravní systém. *AGROjournal* [online]. 2015-11-6 [cit. 2020-12-13].

Dostupné z WWW:

<https://www.researchgate.net/publication/283571757_Harvestorova_tehnologie_-_moderni_a_k_prirode_setrny_tezebne-dopravni_system>

Schuhfried. *Hardware Manual, version 4.2, Biofeedback 2000^{x-pert}* [online]. Mödling: Schuhfried GmbH, 2014 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z WWW: <https://asystems.as/wp-content/uploads/2018/05/Biofeedback_2000x-pert_Hardware_manual.pdf>

Schuhfried. *Software Manual, version 4.2, Biofeedback 2000^{x-pert}* [online]. Mödling: Schuhfried GmbH, 2011 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z WWW: <https://asystems.as/wp-content/uploads/2018/05/Biofeedback_2000x-pert_Software_manual.pdf>

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020, ISBN 978-80-7434-571-5. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/web/file/661268/Zprava_o_stavu_lesa_2019_WEB.pdf>

Testo. *Testo 480. Přístroj pro měření klimatických veličin* [online]. Praha: Testo s.r.o. 2016 [cit. 2021-03-05] Dostupné z WWW: <<https://static-int.testo.com/media/c2/96/802bf4156398/Navod-testo-480.pdf>>

Rottne – *first in forest*. Oficiální stránky výrobce [online]. cit. 2021-04-01.: <https://www.rottnet.com/en/ergonomic-operator-station-with-luxury-class-comfort/>

Mercedes Benz – truck. Oficiální stránky výrobce [online], cit, 2021-04-02. https://www.mercedes-benz-trucks.com/en_IE/models/new-actros/comfort/working-drive-comfort.html