
Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí



**Vyhodnocení vybraných biometrických
ukazatelů u obsluhy těžebně dopravního
zařízení**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Jan Macků, Ph. D.

Autor: PharmDr. Ing. Pavel Škvor, MBA

2020



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

PharmDr. Ing. Pavel Škvor, MBA

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Vyhodnocení vybraných biometrických ukazatelů u obsluhy těžebně dopravního zařízení

Název anglicky

Evaluation of Selected Biometric Indicators for the Wood Logging Device Operator

Cíle práce

Cílem práce je experimentální potvrzení hypotézy předpokládající jak vysoké stresové zatížení, tak rozdílnost tohoto zatížení při jednotlivých operacích probíhajících kontinuálně ve fázi soustředování dříví.

Cílem práce je, na základě terénního experimentu, posoudit úroveň stresu v jednotlivých úsecích pracovní operace v závislosti na průběhu pracovní směny.

Cílem práce je také zhodnotit získané údaje s ohledem na bezpečnost a ochranu zdraví při práci a také na vliv vybrané těžebně-dopravní metody na životní prostředí.

Metodika

Operátor těžebně dopravního zařízení zajišťujícího soustředování dříví z porostu na odvozní místo je soustavně vystavován stresové zatížení v celé fázi soustředování dříví.

Je předpokládáno variabilní stresové zatížení při jednotlivých operacích výrobní fáze soustředování.

Experimentální ověřování bude realizováno sledováním dlouhodobě zatěžovaných stejných svalových skupin – monitorováním svalových reakcí musculus extensor carpi radialis brevis operátora univerzálního kolového traktoru s připojeným neseným lanovým navijákem s rizikem vzniku zdravotního postižení, se zřetelem na propojení témat, mezi něž patří bezpečnost a ochrana zdraví při práci, stres a zátěž.

Bioemtrická měření budou realizována pomocí přístroje Biofeedback 2000 XPert.

Data budou následně podrobena statistické analýze.



Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

Traktor, pracovní zátěž, stres, elektromyografie, biofeedback

Doporučené zdroje informací

- DVOŘÁK, J. Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích = The use of harvester technology in production forests. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2012. ISBN 978-80-7458-028-4.
- JANEČEK, A. – DVOŘÁK, J. Racionální matematický model optimalizující konstrukční a provozní parametry štěpkovače : projekt Optimalizace technologických a technických parametrů těžebně dopravních systémů minimalizujících škody na půdním povrchu a omezujících tak degradační důsledky. Praha: Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 2002. ISBN 80-213-0972-5.
- JANKOVSKÝ, M. a kol.: The cumulative effects of work-related factors increase the heart rate of cabin field machine operators, INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS Volume: 65 str: 173-178 (2018)
- KLOUDA, M.: Normování práce. Praha: MZLVH ČR, 1988, 208 s.
- NERUDA, J. a kol.: Harvesterové technologie lesní těžby. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 149 s. ISBN 978-80-7375-146-3 (brož.).
- PULKRAB, K., ŠIŠÁK, L., BARTUNĚK, J.: Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství. Kostelec n. Č.L.: Lesnická práce, s.r.o., 2008, 131 s.
- ULRICOVÁ, M. Člověk, stres a osobnostní předpoklady : souvislost osobnostních rysů a odolnosti vůči stresu. Ústí nad Orlicí: Oftis ve spolupráci s Pedagogickou fakultou Univerzity Hradec Králové, 2012. ISBN 978-80-7405-186-9.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Macků, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 14. 2. 2020

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 03. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vyhodnocení vybraných biometrických ukazatelů obsluhy těžebně dopravního zařízení“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Macků, Ph. D., další informace mi poskytl Ing. Radek Kajfosz ze Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

Třebechovice pod Orebem, leden 2020

.....
PharmDr. Ing. Pavel Škvor, MBA



Poděkování

Děkuji Ing. Janu Macků, Ph. D., vedoucímu diplomové práce, za cenné připomínky a za odborné vedení, operátorovi traktoru za umožnění realizace praktického měření a předání pracovních zkušeností a své ženě za podporu.

PharmDr. Ing. Pavel Škvor, MBA

Abstrakt

Cílem předložené práce je potvrzení hypotézy předpokládající vysoké stresové zatížení v pracovním procesu opakovaným dlouhodobým zatěžováním stejných svalových skupin – monitorováním reakcí svalu *musculus extensor carpi radialis brevis* operátora univerzálního kolového traktoru s připojeným neseným lanovým navijákem s rizikem vzniku zdravotního postižení, s důrazem na spojení témat, k nimž patří bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci, pracovní stres a zátěž.

Literární rešerše je přehledem nejdůležitějších poznatků a možných východisek na základě studia a analýzy dostupné odborné literatury o vývoji dopravně těžebních zařízení, pracovním prostředí a stresové zátěži. Formuluje předpoklady výzkumu a způsob jejich ověřování.

V praktické části práce jsou hodnocena data získaná při měření EMG přístrojem Biofeedback 2000^{x-pert} při soustředování surového dříví z porostu na odvozní místo na Školním lesním podniku ČZU v Kostelci nad Černými lesy.

Experimentálně bylo potvrzeno vysoké stresové zatížení operátora těžebně dopravního stroje při fázi soustředování dříví na odvozní místo. Ze sledovaných operací je stresově nejnáročnější sestavování nákladu, následné přibližování je pak ještě předcházející operací ovlivněno.

V průběhu pracovní směny i pracovního týdne stresové zatížení lineárně narůstá. Jeho intenzita má pak vliv i na způsob ovládání těžebně dopravního stroje, což je patrné např. i způsobu a intenzitě vzniku erozních rýh čepem přibližovaného dříví.

Stresové zatížení ovlivňuje operátora dlouhodobě, jednostranně a s velkou intenzitou. Bylo by tedy ze preventivně zdravotních i bezpečnostních důvodů optimální pracovníky na jednotlivých strojích střídat a tím omezovat rozvoj zdravotních postižení.

Klíčová slova: Traktor, pracovní zátěž, stres, elektromyografie, biofeedback

Abstract

The aim of the presented work is to confirm the hypothesis assuming high stress in the work process by repeated long-term loading of the same muscle groups – by monitoring muscular reactions of extensor carpi radialis brevis musculus operator universal wheeled tractor with attached rope winch with disability such as health and safety at work, stress and stress.

The literature review is an overview of the most important findings and possible starting points based on the study and analysis of available relevant literature on the development of transport-mining equipment, the working environment and stress load. It formulates research assumptions and the way of their verification.

In the practical part, the data obtained during the EMG measurement with the Biofeedback 2000 ^{x-pert} instrument during the gathering of raw wood from the stand to the transport site at the ČZU Forestry School in Kostelec nad Černými lesy are evaluated.

Experimentally, the high stress load of the logging machine operator was confirmed during the timber concentration phase at the transport site. Of the monitored operations, the most stress-intensive compilation of cargo is, the subsequent approach is then affected by the previous operation.

During the work shift and the work week, the stress load increases linearly. Its intensity then also affects the way of controlling the logging machine, which is evident for example in the manner and intensity of erosion grooves formation by the approaching timber.

Stress load affects the operator in the long term, unilaterally and with great intensity. Therefore, for preventive health and safety reasons, it would be optimal to rotate workers on individual machines and thus limit the development of disabilities.

Key words: Tractor, workload, stress, electromyography, biofeedback



Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ÚVOD | 13 |
| 2 | CÍL PRÁCE | 15 |
| 3 | LITERÁRNÍ REŠERŠE..... | 16 |
| 3.1 | Kolové traktory | 16 |
| 3.1.1 | Historický vývoj traktorů..... | 16 |
| 3.1.2 | Vývoj traktorů v Čechách | 17 |
| 3.1.3 | Světoví výrobci traktorů | 21 |
| 3.1.4 | Volba traktoru | 21 |
| 3.2 | Mechanizované soustředování dříví..... | 21 |
| 3.2.1 | Dvoububnový naviják Schlang & Reichart typ DW 612 | 27 |
| 3.3 | Pracovní polohy | 28 |
| 3.3.1 | Pracovní poloha v traktoru..... | 29 |
| 3.3.2 | Pracovní polohy mimo traktor | 30 |
| 3.3.3 | Zásady správného sezení | 32 |
| 3.3.4 | Sedadlo..... | 33 |
| 3.3.5 | Správné polohy horních končetin | 34 |
| 3.4 | Negativní důsledky nesprávného sezení a polohy horních končetin | 35 |
| 3.5 | Pracovní podmínky | 38 |
| 3.5.1 | Charakteristika stresu jako psychické zátěže pracovníka | 38 |
| 3.5.2 | Adaptace lidského organismu na nepříznivé podmínky | 40 |
| 3.6 | Vliv stresu na pracovní výkon zaměstnanců..... | 42 |
| 3.7 | Zátěž operátora lesnických dopravních strojů | 44 |
| 3.7.1 | Základní předpoklady pro práci operátora těžebně dopravního stroje | 44 |
| 3.8 | Ergonomie mobilních strojů | 45 |
| 3.8.1 | Ergonomie lesních strojů | 45 |
| 3.9 | Pracovní podmínky operátora | 46 |
| 3.9.1 | Pracovní křivka | 46 |
| 3.9.2 | Zkoumatelné fyziologické funkce | 47 |



| | | |
|--------|---|-----|
| 3.10 | Výběr měřené fyziologické veličiny a její využití..... | 48 |
| 3.10.1 | Výběr měřené fyziologické veličiny..... | 48 |
| 3.10.2 | Popis elektromyografie..... | 49 |
| 3.10.3 | Elektrické charakteristiky elektromyografie..... | 49 |
| 3.10.4 | Měření elektromyografie..... | 50 |
| 3.10.5 | Využití elektromyografie v medicínské diagnostice..... | 50 |
| 3.10.6 | Využití elektromyografie při pracovní zátěži pracovníků v lesním provozu..... | 50 |
| 4 | METODIKA PRÁCE..... | 54 |
| 4.1 | Stanovení optimálních parametrů měření..... | 54 |
| 4.1.1 | Vliv vzdálenosti na kvalitu přenosu bluetooth signálu..... | 56 |
| 4.1.2 | Stabilita fixace elektrod..... | 56 |
| 4.2 | Použitá technologie soustředování..... | 58 |
| 4.3 | Zkoumaný vzorek..... | 59 |
| 4.4 | Sběr dat..... | 60 |
| 4.4.1 | Biofeedback 2000 ^{x-pert} | 60 |
| 4.4.2 | Senzory a moduly..... | 60 |
| 4.5 | Software Biofeedback 2000 ^{x-pert} , verze 3.0..... | 61 |
| 4.6 | Zpracování dat..... | 62 |
| 4.7 | Charakteristika zájmového území..... | 64 |
| 4.7.1 | Identifikace porostů..... | 64 |
| 4.7.2 | Identifikace operátora..... | 66 |
| 4.7.3 | Identifikace těžebně dopravního stroje..... | 67 |
| 4.7.4 | Identifikace těžební metody..... | 67 |
| 4.8 | Design a podmínky vlastního měření..... | 67 |
| 5 | VÝSLEDKY..... | 72 |
| 5.1 | Průběh vlastního měření..... | 72 |
| 5.2 | Naměřené výsledky – porovnání..... | 80 |
| 6 | DISKUZE..... | 95 |
| 7 | ZÁVĚR..... | 99 |
| 8 | SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ..... | 101 |

Seznam použitých zkratek

| | |
|-----------------|---|
| 3L | přibližovací linka, lesní cesta 3. kategorie |
| 4L | přibližovací linka, lesní cesta 4. kategorie |
| AG | Aktion Gesellschaft – akciová společnost |
| AGCO | Aliss-Gleaner Corporation – Americký výrobce traktorů |
| Ag ⁺ | kationty stříbra |
| BMI | body mass index |
| cm | centimetr |
| cm ² | centimetr čtverečný |
| cm ³ | krychlový centimetr |
| csv. | comma separated values – jednoduchý datový soubor |
| °C | stupeň Celsia |
| č. | číslo |
| ČR | Česká republika |
| ČÚZK | Český úřad zeměměřičský a katastrální |
| ČZU | Česká zemědělská univerzita v Praze |
| DOC | dieselový oxidační katalyzátor |
| DPF | filtr pevných částic |
| DTN4 | dvoububnový lanový naviják |
| EDR | technologie zvýšené rychlosti přenosu bluetooth signálu |
| EEC | European Economic Community – Evropské hospodářské společenství |
| EEG | elektroencelelograf |
| EMG | elektromyograf |
| EU | Evropská unie |
| G.m.b.H. | Gesellschaft mit beschränkter Haftung – společnost s ručením omezeným |
| ha | hektar |
| HP | jednotka koňské síly |
| HS | hospodářský soubor |
| Hz | Herz – jednotka frekvence |

| | |
|---------|---|
| ICHS | ischemická choroba srdeční |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| JCB | Joseph Cyrol Bamfort – výrobce stavebně dopravních strojů |
| JMP | jednomužná motorová pila |
| kg | kilogram |
| KON | typ elektrického lanového navijáku |
| kN | kilonewton |
| kp | kilopond – starší jednotka síly |
| kPa | kilopascal |
| k.ú. | katastrální území |
| kW | kilowatt |
| LED | light emitting diode – svítivá dioda |
| LH | lesní hospodářství |
| LHP | lesní hospodářský plán |
| LKT | lesní kolový traktor |
| LV | list vlastnictví |
| LVS | lesní vegetační stupeň |
| m | metr |
| mm | milimetr |
| mV | milivolt |
| μ V | mikrovolt |
| MZe | Ministerstvo zemědělství České republiky |
| NSR | Německá spolková republika |
| NzP | nemoc z povolání |
| NZM | Národní zemědělské muzeum v Praze |
| obj. | objektivně |
| OM | odvozní místo |
| OPRL | oblastní plány rozvoje lesů |
| OSN | Organizace spojených národů |
| P | pařez |
| PLO | přírodní lesní oblast |



| | |
|--------|---|
| PVSL | proudové výcvikové středisko letectva |
| RVS | rampovací vzpěry |
| s. | sekunda |
| Sb. | sbírka zákonů |
| sk. | skupina |
| SLKT | speciální kolový traktor |
| SRC | selektivní katalytická reakce |
| s.r.o. | společnost s ručením omezeným |
| subj. | subjektivně |
| ŠLP | Školní lesní podnik ČZU |
| t | tuna |
| tj. | to je |
| TNP | typ elektrického lanového navijáku |
| ÚHUL | Ústav pro hospodářskou úpravu lesa |
| UKT | univerzální kolový traktor |
| UNRRA | Správa Spojených národů pro pomoc a obnovu |
| UŘ | unifikovaná řada |
| USA | Spojené státy americké |
| USB | universal seriál bus – universální sériová sběrnice |
| ÚSO | úplné střední odborné vzdělání |
| v.č. | výrobní číslo |
| VM | vývozní místo |
| VS | výzkumná stanice |
| VT | vyvážecí traktor |
| www | webové stránky |
| xls | soubor tabulkového editoru |
| xlsx. | soubor tabulkového editoru novější generace |
| z. | zákon |
| Ø | průměr |

1 ÚVOD

Výroba surového dříví je tvořena výrobními fázemi: těžba dříví, soustředování dříví, odvoz dříví a výroba sortimentů. Fáze soustředování dříví zahrnuje řadu pracovních operací mezi lokalitou pařez a odvozní místo.

Těžba a doprava dříví procházela několika výraznými vývojovými etapami: od těžby ručním náradím a přibližování i odvozu dříví koňskými potahy v poválečném období přes motomanuální kácení motorovou pilou, odvětvení sekerou, přibližování dříví potahy a odvoz traktory v 50. letech, motomanuální kácení a odvětvení motorovou pilou, soustředování dříví univerzálními traktory (UKT) a odvoz nákladními automobily s nakládacími navijáky v 60. letech, motomanuální kácení a odvětvení motorovou pilou, soustředování speciálními lesními kolovými traktory (SLKT) a odvoz nákladními automobily s hydraulickými manipulátory v 70. letech až po těžební stroje v 80. letech (Rónay, 1982; Williams, 2000; Simanov, 2015).

V České republice jsou v současné době traktory nejčastěji používaným prostředkem k soustředování dřeva ve všech oblastech. Vývoj traktorů, jejich konstrukce, možnosti a vybavení různými adaptéry umožňují pracovat i v náročnějších a složitějších lesních lokalitách. Používány jsou většinou univerzální a speciální traktory (Celjak, 2000).

Soustředování dříví bylo a stále je fyzicky velmi náročnou činností charakterizovanou řadou rizikových faktorů od běžných překážek v lesním terénu přes terénní nerovnosti, podmáčený terén, zbytky nehroubí, klestu, pařezy schované pod klestem, nestabilně ležící výřezy dříví až po samovolný pohyb dříví po svahu. Rovněž manipulace a ovládání se soustředovací mechanizací má svá rizika při zacházení s ocelovými lany, řetězovými úvazky, ovládání navijáku až po užití směrové kladky. Možná a známá rizika nelze eliminovat, při dodržení bezpečnostních předpisů je lze úspěšně minimalizovat.

Na psychiku operátora univerzálního kolového traktoru je působeno řadou vnějších výše zmíněných faktorů. Velmi důležité jsou také vlivy fyzické. Kromě samotného zdravotního stavu a psychického naladění operátora má značný vliv rovněž charakter jeho pracoviště, optimálně konstruované a nastavitelné sedadlo a dobrá ergonomie ovládacích prvků stroje. Jednostranně jsou tak kromě šijových svalů namáhány především svaly předloktí obou horních končetin, zápěstí a prsty, obsluhující celou řadu ovládacích tlačítek a oblast bederní části páteře včetně svalových partií i vyšších řádů v této oblasti zad.

U operátora zajišťujícího soustředování dříví z porostu na odvozní místo bude sledováno stresové zatížení a náročnost jednotlivých operací fáze soustředování. Intenzita stresového zatížení při jednotlivých sledovaných operacích bude vzájemně porovnávána a bude vyhodnoceno, která z operací je pro operátora nejnáročnější a jak se stresové zatížení mění v průběhu pracovního týdne.

Práce je zaměřena na monitorování pracovního zatížení operátora univerzálního kolového traktoru v průběhu pracovní směny. Sledována a analyzována bude pracovní zátěž operátora s ohledem na zatížení při jednotlivých pracovních operacích ve fázi soustředování, zejména při operacích vjezd do porostu, vyklizování (sestavení nákladu) a přibližování (vyvážení) na odvozní místo včetně navalování a začelování dříví na odvozním místě.

2 CÍL PRÁCE

Operátor těžebně dopravního zařízení zajišťujícího soustředování dříví z porostu na odvozní místo je soustavně vystavován stresové zatížení v celé fázi soustředování dříví.

Je předpokládáno variabilní stresové zatížení při jednotlivých operacích výrobní fáze soustředování.

Cílem práce je experimentální potvrzení hypotézy předpokládající jak vysoké stresové zatížení, tak rozdílnost tohoto zatížení při jednotlivých operacích probíhajících kontinuálně ve fázi soustředování dříví ve sledu operací vjezd do porostu – sestavování nákladu – přibližování sestaveného nákladu na odvozní místo, a to více než o 20%.

Cílem práce je, na základě terénního experimentu, posoudit úroveň stresu v jednotlivých úsecích pracovní operace v závislosti na průběhu pracovní směny a pracovního týdne, kdy je předpokládán lineární až exponenciální charakter průběhu nárůstu zátěže.

Cílem práce je také zhodnotit získané údaje s ohledem na bezpečnost a ochranu zdraví při práci a také na vliv vybrané těžebně-dopravní metody na životní prostředí.

Experimentální ověřování bude realizováno sledováním dlouhodobě zatěžovaných stejných svalových skupin – monitorováním reakcí svalu musculus extensor carpi radialis brevis operátora univerzálního kolového traktoru s připojeným neseným lanovým navijákem s rizikem vzniku zdravotního postižení, se zřetelem na spojení témat, k nimž patří bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci, pracovní stres a zátěž.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této části je popsána technologie univerzálních kolových traktorů v lesním hospodářství a nástaveb na univerzální kolové traktory pro lesnické využití při výrobě surového dříví, zejména ve fázi soustřeďování. Dále je uvedeno, využití kombinace UKT a neseného navijáku v praxi. Dále jsou popsány pracovní a ergonomické podmínky operátora těžebně dopravního zařízení a pracovním stresem.

3.1 Kolové traktory

3.1.1 Historický vývoj traktorů

Vývoj traktorů souvisí s vývojem spalovacích motorů po roce 1870. U traktorů byly zavedeny po roce 1920 (benzínové a na petrolej), do té doby parní stroje s kovovými koly (pouze na pole), ale již měly vývodový hřídel pro pohon nářadí. V 30. letech 20. století je použito vznětového motoru, pneumatik (již na cestách v dopravě) a třibodového závěsu pro ovládání nářadí hydraulikou. V 40. letech se zavedeno použití vzduchových brzd pro přívěsy, v 50. letech je dále zvyšován výkon motorů a je použito řazení pod zatížením. V 60. letech přicházelo dalšímu zvyšování výkonů motorů, je přidáván pohon přední nápravy a radiální pneumatiky, důraz je kladen již i na ergonomii a bezpečnost. V 70. letech je použito motorů s přeplňováním a mezichladiči, poptávány byly požadavky na montáž předního třibodového závěsu a vývodového hřídele i v předu např. Zetor Horal 7245. V 80. letech je navyšována pojezdová rychlost, odpružení kabiny, klimatizace a je instalováno více elektroniky. Důraz je kladen i na komfortní prostředí operátora – např. montáží automatické klimatizace. V 90. letech je jako nedílné součásti řídicích procesů nasazována řada palubních počítačů (Dolan, 2018). Velký důraz je kladen i na emise výfukových plynů, snižování spotřeby paliva a vysoké výkony motorů. Součástí traktorů jsou filtry pevných částic a motory musí splňovat přísné emisní euro normy. Aktuálně je platná emisní norma EU 6.2.

3.1.2 Vývoj traktorů v Čechách

První zmínka o vývoji traktorů v Čechách pochází z května 1851, kdy p. Bauer předvedl samojízdné parní pluhu v Židlochovicích u Brna. Před 1. světovou válkou byly vyráběny motorové pluhu a traktory továrny Laurin & Klement a Praga. Po 1. světové válce jsou to již motorové pluhu s možností pohonu mlátičky. Ve 20. letech byl uskutečněn dovoz amerických traktorů Fordson a John Deere. V roce 1926 byl zkonstruován první Český traktor Škoda Plzeň značky HT 30 (30 HP – obrázek č. 1) (Dolan, 2018).



Obrázek č. 1: Traktor Škoda HT 30 (NZM, 2017)

Na konci 20. let jsou vyráběny Českomoravskou Kolben a Daněk traktory Praga AT 25, Wichterle a Kovařík v Prostějově traktor Wikov 22 a 32 na petrolej a Wikov diesel 22–35. Koncem 30. let a počátkem 40. let je v Plzni vyráběn univerzální kolový traktor Škoda 30 (nejrozšířenější po 2. světové válce). Po 2. světové válce jsou v rámci akce UNRRA dováženy z USA traktory John Deere, Farmell, Massey – Ferris a Ferguson.

První prototyp traktoru Františka Musila (v soutěži porazil Škodu) byl vyroben již v roce 1945, sériová výroba traktorů model „Zetor 25“ (o názvu se vedou diskuse) byla zahájena roku 1946 ve Zbrojovce Brno (dvoulitrový dvouválec o výkonu 26 HP při 1 800 ot.min⁻¹),

v roce 1948 byla zahájena výroba Zetoru 15 s jednoválcovým motorem o výkonu 15 HP se šestistupňovou převodovkou (vyrobena 2 215 ks), (viz obrázek č. 2) (Dolan, 2018).



Obrázek č. 2: Traktor Zetor 15 (Zetor, 2009)

Od roku 1951 byly v nové továrně v Brně Líšni vyráběny traktory Zetor 25 A 25 K (viz obrázek č. 3). Do roku 1962 bylo vyrobeno více než 158 000 ks, z toho 100 000 na vývoz.



Obrázek č. 3: Zetor 25 K (Zetor, 2009)

V roce 1949 byl zkonstruován prototyp Zetor 30, základ pro Zetor 35 z roku 1955 (čtyřválec o výkonu 42 HP se čtyřstupňovou převodovkou, vyrobeno bylo celkem 21 500 ks) a v modernizovaném provedení pak Zetor 50 vyráběný až do roku 1968.

Unifikovaná řada UŘ I (jako první na světě) byla uvedena v roce 1957 s typy 2011, 3011 a 4011 s dvou, tří, a čtyřválcovými motory. Jednotlivé komponenty měly vysoce unifikovanou řadu dílů, vyráběny byly modifikace pro vinice, modely s přední poháněnou nápravou, polopásové provedení a pro horské oblasti. Až do roku 1967 bylo vyrobeno více než 200 000 ks. První modernizace unifikované řady 1 byla realizována v letech 1968–1969, v roce 1972 druhá, třetí v letech 1977–1978 s typy 4911, 5911 a 6911 (i v provedení s pohonem přední nápravy, polopásové, kloubové nebo úzké pro vinice), čtvrtá modernizace byla započata v letech 1980–1981 s typy 5011, 6011 a 7011. Jejím znakem byl mimo jiné nový moderní design. Pátá modernizace byla zavedena v roce 1984 s typy 5211, 6211 a 7211, v roce 1986 přibýly typy 7711 a 7745 (s maximální rychlostí 35 km.h⁻¹) (Dolan, 2018).

Unifikovaná řada UŘ II byla uváděna do výroby od roku 1962 ve vývojovém středisku Zetor a Ursus pro vyšší výkony 80 - 160 HP (první na světě s bezpečnostní uzavřenou kabinou na silentblocích, s hlukem pod 85 dB byl světový rekord). V roce 1968 byla zahájena výroba typů 8011, 10011 Crystal, 1975 šestiválce 12011 i 12045. Rok 1979 byl rekordním co do počtu vyrobených kusů - 32 670. V roce 1980 byl vyroben nejsilnější model 16045 Crystal Turbo. V 80. letech byla výroba přesunuta do ZTS Martin a dvakrát modernizována. V roce 1983 bylo na severoamerický trh dodáno 25 000 ks.

Unifikovaná řada UŘ III začala být sériově vyráběna od roku 1992 s typy 7520, 7540, 8520, 8540, 9520, 9540, 10540 s výkonem 82 – 103 HP, 60,2 - 75,7 kW. V roce 1998 prošla modernizace traktorů na modely Forterra 8621, 8641, 9621, 9641, 10641 a 11641, a v roce 2002 další modernizace na modely 8641, 9641, 10641 a 11441. Od roku 2004 byly vyráběny modely Proxima o výkonu 65-96 HP, 47,6 - 70,3 kW, v roce 2007 Forterra se čtyřválcovým motorem 96 - 136 HP (viz obrázek č. 4), 70,3 - 100,2 kW, v roce 2009 Maxterra výkonostní kategorie 130 až 170 HP, 90,6 - 125 kW a od roku 2013 Major 60 a 80 o výkonu 61,5 a 75,3 HP, 45 a 55,4 kW. Na výstavě Agritechnica v Hannoveru 2015 byla prezentována ve spolupráci se studiem Pininfarina nová studie Zetor - Pininfarina pro

modelovou řadu Major a šestiválcový Crystal 144 nebo 163 HP, 106,1 - 120,1 kW. V tomto roce Zetor vyrobil a dodal celkem přes 1 300 000 kusů traktorů (Dolan, 2018).



Obrázek č. 4: Zetor Forterra (Zetor, 2019)

V roce 2017 byli modely Proxima, Proxima Plus a Proxima Power, přejmenovány na Proxima CL, Proxima GP a Proxima HS, byla dosažena emisní norma Stage IV - kombinací technologií DOC katalyzátoru, aktivního DPF filtru a systému SCR. Model Major HS byl představen ve Velké Británii na výstavě LAMMA 17, motor je čtyřválec TCD 2.9 L4 od společnosti Deutz AG 55 kW (75 HP), převodovka má 24 rychlostí vpřed a 12 rychlostí vzad, maximální rychlost 40 km.h⁻¹ (o 10 vyšší oproti základnímu modelu CL). Hydraulika traktoru je konstruována s mechanickou regulací, zvedací síla dosahuje až 33 kN s plynulou regulací spouštění a s možností uzamknutí v transportní poloze. Traktor je vybaven polohovatelným sloupkem řízení, novou přístrojovou deskou a pohodlnějším sedadlem s horizontálním natáčením, dále sedadlem pro spolujezdce a větším počtem úložných prostor (Dolan, 2018).

3.1.3 Světoví výrobci traktorů

Světová zemědělská společnost AGCO založená v roce 1990, zahrnuje značky Deutz, Hesston, Massey, Fendt, Caterpillar, Valtra, Sisu, Belarus. Od roku 1946 je AGCO největším výrobcem traktorů - přes 3,5 milionu kusů. Dalšími světovými výrobci jsou společnost Case založená roku 1842, kde byl v roce 1910 vyroben první traktor a je druhým největším výrobcem traktorů. Traktory značky Fendt byly vyráběny od roku 1928 jsou nejvíce používány v Německu. Společnost je od roku 1997 začleněna do společnosti AGCO. Společnost Ferguson byla založena roku 1884, jako první v roce 1960 začala používat třibodový závěs a hydrauliku na nesená zařízení. Společnosti Ford a Ferguson v roce 1985 koupili společnost New Holland. Společnost JCB – Joseph Cyril Bamfort založená roku 1945 vyráběla jako první sklápěcí přívěs a radlice na hydraulické rameno. Společnost John Deere založená již roku 1825 jako první vyráběla pluhy, od roku 1915 také traktory a dnes je nejprodávanější značkou traktorů ve světě. Dokonce i taková značka jako Lamborghini vyráběla od roku 1949 traktory, dříve než auta (Dolan, 2018).

3.1.4 Volba traktoru

Správná volba výběru traktoru závisí na velikosti podniku a jeho výrobním zaměření, velikosti a přístupnosti pozemků, velikosti využití (odpracované hodiny za rok), pořizovací ceně a předpokládané době používání, dále na agregaci (vhodnost nářadí a strojů) a v neposlední řadě na kvalitě a dostupnosti jak traktoru, tak i příslušenství a náhradních dílů.

3.2 Mechanizované soustředování dříví

Traktory používané v 50. letech pro soustředování dříví jsou považovány za legendu. Lanz-Bulldog 25 PS (Heinrich Lanz AG, Mannheim, NSR) byl pomaloběžný jednoválec se žárovou hlavou a obrovským vnějším setrvačником. Motor byl vlivem časování předvstříku náchylný ke zpětnému chodu a při jízdě do kopce někdy přetížený motor nepřekonal horní úvrať a roztočil se pozpátku. Zvláštní bylo i startování. Žárovou hlavu bylo nejprve nutné nahřát „letlampou“ a pak motor startovat pomocí setrvačnicku

roztáčeného nasazeným volantem. Jakmile motor naskočil, musel se volant ihned odejmout (v chodu se pak traktor udržoval teplem akumulovaným v zapalovací komůrce). Brzdy měl traktor instalovány jen na zadních kolech, což bylo znát při sjezdu delších svahů. Na setrvačník bylo možné nasadit plochý řemen, a pak traktor sloužil jako pohonný stroj – tehdy nejčastěji při pohonu mlátičky. Traktor byl mimořádně oblíbený, a to i proto, že byl schopen provozu i na vyjetý motorový olej, což byla po válce velká výhoda (Simanov, 2015).

Německé produkce byly i jednoválcové traktory Deutz F1M314 s obsahem 1 100 cm³, výkonem 11 k a s třístupňovou převodovkou. Tyto traktory byly vyráběny od roku 1936 a za války byl výrobní závod Klöckner – Humboldt – Deutz AG, Köln, zcela zničen.

V období poválečné obnovy bylo nereálné vyvíjet speciální lesní traktor, proto se lesní hospodářství orientovalo na traktory zemědělské (Gröger, 2002). Krátkodobě se po válce věnovaly výrobě traktorů i jiné firmy než Zbrojovka Brno, např. Škoda Praha, Libeň a ČKD. Až od počátku 50. let byly kolové zemědělské traktory Škoda 30 vybavovány navijákem shodného typového označení (S-30) a jednoduchou padací horskou vzpěrou, která byla aktivována couvnutím na spuštěnou vzpěru. Použití navijáků s vyšší tažnou silou než hmotnost traktoru přineslo totiž dosud nevídaný jev, že bylo možné nejen přitáhnout náklad k traktoru, ale i zabrzděný traktor k nákladu. Pro traktory Škoda byla dokonce nabízena kombinace horské vzpěry a šupky, která při jízdě vpřed fungovala jako šupka, a při couvnutí se výkyvné zuby tvořící zadní hranu šupky zaryly do půdy a působily jako horská vzpěra. U pásových traktorů Zetor byl používán naviják T-65 (Matyáš, 1962).

V té době byl v lesním hospodářství s výbornými výsledky ověřen i traktor Zetor 35 County odvozený od pásového traktoru Zetor 35P. Byl poháněn všech čtyř stejně velkých kol a řízení jako pásový traktor – obrázek č. 5. V důsledku zastavení výroby pásových traktorů Zetor 35P se však nedostal do výroby, přestože se jednalo o velmi nadějný předchůdce speciálního lesního kolového traktoru (Simanov, 2015).

Počátkem 60. let byl v PVSL Chrudim zaveden do výroby naviják TNP s kladkovým řadičem lana (většina dřívějších navijáků měla řadič šroubový) pro kolové traktory Zetor 50 Super a současně byly traktory vybavovány rampovacími vzpěrami RVS. U Zetoru 50 Super byl naviják připojen na zadní části převodovky a poháněn byl vývodovým hřídelem. Lano se používalo o průměru 12,5 mm, tažná síla navijáku byla od 3,1 do 3,9 t a střední

rychlost navíjení byla 1 m/s. Protože síla potřebná na vytažení lana z bubnu byla cca 10 kp, bylo běžné, že traktorista vytahoval lano z bubnu a závozník jej pak zatahoval až do porostu. Spojením dostatečně robustního a spolehlivého traktoru Zetor 50 Super s navijákem TNP a rampovací vzpěrou vznikla kompletace, která sehrála rozhodující úlohu v mechanizaci soustředování dříví, prokázala použitelnost zemědělských kolových traktorů v lesnictví, a kterou je možné vidět u soukromníků ještě dnes (Petříček, 1984).



Obrázek č.5: Traktor Zetor 35 Country (Dašek na www.youtube.com, 2017)

Jako naviják TNK byla označována modifikace navijáku pro Zetor 6945, používaná jako pohonný agregát lanových systémů Lanor 1 a Lanor 3 (Horek, 1980).

Od roku 1968 byl dodáván Zetor 5511 (s nehnanou přední nápravou a hmotností necelých 4 000 kg) a Zetor 5545 (s hnanou i přední nápravou, jejíž náhon bylo možné zapínat a vypínat i za jízdy) s posilovačem řízení, navijákem TNP, ochranným rámem, ochrannou vanou, čelním rampovačem (jako první typ s rampovačem ČR 10) a rampovací vzpěrou RVS. Lano navijáku už bylo vybaveno pro sběrný způsob vyklizování koncovkou s okem a navlečenými šesti kluzáky. Rampovací vzpěry umožňovaly při couvání i začelení

skládky a nahrnování výřezů na skládku do výšky (při couvání a současném zdvihání vzpěry), ale tyto operace byly pomalé a pro traktoristu značně nepohodlné. U těchto typů traktorů se již nepočítalo se závozníkem. Buď měl traktoristovi v komplexní četě pomáhat dřevorubec (jako zapínač), nebo se uvažovalo s jednočlennou posádkou a dálkovým ovládním navijáku (Dressler, 1974).

S vývojem hydraulických systémů byly koncem 60. let objeveny čelní rampovače ČR 10, se zdvihem 1 560 mm, montované do čepů v přední části spodní ochranné vany traktoru. Na tento typ navazovaly další, včetně rampovačů – nakladačů, které měly ještě horní přidržovací rameno („palec“). Zatížení přední nápravy rampovačem vyrovnávalo nepříznivý poměr dosavadního zatížení náprav, kdy zadní náprava byla přetížena navijákem a nákladem, ale přední náprava byla nedotížená nebo zatěžována balastním závažím kol, obdobně jako u zemědělských traktorů. Zvýšené zatížení obou náprav ale vedlo k praskání monobloku (motor-převodovka), neboť Zetory měly bezrámovou konstrukci a se střídavým zatížením náprav při náročné jízdě terénem se monoblok nedokázal vyrovnat. Následným řešením bylo stažení monobloku svorníky, které u prvních provedení vedly přes kabinu a komplikovaly její užívání. Další typy už vedly pod podlahou kabiny a posádku nijak neomezovaly (Dressler, 1974).

V roce 1970 byla zahájena pro naviják TNP výroba kabelového dálkového ovládní navijáku KON (ovládací skříňka měla jen dvě tlačítka Provoz a Stop, ovládající prostřednictvím elektromagnetických ventilů dva pneumatické válce, vracené do základní polohy pružinami) a v roce 1971 i výroba rádiového dálkového ovládní povelovými radiostanicemi WAW 010, Javor, Lesana a koncem 80. let Lesana 2. Rádiové ovládní umožnilo vyloučit ze soustředování dříví závozníka. Řidič zabrzdil traktor, odbrzdil naviják, vytáhl lano k výřezu a poté vyklizoval výřez navíjením lana, přičemž výřez doprovázel. V případě potřeby navíjení zastavil a pomocí směrové kladky upravil směr vyklizování (Dressler, 1974).



Obrázek č.6: Traktor Valtra N92 při navalování dříví na ŠLP ČZU (autor)

Od roku 1973 byl v PVSL Chrudim kompletován Zetor druhé modernizace 6718 (s hmotností 4 650 kg) a od roku 1976 typ Zetor 6748, oba se vznětovým čtyřdobým čtyřválcovým motorem s objemem 3 456 cm³ a výkonem 58 k, s dvoumístnou vytápěnou kabinou a alternativně s povelovou radiostanicí WAW 010. Kompletovány byly i výkonnější typy druhé unifikované řady Zetor 8011 (bez pohonu přední nápravy) a 8045 (s pohonem přední nápravy zapínaným hydraulicky ovládanou lamelovou spojkou), a to i s rádiovým ovládním navijáku či čelním nakladačem (Dressler, 1974).

Do roku 1981 včetně byla dodávána kompletace s jednobubnovým navijákem TUN 40 a od roku 1982 byl alternativně dodáván i dvou-bubnový naviják DTN4, doplňovaný na přání věžičkou pro adaptaci na krátký lanový systém. Od roku 1989 byla dodávána i kompletace na traktoru Zetor 7245 H (Horal) – správné označení mělo být Z 7247, s příznivější příčnou stabilitou a menším tlakem na půdu díky většímu rozchodu kol a širším pneumatikám (Simanov, 2004).

Tažná síla jednobubnového navijáku byla ve výchovných a selektivních těžbách zbytečně vysoká a sváděla traktoristu k vytváření velkých svazků dříví, kterými poškozoval stojící stromy. Dvoububnové navijáky ovládané rádiem umožňovaly

integrované kácení a vyklizování celých stromů pro další zpracování procesorem. Dvoučlenná posádka traktoru zastaničila traktor na lince, a zatímco jeden člen posádky šel kácet stromy před traktor vpravo, šel druhý člen za traktor vlevo, aby se vzájemně neohrožovali (Simanov, 2004).

Úprava zemědělského traktoru pro soustředování dříví má dvě úrovně: profesionální kompletací se traktor stává jednoúčelovým strojem, zatímco farmářská výbava je jednoduché, rychle smontovatelné a demontovatelné vybavení zemědělského traktoru navijákem na tříbodovém závěsu hydrauliky, a traktor tak není blokován pro jiné využití. Naviják tvoří zpravidla celek s přibližovacím štítem a ochrannou sítí. Zatížitelnost zadní nápravy nákladem je o 30 % nižší oproti profesionální kompletaci a výkonnost UKT s farmářskou výbavou je tak ve srovnatelných podmínkách výrazně nižší (Simanov, 2004).

Rostoucí počet traktorů v zemědělství nevyužívaných v zimním období vedl před rokem 1990 k vývoji farmářské technologie soustředování dříví. Tato technologie, v zahraničí běžná, vychází z vybavení zemědělského traktoru navijákem, který je nesen na tříbodovém závěsu hydrauliky a je rychle vyměnitelný za jiný adaptér. Po dovozu inspiračních vzorků navijáků, např. Farmi JL 450 (Orion Corporation Ltd., Pel-tosalmi, Finsko), vznikla u nás řada vlastních konstrukcí navijáků, které však nedoznaly většího rozšíření, protože v tehdejších zemědělských podnicích ještě chyběla motivace k sezónnímu nasazení zemědělských traktorů do soustředování dříví. V souvislosti s vlastnickými změnami po roce 1990 se situace změnila a navijáky se začaly na trhu uplatňovat. Týkalo se to zejména cenově dostupných navijáků ze Strojírny Velká Štáhle a Agrometallu s.r.o., Chrudim. Technicky dokonalý Golem z VS Křtiny zůstal stranou zájmu pro svoji vyšší cenu (Simanov, 2015).

Školní lesní podnik České zemědělské univerzity v Praze používá k soustředování dříví na svých lesních pozemcích mimo jiné traktor Valtra N92 v kombinaci s čelním rampovačem a neseným dvoububnovým navijákem německé výroby Schlang a Reichart S+V DW 162 (obrázky č. 6 – 8).



Obrázek č. 7: Traktor Valtra N92 s rampovačem a neseným navijákem (autor)

3.2.1 Dvoububnový naviják Schlang & Reichart typ DW 612

Naviják Schlang & Reichart typ DW 612 je neseným zařízením pro soustřeďování dříví. Upínán je na tříbodový závěs UKT jako přídavné nesené zařízení. Aretace ve vodorovné rovině je zajištěna stavitelným třetím bodem nosného zařízení, které může pomocí vnitřního hydraulického okruhu traktoru měnit svoji výšku nad terénem. Vlastní rotační pohyb navijecího zařízení je zajišťován od motoru UKT zadním vývodovým hřídelem spojeným pomocí dvoukloubového náhonu s hřídelem navijáku. Dvoububnový naviják je na každém laně opatřen unašeči (saněmi) pro upevnění až čtyř řetězových úvazků. Naviják je vybaven dálkovým radiovým ovládním silového navíjení i volnoběžného odvíjení obou lan, a to nezávisle a je vybaven integrovanou lanovou brzdou.

Síla trakce se v závislosti na poloze lan pohybuje v rozmezí 45 kN až 61 kN a je doporučen pro pohonné jednotky o hmotnosti nad 4500 kg s výkonem alespoň 75 kW a pohonem všech kol. Aby byl zajištěn bezpečný a efektivní provoz vzadu, měly by být traktory zatíženy přídatnými předními závažími, aby se zlepšilo rozložení zatížení na nápravu nebo bývá častěji kombinován s čelním rampovačem, který zajistí posun těžiště

dopředu a tím rovnoměrné zatížení obou náprav. Vzhledem k relativně nízké projekci navijáků je manévrovatelnost jen stěží ovlivněna. Připojení navijáků lze provést také pomocí rychloupínače. Ocelová stejnosměrně pletená lana mají průměr 11 mm.



Obrázek č. 8: Lanový dvojbubnový naviják Schlang & Reichart DW 162 (autor)

3.3 Pracovní polohy

Pracovní polohy jsou rozlišovány na základní, v níž je vykonávána práce při hlavní činnosti a vedlejší (např. při seřizování stoje a jeho čištění), přičemž pracovní poloha vždy úzce souvisí s pracovními pohyby a s fyzickou náročností pracovních úkonů a operací (Bek, 1998).

Pracovní polohy v práci traktoristů lze rozlišit na polohy zaujímané v traktoru, zejména při jeho řízení (obrázek č. 9), a mimo něj, které kopírují různorodost činností vykonávaných traktoristy v rámci jejich pracovní náplně. Vzhledem k množství těchto

aktivit je nutné se zaměřit na ty z nich, které pro pracovníky představují největší riziko (Bek, 1998).



Obrázek č. 9: Pracovní poloha v sedě za volantem traktoru při navalování (autor)

3.3.1 Pracovní poloha v traktoru

Dominující pracovní poloha v traktoru je sezení při jeho řízení. Vyskytují se však i situace, kdy řidič manipuluje uvnitř kabiny s ovládacími prvky zejména s pákami ovládání hydrauliky neseného nářadí, které jsou umístěny obvykle vpravo šikmo za sedačkou řidiče (obrázek č. 10) nebo s ovládáním vývodového hřídele, které je umístěno přesně před sedačkou řidiče – tedy především ovládání připojených adaptérů při pracovní činnosti a také je do pracovních poloh v traktoru možno zařadit ty, které traktorista zaujímá během vystupování a nastupování do stroje.



Obrázek č. 10: Pracovní poloha v sedě za volantem traktoru při ovládání zadního závěsu (autor)

3.3.2 Pracovní polohy mimo traktor

Pracovní polohy mimo traktor se svojí různorodostí zásadně odlišují od pracovních poloh v traktoru. Podstatnou část pohybů je vykonávána jak při sestavování nákladu v porostu (obrázek č. 11), tak i při jeho uvolňování na odvozním místě (obrázek č. 12). Jde zejména o kombinaci chůze, shybů, ohybů celého těla, pohybů horních končetin vytahování lana z navijáku, při uvazování sortimentů a při ovládání radiové stanice. Opatrnosti a bezpečnosti je třeba dbát při všech pohybech. Zvýšené pozornosti je pak třeba dbát zejména při rotačních pohybech těla i jeho částí.

Všechny tyto nucené pohyby stresově zatěžují organismus. Zejména sestavování nákladu je fyzicky i psychicky zatěžující i při dostatečných zkušenostech a správných pracovních návycích.



Obrázek č. 11: Pracovní poloha při sestavování nákladu – příprava úvazku (autor)



Obrázek č. 12: Pracovní poloha při rozpojování nákladu – demontáž úvazku (autor)

3.3.3 Zásady správného sezení

Obecné zásady správného sezení v kanceláři nebo doma zůstávají v platnosti i při sezení v automobilu. Dokonce by se měly dodržovat tím spíše, že na rozdíl od kanceláře nebo domova řízení auta nedovoluje výraznější změny polohy, často po delší dobu bez přerušení“. Doporučuje se prověřit polohu těla při řízení posadit se zpříma, s pocitem hlavy tažené nahoru a brady tlačené směrem dozadu., nedržet volant příliš pevně a nezvedat ramena (Howard, 2009).

Neposkytuje-li opěradlo přiměřenou oporu bederní páteře, je vhodné použít polštář nebo některou ze speciálně vyráběných podpěrek. Na obrázku č. 13 je zachyceno využití externí bederní opěrky.

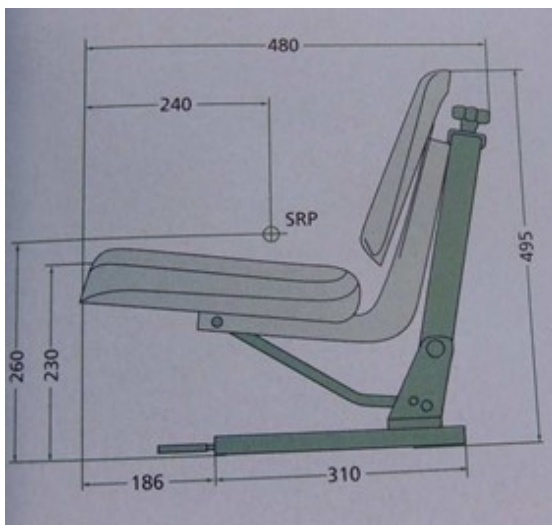


Obrázek č. 13: Podepření oblasti bederní páteře (www.pracuj-zdrave.cz, 2016)

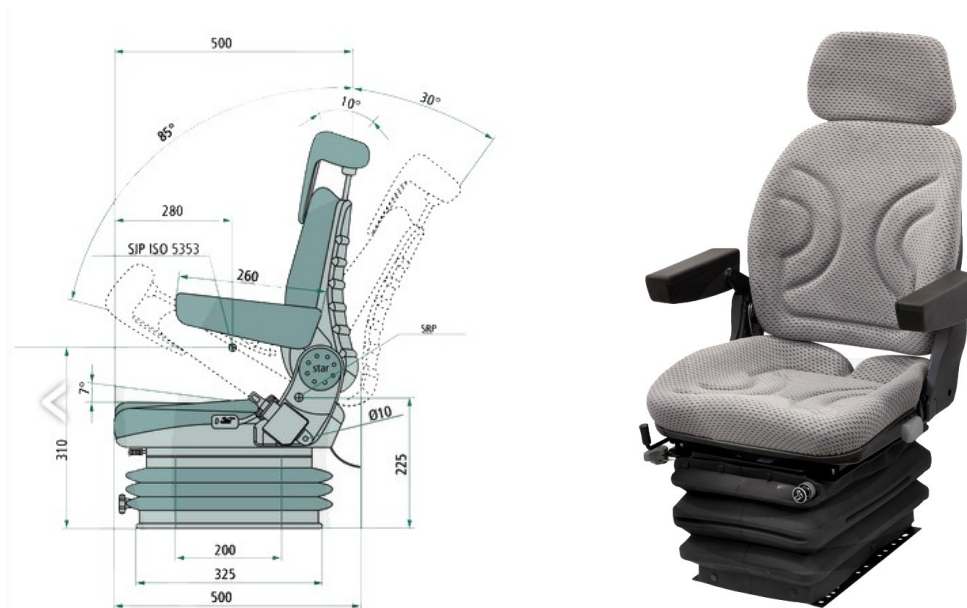
3.3.4 Sedadlo

Sedadlo by mělo být pevné a poskytovat oporu zejména bedernímu úseku páteře. Mělo by být nastaveno tak, aby umožnilo vzpřímený posed s uvolněným držením paží bez napětí svalů. Nohy se mají pohodlně opírat a musí být umožněno sešlápnutí pedálů bez nadměrného natahování (Howard, 2009).

Rozdílnost sedadel do traktorů dostupných na trhu je značná. Zákazník si může zvolit mezi sedadly poskytující základní komfort, jako je například sedadlo Granit, uvedené na obrázku č. 14, které poskytuje odpružení a umožňuje regulaci pérování a mezi sedadly s vyspělými technologiemi, jako je např. sedadlo Granit super comfort, zachycené na obrázku č. 15. Toto sedadlo nabízí, mimo jiné, nízkofrekvenční, vysokofrekvenční a postranní odpružení, čímž je redukováno horizontální i vertikální kmitání kabiny, nespočet možností nastavení sklonu, hloubky a výšky sedadla, ale také vnitřní klimatizaci která odvádí tělesnou vlhkost, větrá, chladí nebo topí.



Obrázek č. 14: Traktorová sedačka Zetor 7211 – 5401 (www.agrico-sro.cz)



Obrázek č. 15: Traktorová sedačka Granit super comfort (www.agrico-sro.cz)

Sedadla musí splňovat nároky Směrnice evropské Rady 78/764/EEC ze dne 25. července 1978 pro sjednocení pravidel členských zemí na sedadla řidičů kolových zemědělských a lesnických traktorů, která má za cíl, vedle řady dalších předpisů Evropské unie (Evropského společenství), Evropské hospodářské komise OSN a celosvětových předpisů GTR, které upravují návrh kabiny, zvýšit bezpečnost práce a omezit nepříznivé účinky působící na řidiče (Bauer a kol., 2006).

3.3.5 Správné polohy horních končetin

Při jednotlivých pracovních činnostech je poloha horních končetin různá. Musí být proto dbáno na to, aby dané pracovní úkony nebyly prováděny v nevhodné fyziologické poloze a nebyla překračována doba, po kterou lze tyto úkony provádět (Marek, 2009).

Pracovní pohyby je potřeba vykonávat v takové míře a v takovém rozsahu, aby nedocházelo k přetěžování používaných svalových skupin. Pokud se mají při práci používat obě ruce, je potřeba zajistit rovnoměrné zatížení obou končetin, například rozvržením pracovního místa tak, aby bylo možné pracovat oběma rukama současně. Středky dlaní by měly vykonávat pohyby souměrně s rovinou těla. Ruce musí být při práci

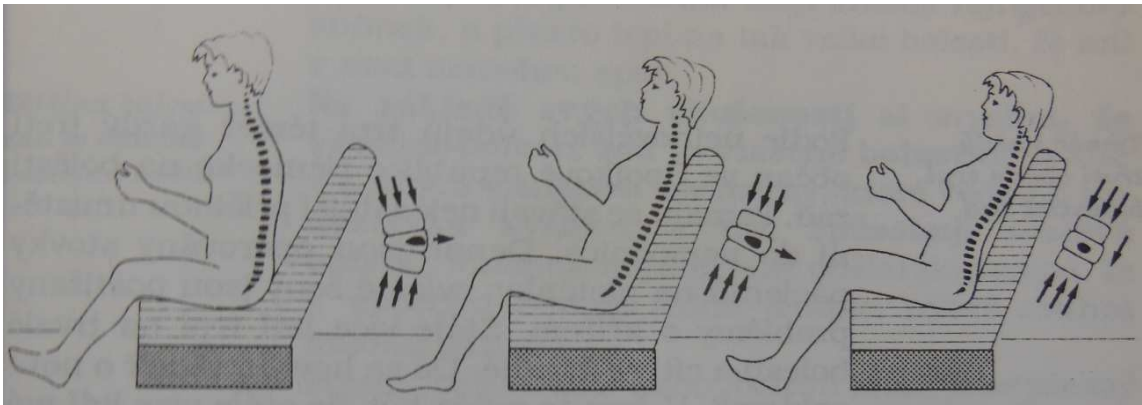
vsedě v takové výškové poloze a dosahovat do takových vzdáleností, abychom nepřetěžovali používané svalové skupiny. Při práci vsedě je optimální výška pracovní roviny nad sedákem u mužů 220 až 310 mm, u žen pak 210 až 300 mm (Marek, 2009).

Pohyby rukou nesmějí při jakékoliv pracovní činnosti překážet žádanému výkonu. Dosah končetin musí být v rozsahu optimálních fyziologických vlastností pracovníka vzhledem k funkčním prostorům pracovního místa. Při vykonávání pracovních pohybů se nesmí narážet do okolních předmětů nebo jiným způsobem zvyšovat riziko mechanického poranění. Tato skutečnost navíc odvádí pozornost pracovníka od vlastní práce. Pracovní pohyby mají být rytmické, plynulé a prováděné takovými rychlostmi, které odpovídají pohybování daných částí těla po drahách přímých, nikoliv po klikatých křivkách (neplatí vždy, že pohyby mají mít co nejkratší dráhu). Změna směru a rychlosti pohybu má být plynulá. Společná činnost více pracovníků musí probíhat tak, aby si vzájemně nepřekáželi (Marek, 2009).

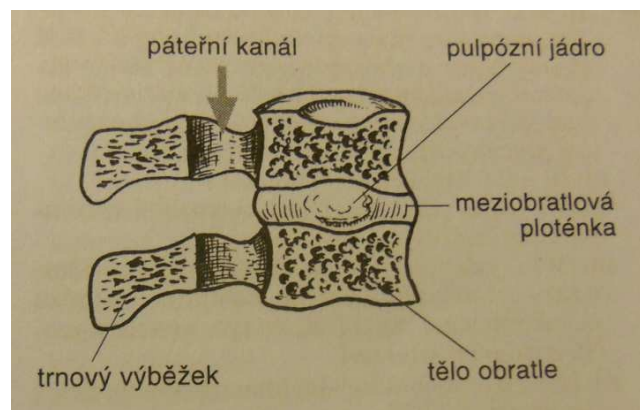
3.4 Negativní důsledky nesprávného sezení a polohy horních končetin

Kvalitní sedačka však není jedinou podmínkou snížení negativních tlaků na organismus. Neméně důležitý vliv je dán špatným držením těla během řízení, kterým může být vyvoláno poškození plotének vlivem jejich vystavení tlaku do jedné strany, jak je znázorněno na obrázku č. 16 (Mohr, 1993).

Meziobratlová ploténka je pružnou destičku z vláknité chrupavky mezi dvěma obratli páteře, která svou pružností tlumí nárazy ve vertikálním i horizontálním směru, jak je uvedeno na obrázku č. 17. Ploténka je tvořena vazivovým prstencem (anulus fibrosus), který obklopuje želatinózní pulpózní jádro (nukleus pulposus), u něhož může dojít k vyhrěznutí (prolapsu). Vyhřeznutí vzniká nejčastěji v bederní oblasti (Vokurka, 2000).



Obrázek č. 16: Vliv nesprávného sezení při řízení na poškození plotének (Mohr, 1993)



Obrázek č. 17: Meziobratlová ploténka (Vokurka, 2000)

Přestože je riziko bolestí zad způsobené jízdou v traktoru vysoké samo o sobě, je nutné zvážit i vysoké procento výskytu bolesti zad v populaci a její příčiny, které lze chápat jako predispoziční faktor k těmto obtížím (Stackeová, 2012).

Bolesti zad jsou jednou z nejčastějších zdravotních obtíží současné populace. Celosvětově jsou považovány za vážný medicínský, sociální a ekonomický problém, přičemž bývají také jedním z nejčastějších důvodů návštěvy lékaře, pracovní neschopnosti a častou příčinou hospitalizace (Stackeová, 2012).

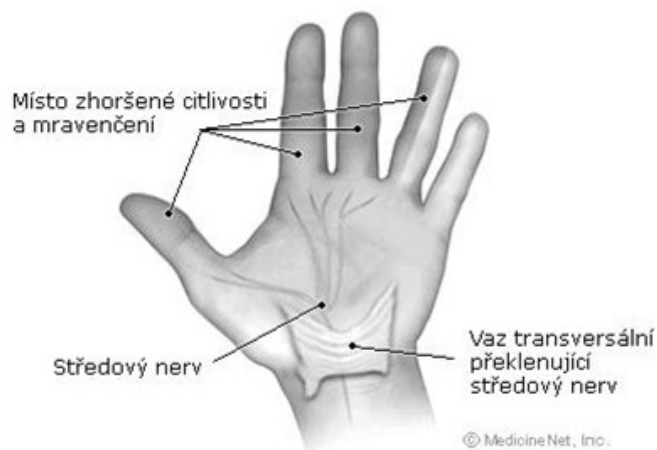
Problém s bolestí zad je masovým jevem, aspoň 90 % osob aspoň jednou trpělo bolestí zad (Novák, 2002).

Bolesti zad trápily minimálně jednou v životě 80 % populace, přičemž se bolesti lumbální oblasti zad staly nejčastější civilizací nemocí (Kempf, 2004).

Bederní oblast je nejchoulostivější úsekem páteře. Jedná se o poslední úsek, který je tvořen spojením volně pohyblivých obratlů, přičemž nese celý trup, hlavu a horní končetiny. Jedinou oporu mohou bederní páteři poskytnout břišní svaly, které tvoří tzv. svalový korzet. Pokud jsou ovšem břišní svaly ochablé, je páteř vystavena větší zátěži a riziku poškození (Tichý, 2000).

Bolest zad je často způsobena nedostatkem pohybu, jednostranným zatěžováním, špatným držením těla nebo přílišnou námahou (Hüttich, 1997).

Nevhodným způsobem práce vykonávané horními končetinami může docházet ke vzniku syndromu karpálního tunelu, který taktéž vzniká jako následek práce v nevhodné poloze a chybným postavením zápěstního kloubu. Tento syndrom je vyvolán útlakem středového nervu v oblasti zápěstí. V zápěstním prostoru totiž existuje takzvaný karpální tunel, kterým prochází jak šlachy ohýbačů prstů, tak i středový nerv a nepřírozeným tlakem může dojít k jeho zánětu a poškození. Toto onemocnění se běžně vyskytuje až u 4 % populace (nejčastěji ve věku 40 až 60 let), přičemž je 4x častější u žen než u mužů. Ovšem četnost jeho výskytu se postupně zvyšuje (Marek, 2009).



Obrázek č. 18: Syndrom karpálního tunelu (www.medicinenet.com, 2016)

Rozvoj syndromu karpálního tunelu je rozvíjen v okamžiku, kdy dochází k dlouhodobému zvýšení tlaku v uvedeném prostoru (obrázek č. 18), a to vyvolává takové

příznaky, jako jsou bolesti prstů vystřelující až k předloktí, pokles jejich citlivosti, zhoršení motoriky (nešikovnost ruky např. při zapínání knoflíků, uchopování drobných předmětů), oslabení ruky, ranní otoky, ztuhlost a/nebo mravenčení nutící k častému protřepávání ruky. Výraznější bolesti se objevují spíše v noci než přes den. V pokročilém stavu pak dochází až k neschopnosti uchopovat předměty prsty s dostatečnou silou a jak již bylo řečeno, ztráta citlivosti se může stát trvalou. Středový nerv ovládá palec, ukazováček a část prsteníčku, které jsou proto postiženy nejvýrazněji (Marek, 2009).

3.5 Pracovní podmínky

3.5.1 Charakteristika stresu jako psychické zátěže pracovníka

Pojem stres byl poprvé použit v lékařství v roce 1939 při výzkumech, jež prováděl kanadský vědec maďarského původu Hans Selye. Termín pocházel primárně z oblasti průmyslové a experimentální techniky a technických věd, kde vyjadřoval nadměrnou zátěž nebo námahu. H. Selye následně tento výraz ve svých bádáních použil k vysvětlení nespecifické stereotypní reakce organismu, kterou lze pozorovat jak u člověka, tak i u ostatních organismů při jeho neúměrném zatížení. Na podkladě svých pokusů dokázal poté určit obecnou formu, reakce člověka na stres, tzv. obecný adaptační syndrom, jenž je charakteristickým pro stresovou reakci bez ohledu na druh podnětu, který ji vyvolal (Pauknerová, 2007; Zheng, 2015).

Stres sledoval také americký fyziolog Walter Cannon na počátku 20. století. Cannon pozoroval a popsal tzv. poplachovou reakci organismu jako důsledek reakce na zátěžové, tedy stresové vlivy. Pojmenoval ji „reflex k boji nebo útěku“ (Cannon, 1915).

Stres je tedy možno vnímat, podle výsledků vědeckých prací obou výše jmenovaných vědců, za prastarou odpověď organismu, která je vlastní jak člověku, tak i všem ostatním živým organismům. Stresová reakce je pro existenci našeho života velmi důležitá, protože nás aktivuje na reakci bojem nebo útekem, a to podle vyhodnocení nastalé situace a na podle našeho individuálního vnímání takové situace. Rovněž nám pomáhá přežít za značně nepříznivých životních podmínek. Náš život tedy nelze stresu úplně zbavit, ale je dobré se se stresem naučit adekvátně žít, zacházet a držet jej v rozumných hranicích.

Iniciační podněty vyvolávající stresovou reakci, označujeme stresory. Hans Selye se nejprve zaměřil pouze na zkoumání fyzických stresorů. Těmito podněty může být jakákoliv rychlá změna v našem vnitřním či blízkém vnějším okolním prostředí vyvolávající určitou odpověď našeho organismu, s cílem adaptování se na novou situaci. Popisovaná reakce organismu je následně manifestována pozorovatelnými fyziologickými i jinými změnami. Stres může být tedy jednoduše charakterizován jako navození nerovnováhy mezi interním stavem jedince a vlivy a podmínkami jeho blízkého prostředí (Štikar, 2003).

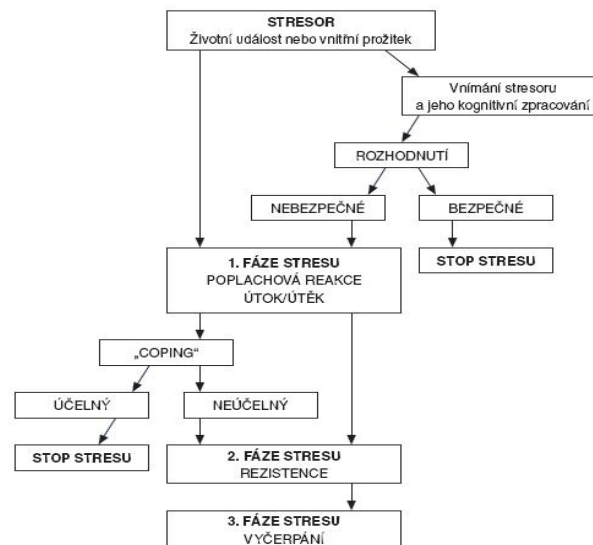
Selyem je oddělován fyzický stres od stresu psychického. S takovýmto závěrem však nelze souhlasit zcela. Díla Selyeho pokračovatelů v pozorování tohoto oboru potvrdila skutečnou vzájemnou neoddělitelnost fyzické a psychické složky stresu. Jako příklad mohou být použity následky autohavárie. Tyto se projeví vždy nejprve fyzickým stresem, tzn. bolestmi plynoucí z aktuálně vnímaného zranění (tedy např. zlomená končetina či poškození některého z vnitřních orgánů), následně i očekáváním následných komplikací navázaných na vlastní zranění (jako jsou nutné operace způsobující opět bolest, případně možné reálné trvalé následky zranění či obava z budoucího uplatnění postiženého člověka ve společnosti). Primárně fyzický stres je tak následně transformován do stresu psychického (Štikar, 2003; Zheng, 2015).

Stres je považován za vysoce subjektivní a individuální záležitost. Lze však obecně shrnout tyto následující základní určující znaky člověka postiženého stresem. Stres se jeví jako obvykle nepříjemně vnímaný pocit interního napětí až podrážděnosti, duševního diskomfortu, nepohody, úzkosti, pocitem ochablosti i zlosti a únavy. Takové projevy jsou zahrnovány názvem záporné citově napětí. Takovéto záporné přepětí se odrazí v celkovém jednání subjektu. Zvýšen je sklon k agresivním, úhybným nebo obranným reakcím. Záměrem chování bývá buď útok na subjekt nebo realizace útěku před stresující situací, jež stresující situaci způsobila. Osoba pod vlivem stresu může projevovat zvýšenou utlumenost až apatii, nebo naopak vzrušivost, nesoustředěnost, křečovitost, svalový třes nebo ochablost, neschopnost uvolnit se psychicky ani fyzicky, přeskakující či přiškrcený hlas, narušená soudnost, projevy zkratkovitého jednání, fyziologické projevy jako nutkání

ke zvracení, průjem, narušená myšlenková plynulost, zhoršená koordinace všech jemnějších funkcí, potřeba častého močení a tak podobně (Štikar, 2003).

3.5.2 Adaptace lidského organismu na nepříznivé podmínky

Obecný adaptační syndrom popsáný Hansem Selyem je obvykle členěn do čtyř fází (obrázek č. 19).



Obrázek č. 19: Stresové fáze (Večeřová-Procházková et al., 2008)

Za první fázi je považována fáze orientační reakce nebo orientačního reflexu. Tato je spíše předfází celého procesu. V předfází se nejedná o stres v pravém slova smyslu. Tato fáze je zprostředkována dvěma mozkovými jádry, reagujícími na podněty, jež bývají obvykle člověku neznámé nebo bolestivé. Může jít o podněty ohrožení nebo o podněty frustrace. Příkladem může být zvíře na pastvě. Zaslechne-li toto zvíře praskající větvičku, ukončí pastvu (tím dojde k zastavení doposud provozované aktivity), jsou aktivovány jeho pohotovostní procesy. Započne věřit, svaly se mu napínají a přechází tak do fáze vybuzení, v takové chvíli je připraveno v případě ohrožení bezprostředně reagovat. Tím se dostaneme k následující fázi adaptačního mechanismu (Večeřová-Procházková et al., 2008).

Fáze tzv. poplachové reakce organismu je druhou fází kaskády. Tuto fázi charakterizuje, v souladu s pokusy, které prováděl v této oblasti Walter Cannon, navození stavu pohotovosti organismu, jež představuje přípravu na útěk nebo boj. Zjistí-li zvíře blížícího

se člověka, aktivuje poplachový proces řízený autonomně (vegetativně) částí nervového systému, nazvaného sympatikus. Vylučování „stresových hormonů“ - zejména adrenalinu a noradrenalinu je nedílnou součástí tohoto procesu. Tímto systémem je uvedeno do pohotovosti příčně pruhované svalstvo, které je zásadním elementem pro následnou odpověď útekem nebo bojem. Pokud by nebezpečná situace potkala člověka, může se objevit dokonce až třes horních končetin. Myokard reaguje zrychlením krevního pulzu, aby bylo zajištěno dostatek kyslíku do potřebných částí těla. Zvýší se schopnost agregace trombocytů pro případ poranění. Pokožka bledne a zvýší se pocení, v břišní oblasti dochází k nepříjemné kontrakci svalů. Dech se zrychlí, u zvířat dojde k naježení srsti, u člověka se projevuje obdobně „husí kůže“ (Zheng, 2015).

Následující fází je odpor neboli rezistence, jenž je reakcí organismu adaptovat se na stresovou, a tedy vysoce nepříjemnou situaci, do níž se organismus dostal. Člověk anebo zvíře je v této fázi pasivní až rezignované. Pokud byly stavy člověka ve fázi poplachu úzkostlivé nebo útočné, zde se projevuje převážně deprese a útlum. Útlumové reakce jsou zapříčiněny aktivací parasympatické části nervového systému, jenž je řízen v ose hypothalamus – hypofýza – nadledviny (Večeřová-Procházková et al., 2008).

Pokud stresová situace trvá dlouhou dobu, je vlivem dlouhodobě nepříznivého stavu dochází v organismu k pocitům únavy a k fázi vyčerpání. Následně dochází až k zhroucení organismu, neboť se nepodařilo stresovou situaci zvládnout (Zheng, 2015).

Stres je vnímán jako určitá nesespecifická reakce lidského organismu. Prioritním a hlavním cílem je vlastní záchrana organismu. U zvířat jde většinou o jejich záchranu vlastního života na rozdíl od člověka, kde se se stresem setkáváme především v rámci pracovních a mezilidských vztahů, kdy obvykle o holý život nejde. Tento proces negativně ovlivňuje náš život, zatěžuje zdravotní stav nebo snižuje výkon v práci.

Jak je uváděno oficiálními americkými doporučeními, které řeší otázky stresu jednotlivců i globálních stresových stavů: „Obecně je přijímán názor, kdy optimální hladina stresu zapůsobí tvůrčí a motivační silou, jež umožní lidem dosahovat neuvěřitelné výkony a cíle (eustres). Oproti tomu traumatizující chronický stres (distres) má potenciálně neobyčejnou destruktivní sílu a škodí fyzickému i psychickému zdraví čímž může ohrozit život samotný. Únosná koncentrace eustresu stimuluje výkon, naproti tomu ovlivnění výkonu psychosociálním distresem je zhoubné (Bryce, 2001).

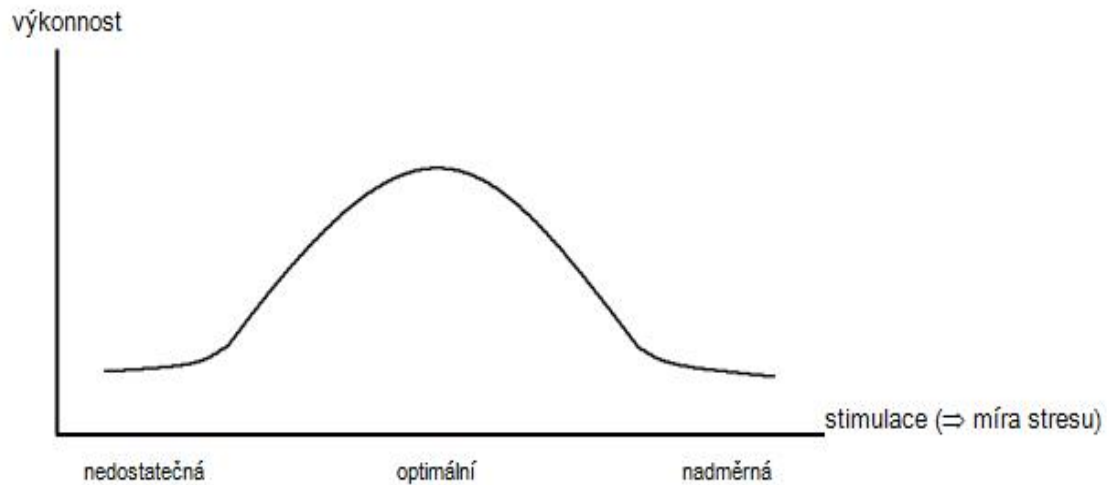
Pojem stres je tedy možno chápat v různých souvislostech. Na což upozorňuje také Evropská unie a s důrazem po nás požaduje návrh fyziologického kontextu (Evropská agentura, 2000).

3.6 Vliv stresu na pracovní výkon zaměstnanců

Pracovní výkon každého člověka je odvislý od třech hlavních faktorů:

1. od jeho pracovní motivace;
2. od talentu, vloh, schopností a dovedností daného člověka;
3. od intenzity zátěže v práci.

Dá se říct, že klíčem k požadovanému reálnému výkonu pracovníků je rovnováha mezi schopnostmi a dovednostmi zaměstnance, který bude úkol řešit a obtížností daného pracovního úkolu (včetně jeho časové náročnosti). Optimálně by obtížnost úkolu měla být taková, aby pracovníka dostatečně motivovala a stimulovala, aby pro něho byl tedy daný úkol výzvou. Nesmí však překročit pro zaměstnance přijatelnou a produktivní stresovou hladinu. Tato hladina je znázorněna na obrázku č. 20, kde levá strana zobrazuje nízkou či dokonce nulovou úroveň stresové zátěže, to ovšem vede ke snížení výkonu konkrétního pracovníka (tato oblast křivky bývá nazývána zrezivění). Nízký výkon zaměstnanců nepřispívá ani podnikovému výsledku, ale i pracovníkům samotným. Cítí, že jejich práce je nedostatečně uspokojuje, nedojde u nich ani k uspokojení potřeb seberealizace, v tomto důsledku se cítí být ve své práci zaměstnanci nespokojeni. Pravá oblast křivky ukazuje rovněž nízký výkon zaměstnanců, zde však jako následek nepřiměřeného vysokého stresového zatížení (tato oblast křivky se nazývá vyhoření). Neúměrná míra stresu dopadá na zdravotní stav a výkon zaměstnanců, zároveň je tím snižována také ekonomická prosperita a výnosnost konkrétního podniku. Bod optima můžeme spatřit uprostřed křivky mezi krajními extrémy a vyjadřuje optimální míru stresové zátěže, jež má stimulující efekt na zaměstnance k podávání nejlepších pracovních výsledků (Pauknerová, 2007).



Obrázek č. 20: Optimální míra stresové zátěže a její vliv na pracovní výkon (Pauknerová, 2007)

Křivka znázorňující ovlivnění stresem při pracovním výkonu zaměstnanců, ovšem není pro každého pracovníka konstantní a tedy stejná. Vnímání měnících se a tedy i stresových situací člověkem se případ od případu velmi odliší a závisí také na návycích a výchově, charakteru osobnosti a temperamentu. Někteří zaměstnanci dokáží podávat dobré výkony výhradně pod tlakem značného stresu, ovšem jiní pod vlivem stresu nezvládnou udělat vůbec nic a jsou stresem až paralyzováni. Zobrazená křivka nemůže být neměnnou pro žádného konkrétního člověka. Posouvá se v závislosti na růstu zkušeností, postupným myšlenkovým vývojem nebo podle aktuálně konané činnosti a délky jejího trvání (Pauknerová, 2007).

Rovněž intenzita stresu, jež byla příčinou stresové kardiomyopatie mechanismem extrémně intenzivní produkce hormonů ze skupiny katecholaminů celkem u 19 osob v průměrném věku 60 let, bez známek ICHS, nebyla u více než poloviny z nich nikterak významná: v některých případech se jednalo o „prožitek na party“ nebo o „setkání s kamarádem z dětství“ (Wittstein et al., 2005).

3.7 Zátěž operátora lesnických dopravních strojů

Lesnické dopravní stroje se začlenily v průběhu posledních desetiletí jako přirozená součást lesnické mechanizace v ČR. Aktuální zkušenosti a odborné poznatky ukazují, že dopravní technologie jako takové mají v LH ČR jednoznačně své stabilní místo (Kajzar, 2008).

Vlivem psychické a zejména fyzické zátěže reaguje organismus zvýšením oběhové frekvence a ventilace. Důsledkem hyperventilace, tedy zvýšení dechové frekvence a prohloubení dechu. Oběhová reakce se projeví kromě zvýšení oběhové frekvence také vasodilatací a zvýšením krevního tlaku. Intenzita tohoto zvýšení je úměrná zátěži. Zároveň je zvýšeno až třikrát prokrvení myokardu a až desetkrát kosterních svalů (Šimek, 1986).

3.7.1 Základní předpoklady pro práci operátora těžebně dopravního stroje

Po operátorovi těžebně dopravního stroje v České republice není pro jeho výkon povolání požadována žádná kvalifikace ani oprávnění. Podmínkou výkonu profese je pouze řídičské oprávnění skupiny C nebo T. Podle současně platné legislativy operátor nemusí splňovat ani základní vzdělání, o vzdělání v oboru ani nemluvě. Dokonce nemusí operátor projít ani žádným kurzem a nemá ani povinnost být držitelem patřičného osvědčení, ani pro práci s hydraulickým jeřábem. Z pohledu nároků podmíněných legislativou lze práci operátora těžebně dopravního stroje porovnat kupříkladu s pomocným stavebním dělníkem. V řadě případů odráží odborná úroveň operátorů těžebně dopravního stroje legislativní požadavky čemuž v mnoha případech odpovídá i kvalita vykonávané práce. Nebudeme-li uvažovat o nedokonalé legislativě, pak jednoznačné pozitivní pro operátora těžebně dopravního stroje je úspěšné absolvované středního odborného vzdělání lesnického směru. V České republice mezi operátory těžebně dopravních strojů stále častěji nalezneme středoškoláky, ale rovněž vysokoškoláky, pro řadu z nich tato práce není jen přestupní stanicí, ale je důležitým článkem v získávání zkušeností a v jejich odborném růstu. Odpovídající stupeň vzdělání zásadně ulehčuje také komunikaci dodavatele služeb a zástupce vlastníka lesů. Od operátora těžebně dopravního stroje je očekáván patřičný vztah k technologii, kterou obsluhuje (Kajzar, 2008).

Zásadní předpoklady lze shrnout následovně:

- schopnost samostatného řešení problémů,
- uvážlivost, nikoli pomalost,
- manuální zručnost,
- pozitivní přístup
- vstřícný vztah k informačním technologiím

3.8 Ergonomie mobilních strojů

Zacílení na ergonomický design člověk – stroj - prostředí je nedílnou součástí zvýšení účinnosti, flexibility a spolehlivosti tohoto systému. Přístup ergonomie je zaměřen na dosažení cíle plánovaného výkonu stroje při odpovídajícím využití vhodné pracovní síly. Pokud nejsou integrovány ergonomické zásady již při modelování konstrukce stroje, mohou být následkem nepříjemně vysoká úroveň fyzické a psychické zátěže, jímž je operátor vystaven. Tato skutečnost má dopad na výkon systému člověk – stroj a může mít i nepříznivý účinek na zdraví a na zaměstnavatele (Sachs et al. 1994; Hughes, 1982).

3.8.1 Ergonomie lesních strojů

Mobilní pracovní stroje používané v lesním hospodářství, přesněji jejich podstatná část je odvozena od různých variant zemědělských traktorů. Výrobci přijali tento model a přizpůsobili úpravy traktorů k plnění specializovaných úkolů jako jsou těžební a přibližovací fáze v náročném terénu, ovšem při dodržení rámce právních předpisů vztahujících se k zemědělským strojům. Pro přizpůsobení zemědělských strojů pro lesní pracovní podmínky je třeba těchto základních změn:

- komplexní ochrana podvozkových částí stroje
- zvětšený průměr kol
- speciální ochrana skel - čelního a zadního
- zasunovací schody
- hydraulické ovládání neseného nářadí 2 – 6 pákami

3.9 Pracovní podmínky operátora

V průběhu pracovní směny je efektivita operátora ovlivňována řadou faktorů. Jednak designem operátorova pracoviště, zároveň psychickou odolností a fyzickými schopnostmi operátora a velikostí pracovního zatížení.

3.9.1 Pracovní křivka

Zatížení operátora můžeme popsat mírou využití jeho pracovní kapacity. Obtížným se může stát i jednoduchý výkon, je-li opakován během daného časového období. Probíhající pracovní činnost tedy může za určitých podmínek přispívat k psychické zátěži.

U jednorázového výkonu jsou na zaměstnance kladeny odlišné nároky než při vytrvalém vykonávání po sobě jdoucích odlišných výkonů. Je-li tedy takto sledován a zaznamenáván průběh výkonu při duševní činnosti je výsledkem tzv. pracovní křivka. Průběh pracovní křivky podléhá různým vlivům: Navyšování pracovního výkonu je dáno cvikem, proti cviku pracuje únava snižující výkon, kladným činitelem v pracovní křivce je návyk, ke zvýšení výkonu dochází obvykle na počátku pracovního výkonu následkem povzbuzení, uvědomí-li si pracovník, že se jeho výkonnost ke konci činnosti zpomaluje nebo zhoršuje je schopen ke zvýšení výkonu vyvinout úsilí, přerušil-li pracovník na delší dobu činnost, manifestuje se ztráta cviku projevem snížení výkonnosti, obnovu pracovní energie a vyšší výkon přináší zotavení. Podle typu osoby je rozlišováno působení těchto. Rozeznáváme tedy celkem tři pracovní typy: maximum práce vzniká na počátku činnosti, následně jí rovnoměrně ubývá, k maximálnímu výkonu dochází po určité době kolísání, maximální pracovní výkonnost vzniká na konci práce, obvykle po několika hodinách výkonu činnosti (Kraepelin, 1902).

V aplikovaném výzkumu je pozorováno dosažení nejvyššího výkonu zaměstnance v průběhu výkonu práce ve spotřebním průmyslu v pondělí a rovněž v pátek během poledne. Ve spotřebě času na pracovní operace jsou největší výkyvy v pondělí. V pátek má pracovní křivka nejklidnější průběh (Plamínek, 1969).

3.9.2 Zkoumatelné fyziologické funkce

Průběh změn fyziologických funkcí organismu lze sledovat přístrojem Biofeedback 2000, který umožní zjišťovat hodnoty (aktivity) vybraných fyziologických funkcí, jejichž prostřednictvím lze monitorovat zpětnou vazbu reakcí organismu na externí podněty jako je stres a monotonie. Změny hodnot jsou aparaturou sledovány neinvazivně pomocí senzorů z povrchu organismu a formou dat v elektronické podobě transportována bezdrátově do počítače. Stručný přehled sledovaných fyziologických funkcí je popsán níže (Hearley, 2005; Schuhfried, 2008).

Elektroencefalografie (EEG) je dnes základní neurologickou vyšetřovací metodou, používanou k pozorování elektrické aktivity centrálního nervového systému. Signály jsou zaznamenávány elektrodami z povrchu hlavy. Amplituda signálu v síle řádově desítek mikrovolt prochází relativně málo vodivou lebkou. Jako důsledek vážené sumace aktivity velkého množství neuronů vzniká EEG signál. Jednotlivé akční potenciály buněk nelze jednoznačně odlišit. Standartní průběh EEG signálu proto na první pohled působí nepravidelným a chaotickým průběhem. Alfa aktivitu charakterizují vlny s frekvencemi mezi 8 – 13 Hz. Sledována je především v bdělém stavu, avšak relaxaci v okcipitální oblasti nebo při zavřených očích. Beta aktivita je charakteristická pro stav koncentrovaného soustředění vždy otevřenýma očima. Frekvence beta vln se pohybují v rozsahu 14 – 30 Hz.

Elektromyografie (EMG), je rovněž diagnostickou metodou sloužící k vyšetřování nervosvalového aparátu. Pomáhá určit kvalitu funkce svalu, resp. možné poškození nervu nebo svalové tkáně. Principem metody je sledování změn elektrického potenciálu vznikajícího jako důsledek činnosti příčně pruhované svaloviny (Cook, 1998; Hrazdira, 2001; Schuhfried, 2008; Elamvazuthi, 2015).

Respirace (dýchání, ventilace) je procesem směny plynů mezi prostředím a organismem. Projevem této činnosti na venek je dech. Pojem dech představuje algoritmus chemických reakcí v buňkách organismu, nazývaný buněčným dýcháním.

Kožně galvanická reakce neboli elektrodermální aktivita je psychofyziologický proces založený na změnách odporu (elektrické vodivosti) kůže, vyvolaný vnitřními i vnějšími

podněty ovlivňující organismus. Elektrická vodivost kůže mezi měřicími elektrodami závisí na stupni hydratace organismu a na činnosti potních žláz. Jejich funkce je regulována sympatickým nervovým systémem.

Typickou pro fungování každého organismu je tělesná teplota, která je závislá na metabolismu, tělesné stavbě, životním prostředí a dalších vlivech. Změny tělesné teploty ovlivňují faktory jako jsou zvýšená svalová aktivita, úroveň bazálního metabolismu, hormony štítné žlázy a nadledvinek, zvýšená teplota tělových buněk, psychické procesy, denní doba, věk, tělesná aktivita (Schuhfried, 2008).

Srdeční tep je tlakovou vlnou, vyvolanou stahem levé srdeční komory a vypuzením krve do aorty. Z aorty proudí krev tepnami dále do celého těla. Srdeční tep je hmatný na větších tepnách uložených blízko povrchu těla, pro měření pulsu je nejčastější tepnou krkavice, zápěstní tepna nebo vřetenní tepna.

Aktivitou motorického systému je aktivita způsobující svalovou činnost (umožňuje pohyby nutné k lidským činnostem nebo zajišťuje požadovanou polohu). Pohybová činnost je účelnou koordinací řady svalových skupin. Motorika je řízena všemi oddíly centrálního nervového systému (Schuhfried, 2008).

3.10 Výběr měřené fyziologické veličiny a její využití

3.10.1 Výběr měřené fyziologické veličiny

Fyziologickou veličinou vybranou k měření je elektrický potenciál kosterních svalů, který v závislosti na fyzické námaze mění hodnoty své velikosti v průběhu pracovní směny, pracovního týdne i produktivní části života. Hodnoty elektrického potenciálu, přesněji jejich změny bývají důsledkem akutního, zejména však chronického onemocnění v extrémním případě až vznikem nemoci z povolání (NzP). K měření změn elektrického potenciálu kosterních svalů se využívá elektromyografie (SZÚ, 2014).

Elektromyografie (EMG) sleduje funkce kosterního svalu tím, že zaznamenává elektrické biosignály, vycházející ze svalů. Lze také říci, že tyto biosignály vznikají jako

důsledek aktivity svalů. Takové tvrzení by mohlo být ovšem zcela zavádějícím, neboť svaly elektrickou aktivitu vykazují i v klidovém stavu – např. ploténkový šum (Lee, 2012).

Elektromyografie byla vybrána pro svoji snadnou použitelnost, s výhodou neinvazivního použití a tedy neovlivnění sledované stresové zátěže. Ke sledování stresové zátěže je s úspěchem využívána např. v automobilovém průmyslu nebo při vyhodnocování úspěchů pouřazové rehabilitační terapie (SZÚ, 2014).

3.10.2 Popis elektromyografie

Elektromyografie, je vyšetřovací metoda, která je využívána k měření elektrické aktivity nervů, který daný sval řídí a svalů. Diagnostika je prováděna ambulantně. Proto není potřeba žádné speciální přípravy. Měřením elektrické aktivity nervu a svalu pomáhá zjistit možné poškození nervové tkáně nebo svalu. V případě poranění nervu pomůže EMG lokalizovat místo i rozsah leze.

Změny hodnot elektrického biopotenciálu (elektrickou svalovou aktivitu) se zaznamenávají buď elektrodami ve tvaru jehel zavedenými do svalu skrz kůži nebo elektrodami umístěnými na povrchu kůže nad tělem svalu.

Výstupem elektromyografického vyšetření je graf, odborně nazývaný elektromyogram nebo také křivka EMG (SZÚ, 2014).

3.10.3 Elektrické charakteristiky elektromyografie

Při volbě neinvazivního způsobu měření na povrchu kůže je zaznamenáván biosignál emitovaný činností motorických jednotek ve velkém množství. Špičkové hodnoty naměřeného signálu dosahují úrovně do 10 mV. Mezi elektrodami a svalovými vlákny zůstává velké množství tkáně, které obdobně jako rozhraní elektroda - pokožka snižují horní hranici použitelného pásma frekvencí na 500 Hz. Podstatná oblast výkonového spektra se nachází v rozmezí 50-150 Hz (SZÚ, 2014).

Intramuskulárním, tzv. invazivním EMG je možné měřit elektrický potenciál malého a konkrétního množství svalových jednotek až jednotlivých svalových jednotek. V tomto případě frekvenční pásmo, které lze využit, sahá až k 10 kHz, zejména díky menšímu objemu tkáně mezi zdrojem signálu a elektrodou. Hodnoty špičkového napětí mohou dosáhnout řádově až stovek μV (SZÚ, 2014).

Z bezpečnostních, zdravotních a etických důvodů byla všechna provedená měření neinvazivního charakteru.

3.10.4 Měření elektromyografie

K vyšetření byl použit speciální měřicí přístroj zvaný elektromyograf. Toto zařízení zaznamenává změny akčního potenciálu (vzruchu), vznikajícího vědomou aktivací svalu případně podrážděním periferního nervu. Vzruch takto vzniklý se šíří vláknem nervu, další svalová vlákna aktivuje a takto vzniká záškrub svalu. Elektrodami jsou snímány záškuby svalu a dále přenášeny do procesoru, filtrovány, zpracovány a evidovány v podobě křivky EMG na obrazovku.

Odpovědi svalů jsou odlišné při poškození svalu nebo nervu. Měření elektrické aktivity nervu a svalu lze určit existenci poškození tkáně svalu (svalová dystrofie) případně poruchy vedení nervového vzruchu (amyotrofiní laterální skleróza) (SZÚ, 2014).

3.10.5 Využití elektromyografie v medicínské diagnostice

Spektrum onemocnění kosterního svalstva a periferního nervového systému a indikované k vyšetření EMG je poměrně široké. Rozhodnutí k indikaci tohoto vyšetření je kompetencí specialisty - neurologa.

Jiným častým důvodem k vyšetření EMG může být tzv. radikulopatie, tedy postižení nervových kořenů. V případě kostních nárůstů (osteofytů) nebo při vyhrěznutí meziobratlové ploténky (hernii) dochází obvykle k ztlačení kořene nervu.

Vyšetření EMG je také prováděno u zvýšené nervosvalové dráždivosti – tetanie. Jde o dnes poměrně časté poškození, jeho příčinou je deficit vápníku a hořčíku. K projevům tetanie patří především pocity brnění končetin, mravenčení, bušení srdce, křeče, pocity tlaku na hrudníku, nevykonnosti nebo zvýšené únavy a pocity celkové slabosti (SZÚ, 2014).

3.10.6 Využití elektromyografie při pracovní zátěži pracovníků v lesním provozu

K diagnostice intenzity fyzického zatížení během pracovním procesu a její účinnosti lze využít s dobrým efektem speciální přenosné elektrotechniky vyráběné pod obchodním

názvem Biofeedback 2000^{x-pert}. Sledováním dechové a srdeční frekvence, svalového napětí a tělesné teploty lze upozorňovat na intenzitu psychické a fyzické zátěže zaměstnanců lesního hospodářství při pracovních operacích nebo jejich částí ve daných výrobních podmínkách. V provozu se tak může stát pomocnou kontrolní metodou právě aplikovaná diagnostika například při sledování pracovní zátěže zaměstnanců různého vzdělání, délky praxe, věku a může pomoci odhalit změny zatížení vyvolané při dlouhodobém provozním nasazením (Škvor, 2018).

Monitoring fyziologických faktorů

Přístroj Biofeedback 2000^{x-pert} byl pořízen pro účely dlouhodobého výzkumu. Dovoluje analýzu výše popsaných biologických signálů a změn jejich hodnot jako zpětné reakce organismu na stresové zatížení. Biosignály jsou snímány z povrchu těla neinvazivně prostřednictvím senzorů. Ve speciálních rádiových modulech jsou biosignály filtrovány, zesíleny, digitalizovány a prostřednictvím bluetooth následně přenášeny do záznamového zařízení. Evidovaná data jsou zpracována speciálním softwarem a mohou být graficky zobrazena na monitoru, a to i průběžně.

Jak ukazují experimenty, fyziologické biosignály organismu se mohou velmi intenzivně změnit v provozních podmínkách, zejména pokud jsou spojené s častým výskytem neočekávaných situací. Přednostně snímanými biosignály lidského organismu jsou srdeční tep, teplota kůže, EMG, aktivita potních žláz a napětí svalů (Dvořák, 2010).

Biosignály

Cílem zkoumání zpětných reakcí organismu v lesním hospodářství je zaměření zejména na využití výsledků výzkumu pro využití v praxi a reálné zpřístupnění pro budoucí terapeutické použití.

Všechny měřitelné projevy lidského těla se nazývají biosignály. Od nich odvozené hodnoty funkcí se značí jako parametry, indikátory nebo ukazatele. Úkolem snímačů je přeměna různých biosignálů na elektrické veličiny. Tyto je možné zpětně zpracovat.

Nejdůležitější sledované fyziologické parametry tak lze následně popsat pro zpětné reakce a jejich význam (Dvořák, 2010).

Svalové napětí

Nejrozšířenější formou měření biofeedbacku je elektromyograf. Využívá senzorů nebo elektrod ke snímání svalové aktivity z povrchu kůže tím, že EMG upozorňuje na změny napětí ve svalu. Změnu hodnot elektrického potenciálu, ke které dochází při svalové aktivaci registruje a zaznamenává. Elektrody jsou pro jednorázové použití na povrchu těla, kde jsou před měřením fixovány nanesenou adhezivní vrstvou na odmaštěné kůži. Záznam povrchového signálu EMG poskytuje informace o vývoji změn napětí na elektrodách, jež jsou umístěny na povrchu kůže. Neposkytuje však žádné doprovodné informace o elektrických aktivitách vedlejších přilehlých skupin svalů.

Jako jednorázová elektroda je použita také elektroda referenční. Umísťuje se nad střed svalu. Dvě elektrody jsou lokalizovány ve stejném odstupu od referenční nad konce svalu, s cílem nejvyššího možného rozdílu potenciálu. Při snímání povrchového signálu EMG je měřen akční potenciál všech svalů pod elektrodami v podobě souhrnného potenciálu (napětí). Tento parametr reflektuje vyrovnanou střední hodnotu naměřené hodnoty.

Bezdrátový přenos bluetooth signálu z vysílacího modulu do počítače je velmi krátký (do 15 m). Současná měření fyziologické zátěže jsou proto prováděna především s operátory harvesterů, řidiči traktorů a vyvážecích strojů. Počítač s radiovou bluetooth pyramidou (přijímač signálu) připojenou přes USB A port zajišťuje příjem signálu s jeho následnou transformací do zpracovatelných dat, je umístěn zpravidla do kabiny stroje. Takto je zajištěn nejkratší možný přenos dat mezi přijímačem a vysílačem a minimalizuje se riziko výpadku signálu (Dvořák, 2010).

Využití metody

Výsledky měření je možno použít jako jeden z podpůrných prvků ke studiu zátěže pracovníků a případně k sekundárnímu rozboru jejich pracovních zkušeností v lesním provozu. Tyto parametry není tedy nutné analyzovat výhradně na základě délky praxe

a vzdělání, jež nejsou vždy prioritní a ani na základě čistoty práce, která by mohla vypovídat o zručnosti pracovníka.

Z výsledků výstupu lze posuzovat intenzitu zátěže pracovníků v rozličných podmínkách výroby a v různých procesech pracovního výkonu. Zkušenosti vědeckých pracovníků v oboru je zatím vychází především ze srovnávací metody. Výsledky stejných pracovníků jsou srovnávány v různých podmínkách výroby nebo naopak jde o srovnávání zátěže pracovníků v lesním oboru s jinými obory. Spolupráce se zdravotníky umožňuje posuzovat riziko zátěže s ohledem na s ním spojená zdravotní rizika. Je nutné zdůraznit, že i tyto výsledky jsou pouze podpůrné a orientační, nemohou tedy tvořit primární zdroj informací použitých k posuzování psychické a fyzické zátěže při práci v lese (Dvořák, 2010).

4 METODIKA PRÁCE

Metodika práce seznamuje s výběrem měřené fyziologické veličiny s jejím použitím v diagnostice především zdravotnické, ale také lesnické, dále s plánem designu měření, s vybraným a vyžítým měřicím přístrojem, s možnostmi jeho využití a s postupem měření.

Tato kapitola také řeší potvrzení nebo vyvrácení hypotéz úskalí použité metody a přístroje v terénu, jehož výsledkem jsou podmínky měření zajišťující kvalitu experimentálně získaných dat.

4.1 Stanovení optimálních parametrů měření

Pro získání dat, která budou relevantně odrážet pracovním zatížením a stres operátora prostřednictvím vybraných ukazatelů – elektrický potenciál, resp. jeho změny v průběhu pracovní směny v závislosti na pracovním zatížení je třeba nejprve stanovit přesný postup sběru dat pro jejich následné hodnocení.

Při stanovování správného postupu bylo třeba získat odpověď na otázky:

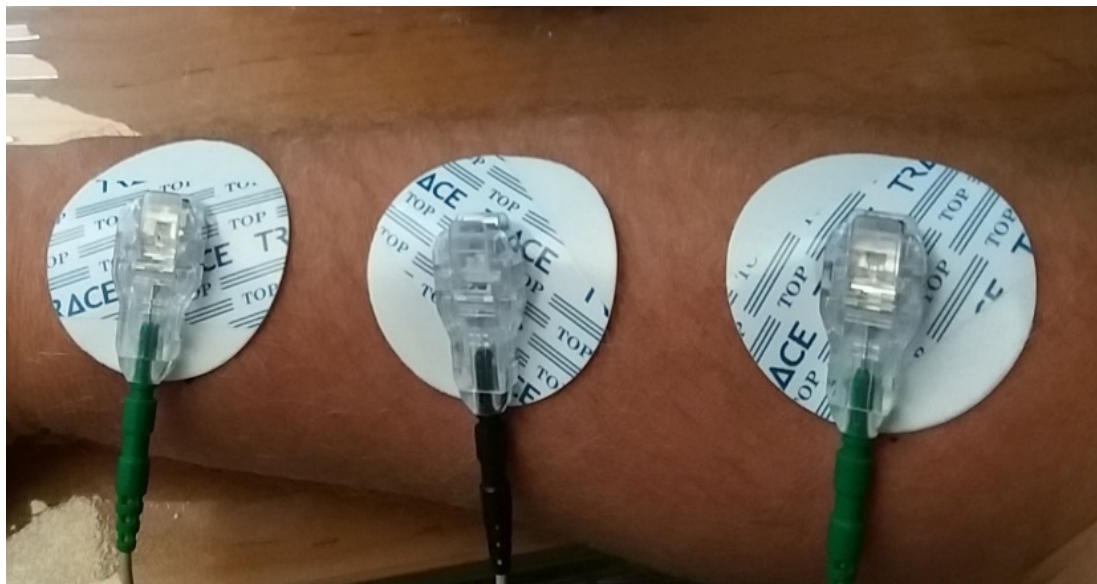
- vlivu vzdálenosti na kvalitu přenosu signálu bezdrátový vysílač – bezdrátový přijímač
- vlivu času a podmínek na kvalitu fixace elektrod a tím na kvalitu snímaného signálu

K měření svalového zatížení bylo použito EMG modulu v modu vysílače bluetooth signálu, který byl používán rovněž ve vlastním experimentu. Pro stanovení optimálních parametrů měření z důvodu větší datové náročnosti byl použit ještě jako podpůrný modul MULTI, který měří pomocí senzoru fixovaného na posledním článku prstu horní končetiny krevní puls, teplotu a odpor kůže. Jako přijímač bluetooth signálu byl použit přijímač tvaru pyramidy (obrázek č. 21). Moduly v činnosti pak skutečný přenos snímaných dat indikují trvalým svitem LED diody modré barvy (obrázek č. 23).



Obrázek č. 21: Vysílací moduly MULTI (žlutý) a EMG (zelený), přijímací modul (pyramida) (autor)

Primárním kritériem je co nejpřesnější umístění měřících bodů na těle, podle instrukcí výrobce přístroje, upevněním měřících elektrod (obrázek č. 22) a senzorů musí být pevné a stabilní.



Obrázek č. 22: Fixace ECG elektrod EMG modulu (autor)

Kvalita upevnění měřících elektrod je ovlivněna zejména plochou fixace a také kvalitou adhezní hmoty a místem upevnění na povrchu těla – intenzita ochlupení a/nebo incidence potních žláz snižují kvalitu adheze. Na základě zkušeností z dřívějších měření byly použity elektrody ECG Electrodes Top TRACE kruhového tvaru o \varnothing 50 mm a adhezní ploše 16,62 cm² a s intenzivní adhezní hmotou, která má nízký stupeň alergizace pokožky. Nad to jsou elektrody i na ochlupené části stabilně fixovány i díky mocnější adhezní vrstvě po mnohem

relativně delší dobu. Fixace senzoru modulu MULTI je provedena pomocí 2 cm široké pásky opatřené „suchým zipem“.

Vlastní měření bylo provedeno na svalové skupině zevního natahovači zápěstí. Tato svalová skupina je dobře dostupná i pro autofixaci elektrod i senzorů pro potvrzení nebo vyvrácení hypotéz. Ve vlastním měření pak byly elektrody i senzory fixovány profesionálním zdravotnickým pracovníkem.

4.1.1 Vliv vzdálenosti na kvalitu přenosu bluetooth signálu

Ke sběru relevantních dat je zásadní kvalita připojení (spárování) přijímače a vysílače, která je ovlivněna dvěma parametry - vzdáleností a přímou viditelností. Podmínkou navázání spojení je součin výše zmíněných parametrů. Při vzdálenosti do 10,0 metru je viditelnost marginálním parametrem. Její význam stoupá se zvětšujícím se odstupem obou komunikujících jednotek v závislosti na verzi, resp. výkonu bluetooth signálu.

Použitý měřicí přístroj Biofeedback 2000^{x-perf} používá bluetooth signálu 2,0 EDR (IEEE 802.15.1) s dosahem do 15 metrů.

4.1.2 Stabilita fixace elektrod

Rovněž kvalita fixace elektrody je limitujícím faktorem pro sběr relevantních dat. V průběhu měření byla monitorována intenzita a kvalita fixace elektrod na sledované části těla při fyzické zátěži a střídání teplot při práci v kabině traktoru i při manipulaci s nákladem vně traktoru.

Elektrody byly fixovány na kraje a středovou část předloktí. Následně byly podrobovány po dobu experimentu stejným vlivům jako pokožka – částečné překrytí oděvem, voda jako součást každodenní hygieny, pot, mechanické znečištění, povrchové překrytí.

Fixace všech tří elektrod byla stabilní opakovaně až 41 hodin podle zátěže. Lze konstatovat, že po dobu 30 hodin byla fixace maximální i při silném působení vnějších vlivů.

V průběhu měření bylo pozorováno, že minimální dobou, po kterou lze považovat použité elektrody za kvalitně upevněné a spolehlivě snímající změnu elektrického potenciálu se pohybuje v oblasti 30 hodin, tj. 2 pracovní směny a část zákonné přestávky mezi směnami. Z naměřených výsledků lze dovodit, že pokud by nebyly elektrody vystaveny náročným podmínkám, mohly by plnit funkci i delší časový interval. Toto však v případě využití v prostředí lesním hospodářství bude vyžadovat delší a opakovaná měření.



Obrázek č. 23: EMG modul a MULTI modul při měření (modrá dioda značí přenos signálu (autor)

Souhrn

Z výše popsaných šetření lze dovodit, že pro bezchybné provedení vlastního experimentálního měření na operátoru UKT UŘ I. je třeba splnit tyto podmínky:

- Přijímací zařízení musí být umístěno uvnitř kabiny, avšak tak, aby byl zachován přímý průhled zadním oknem směrem k bubnovému navijáku
- Elektrody lze ponechat s výhodou fixované po dobu alespoň dvou pracovních směn
- V záznamovém zařízení bude po dobu měření omezen režim spořiče energie a zároveň v zařízení nebudou spuštěny ani na pozadí další aplikace spotřebovávající energii.
- V záznamovém zařízení bude zapnuta funkce činnosti i při vypnutém monitoru.

4.2 Použitá technologie soustředování

Soustředování dříví jako první fáze dopravy dříví, navazovala na vlastní těžbu dříví a zajistila přesun vytěžené hmoty z lokality pařez na lokalitu odvozní místo – odpovídající prostorné místo u lesních cest přístupné pro odvozní soupravy.

Lokalitu vývozní místo – místo, na kterém se obvykle do vytříděných hromad velikostí odpovídajících následnému přibližovacímu prostředku ukládá vyklizené dříví v našem případě tvořilo stání traktoru, kde byl náklad sestavován. Vyklizování dříví – přemístění z místa kácení k přibližovací lince pak probíhalo právě okamžikem sestavování a přitažení nákladu navijákem k traktoru, resp. štítu navijáku.

Přibližování dříví tedy doprava vyklizeného dříví po přibližovací lince na lokalitu odvozní místo probíhala po přibližovací lince třídy L4. Na odvozním místě probíhalo rozpojení nákladu od navijáku, navalování na hromadu s finálním začelováním po jednotlivých vrstvách.

Celá fáze soustředování byla prováděna jednočlennou posádkou - všechny operace soustředování prováděl pouze jeden operátor přibližovacího prostředku.

Jako přibližovací prostředek byl použit univerzální kolový traktor unifikované řady určený pro práci v zemědělství, upravený speciálním příslušenstvím pro práci v lese.

Použito bylo úvazkové soustředování dříví – traktor byl vybaven dvou bubnovým navijákem, ovládaným radiostanicí. Naviják byl osazen dvěma protisměrnými lany bez vnitřního pnutí každé s pěti kluznými sponami do kterých se upínali řetězové úvazky. Součástí navijáku byl ochranný štít, který umožňoval zvednutí nákladu do polozávěsu a bránil přitažení traktoru k nákladu.

Úvazkové soustředování bylo realizováno metodou sběrného lana, kdy bylo na jeden zátah vyklizeno více kmenů současně. Vzhledem k rozmístění výřezů po celé délce lana opatřeného kluznými sponami, lano nebylo vedeno v přímce. Počet kusů se řídil jejich hmotností a rozmístěním, obvykle byl náklad sestavován z pěti až osmi kusů podle jejich hmotnosti. Svazek výřezů sestavených do nákladu byl vytvořen přitažením kmenů k traktoru. Náklad vznikl připojením řetězových úvazku najednou z výchozí pozice traktoru bez průběžného pojíždění.

Styl následné jízdy se sestaveným nákladem po přibližovací lince byl přizpůsoben typu traktoru, stavu a sklonu přibližovací linky i schopnostem a zkušenostem operátora.

Velikost nákladu byla uzpůsobena stabilitě traktoru. Náklad v polozávěsu byl zvedán jen tak vysoko, aby byl jeho spodní okraj nad terénem, protože příliš vysoké zdvižení zhoršuje stabilitu traktoru (zvedá těžiště) při jízdě, při průjezdu zatáček a na svazích.

Následné uložení kmenů na skládku probíhalo rovnoběžně s odvozní cestou. Proces uložení probíhal ve sledu operací nejprve uvolnění nákladu lanem na zem, popojetí a následné odepnutí a uvolnění úvazků. Pomocí rampovače došlo k navalení dřevních výřezů a uložení na skládku. K navalování byl na traktoru instalován rampovací nakladač k navalování nad 1,5m.

4.3 Zkoumaný vzorek

Pro získání porovnatelných a objektivních výsledků práce bylo třeba provést měření na lokalitách bez zvláštních faktorů, jako jsou neobvyklé požadavky zadavatele, nestandardní dimenze těžených stromů, extrémní terén atd.

V případě nestandardního pracoviště by byla naměřená data ovlivněna nestandardností pracoviště a nebylo by možné je použít k obecným závěrům.

Měření probíhalo v rámci kalamitní kůrovcové těžby v listopadu roku 2019. Data byla sbírána v pracovním týdnu v průběhu celé pracovní směny přibližně od 6:30 do 14:30 hod. Každému rannímu měření vždy předcházelo přibližně desetiminutové měření v iniciálním klidovém stavu operátora. Druh porostu a klimatické podmínky jsou uvedeny níže.

Měřený operátor byl ve věku 38 let s praxí 8,5 roku s universálním kolovým traktorem, v celkově dobrém zdravotním stavu, bez objektivních i subjektivních obtíží a pravidelné medikace, avšak aktivní kuřák.

4.4 Sběr dat

4.4.1 Biofeedback 2000^{x-pert}

Pro účely sledování fyziologického zatížení během výkonu práce byl použit modulární systém Biofeedback^{x-pert} 2000 rakouského výrobce Schuhfried.

Toto zařízení umožňuje nepřetržitý monitoring operátora v průběhu pracovního procesu způsobem neinvazivního snímání vybraných fyziologických funkcí z povrchu těla.

Hodnoty byly snímány elektrodami (EMG modul) a senzorem (MULTI modul) a dále vodiči přenášeny do vysílacích modulů, zde jsou filtrovány, dále zesilovány a digitalizovány. Prostřednictvím bezdrátové technologie bluetooth jsou odtud odesílány do přijímače připojenému k počítači. Data jsou zpracovávána speciálním softwarem Biofeedback 2000^{x-pert} verze 3.0.

Systém je určen nejen k diagnostice fyziologických funkcí, ale i pro terapeutickou činnost (biofeedback), prostřednictvím které nabízí léčbu široké škály fyziologických a psychických poruch či onemocnění (Škvor, 2018).

4.4.2 Senzory a moduly

Samotnému měření předchází upevnění elektrod měřící jednotky na tělo operátora. Tento úkon vyžaduje náležitou pozornost, při chybném upevnění může dojít k nepřesnému měření hodnot. Před fixací elektrod byla schematicky označená místa (obrázek č. 24) potvrzena přímo na předloktí pohmatem na jednotlivé části „pracujícího“ svalu a následně byly takto potvrzené body označeny zdravotně nezávadným značkovačem Centropen 2739 textile. Až na označené body byl fixován střed elektrod.



Obrázek č. 24: Body pro umístění elektrod EMG – měřící (zelená) a referenční (černá) (Schuhfried, 2008)

Modul EMG

Nejprve bylo třeba jednorázovou elektrodu upevnit na břicho svalu jako referenční a následně upevnit obě měřicí elektrody ve stejné vzdálenosti od referenční na obou koncích svalu. Referenční elektrodu je třeba propojit černým kabelem s modulem EMG a následně obě měřicí elektrody (po technické stránce zaměnitelné) propojit zeleným vodičem.

Modul MULTI

Senzor modulu MULTI je upevňován na poslední článek vybraného prstu ruky páskem ze „suchého zipu“ a od něho vedoucí kabelové propojení se fixuje druhým páskem na některém následujícím článku nebo na zápěstí (obrázek č. 29).

4.5 Software Biofeedback 2000^{x-pert}, verze 3.0

Snímačem zachycené biosignály jsou jako elektrické veličiny přeneseny do počítače, kde je lze zpracovávat speciálním softwarem. V grafické nebo tabulkové podobě jsou pak data připravena k analýze, hodnocení nebo uložení.

Požadavky programu na hardware nejsou v žádném ohledu výjimečné a software tedy může pracovat prakticky v jakémkoli novějším počítači s operačním systémem Windows, existuje verze jak ve 32bitovém, tak i 64bitovém provedení. Pro použití je nezbytná hardwarová a softwarová instalace.

Před zahájením měření je prvním krokem správné umístění měřících elektrod k tělu operátora s důkladnou fixací a následné zapojení elektrod k příslušnému detekčnímu vysílacímu modulu. Zároveň je nutno do USB portu záznamového zařízení zapojit přijímač bluetooth signálu (žlutá pyramida).

Až následně je možné spustit v počítači program. Všechny aktivní a dostupné moduly jsou vyhledány a softwarově připojeny bezprostředně po spuštění programu. Mohou být připojeny i ručně. Následně je třeba založit nový objekt měření a určit, které druhy biosignálů budou zaznamenávány. S ohledem na předmět sledovaného zájmu je třeba vybrat EMG ev. další moduly. Dále byl vybrán manuální start celé relace.

Stiskem startovní ikony je zahájeno zobrazení a záznam měřených ukazatelů. Prostřednictvím hlavního panelu v horní části obrazovky lze v průběhu měření přepínat zobrazení jednotlivých kanálů měření. Na hlavním panelu se nacházejí rovněž tlačítka modulů, obsahující také indikátory stavu baterie.

Program disponuje i dalšími funkcemi jako jsou práce s databázemi, návody pro připojení snímačů nebo knihovna terapií. Vyhodnocení a vzájemné porovnání relací umožňuje v různých formách zobrazení diagramu.

Zaznamenaná data byla z databáze přístroje exportována ve formátu xls. a dále separátně zpracována. Data lze exportovat i do jiných typů souborů typu např. csv. nebo xlsx.

V provedeném experimentu byla sbírána data o svalovém zatížení. Jako datová reference byla ze zájmu sledování korelace biosignálů zaznamenávána rovněž data o změnách krevního tepu, rezistenci kůže a tělesné teplotě. Tento soubor dat nebyl v tomto experimentu dále zpracováván. Vyhodnocována byla pouze data o změnách elektrického potenciálu sledovaného svalu.

4.6 Zpracování dat

Pro vyhodnocení naměřených výsledků a jejich správné zpracování, výpočet průměrné hodnoty a průměrné směrodatné odchylky bylo nejprve třeba potvrdit, zda se jedná o normální rozdělení naměřených hodnot. Pro toto potvrzení lze s výhodou použít T-test (Studentův t-test). T-test je metodou matematické statistiky, umožňující ověřit některou z následujících hypotéz:

- zda normální rozdělení, z něhož pochází určitý náhodný výběr, má určitou konkrétní střední hodnotu, přičemž rozptyl je neznámý
- zda dvě normální rozdělení mající stejný (byť neznámý) rozptyl, z nichž pocházejí dva nezávislé náhodné výběry, mají stejné střední hodnoty (resp. rozdíl těchto středních hodnot je roven určitému danému číslu)

Náhodný výběr může být v prvním případě tvořen buď jednotlivými hodnotami (pak se jedná o jednovýběrový t-test), anebo dvojicemi hodnot, u nich jsou zkoumány jejich rozdíly (pak se jedná o párový t-test). Ve druhém případě jde o dvouvýběrový t-test.

V praxi se t-test často používá k porovnání, zda se výsledky měření na jedné skupině významně liší od výsledků měření na druhé skupině.

Pochází-li náhodný výběr z normálního rozdělení, pak výběrový průměr má také normální rozdělení se stejnou střední hodnotou. Rozdíl výběrového průměru a střední hodnoty normovaný pomocí skutečného rozptylu by pak měl normální rozdělení s nulovou střední hodnotou a jednotkovým rozptylem. Skutečný rozptyl však není znám. Pokud bude nahrazen odhadem pomocí výběrového rozptylu, bude získáno T rozdělení, které je podobné normálnímu rozdělení.

Předpoklad, že oba výběry pocházejí z normálního rozdělení, nemusí být za každou cenu dodržen. T-test totiž pracuje s průměry obou výběrů, a ty již při rozsahu výběru v řádu desítek mají přibližně normální rozdělení díky centrální limitní větě.

Před provedením t-testu by mělo být prověřeno, zda oba náhodné výběry mají stejný rozptyl. K tomu může posloužit F-test. Existují i modifikace t-testu pro výběry s různými rozptyly.

Pokud je rozsah výběru (resp. obou výběrů) velký (v řádu stovek a víc), lze místo kritických hodnot T rozdělení použít kritické hodnoty normálního rozdělení.

Naměřená data byla zpracována počítačovým programem STATISTICA CZ, verze 12 od společnosti TIBCO Software, Inc. pomocí základních statistických operací. Použit byl Levenův test, sledující spojitost veličin – kopíruje-li jejich rozložení Gausovu křivku. Také byla vypočítána průměrná hodnota měření, stupeň volnosti počtu měření.

Hodnocená data jsou v části výsledků zpracována do tabulek a rovněž ve formě krabicových grafů ke každému měření, resp. ke každému porovnání vybraných měření. Porovnávány byly naměřené hodnoty klidového stavu a operací vjezdu do porostu, sestavení nákladu a přibližování nákladu na odvozní místo v rámci pracovního dne i pracovního týdne.

4.7 Charakteristika zájmového území

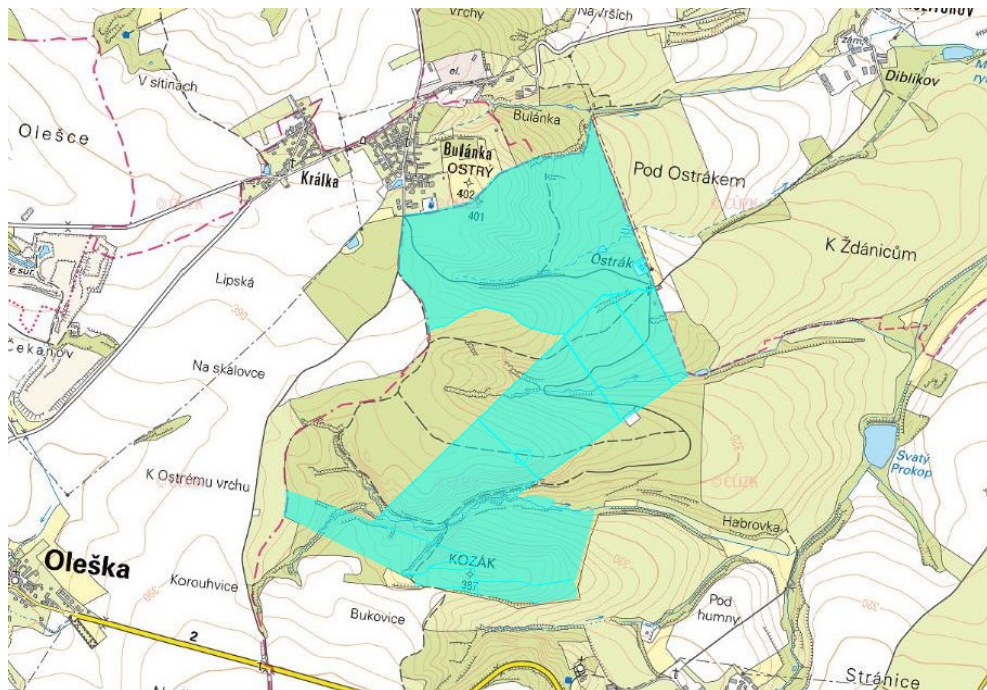
Níže jsou uvedeny identifikace podmínek měření a popis vlastního měření, základní údaje o časovém, prostorovém a porostovém rozsahu měření na lesních pozemcích, základní informace o použitém těžebně dopravním stroji a o operátorovi.

4.7.1 Identifikace porostů

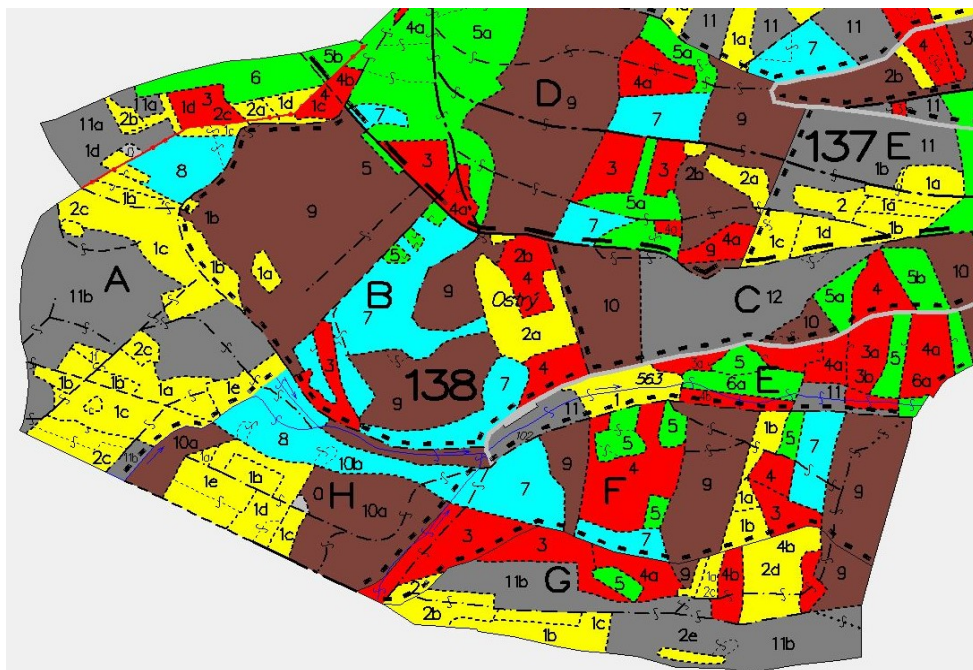
Vlastníkem lesních pozemků, na nichž probíhalo měření, je Ing. Langkramer z Prahy. Pozemky o výměře 85,182 ha se nachází v PLO 10 Středočeská pahorkatina v k. ú. Ždánice u Kouřimi 794953, okres Kolín a jsou zapsány na LV 721. Pozemky se nachází v LVS 3 o terénním typu 12. Na pozemcích smluvně hospodaří Česká zemědělská univerzita prostřednictvím Školního lesního podniku v Kostelci nad černými lesy. (obrázky č. 25 až č. 27).



Obrázek č. 25: Pozemky dotčené nahodilou mýtní těžbou leží jižně od obce Bulánka (ČUZK, 2010)

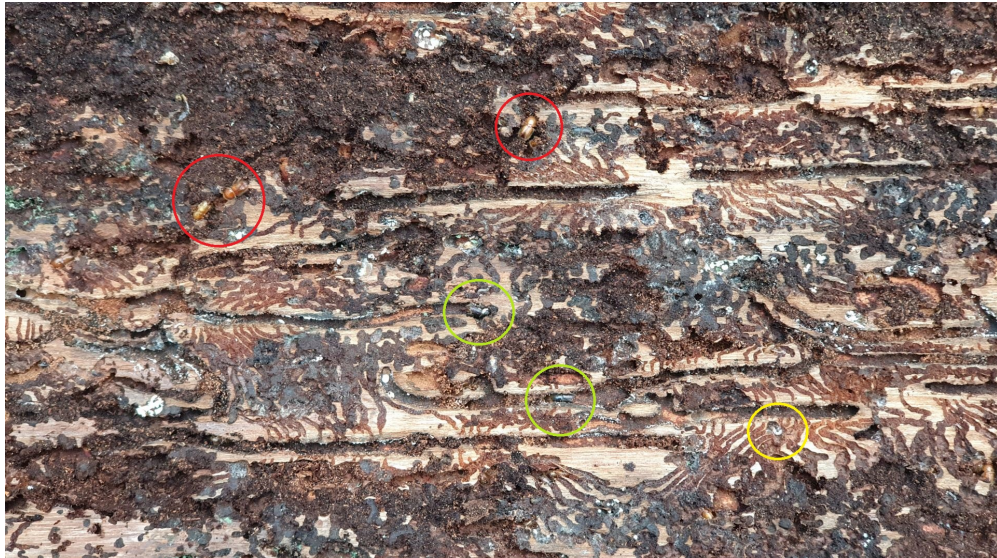


Obrázek č. 26: Pozemky dotčené nahodilou mýtní těžbou leží jižně od obce Bulánka (ČUZK,2010)



Obrázek č. 27: Pozemky dotčené nahodilou mýtní těžbou leží jižně od obce Bulánka v oddělení 138, dílci H, porostní skupině 10a a 10b (ÚHUL, 2018)

Zdravotní stav porostu: velmi silně napadený v celém profilu podkorním hmyzem – lýkožrout smrkový – *Ips typhographus*. Makroskopicky jsou patrna všechna vývojová stadia *Ips typhographus* (obrázek č. 28).



Obrázek č. 28: Vývojová stadia *Ips typhographus* v pracovní lokalitě (autor)

V podmáčených stanovištích je přidruženo napadení houbou – tvrdá i měkká hniloba.

Typ hospodářského souboru: HS44

Lesní typ 3S1, soubor lesních typů 3 S

JMP vyrobené výřezy byly soustředovány z lokality P na lokalitu OM pomocí níže identifikované mechanizace

4.7.2 Identifikace operátora

Operátor: Tomáš Ch., * 1981

Věk: 38 let

Praxe s dopravně těžebním zařízením typu UKT UŘ I: 8,5 roku

Vzdělání: ÚSO, vyučen

Výška: 172 cm

Váha: 74 kg

BMI: 25 (normální)

Zdravotní stav: subj. – toho času bez obtíží, obj. – bez indikované pravidelné medikace a dohledu, aktivní kuřák

4.7.3 Identifikace těžebně dopravního stroje

Univerzální kolový traktor v lesnické úpravě:

Značka: Valtra

Typ: Valtra N92

Rok výroby: 2012

Země výrobce: Finsko

v.č. YK5N92H00CS278013

Výkon: 74 kW

Pohyb: pneumatiky, náhon 4 x 4

Přídavná zařízení: čelní rampovač, dvoububnový naviják S + R DW 162 řízený radiem

4.7.4 Identifikace těžební metody

Těžební metoda: kmenová a sortimentní

Vyráběné sortimenty:

- 11,5 m – dřevovina – IV. třída
- 4 m – dřevovina – IV. třída
- 4 m – stavební řezivo – III. třída

4.8 Design a podmínky vlastního měření

Měřicí přístroj: Biofeedback 2000^{x-pert}

Měřicí modul: modul EMG, Ag⁺ elektrody fixovány na předloktí, bez nutnosti další stabilizace

Měření – design:

1. Měření ráno - 10 minut – v klidovém stavu
2. Měření v průběhu směny – pracovní zatížení v cyklech – vjezd do porostu – sestavení nákladu – přibližování na OM

Umístění elektrod EMG modulu:

- Na předloktí – Musculus extensor carpi radialis brevis
- Strana zápěstí – měřící elektroda - zelený svod
- Strana loketní – měřící elektroda – zelený svod
- Uprostřed – mezi dvěma měřícími elektrodami – referenční elektroda (obrázek č. 30)
- Měření tenze musculus extensor carpi radialis brevis

Umístění senzoru MULTI modulu:

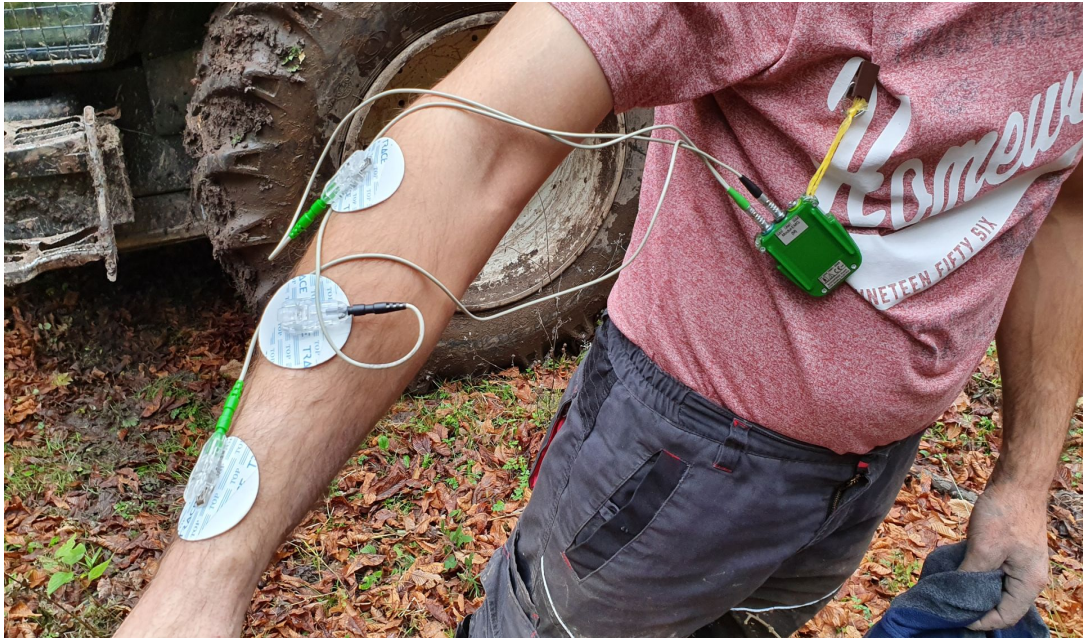
- Poslední článek prostředního prstu pravé ruky
- Senzor snímá tepovou frekvenci, tělesnou teplotu a odpor kůže (obrázek č. 29)



Obrázek č. 29: Upevnění senzoru MULTI modulu na posledním článku prostředního prstu operátora traktoru (autor)

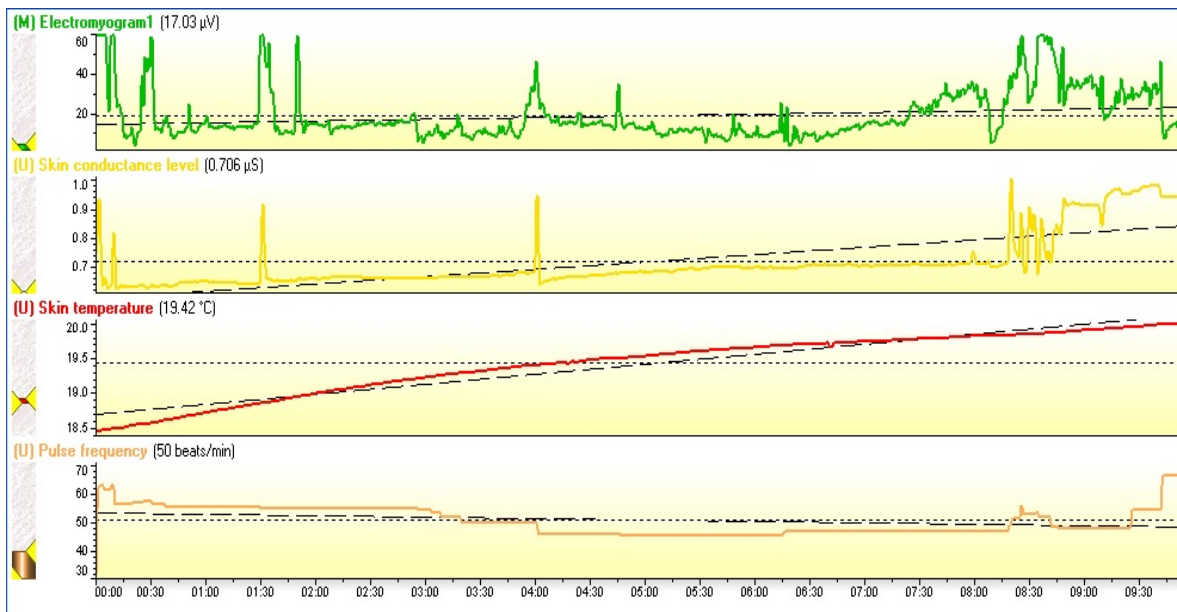
Změny měřených biosignálů byly sledovány na pravé horní končetině. Důvodem je větší zatížení této končetiny jednak z pohledu ovládacích prvků traktoru. Dalším důvodem byla skutečnost, že operátor je pravák, tedy pravá ruka je v jeho případě pozicí volby v případě fyzické práce – vytahování lana, nošení řetězových úvazků, sestavování nákladu. Levou

ruku používal operátor přednostně k ovládání radiostanice a otevírání a zavírání dveří traktoru – tedy byla podstatně méně zatěžována.

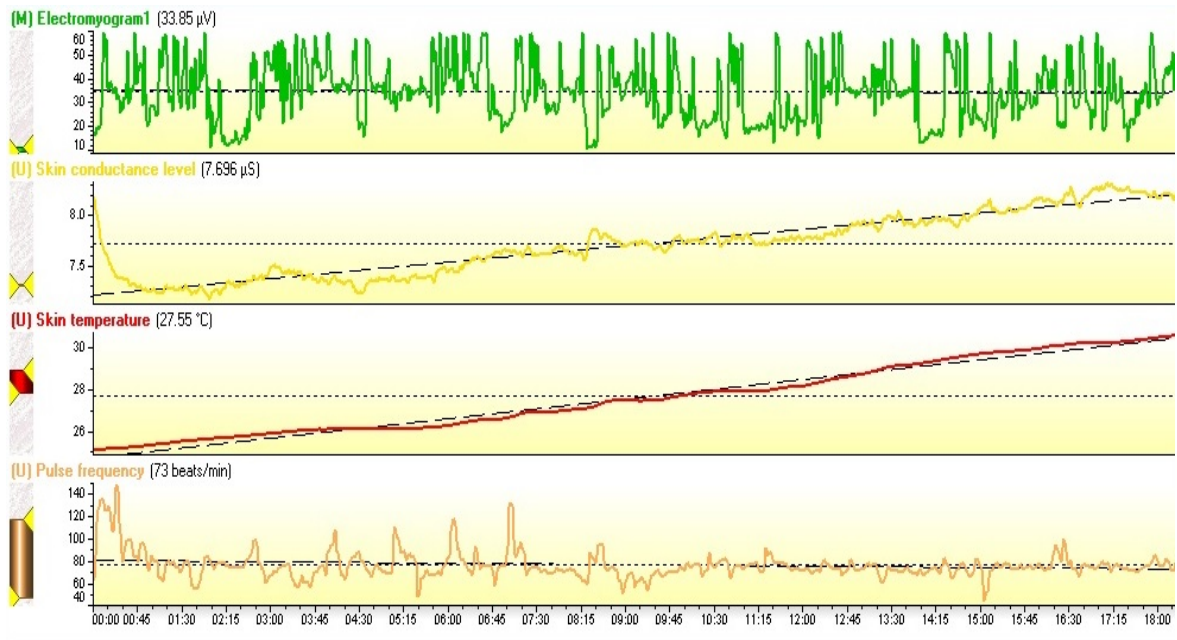


Obrázek č. 30: Upevnění elektrod na pravém předloktí operátora traktoru (autor)

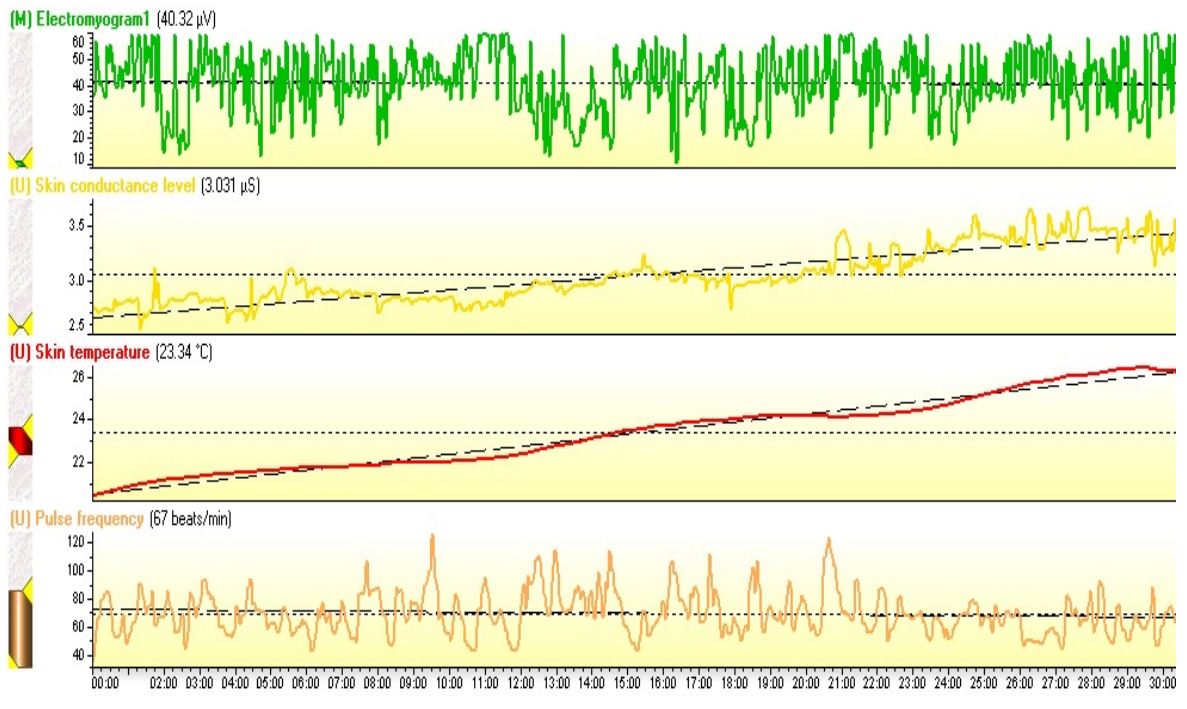
V průběhu delší svalové aktivity, úměrně s intenzitou námahy nastává postupné zapojování většího počtu motorických jednotek (skupiny svalových vláken), které se projeví nárůstem amplitudy v hodnotách záznamu EMG a střední frekvence výkonového spektra klesají po celou dobu kontrakce, zároveň stoupá tepová frekvence, vlivem fyzické námahy tělesná teplota a vlivem pocení klesá odpor kůže, resp. stoupá její vodivost (obrázky č. 31, č. 32 a č. 33).



Obrázek č. 31: Záznam hodnot biosignálů před začátkem pracovní směny (autor)



Obrázek č. 32: Záznam hodnot biosignálů na začátku pracovní směny (autor)



Obrázek č. 33: Záznam hodnot biosignálů na konci pracovní směny. Zobrazené píky odrážejí stresové zatížení operátora (autor)

5 VÝSLEDKY

5.1 Průběh vlastního měření

- 4. 11. 2019 - pracovní podmínky: slunečno, bezvětří, teplota 14,5°C, pocitová teplota 15 °C
 - těžba nahodilá, kalamitní (tabulka č. 1), smrková monokultura, vtroušeně buk a modřín
 - vyráběné sortimenty: výřezy 11–12 m
 - přibližování z porostu – po linkách 4L a 3L
 - klidová fáze 7:05 - 7:15 h
 - pracovní operace – vjezd do porostu (obrázek č. 34)
 - pracovní operace – sestavení nákladu
 - pracovní operace – přibližování výřezů na OM



Obrázek č. 34: Vjezd do porostu (autor)

Tabulka č. 1: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 4. listopadu 2019

| Datum | Čas | Délka směny | Dřevina | Počet kmenů | Počet m ³ | Hmotnost m ³ /kmen |
|------------|-------|-------------|---------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| 04.11.2019 | 14:50 | 6:55 | SM | 43 | 41,3 | 0,960 |
| | | | MD | 15 | 17 | 1,133 |
| | | | BK | 2 | 2,3 | 1,150 |

- 5. 11. 2019 - pracovní podmínky: slunečno, vánek až bezvětří, teplota 14,0 °C, pocitová teplota 12 °C
 - těžba nahodilá, kalamitní (tabulka č. 2), smrková monokultura, vtroušeně buk a modřín
 - vyráběné sortimenty: výřezy 11–12 m
 - přibližování z porostu – po linkách 4L a 3L
 - klidová fáze 7:30 - 7:46 h
 - pracovní operace – vjezd do porostu
 - pracovní operace – sestavení nákladu (obrázek č. 35)
 - pracovní operace – přibližování výřezů na OM



Obrázek č. 35: Sestavování nákladu na lokalitě pařez (autor)

Tabulka č. 2: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 5. listopadu 2019

| Datum | Čas | Délka směny | Dřevina | Počet kmenů | Počet m ³ | Hmotnost m ³ /kmen |
|------------|-------|-------------|---------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| 05.11.2019 | 14:25 | 6:25 | SM | 38 | 44 | 1,158 |
| | | | MD | 6 | 8,5 | 1,417 |
| | | | BK | 3 | 2,1 | 0,700 |

- 6. 11. 2019 - pracovní podmínky: polojasno, bezvětrí, teplota 14,0 °C, pocitová teplota 14 °C
 - těžba nahodilá, kalamitní (tabulka č. 3), smrková monokultura, vtroušeně bříza a modřín
 - vyráběné sortimenty: výřezy 11–12 m
 - přibližování z porostu – po linkách 4L a 3L
 - klidová fáze 7:25 - 7:40 h
 - pracovní operace – vjezd do porostu
 - pracovní operace – sestavení nákladu
 - pracovní operace – přibližování výřezů na OM (obrázky č. 36-38)

Tabulka č. 3: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 6. listopadu 2019

| Datum | Čas | Délka směny | Dřevina | Počet kmenů | Počet m ³ | Hmotnost m ³ /kmen |
|------------|-------|-------------|---------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| 06.11.2019 | 15:15 | 7:25 | SM | 52 | 49,5 | 0,952 |
| | | | MD | 2 | 3,7 | 1,850 |
| | | | BR | 3 | 1,5 | 0,500 |



Obrázek č. 36: Přibližování výřezů na odvozní místo v polozávěsu (autor)

- 7. 11. 2019 - pracovní podmínky: zataženo, bezvětří, teplota 12,0 °C, pocitová teplota 12 °C
 - těžba nahodilá, kalamitní (tabulka č. 4), smrková monokultura, vtroušeně borovice a bříza
 - vyráběné sortimenty: výřezy 11–12 m
 - vyklizování z porostu – po linkách 4L a 3L
 - klidová fáze 7:10 - 7:23 h
 - pracovní operace – vjezd do porostu
 - pracovní operace – sestavení nákladu
 - pracovní operace – přibližování výřezů na OM

Tabulka č. 4: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 7. listopadu 2019

| Datum | Čas | Délka směny | Dřevina | Počet kmenů | Počet m ³ | Hmotnost m ³ /kmen |
|------------|-------|-------------|---------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| 07.11.2019 | 15:45 | 7:55 | SM | 58 | 54,5 | 0,940 |
| | | | BO | 5 | 6,5 | 1,300 |
| | | | MD | 6 | 7,5 | 1,250 |



Obrázek č. 37: Odpojování nákladu na odvozním místě (autor)

- 8. 11. 2019 - pracovní podmínky: zataženo, vánek, teplota 11,0 °C, pocitová teplota 8 °C
 - těžba nahodilá, kalamitní (tabulka č. 5), smrková monokultura, vtroušeně borovice a buk
 - vyráběné sortimenty: výřezy 11–12 m
 - přibližování z porostu – po linkách 4L a 3L
 - klidová fáze 7:10 - 7:24 h
 - pracovní operace – vjezd do porostu
 - pracovní operace – sestavení nákladu
 - pracovní operace – přibližování výřezů na OM

Tabulka č. 5: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 7. listopadu 2019

| Datum | Čas | Délka směny | Dřevina | Počet kmenů | Počet m ³ | Hmotnost m ³ /kmen |
|------------|-------|-------------|---------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| 08.11.2019 | 14:30 | 6:35 | SM | 41 | 39,5 | 0,963 |
| | | | BO | 2 | 2,3 | 1,150 |
| | | | BK | 4 | 4,2 | 1,050 |



Obrázek č. 38: Navalování nákladu na odvozním místě (autor)

Vyklizovací práce probíhaly v únosném terénu se sklonem do 22°, tedy v terénních typech 11, 12 a 13. Terénní typy 13 byl i přes podzimní období vlhký (obrázek č. 39), místy až suchý (obrázek č. 40). Směrem dolů, kolmo přes vrstevnice rychle přecházel přes terénní typ 12 k terénnímu typu 11 a s tím stoupala i povrchová půdní vlhkost a přecházela změnou povrchových vrstev terénu z lesní hrabanky po oglejené kambizemě.

Operátorem prováděné přibližování v polozávěsu i přes šetrnou manipulaci v porostu, kdy se s maximální opatrností snažil eliminovat poškození kmenů i kořenů a kořenových náběhů, poškozují svrchní část podrostu natolik, že vnikají po smýkání čepové části

výřezu více či méně hluboké erozní rýhy v závislosti na hmotnosti každého jednotlivého výřezu (obrázky č.39, č. 40 a č. 41).



Obrázek č. 39: Erozní rýhy ve svahu jako důsledek přibližování v polozávěsu (autor)



Obrázek č. 40: Erozní rýhy na 4L jako důsledek přibližování v polozávěsu (autor)



Obrázek č. 41: Erozní rýhy na 4L jako důsledek přibližování v polozávěsu (autor)

Opakovaným průjezdem po lesní cestě s vlečeným břemenem v polozávěsu pak dochází k soustavnému hlubšímu narušování povrchu a tím k jeho degradaci. Zároveň dochází vlivem deště ke splavování částic takto narušeného povrchu do nižších poloh (obrázek č. 42).



Obrázek č. 42: Erozní podmáčené rýhy na 3L při přibližování v polozávěsu (autor)

V nižších polohách jsou pak za přispění srážek částice dále splavovány do vodních koryt, která zanášejí a snižují tak jejich průtokovou kapacitu. Intenzivní srážky pak svojí kinetickou energií unášejí splaveniny do středních a nižších částí toku, kde se podílejí jak na zanášení vodních nádrží a tím na snižování jejich retenční kapacity tak i na výši následků při případných povodních.

5.2 Naměřené výsledky – porovnání

Údaje získané vlastním měřením byly porovnávány vzhledem k časové návaznosti jednotlivých operací v rámci pracovního dne a týdne. Před začátkem pracovní směny každého pracovního dne bylo provedeno validační měření v rozsahu alespoň 10 minut. Po dobu validačního měření nevykonával operátor žádnou činnost, měřená horní končetina byla zcela v klidu a bez zátěže. Následná měření byla prováděna při jednotlivých operacích – vjezd do porostu – sestavení nákladu na vývozním místě – přibližování z vývozního místa na odvozní místo. Naměřené hodnoty svalové zátěže a svalové únavy odráží stresové zatížení operátora v průběhu pracovní směny a pracovního týdne.

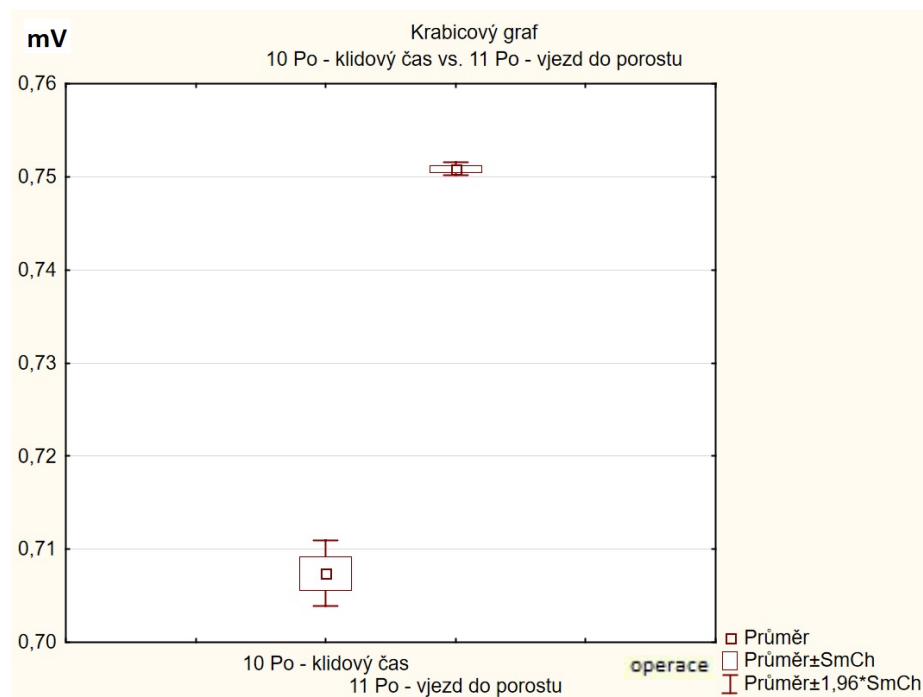
Terénním měřením bylo zajištěno celkem 1 096 705 naměřených hodnot. Z toho bylo 197 595 hodnot v klidovém poloze, 324 349 hodnot při operaci vjezdu do porostu, 308 313 hodnot při operaci sestavování nákladu a 266 443 hodnot naměřených při operaci přibližování na odvozní místo. Měřeními získané hodnoty byly statisticky, jak bylo popsáno výše, zpracovány do dále předložených tabulek a grafů.

Každé měření získaných hodnot změn svalového napětí je pro přehlednost a jednoznačnost identifikováno kombinací číslic určujících den v týdnu a druh měřené operace včetně slovního upřesnění (obrázky č. 43–57).

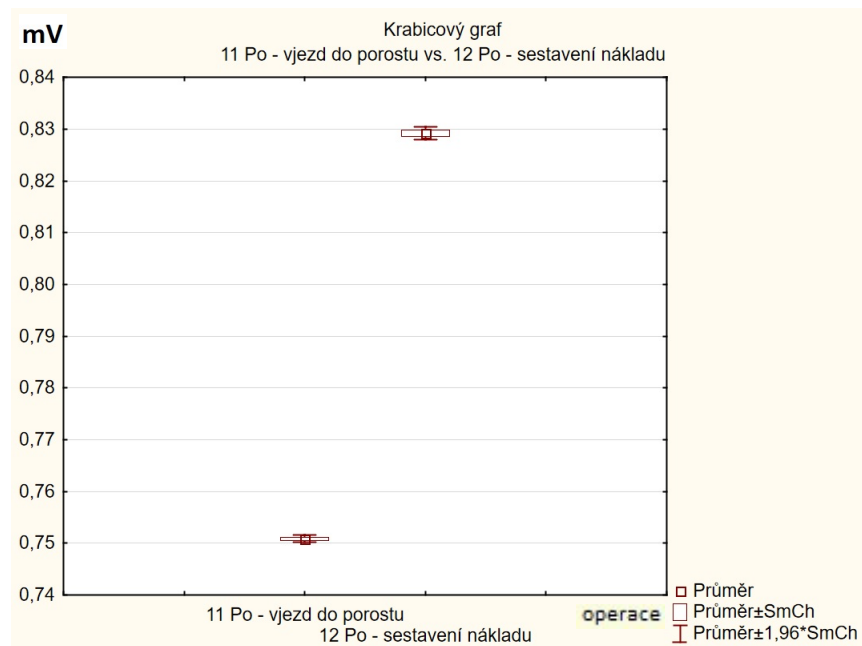
Zobrazené hodnoty jsou hodnoty průměru, hodnoty včetně směrodatné odchylky na hladině spolehlivosti 0,95 a na hladině spolehlivosti 1,96.

Tabulka č. 6: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 4. 11. 2019

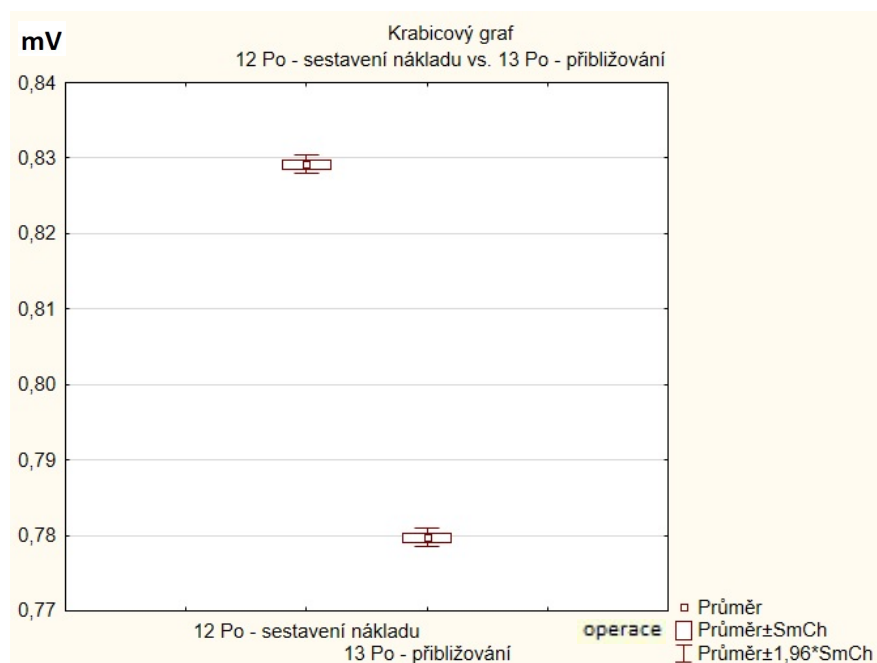
| Porovnávaná měření | Ø skupiny č. 1 | Ø skupiny č. 2 | T-test | Pravděpodobnost | Poč. plat. sk. č. 1 | Poč. plat. sk. č. 2 | Ø rozptyly | Leven F(1, sv) | stupeň volnosti Levene | p Levene |
|--|----------------|----------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------------------|----------|
| 10 Po – klidový čas vs. 11 Po - vjezd do porostu | 0,707388 | 0,750853 | -23,7097 | 0,00000 | 65532 | 65500 | 0,00 | 1685,122 | 131030 | 0,00 |
| 11 Po – vjezd do porostu vs. 12 Po - sestavení nákladu | 0,750853 | 0,829156 | -111,413 | 0,00000 | 65500 | 24105 | 0,000000 | 327,7114 | 89603 | 0,00 |
| 12 Po – sestavení nákladu vs. 13 Po - přibližování | 0,829156 | 0,779689 | 55,79221 | 0,00000 | 24105 | 20980 | 0,000000 | 490,8811 | 45083 | 0,00 |



Obrázek č. 43: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 4. 11. 2019. Pracovní zatížení při vjezdu do porostu je svalová zátěž o 6,14 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



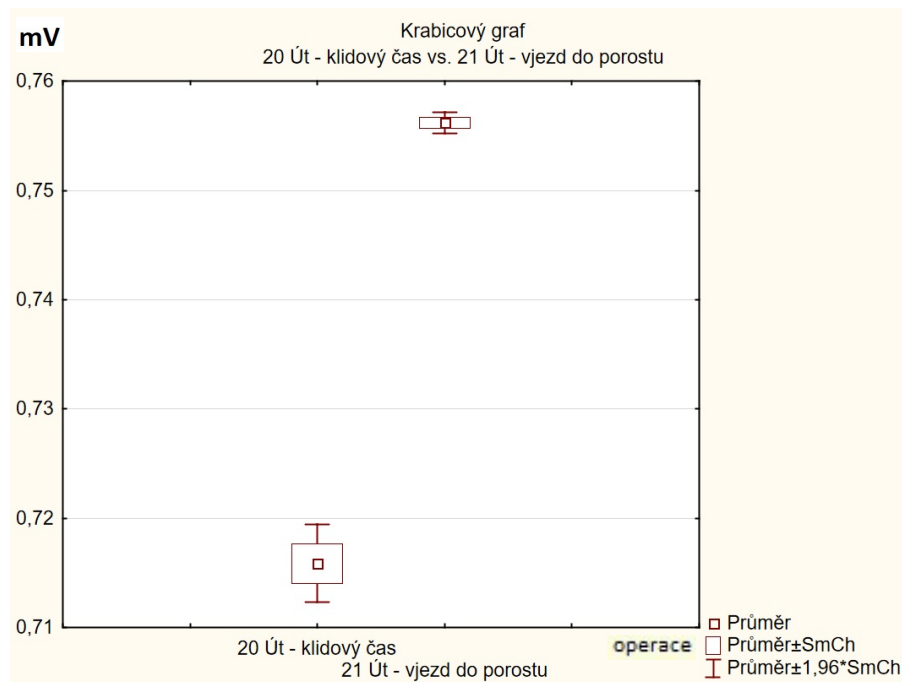
Obrázek č. 44: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 4. 11. 2019. Při sestavování nákladu je svalová zátěž 10,41% vyšší než při vjezdu do porostu a o 17,12% vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



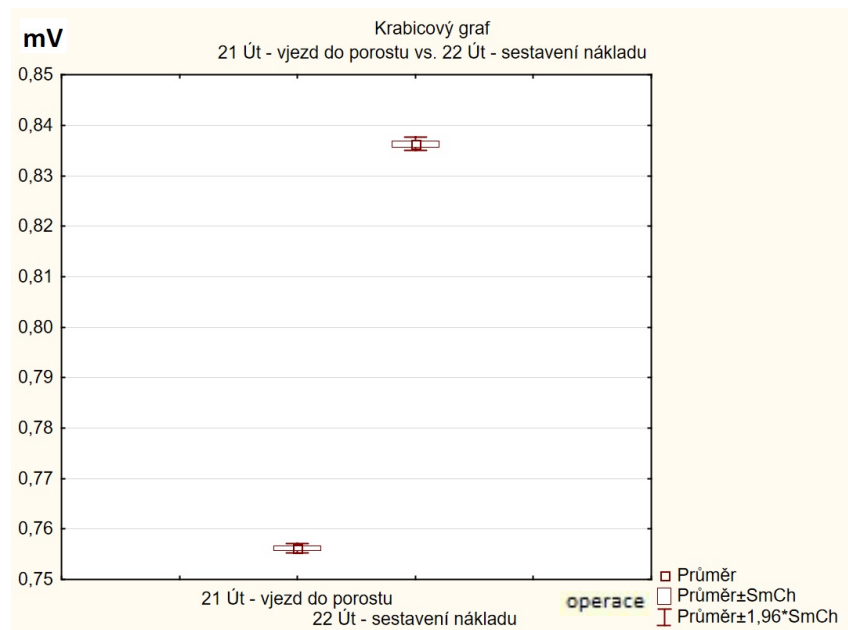
Obrázek č. 45: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 4. 11. 2019. Při přibližování je svalová zátěž o 5,97 % nižší než při sestavování nákladu a o 3,84 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 10,22 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)

Tabulka č. 7: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 5. 11. 2019

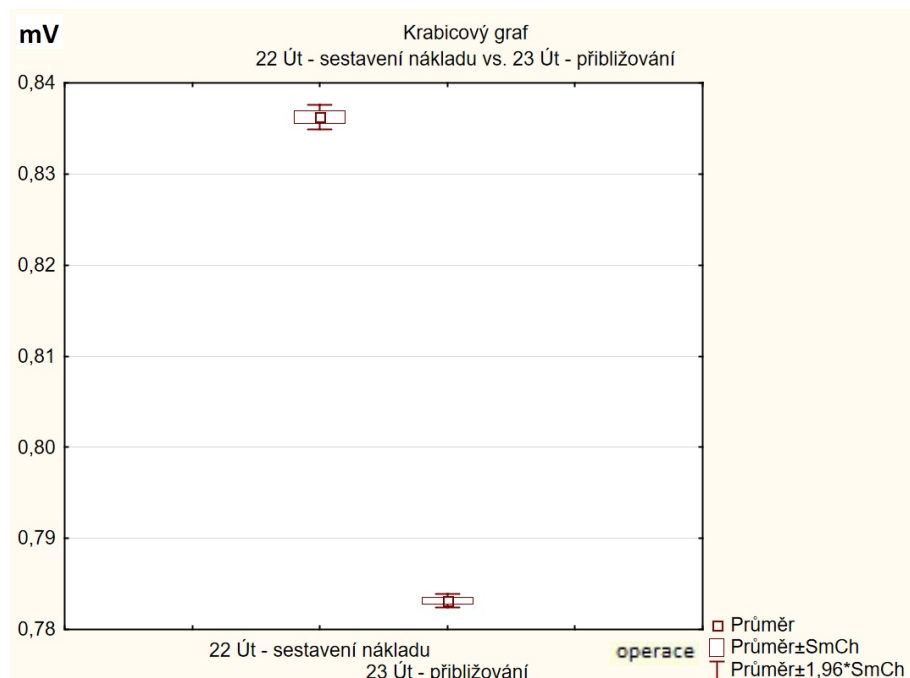
| Porovnávaná měření | Ø skupiny č. 1 | Ø skupiny č. 2 | T-test | Pravděpodobnost | Poč. plat. sk. č. 1 | Poč. plat. sk. č. 2 | Ø rozptyly | Leven F(1, sv) | stupeň volnosti Levene | p Levene |
|--|----------------|----------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------------------|----------|
| 20 Út – klidový čas vs. 21 Út - vjezd do porostu | 0,715876 | 0,756197 | -15,8395 | 0,00000 | 65532 | 34126 | 0,00 | 945,8301 | 99656 | 0,00 |
| 21 Út – vjezd do porostu vs. 22 Út - sestavení nákladu | 0,756197 | 0,836278 | -97,3752 | 0,02030 | 34126 | 22074 | 0,00 | 1053,133 | 56198 | 0,00 |
| 22 Út – sestavení nákladu vs. 23 Út - přibližování | 0,836278 | 0,783132 | 68,95408 | 0,00000 | 22074 | 65532 | 0,000507 | 871,4618 | 87604 | 0,00 |



Obrázek č. 46: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 5. 11. 2019. Pracovní zatížení při vjezdu do porostu je svalová zátěž o 5,63 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



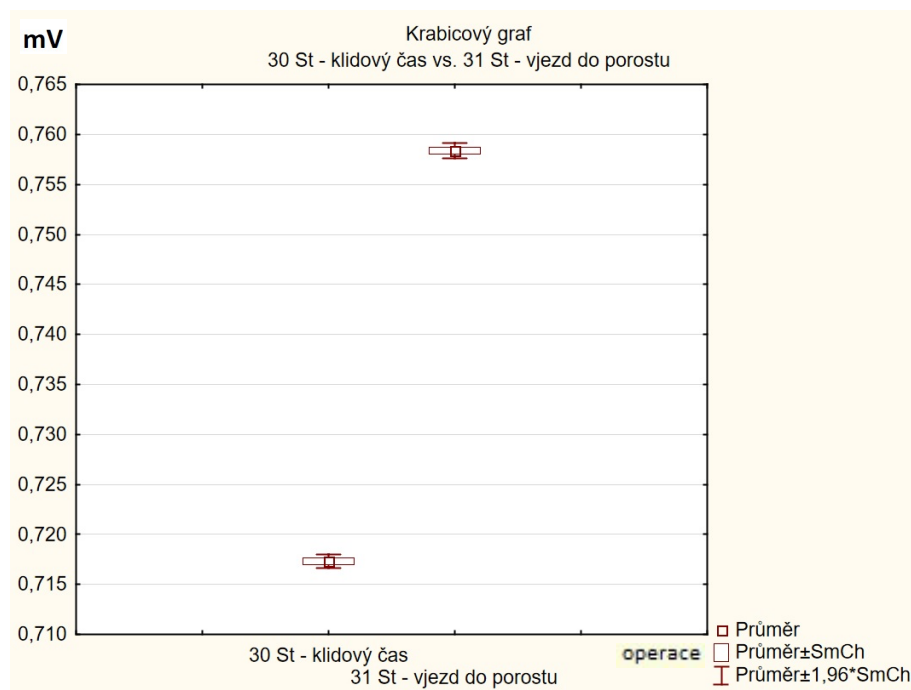
Obrázek č. 47: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 5. 11. 2019. Při sestavování nákladu je svalová zátěž 10,58% vyšší než při vjezdu do porostu a o 16,81% vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



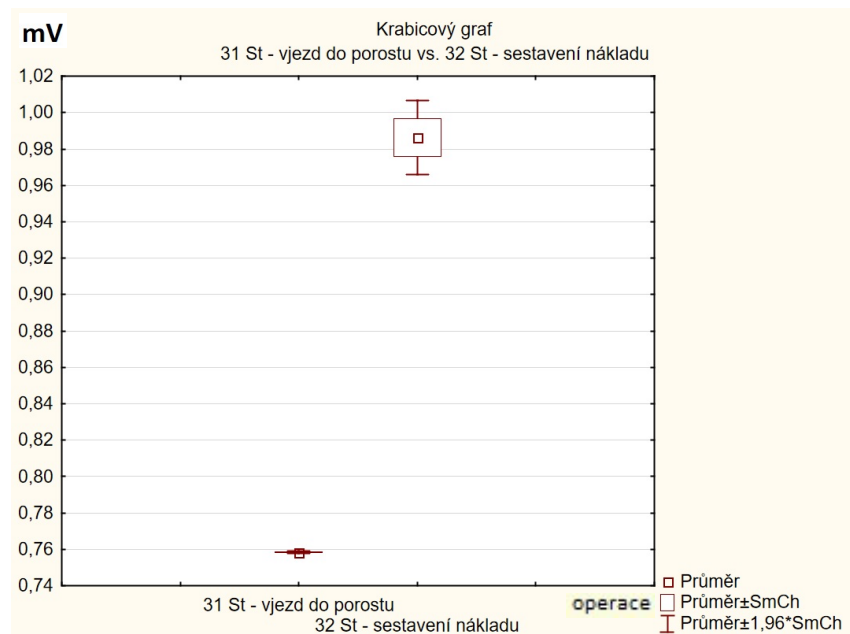
Obrázek č. 48: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 5. 11. 2019. Při přibližování je svalová zátěž o 6,35 % nižší než při sestavování nákladu a o 3,56 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 9,39 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)

Tabulka č. 8: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 6. 11. 2019

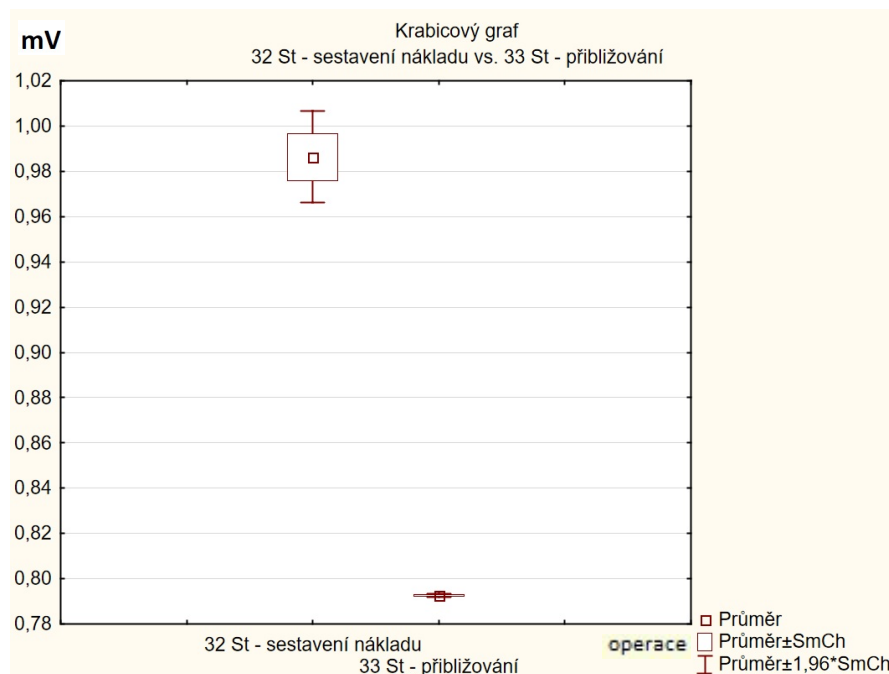
| Porovnávaná měření | Ø skupiny č. 1 | Ø skupiny č. 2 | T-test | Pravděpodobnost | Poč. plat. sk. č. 1 | Poč. plat. sk. č. 2 | Ø rozptyly | Leven F(1, sv) | stupeň volnosti Levene | p Levene |
|--|----------------|----------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------------------|----------|
| 30 St – klidový čas vs. 31 St - vjezd do porostu | 0,717292 | 0,758387 | -80,7755 | 0,04065 | 65532 | 65532 | 0,00 | 133,0728 | 131062 | 0,00 |
| 31 St – vjezd do porostu vs. 32 St - sestavení nákladu | 0,758387 | 0,986398 | -22,0627 | 0,00000 | 65532 | 65532 | 0,00 | 2073,300 | 131062 | 0,00 |
| 32 St – sestavení nákladu vs. 33 St - přibližování | 0,986398 | 0,792545 | 18,75710 | 0,00000 | 65532 | 65532 | 0,00 | 2099,843 | 131062 | 0,00 |



Obrázek č. 49: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 6. 11. 2019. Pracovní zatížení při vjezdu do porostu je svalová zátěž o 5,72 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



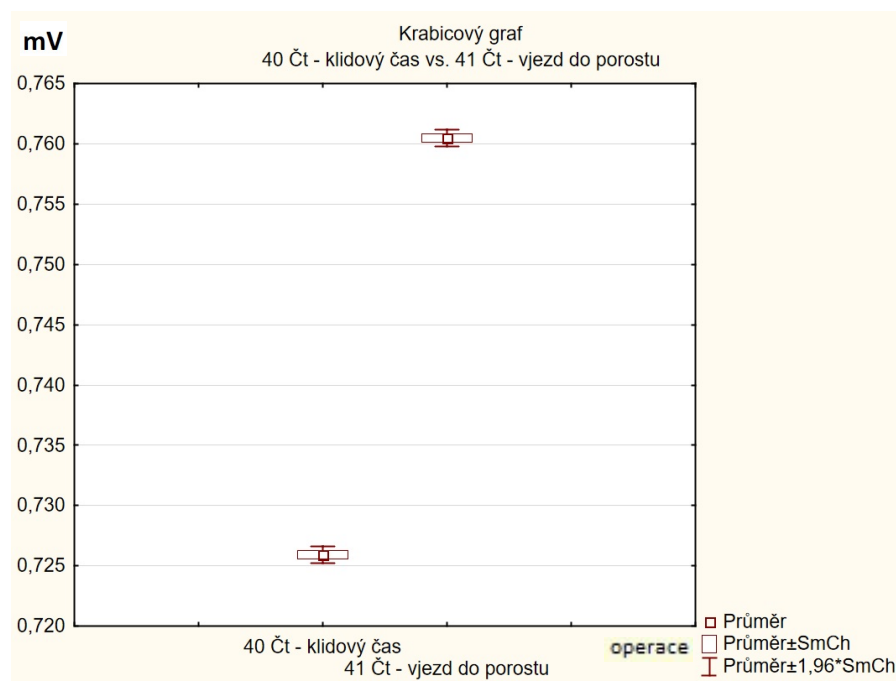
Obrázek č. 50: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 6. 11. 2019. Při sestavování nákladu je svalová zátěž 30,06 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 37,51 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



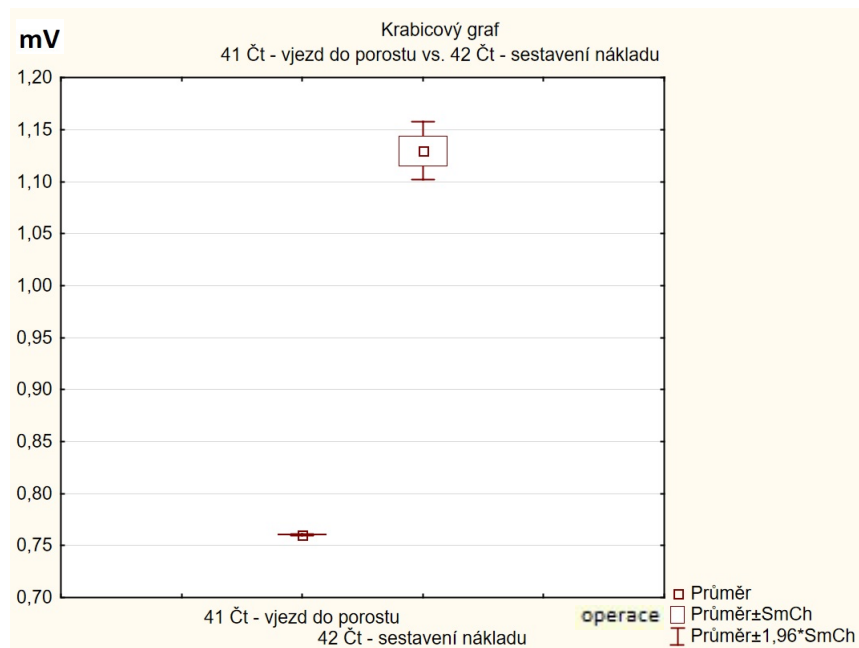
Obrázek č. 51: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 6. 11. 2019. Při přibližování je svalová zátěž o 19,65 % nižší než při sestavování nákladu a o 4,50 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 10,49 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)

Tabulka č. 9: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 7. 11. 2019

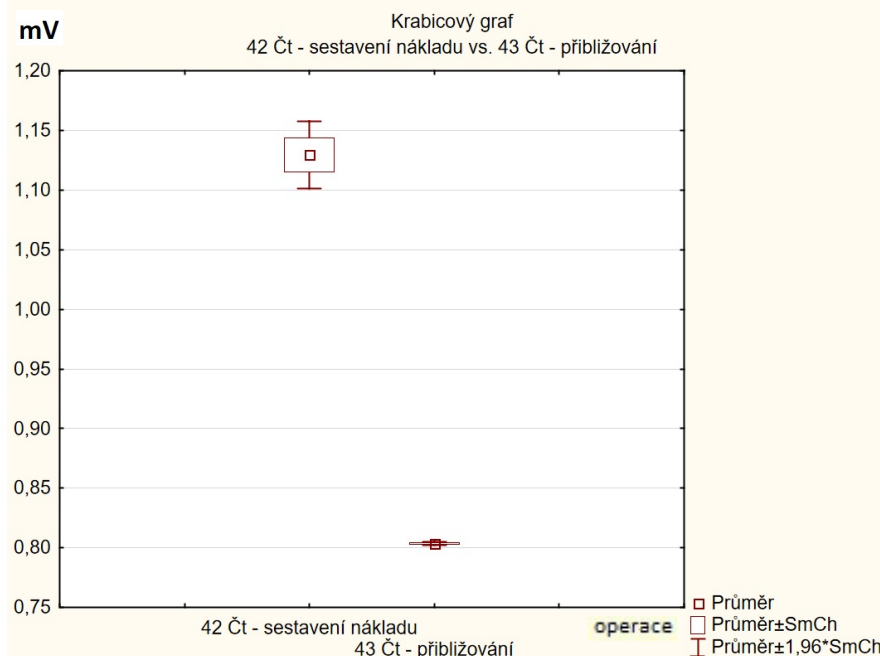
| Porovnávaná měření | Ø skupiny č. 1 | Ø skupiny č. 2 | T-test | Pravděpodobnost | Poč. plat. sk. č. 1 | Poč. plat. sk. č. 2 | Ø rozptyly | Leven F(1, sv) | stupeň volnosti Levene | p Levene |
|--|----------------|----------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------------------|----------|
| 40 Čt – klidový čas vs. 41 Čt - vjezd do porostu | 0,725900 | 0,760478 | -68,1692 | 0,00000 | 65532 | 65532 | 0,000000 | 28,25885 | 131062 | 0,000000 |
| 41 Čt – vjezd do porostu vs. 42 Čt - sestavení nákladu | 0,760478 | 1,129511 | -25,9048 | 0,00000 | 65532 | 65532 | 0,00 | 1940,468 | 131062 | 0,00 |
| 42 Čt – sestavení nákladu vs. 43 Čt - přibližování | 1,129511 | 0,803567 | 13,89841 | 0,00026 | 65532 | 21171 | 0,00 | 704,3045 | 89701 | 0,00 |



Obrázek č. 52: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 7. 11. 2019. Pracovní zatížení při vjezdu do porostu je svalová zátěž o 4,76 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



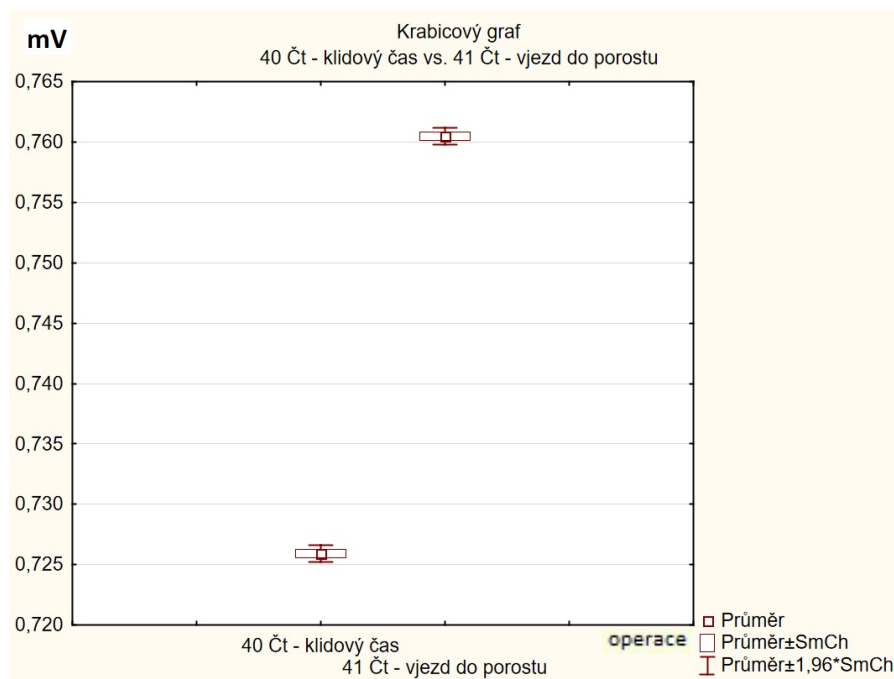
Obrázek č. 53: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 7. 11. 2019. Při sestavování nákladu je svalová zátěž 48,52 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 55,60 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



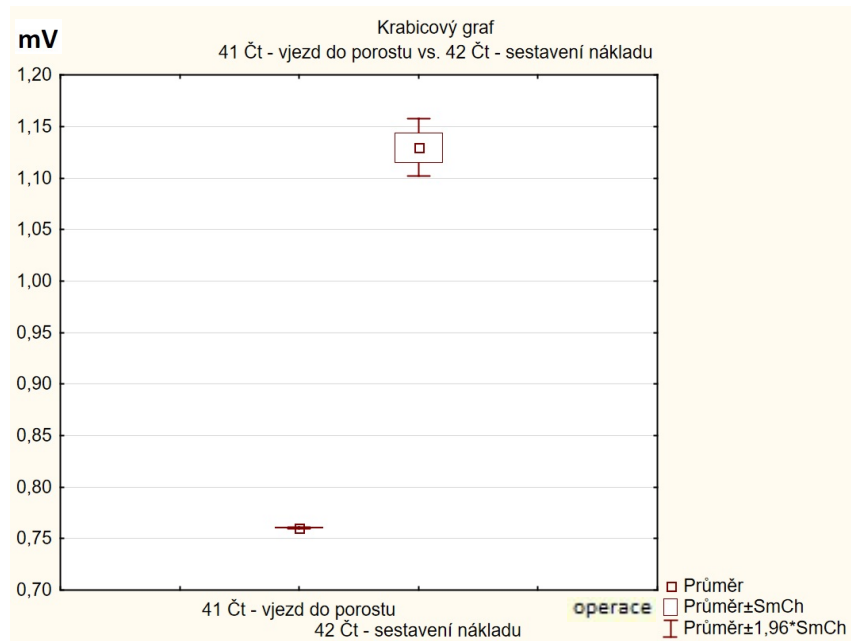
Obrázek č. 54: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 7. 11. 2019. Při přibližování je svalová zátěž o 28,85 % nižší než při sestavování nákladu a o 5,66 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 10,69 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)

Tabulka č. 10: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 8. 11. 2019

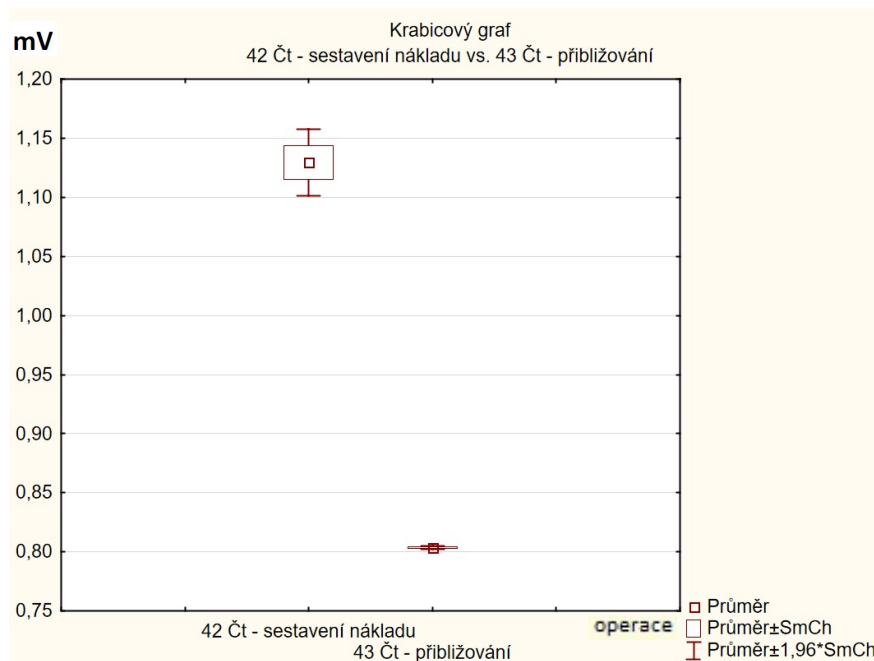
| Porovnávaná měření | Ø skupiny č. 1 | Ø skupiny č. 2 | T-test | Pravděpodobnost | Poč. plat. sk. č. 1 | Poč. plat. sk. č. 2 | Ø rozptyly | Leven F(1, sv) | stupeň volnosti Levene | p Levene |
|--|----------------|----------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------------------|----------|
| 50 Pá – klidový čas vs. 51 Pá - vjezd do porostu | 0,735324 | 0,776612 | -31,4234 | 0,00000 | 65532 | 65532 | 0,00 | 201,5357 | 131062 | 0,00 |
| 51 Pá – vjezd do porostu vs. 52 Pá - sestavení nákladu | 0,776612 | 1,477658 | -35,6531 | 0,00000 | 65532 | 65532 | 0,00 | 4577,028 | 131062 | 0,00 |
| 52 Pá – sestavení nákladu vs. 53 Pá - přibližování | 1,477658 | 0,807454 | 34,14865 | 0,10023 | 65532 | 65532 | 0,00 | 4692,675 | 131062 | 0,00 |



Obrázek č. 55: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 8. 11. 2019. Pracovní zatížení při vjezdu do porostu je svalová zátěž o 5,61 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



Obrázek č. 56: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 8. 11. 2019. Při sestavování nákladu je svalová zátěž 90,26 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 200,95 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)



Obrázek č. 57: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 8. 11. 2019. Při přibližování je svalová zátěž o 45,35 % nižší než při sestavování nákladu a o 3,97 % vyšší než při vjezdu do porostu a o 9,80 % vyšší než v čase fyzického klidu (autor)

Nárůst svalové zátěže je patrný z hodnot naměřených v průběhu celého týdne. V průběhu dne hodnoty zátěže rostou od stavu fyzického klidu až po operaci přibližování z porostu na odvozní místo, resp. sestavování nákladu, která se ze všech operací fáze soustředování nejnáročnější. Určitá regenerace svalů v období mezi směnami je částečně dokázána poklesem svalového napětí mezi poslední operací předchozího dne a klidovou fází následujícího dne.

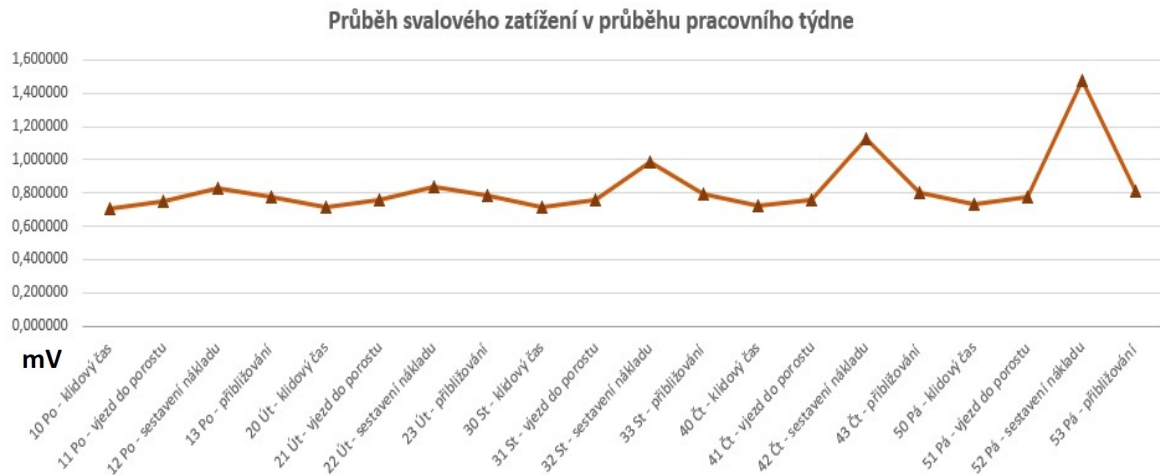
Dlouholeté pracovní zkušenosti operátora traktoru, a to i mimo pracovní dobu na své zemědělské usedlosti mohou být příčinou registrace pouze snížené námahy svalových skupin. Zatím nepodloženě je možné predikovat názor, že zejména kratší zkušenost by prokázali větší námahu a stresovou zátěž operátora, samozřejmě v kontextu s jeho osobnostní charakteristikou.

Tabulka č. 11: Souhrnné porovnání pracovní zátěže při jednotlivých operacích během pracovního týdne

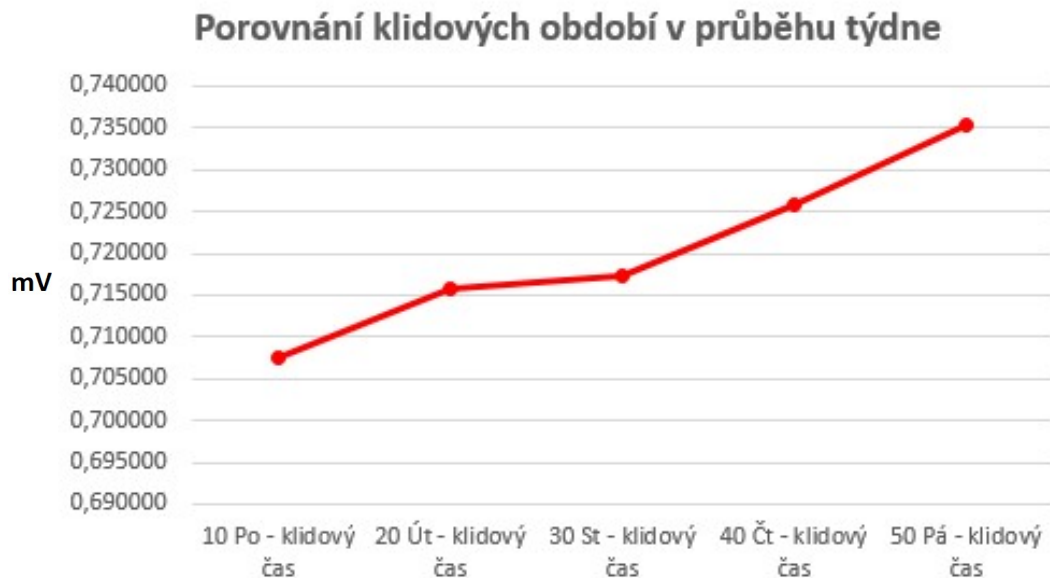
| Srovnávané hodnoty | Bez zátěže vs. Vjezd do porostu | Vjezd do porostu vs. Sestavení nákladu | Sestavení nákladu vs. Přibližování | Bez zátěže vs. Sestavení nákladu | Bez zátěže vs. Přibližování | Délka pracovní směny |
|--------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| pracovní směna | % | % | % | % | % | hod |
| Pondělí | 6,14 | 10,41 | -5,97 | 17,12 | 10,22 | 6:50 |
| Úterý | 5,63 | 10,58 | -6,35 | 16,81 | 9,39 | 6:25 |
| Středa | 5,72 | 30,06 | -19,65 | 37,51 | 10,49 | 7:25 |
| Čtvrtek | 4,76 | 48,52 | -28,85 | 55,6 | 10,69 | 7:55 |
| Pátek | 5,61 | 90,26 | -45,35 | 200,95 | 9,8 | 6:35 |
| Ø | 5,57 | 37,97 | -21,23 | 65,60 | 10,12 | 7:02 |

Z výše uvedeného porovnání je patrná výrazná odlišnost náročnosti jednotlivých pracovních operací. Zároveň však není patrná signifikantní závislost na délce pracovní směny (tabulka č. 11). Obrázky č. 58 až č. 62 graficky zobrazují změny hodnot svalového

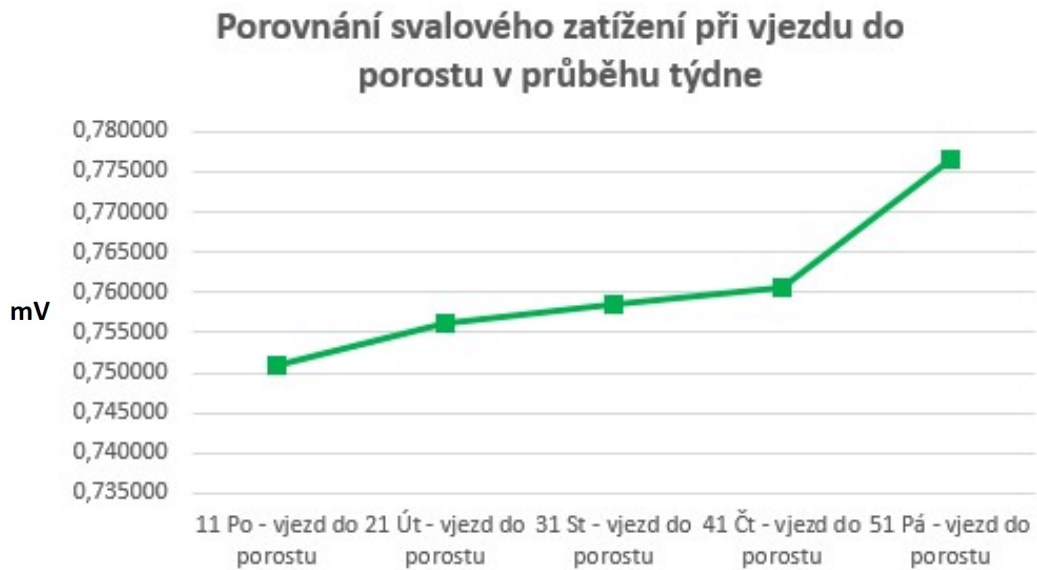
zatížení v průběhu celého pracovního týdne z nichž je patrný nárůst stresového zatížení, kterému je operátor vystaven po celou dobu produktivního věku.



Obrázek č. 58: Změna svalového zatížení vyjádřená v mV elektrického potenciálu ve sledu jednotlivých pracovních operací v průběhu pracovního týdne (autor)



Obrázek č. 59: Průběh změny svalové zátěže v období fyzického klidu celého pracovního týdne v mV (autor)



Obrázek č. 60: Průběh změny svalové zátěže při vjezdu do porostu během celého pracovního týdne v mV (autor)

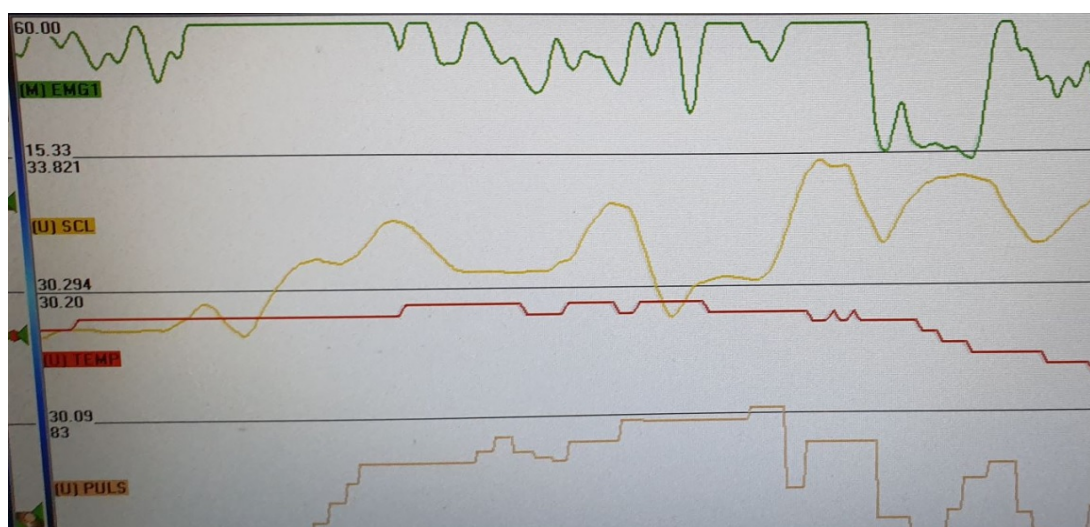


Obrázek č. 61: Průběh změny svalové zátěže při sestavování nákladu během celého pracovního týdne v mV (autor)



Obrázek č. 62: Průběh změny svalové zátěže při přibližování během celého pracovního týdne v mV (autor)

V průběhu pracovní směny v pátek 8.11.2019 operátor při sestavování nákladu ve svahu s ocelovým lanem v ruce uklouzl po klestu. Na obrázku č. 61 je jako důsledek stresové reakce patrné vysoké svalové zatížení vlivem vzniklé situace (zelená křivka), dále kolísavý nárůst vodivosti kůže (žlutá křivka), postupný pokles teploty na periferii těla vlivem reflexní vazokonstrikce (červená křivka) a zvýšení krevního tepu vlivem aktivace adrenergických α_1 a β_1 receptorů.



Obrázek č. 63: Průběh odezvy organismu na náhle vzniklou stresovou zátěž (autor)

6 DISKUZE

Trvá-li stresové zatížení dlouhou dobu, pak v organismu dochází vlivem dlouhodobě nepříznivého stavu k pocitům únavy a k fázi vyčerpání (Večeřová-Procházková et al., 2008).

Tento předpoklad byl naměřenými hodnotami změn elektrického potenciálu svalových skupin potvrzen v průběhu každé jednotlivé pracovní směny. Ve sledu vykonávaných operací se průměrné hodnoty elektrického potenciálu měnily v závislosti na námaze – operace sestavování nákladu vykazuje nejvyšší hodnoty svalové zátěže. Zároveň byl obdobný snímek vidět i v průběhu celého pracovního týdne. Tedy jednotlivé stejné operace v průběhu dne i týdne lineárně až exponenciálně zvyšují průměrné hodnoty. Operátor měl pouze časově omezený časový limit pro regeneraci prací zatíženého organismu, neboť po pracovní směně vykonával další fyzickou činnost doma, byť ne již tak náročnou.

Pokusy odborníků ukazují možnost intenzivních změn fyziologických faktorů organismu v provozních podmínkách. Často jsou tyto změny spojené s výskytem mnohdy nepředvídatelných situací. (Dvořák, 2010).

Praktickým měřením bylo pozorováno a dokumentováno řešení nečekaně vzniklé situace při sestavování nákladu ve svahu, kdy operátor s ocelovým lanem navijáku v ruce uklouzl po vlhkém klestu. Okamžitá reflexní reakce rychlé fyzické odpovědi navýšila hodnoty elektrického potenciálu svalu nad hodnoty běžné pracovní zátěže.

Organismus reaguje na náhle vzniklou situaci reflexně. Především dochází okamžitě k vyplavením adrenalinu ze dřeně nadledvinek a následnou reakcí adrenalinu na receptorech α_1 dochází ke stahu svaloviny cév, zvýšení srdečního tepu a následně hypertenzi. Tím dojde k vzestupu krevního tlaku, k poklesu teploty na periférii je zároveň k zvýšení vodivosti kůže.

Vystavení operátora zátěži po dlouhou dobu a chronické působení traumatizujícího stresu jsou neobyčejně destruktivními a poškozují tělesné i psychické zdraví. V extrémních případech mohou ohrozit samotný život (Bryce, 2001).

Časté opakovaně vzniklé náhlé intenzivní situace, zejména u nezkušeného, staršího nebo disponovaného operátora, mohou mít v kombinaci s civilizační zátěží v mezní situaci až fatální následek.

Optimálně by obtížnost úkolu měla být taková, aby pracovníka dostatečně stimulovala a motivovala, aby pro něj byl daný úkol výzvou, avšak nepřekročil pro pracovníky přijatelnou a produktivní stresovou hladinu (Pauknerová, 2007).

Toto tvrzení bylo potvrzeno v průběhu celého měřeného experimentu. Operátor v poklidu vykovával přidělený úkol. Vzhledem k tomu, že je hodnocen výkonově, má podle svého sdělení rozplánováno, kolik m³ dříví musí v průběhu pracovní směny soustředit na odvozní místo a podle toho si nastavil přiměřené pracovní tempo. Pokud by soustředil za směnu více dřevní hmoty, na jeho hodnocení by se tato skutečnost nijak významně neprojevila.

Nicméně bylo pozorováno, že v okamžiku, kdy je operátor vlivem prokrastinace v časovém presu, má tendenci k rychlejší únavě, zároveň se však při sestavování nákladu projevuje snaha sestavit maximálně objemný náklad. Tato snaha se pak projeví horší manévrovatelností traktoru a vznikem hlubších erozních rýh případně až poškozením kolem stojících stromů v kořenové oblasti.

Aparaturou Biofeedback 2000 lze monitorovat fyziologické funkce organismu. Biofeedback 2000 umožňuje zjišťovat hodnoty (aktivity) základních fyziologických funkcí, jejichž prostřednictvím lze získat zpětnou vazbu o reakcích organismu na vnější podněty jako je monotonie a stres. (Schuhfried, 2008).

Použité technické prostředky po celou dobu měření bezprostředně zaznamenávaly hodnoty změn elektrického potenciálu ale i tepové frekvence, odporu kůže a tělesné

teploty, což bylo možné během měření online sledovat na záznamovém zařízení. Pro maximální „komfort“ operátora bylo z praktických důvodů záznamové zařízení uloženo v kabině traktoru tak, aby byl zajištěn bezdrátový přenos dat mezi snímacími senzory a záznamovým zařízením.

Nejrozšířenější formou měření biofeedbacku je elektromyograf. Využívá elektrod pro snímání povrchové svalové aktivity tím, že monitoruje změny napětí ve svalu. Při svalové aktivaci dochází ke změně elektrického potenciálu, kterou zaznamenává. Povrchové fixační elektrody pro jednorázové použití jsou přilepeny na odmaštěnou kůži. Záznam povrchového EMG poskytuje informace o průběhu rozdílů napětí na elektrodách umístěných na povrchu kůže, avšak neposkytuje žádné informace o elektrických aktivitách sousedících přilehlých svalů (Dvořák, 2010).

Pokusně bylo toto tvrzení částečně potvrzeno nutností přesné lokalizace umístění referenční i měřících elektrod s akcentem na zabezpečení bezprostředního kontaktu s pokožkou za současné dostatečné fixace elektrod v požadovaných pozicích. Ze starších experimentů bylo potvrzeno, že elektrody s malou adhezní plochou ($6,2\text{cm}^2$) je nutné na začátku každé směny opětovně fixovat. Z tohoto důvodu bylo použito elektrod s $3,5\text{x}$ větší adhezní plochou a s vrstvou vodivého gelu umožňující lepší přenos dat. Tyto elektrody zajistí fixaci na místě po dobu nejméně 30 hodin. Jednotlivá denní měření tak mohou být porovnána mezi sebou vzájemně v rámci týdenního cyklu. Použitý typ elektrody ($19,62\text{ cm}^2$) tak lze použít k dlouhodobému měření z možnosti porovnávání v průběhu celého pracovního týdne. Před aplikací elektrody na vybranou část svalu je vhodné místo označit zdravotně nezávadným značkovačem.

Význam nutnosti odmaštění pokožky před fixací elektrody nelze z provedeného experimentálního měření potvrdit. Významnějším vlivem je velikost adhezní plochy elektrody a kvalita adhezní vrstvy. Nad to se i odmaštěná pokožka začne při stresu a fyzické námaze potit a působit tak proti adhezně. Použité elektrody těmto vlivům bez snížení fixace odolaly.

Jako vhodnou metodou sledování pracovní zátěže operátora dopravně těžebního stroje lze využít biometrické měření. Ze získaných výsledků je možné usuzovat na velikost zátěže zaměstnanců v různých podmínkách výroby a v odlišných pracovních procesech (Dvořák, 2010).

Jedná se o neinvazivní experimentální metodu s dobrými výsledky využití i v jiných oblastech – např. kontrola kvality poúrazové rehabilitace. Vzhledem k neinvazivnosti je metoda vhodná i z etických důvodů.

Krátký bezdrátový přenos bluetooth signálu z vysílacího do přijímacího modulu v notebooku (přibližně do 15 m) jsou měření fyziologické zátěže v současné době prováděna především na řidičích traktorů, operátorech harvesterů a forwarderů. Počítač s přijímací pyramidou umístěnou v USB A portu, který zajišťuje přijímání signálu s následnou transformací dat, je proto umístován do kabiny stroje. Takto je dosaženo nejkratší možné vzdálenosti mezi přijímačem a pracovníkem (s umístěným vysílacím modulem) a minimální riziko výpadku signálu (Dvořák, 2010).

V našem případě byla experimentálně doložena určitá závislost vzdálenosti pro bezdrátový přenos na hustotě porostu (u odvozního místa). Experimentální měření však probíhalo především na holinách a riziko přerušení přenosu signálu nebylo zjištěno.

Zjištěné výsledky měření jednoznačně ukazují na odlišné stresové zatížení pro jednotlivé operace soustředovací fáze výroby surového dříví. Zároveň inspirují k detailnějším prozkoumání operací sestavení nákladu a přibližování v kontextu dalšího vlivu na životní prostředí.

V průběhu experimentu došlo k určitým změnám oproti původnímu plánu, což je u sofistikovaného výzkumu zcela přirozené.

7 ZÁVĚR

Cílem předkládané práce bylo experimentální potvrzení hypotézy předpokládající jak vysoké stresové zatížení, tak rozdílnost tohoto zatížení při jednotlivých operacích probíhajících kontinuálně ve fázi soustředování dříví ve sledu operací vjezd do porostu – sestavování nákladu – přibližování sestaveného nákladu na odvozní místo monitorováním reakcí svalu musculus extensor carpi radialis brevis operátoru traktoru.

Experimentálně bylo zjišťováno, která z operací je pro operátora nejnáročnější a jak se stresové zatížení mění v průběhu pracovního týdne.

Závěrem práce jsou opakovaně potvrzená zjištění naměřených hodnot EMG a jejich průběhu, která závisí na druhu operace, intenzitě a délce pracovní zátěže při operaci. Naměřené hodnoty charakteristicky vypovídají o pracovním výkonu a zátěži operátora traktoru.

Experimentálně byl nalezen statisticky významný nárůst svalového zatížení operátora. Pracovní zátěž mezi jednotlivými sledovanými operacemi významně avšak pravidelně osciluje.

V průběhu pracovních směn narostla zátěž při vjezdu do porostu oproti klidovému stavu v průměru o 5,57 %, v průběhu sestavování nákladu až o 65,60 % a při přibližování o 10,12 % v porovnání s klidovým stavem.

Experimentálně bylo tedy potvrzena hypotéza nárůstu svalového zatížení pouze při sestavování nákladu a to o 65,6%. Zatížení při vjezdu do porostu a při přibližování narostlo pouze o 5,57 % resp. o 10,12%.

Nicméně více než průměrné hodnoty procentuálního nárůstu zatížení o náročnosti operací ve fázi soustředování dříví vypovídá kolísání zátěže v průběhu pracovního zatížení při jednotlivých operacích. Bude-li tedy porovnáváno pracovní zatížení při jednotlivých operacích vzhledem ke klidovému stavu v průběhu pracovního týdne, pak operace vjezdu do porostu se pohybuje v hodnotách nárůstu svalového zatížení od 4,76 % do 6,14 %,

operace sestavení nákladu v hodnotách nárůstu svalového zatížení od 16,81 % do 200,95 % a operace přibližování v hodnotách nárůstu svalového zatížení od 9,39 % do 10,69 %.

Bude-li eliminována hodnota navýšení pracovního zatížení při sestavování nákladu o 200,95 %, která byla ovlivněna reakcí na mimořádnou stresovou situaci, stále lze považovat operaci sestavení nákladu za nejnáročnější z pohledu fyzické i psychické zátěže a zároveň i bezpečnosti práce.

Nárůst elektrického potenciálu svalů ukazuje únavu svalu při opakované zátěži, kdy dochází k zapojení přidružených příčně pruhovaných svalových jednotek, tj. svalových vláken udržujících svalovou sílu s možností pokračovat v započatém pracovním procesu. Nárůst svalového zatížení má pro každou jednotlivou operaci zpočátku týdne charakter lineární, koncem týdne však prudce narůstá. Z naměřených výsledků lze dovozovat, že absence víkendové regenerace svalových skupin by při trvající pracovní zátěži změnila charakter lineárního nárůstu zatížení na exponenciální s trvalými zdravotními následky.

Ze jistěných poznatků lze dovodit vhodnost až nutnost vývoje takových pomůcek či přístrojů, které by významným způsobem snížili zátěž operátora zejména při sestavování nákladu, a přitom by zároveň snižovali negativní vlivy na ostatní složky životního prostředí.

Únava operátora se následně zákonitě projevuje ve způsobu ovládání pracovního nástroje, a to včetně způsobu pohybu v terénu a dalšího ovlivnění životního prostředí jako je množství emitovaných škodlivin z pracovního stroje, poškozování a hutnění terénu nad nezbytnou míru a podobně.

Operátorem prováděné přibližování v polozávěsu i přes jeho snahu o šetrnou manipulaci v porostu, poškozují kromě povrchových kořenů stromů také svrchní část podrostu natolik, že vznikají po smýkání čepové části výřezu více či méně hluboké erozní rýhy v závislosti na hmotnosti každého jednotlivého výřezu, které se při intenzivních deštích podílejí na vodní erozi, zanášení koryt toků a v součtu ovlivňují výši povodňových následků.

Námětem na eliminaci erozních rýh by mohla být obdoba polopřívěsu s nízkotlakými pneumatikami např. v podobě teleskopicky stavitelného rozvoru s upraveným umístěním a ovládáním lanového navijáku.

8 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Publikace:

BAUER F., SEDLÁK P. a ŠMERDA T., 2006: Traktory, 1. vyd., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 192 s., ISBN 80-86726-15-0.

BEK J., 1998: Praxe bezpečnostního technika, 1. vyd., CODEX Bohemia, Praha, 174 s., ISBN 80-85963-55-8.

BRYCE C.P., 2001: Insight to the stress. Pan American Health Organization, Regional Office of WHO, Washington, D.C.

CANNON W.B., 1915: Bodily changes in pain, hunger, fear and rage, An account of recent researches into the function of emotional excitement, Appleton, New York.

CELJAK I., 2000: Stroje pro zemní a lesní práce II., Jihočeská univerzita, České Budějovice.

COOK T., ROSENCRANCE J., ZIMMERMANN C., GERLEMAN D., LUWEDIG P., 1998: Electromyographic analysis of a repetitive hand gripping task, Int J Occup Saf Ergon (JOSE), 4(2), 185–200.

DOLAN A., 2018: Traktory a dopravní prostředky I., Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, s. 6-11.

DRESSLER M., POPELKA J., 1974: Přibližování dříví univerzálními a speciálními lesními traktory, Praha, SZN.

EVROPSKÁ AGENTURA PRO BEZPEČNOST A ZDRAVÍ PŘI PRÁCI, 2000: Výzkum na téma stres spojený s prací, Lucemburk, Úřad pro úřední tisky Evropských společenství, 167 s.

ELAMVAZUTHI I., ZULKIFLI Z., PARASURAMAN S., BALAJI M., CHANDRASECARAN M., 2015: Development of Electromyography Signal Signature for Forearm Muscle, IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, s. 1492–1495.

GRÖGER V., LEWARK S., 2002: Der arbeitende Mensch in Wald. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 970, Dortmund, Berlin & Dresden.

HEARLEY J. A., PICARD R. W., 2005: Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 6(2), 156-166.

HOREK P., 1980: Lesotechnické požadavky pro využití jednoduchých lanových systémů, Zprávy lesnického výzkumu, č. 1.

HOWARD N., 2009: Záda, která nebolí, 1. vyd., Svojtka & Co., Praha, 176 s., Léčebné metody, ISBN 978-80-256-0143-3.

HRAZDIRA I., MORNSTEIN V., 2001.: Lékařská biofyzika a přístrojová technika. 1. vydání. Brno: Neptun, 396 s. ISBN 80-902896-1-4.

HUGHES A. J. G., 1982: Ergonomics of equipment design and operation forestry, Ergonomics 25(1), 3-9 s.

HÜTTICH B., 1997: Aktivně proti bolestem v zádech, 1. vyd., Jak na to, Knížky dostupné každému, Ivo Železný, Praha, 93 s., ISBN 80-237-2549-1.

KEMPF H.-D., SCHMELCHER F., FISCHER J. a STEINER H., 2004: Záda: zbavte se bolesti navždy, úplný program pro zdravá záda, Pragma, Praha, 302 s. ISBN 80-720-5704-9.

KRAEPELIN E., 1902: Die Arbeitskurve, Leipzig, Engelmann.

LEE B. G., CHUNG W. Y., 2012: Driver alertness monitoring using fusion of facial features and bio-signals, IEEE Sensors Journal, 12(7), 2416-2422.

MAREK J., SKŘEHOT P., 2009: Základy aplikované ergonomie, Praha, VÚBP, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6.

MATYÁŠ K. a kol., 1962: Lesní těžba (II. díl), Praha, SZN.

MOHR P., 1993: Bolí vás záda?: Prevence a léčba přírodními prostředky a postupy, Dona, České Budějovice, 158 s. ISBN 80-85463-20-2.

NÁRODNÍ ZEMĚDĚLSKÉ MUZEUM, 2017: Traktor Škoda HT 30, Státní zemědělský intervenční fond, Newsletter, s. 8.

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

PAUKNEROVÁ D. a kol., 2007: Psychologie pro ekonomy a manažery. 2. vyd. Praha: Grada, 254 s., ISBN 8024717069.

PETŘÍČEK V. a kol., 1984: Mechanizační prostředky v lesnictví, Praha, SZN.

PLAMÍNEK J., 1969: Podíl technologie, pracovního prostředí a biologických vlivů na spotřebu času. Psychologie v ekonom. praxi, IV., Praha, 4, 181-188 s.

RÓNAY E., BUMERL M., 1982: *Doprava dreva*, Bratislava, Príroda.

SACHS S., TEICHERT H.-J., RENTZSCH M., 1994: *Ergonomische Gestaltung mobiler Maschinen*, Ecomed, Landsberg/Lech.

SCHUHFRIED, 2008: *Biofeedback 2000^{x-pert}*, Hardware-Manual, Version 3.0., Moedling: Biofeedback.

SCHUHFRIED, 2008: *Biofeedback 2000^{x-pert}*, Software-Manual, Version 3.0., Moedling: Biofeedback.

SIMANOV V., 2015: *Vývoj lesnické techniky v českých zemích 1945–1992*, NZM, Praha, s. 46.

SIMANOV V., KOHOUT V., 2004: *Těžba dříví: Těžba a doprava dříví*, 1. vyd., Písek, Matice lesnická, 412 s., ISBN 80-6271-14-5.

STACKEOVÁ D., 2012: *Cvičení na bolavá záda*, 1. vyd., Grada, Praha, 137 s., Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-4089-8.

ŠIMEK J., 1986: *Fyziologické hodnoty u člověka*, 2. dopln. Vyd., Praha, Avicenum, s.130.

ŠKVOR P., 2018: *Vliv pracovního prostředí na operátora harvestoru – analýza elektromyogramu svalů zápěstí a předloktí*, Diplomová práce, Praha, ČZÚ, 90 s., nepublikováno.

ŠTIKAR J., 2003: *Psychologie ve světě práce*. Praha: Karolinum, 461 s., ISBN 8024604485.

TICHÝ M., 2000: *Funkční diagnostika pohybového aparátu*, 2. vyd., (v Tritonu přeprac. a dopl. 1. vyd.), Triton, Praha, 94 s. ISBN 80-7254-022-X.

VOKURKA M. a kol., 2000: Praktický slovník medicíny, 6. rozš. vyd., Maxdorf, Praha, 490 s., ISBN 80-85912-38-4.

WILLIAMS M., 2000: Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past, *Journal of Historical Geography*, 26: 28-46.

WITTSTEIN I., THIEMAN D., LIMA J., et al., 2005: Neurohumoral features in myocardial stunning due to sudden emotional stress, *NEJM*, 352 (6): 539–548.

ZHENG R., YAMABE S., NAKANO K., SUDA Y., 2015: Biosignal analysis to assess mental stress in automatic driving of trucks: palmar perspiration and masseter electromyography, *Sensors*, 15(3), 5136-5150.

Internetové zdroje:

AGRICO, 2010: Traktorová sedačka (online) [cit. 2019.07.18], dostupné z <<https://eshop.agrico-sro.cz/eshop-traktorova-sedacka-zetor-7211-5401.html>>.

AGRICO, 2010: Traktorová sedačka Granit super comfort (online) [cit. 2019.07.19], dostupné z <<https://eshop.agrico-sro.cz/eshop-traktorova-sedacka-granit-super-komfort-vzduchova.html>>.

ČUZK, 2010: Základní mapa ČR (online) [cit. 2019.08.28], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ms1lh51xvqhpneti4lmficdg\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy50&metadataID=CZ-CUZK-ZM50-RB&mapid=2&head_tab=sekce-02-gp&menu=2251](https://geoportal.cuzk.cz/(S(ms1lh51xvqhpneti4lmficdg))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy50&metadataID=CZ-CUZK-ZM50-RB&mapid=2&head_tab=sekce-02-gp&menu=2251)>.

DAŠEK T., 2017: Traktor Zetor 35 Country (online) [cit. 2019.07.26], dostupné z <<https://www.youtube.com/watch?v=4MxC2ovHXg0&t=104s>>.

DVOŘÁK J., NATOV P., 2010: Fyziologická zátěž pracovníků v lesním, Lesnická práce 2/10, Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, s.r.o., (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-2-10/fyziologicka-zatez-pracovniku-v-lesnim-provozu>>.

KAJZAR O., 2008: Práce operátora těžebně dopravních strojů. Lesnická práce: Časopis pro lesnickou vědu a praxi, roč. 08, č. 3 (online) [cit. 2019.09.04], dostupné z <http://lmda.silvarium.cz/search/i.jsp?pid=uuid:17f63f3c-1e0e-47a390ed6c99df079585#periodical-periodicalvolume-periodicalitem-page_uuid:8f8eeafd-c56e-11e48912001b63bd97ba>.

MEDICINENET, 2016: Syndrom karpálního tunelu (online) [cit. 2019.07.26], dostupné z <https://www.medicinenet.com/image_collection/carpal_tunnel_syndrome_picture/picture.html>.

PRACUJ ZDRAVĚ, 2016: Pracuj zdravě (online) [cit. 2019.07.29], dostupné z <<https://www.pracuj-zdrave.cz/zadove-bederni-operky>>.

STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2014: Syndrom karpálního tunelu z vibrací a přetěžování rukou, SZÚ, Ostrava, (online) [cit. 2019.09.10], dostupné z <www.zuova.cz/Content/files/video-a-prezentace/czs-poster-syndrom-karpalniho-tunelu-z-vibraci-a-pretezovani-rukou.pdf>.

ÚHUL, 2018: Katalog mapových informací, (online) [cit. 2019.09.15], dostupné z <[https:// http://geoportal.uhul.cz/mapy/mapylho.html](https://http://geoportal.uhul.cz/mapy/mapylho.html)>.

VEČEŘOVÁ-PROCHÁZKOVÁ A., HONZÁK R., 2008: Stres, eustres a distres, Interní medicína, Solen, Olomouc, (online) [cit. 2019.09.30], dostupné z <www.solen.cz/savepdfs/int/2008/04/09.pdf>.

ZETOR, 2009: Zetor 25 K, (online) [cit. 2019.07.26], dostupné z <<http://www.zetorgallery.cz/expozice-historickych-traktoru-zetor.html>>.

ZETOR 2009: Zetor 15, (online) [cit. 2019.07.20], dostupné z <<http://www.zetorgallery.cz/expozice-historickych-traktoru-zetor.html>>.

ZETOR, 2019: Zetor Forterra, (online) [cit. 2019.07.26], dostupné z <<http://www.zetorgallery.cz/expozice-historickych-traktoru-zetor.html>>.

Přehled tabulek:

Tabulka č. 1: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 4. listopadu 2019

Tabulka č. 2: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 5. listopadu 2019

Tabulka č. 3: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 6. listopadu 2019

Tabulka č. 4: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 7. listopadu 2019

Tabulka č. 5: Přehled soustředěvaných výřezů během směny 8. listopadu 2019

Tabulka č. 6: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 4. 11. 2019

Tabulka č. 7: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 5. 11. 2019

Tabulka č. 8: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 6. 11. 2019

Tabulka č. 9: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 7. 11. 2019

Tabulka č. 10: Porovnání jednotlivých pracovních operací v průběhu směny 8. 11. 2019

Tabulka č. 11: Souhrnné porovnání pracovní zátěže při jednotlivých operacích v průběhu celého pracovního týdne

Přehled obrázků:

Obrázek č. 1: Traktor Škoda HT30

Obrázek č. 2: Traktor Zetor 15

Obrázek č. 3: Traktor Zetor 25 K

Obrázek č. 4: Zetor Forterra

Obrázek č.5: Traktor Zetor 35 Country

Obrázek č.6: Traktor Valtra N92 při navalování dříví na ŠLP ČZU

Obrázek č. 7: Traktor Valtra N92 s rampovačem a neseným navijákem

Obrázek č. 8: Lanový dvojbubnový naviják Schlang & Reichart DW 162

Obrázek č. 9: Pracovní poloha v sedě za volantem traktoru při navalování

Obrázek č. 10: Pracovní poloha v sedě za volantem traktoru při ovládní zadního závěsu

Obrázek č. 11: Pracovní poloha při sestavování nákladu – příprava úvazku

Obrázek č. 12: Pracovní poloha při rozpojování nákladu – demontáž úvazku

Obrázek č. 13: Podepření oblasti bederní páteře

Obrázek č. 14: Traktorová sedačka Zetor 7211–5401

Obrázek č. 15: Traktorová sedačka Granit super comfort

Obrázek č. 16: Vliv nesprávného sezení při řízení na poškození plotének

Obrázek č. 17: Meziobratlová ploténka

Obrázek č. 18: Syndrom karpálního tunelu

Obrázek č. 19: Fáze stresu

Obrázek č. 20: Optimální míra stresové zátěže a její vliv na pracovní výkon

Obrázek č. 21: Vysílací moduly MULTI a EMG, přijímací modul

Obrázek č. 22: Fixace ECG elektrod EMG modulu

Obrázek č. 23: EMG modul a MULTI modul při měření

Obrázek č. 24: Body pro umístění elektrod EMG

Obrázek č. 25: Pozemky dotčené nahodilou mýtní těžbou leží jižně od obce Bulánka

Obrázek č. 26: Pozemky dotčené nahodilou mýtní těžbou leží jižně od obce Bulánka

Obrázek č. 27: Pozemky dotčené nahodilou mýtní těžbou leží jižně od obce Bulánka (

Obrázek č. 28: Vývojová stadia *Ips typhographus* v pracovní lokalitě

Obrázek č. 29: Upevnění senzoru MULTI modulu na posledním článku prostředního prstu operátora traktoru

Obrázek č. 30: Upevnění elektrod EMG modulu na pravém předloktí operátora traktoru

Obrázek č. 31: Záznam hodnot biosignálů před začátkem pracovní směny

Obrázek č. 32: Záznam hodnot biosignálů na začátku pracovní směny

Obrázek č. 33: Záznam hodnot biosignálů na konci pracovní směny

Obrázek č. 34: Vjezd do porostu

Obrázek č. 35: Sestavování nákladu na lokalitě pařez

Obrázek č. 36: Přibližování výřezů na odvozní místo v polozávěsu

Obrázek č. 37: Odpojení nákladu na odvozním místě

Obrázek č. 38: Navalování nákladu na odvozním místě

Obrázek č. 39: Erozní rýhy ve svahu jako důsledek přibližování v polozávěsu

Obrázek č. 40: Erozní rýhy na 4L jako důsledek přibližování v polozávěsu

Obrázek č. 41: Erozní rýhy na 4L jako důsledek přibližování v polozávěsu

Obrázek č. 42: Erozní podmáčené rýhy na 3L při přibližování v polozávěsu

Obrázek č. 43: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 4. 11. 2019.

Obrázek č. 44: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 4. 11. 2019.

Obrázek č. 45: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 4. 11. 2019

Obrázek č. 46: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 5. 11. 2019

Obrázek č. 47: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 5. 11. 2019

Obrázek č. 48: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 5. 11. 2019

Obrázek č. 49: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 6. 11. 2019

Obrázek č. 50: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 6. 11. 2019

Obrázek č. 51: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 6. 11. 2019

Obrázek č. 52: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 7. 11. 2019

Obrázek č. 53: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 7. 11. 2019

Obrázek č. 54: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 7. 11. 2019

Obrázek č. 55: Srovnání klidové fáze a zátěže při vjezdu do porostu 8. 11. 2019

Obrázek č. 56: Srovnání zátěže při vjezdu do porostu a při sestavování nákladu 8. 11. 2019

Obrázek č. 57: Srovnání zátěže při sestavování nákladu a při přibližování 8. 11. 2019

Obrázek č. 58: Změna svalového zatížení vyjádřená v mV elektrického potenciálu ve sledu jednotlivých pracovních operací v průběhu pracovního týdne

Obrázek č. 59: Průběh změny svalové zátěže v období fyzického klidu celého pracovního týdne

Obrázek č. 60: Průběh změny svalové zátěže při vjezdu do porostu během celého pracovního týdne

Obrázek č. 61: Průběh změny svalové zátěže při sestavování nákladu během celého pracovního týdne

Obrázek č. 62: Průběh změny svalové zátěže při přibližování během celého pracovního týdne

Obrázek č. 63: Průběh odezvy organismu na náhle vzniklou stresovou zátěž