

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ
Katedra lesnických technologií a staveb



Bakalářská práce

**Analýza zátěže křížových a bederních svalů při
náviku ovládní CTL technologie na
simulátoru s ohledem na délku náviku**

Autor: Jonáš Krejčířík

Vedoucí práce: Ing. Jan Macků, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jonáš Krejčířík

Lesnictví

Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Název práce

Analýza zátěže křížových a bederních svalů při nácviku ovládní CTL technologie na simulátoru s ohledem na délku nácviku

Název anglicky

Analysis of the Load on the Sacrum and Lumbar Muscles During the CTL Technology Control Training on the Simulator with Regard to the Length of the Training

Cíle práce

Cílem práce je, pomocí měření přístrojem Biofeedback 2000 XPert, posoudit vybrané biometrické údaje (elektromyogram) při nácviku ovládní harvesterové technologie(CTL) na simulátoru. Cílem je zejména posoudit reakci zkoumaných osob v průběhu nácviku a posoudit míru zátěže vybraných svalových skupin s ohledem na délku nácviku. Cílem práce je dále získaná data statisticky zpracovat a vyhodnotit.

Metodika

Měření bude předcházet literární rešerše.

Měření bude provedeno přístrojem Biofeedback 2000 XPert, který umožňuje zaznamenávat biometrické údaje (BVP, EMG, teplota, potivost apod.) a to při práci a při odpočinku (v klidové fázi).

Následně bude, na základě statistické analýzy, posouzena míra zátěže cílových svalových skupin v průběhu nácviku.

Porovnávání budou výsledky jednak při relaxaci a nácviku a jednak na začátku v průběhu a na konci nácviku.

Harmonogram:

Předložení literární rešerše: do konce roku 2021

Měření: říjen – listopad 2021

Předložení naměřených dat: leden 2022

Předložení zpracovaných výsledků a diskuze: únor 2022

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

zátěž, biofeedback, elektromyogram, nácvik, CTL

Doporučené zdroje informací

- 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.).
- NERUDA, Jindřich a Vladimír SIMANOV. Technika a technologie v lesnictví. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006, 324 s. ISBN 80-7157-988-2 (brož.).
- PULKRAB, K., ŠIŠÁK, L., BARTUNĚK, J.: Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství. Kostelec n. Č.L.: Lesnická práce, s.r.o., 2008, 131 s.
- RÓNAY, E., BUMERL, M.: Doprava dřeva. Vydanie prvé. Bratislava: Príroda, 1982, 300 s.
- RÓNAY, E., DEJMAL, L.: Lesná ťažba. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1991, 356 s. ISBN 80-07-00432-7.
- SIMANOV, V.: Perspektivy harvesterových technologií v předmýtních těžbách. Lesnická práce 11/1999, Kostelec nad Černými lesy, 1999, s. 494-496.
- ŠVENDA, A.: Sortimentová těžební metoda v jehličnatých probírkách. Strnady: VULHM Zbraslav n. Vlt., 1973, 42 s.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Macků, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 22. 7. 2021

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 01. 03. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Analýza zátěže křížových a bederních svalů při nácviku ovládní CTL technologie na simulátoru s ohledem na délku nácviku* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Macků, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Táboře, dne 10. dubna 2022

Jonáš Krejčířík

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Janovi Macků, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za nesmírnou ochotu, odborné vedení a rady k vypracování mé bakalářské práce, jakož i za čas, který mi v průběhu vypracování mé práce věnoval.

Analýza zátěže křížových a bederních svalů při nácviku ovládnání CTL technologie na simulátoru s ohledem na délku nácviku

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá využitím harvesterových technologií při výrobě dříví, uvádí možnosti využití harvesterových simulátorů pro výuku nových operátorů lesnické mechanizace, jakož i další vzdělávání stávajících operátorů této mechanizace. Dále se práce zabývá problematikou stresu, se zvláštním důrazem na pracovní stres, a jeho pozitivními i negativními vlivy na pracovní výkonnost a zdraví. V praktické části se tato bakalářská práce zabývá analýzou zátěže, křížových a bederních svalů při nácviku na simulátoru s ohledem na délku nácviku pomocí detekce změn na elektromyogramu zmíněných svalových skupin.

Klíčová slova: Harvester, harvesterové technologie, harvesterové simulátory, zátěž, stres, biofeedback, elektromyogram.

Analysis of the Load on the Sacrum and Lumbar Muscles During the CTL Technology Control Training on the Simulator with Regard to the Length of the Training

Abstract

This thesis describes use of harvester technologies in process of wood production. It presents the possibility of the harvester simulator usage for teaching new harvester operators and for improving skills of the current harvester operators as well. This thesis deals with problematics of stress, especially of work stress and its influence on work efficiency and health. In practical part the thesis analyses the load on the lumbar and cross muscle groups, using the electromyogram changes detection, in dependence on the length of the simulator training session.

Keywords: Harvester, harvester technology, harvester simulators, load, stress, biofeedback, electromyogram.

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	11
3	Literární rešerše.....	12
3.1	Harvestorová technologie	12
3.1.1	Historie harvestorové technologie	12
3.1.2	Dělení harvestorů podle určitých kritérií	13
3.2	Harvestorové simulátory	16
3.2.1	Popis harvestorového simulátoru	16
3.2.2	Typy simulátorů	18
3.3	Těžební metody se zvláštním zaměřením na sortimentní	19
3.4	Pracovní podmínky a jejich vliv	21
3.4.1	Stres	21
3.5	Požadavky na operátora harvestoru	25
4	Metodika práce.....	27
4.1	Zkoumaný vzorek a průběh měření	27
4.2	Sběr dat	27
4.2.1	Biofeedback 2000 X-pert	27
4.2.2	Senzory a moduly	28
4.2.3	Software Biofeedback X-pert 2000, v3.0	29
4.3	Zpracování dat	30
4.4	Identifikace operátorů.....	30
5	Výsledky	31
5.1	Vhodnost užití metody.....	31
5.2	Hodnoty zátěže na sledované svalové skupiny.....	31
5.3	Vyhodnocení zátěže u jednotlivých operátorů.....	32

6	Diskuse.....	34
7	Závěr.....	35
8	Seznam použitých pramenů a literatury.....	36
9	Seznam příloh	40
10	Přílohy	41

1 Úvod

Zavádění moderních technologií do procesu jakékoli výroby je v současnosti vyžadováno prakticky od všech odvětví, lesnictví a dřevařství nevyjímaje. V případě lesnictví je to pochopitelné, neboť lesnická práce byla odedávna považována za jednu z nejtěžších, a to zejména stran fyzické námahy. Větší nasazování lesnické mechanizace výrazně urychlila hlavně poptávka po zpracování ohromného objemu dříví po živelných a imisních kalamitách.

Jelikož jsou lesnické stroje navrženy spíše na zpracování větších objemů dříví a jejich provoz je velice nákladný už jen z pohledu spotřeby pohonných hmot, logistiky atd., je kladen velký důraz na to, aby byly nasazené stroje vytížené a nevznikaly proluky.

S tím, jaké nároky jsou kladeny na vytíženost strojů, jsou tyto přeneseny i na operátory zmíněných strojů a postupně rostou i nároky kladené na ně. Operátoři bývají často mimo domov po delší časové úseky, kdy je mechanizace nasazena dále od jejich bydliště, pracují mnohdy na maximální dovolenou délku směny a rostou i požadavky stran jejich dovedností při obsluze složitých zařízení, jakými moderní harvestory bezesporu jsou.

Se všemi výše zmíněnými aspekty práce operátora se musí počítat už od začátku, tedy od výroby stroje samotného, neboť v něm operátor tráví velké množství času, a proto by měl být navržen nejen tak, aby co nejlépe plnil výrobní funkce, ale aby zároveň vyhověl i potřebám operátorů. Odhlučňená kabina stroje, dobře zvládnuté ovládací prvky a v neposlední řadě i ergonomie křesla v kabině harvestoru jsou velmi podstatné prvky, které mohou povážlivě zvýšit efektivitu práce.

Aby zmíněné prvky stroje mohly vzniknout, a aby je bylo možno upravit tak, aby co nejvíce vyhovovaly potřebám operátora, bylo třeba změřit fyziologické parametry, které mají na činnost operátora vliv. Tato bakalářská práce se zabývá měřením zátěže bederních a křížových svalových skupin při nácviku na simulátoru harvestorové technologie s ohledem na délku nácviku a jejím vyhodnocením pomocí srovnání pracovní a klidové fáze každého operátora.

2 Cíle práce

Cílem této práce je, pomocí měření přístrojem Biofeedback 2000 XPert, posoudit vybrané biometrické údaje (elektromyogram) při nácviku ovládání harvestorové technologie "cut to length" (dále jen CTL) na simulátoru.

Cílem je zejména posoudit reakci zkoumaných osob v průběhu nácviku a posoudit míru zátěže vybraných svalových skupin s ohledem na délku nácviku.

Cílem práce je dále získaná data statisticky zpracovat a vyhodnotit.

Stanovení hypotéz

- **H₀** – mezi testovanými výrazy není statistický významný rozdíl – hodnoty naměřené v klidové a pracovní fázi se od sebe **neliší**.
- **H₁** – existuje statisticky významný rozdíl mezi testovanými soubory – hodnoty naměřené v klidové a pracovní fázi se od sebe **liší**.

3 Literární řešerše

V této části jsou uvedeny literární poznatky, které přímo souvisí s používáním harvesterové technologie k lesní těžbě, jakož i s prací samotného operátora této technologie.

3.1 Harvesterová technologie

S pokrokem moderní technologie začala mechanizace v různých podobách a stádiích vývoje pronikat i do lesnictví, hlavně poptávka po efektivnějším a rychlejším provádění těžby a zpracování dříví vedla k většímu rozvoji a rozšíření harvesterů a jiných prostředků mechanizace do lesnictví. Zejména v dobách kůrovcové kalamity, avšak jiných srovnatelných situací, jako jsou například živelné katastrofy, nevyjímaje, jsou harvestory naprosto klíčovým nástrojem k dostatečně rychlému zpracování napadených stromů a včasné asanaci dříví. V České republice došlo k prvnímu většímu nasazení harvesterů v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století, a to kvůli zpracování imisemi poškozených severočeských lesů (Lasák & Němec, 1996).

Harvester

„Harvester je samopojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětvuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu (Ulrich et al., 2006)“ Harvester zpravidla pracuje společně s vyvážecím traktorem, tato dvojice mechanizačních prostředků, pracujících v návaznosti je nazývána harvesterovým uzlem. Harvester provede těžbu dříví a strom zpracuje, vyvážecí traktor vyrobené sortimenty dopraví na odvozní místo.

3.1.1 Historie harvesterové technologie

První víceoperační těžební stroje se koncem čtyřicátých let minulého století začaly objevovat ve Finsku a Švédsku, pravděpodobně první takový stroj je připisován společnosti Rauma-Repola FMG. První víceoperační těžební stroje měly k dokonalosti daleko, byly velice těžké, neměly dobrou průchodnost terénem a jejich kácecí ústrojí bylo pevně spojeno s tělem stroje, stroj tedy musel ke každému kácenému stromu zajet do těsné blízkosti, což je v praxi nejen dosti nepraktické a pomalé, ale také to povážlivě zvyšuje riziko plynoucí pro operátora takového stroje. Kácecí ústrojí navíc nebylo tvořeno řezacím řetězem, tak jak

je tomu dnes většinou, nýbrž nůžkami, noži s přitlačnou plochou nebo řezným pilovým kotoučem, od jejichž užívání se v průběhu vývoje harvestorové technologie pro jejich nedostatky upustilo (Macků & Gašparík, 2015).

Prvním velkým zvratem pro harvestory bylo použití hydraulického jeřábu, který nesl kácecí ústrojí, stroj nemusel tedy již zajíždět ke každému stromu, zvýšil se jeho dosah a tím i produktivita při výrobě dříví z jednoho místa (Ulrich et al., 2002).

Dalším průlomem bylo užití řezacího řetězu jako kácecího ústrojí harvestoru, nejprve byl řetěz veden v hlavici bez lišty, což ale způsobovalo problémy, jelikož byl řetěz veden přes soustavu vodících a napínacích kladek, a v případě jeho přetržení byla jeho oprava nebo výměna velice náročná, a proto se později přešlo na užití systému, který používá pro řetěz vodící lištu, podobně jako je tomu u motorových pil.

V průběhu dalších let docházelo k celkovému zdokonalování harvestorů a všech jejich komponentů do podoby v jaké je dnes známe, hlavice harvestoru byla zdokonalena o podávací a přitlačné válce, odvětvovací nože a zdokonalen byl v neposlední řadě také celý systém měření stromových veličin. Kvůli všem výše zmíněným zdokonalením a zvýšení efektivity práce harvestorů rychle vzrostl i počet nasazovaných strojů na našem území (jak je znázorněno v tabulce č. 1) i po celém světě (Macků & Gašparík, 2015).

*Tabulka 1 - Vývoj počtu harvestorů a vyvážecích traktorů na našem území
Zdroj: (Macků & Gašparík, 2015)*

rok	1976	1977	1978	1979	1980	2010	2013
harvestory (ks)	0	1	3	10	13	369	408
vyvážecí traktory (ks)	49	60	65	73	68	620	779

3.1.2 Dělení harvestorů podle určitých kritérií

- **Dělení podle umístění kácecího ústrojí**

a) širokozáběrové – kácecí ústrojí harvestoru (hlavice) je umístěno na hydraulickém jeřábu s velkým dosahem (až 11m), stroj kácí a zpracovává více

stromů z jednoho pracovního postavení, výhodou je vyšší pracovní efektivita. Nevýhodou je, že s rostoucí délkou ramene, tedy hydraulického jeřábu, narůstá riziko převrácení stroje, a tudíž klesá nejvyšší povolená hmotnost břemene jeřábu.

b) úzkozáběrové – kácecí ústrojí je pevnou součástí těla (rámu) stroje, a ten tedy musí zajíždět ke každému jednotlivému kácenému stromu zvlášť (Dvořák, 2006). Je zde vyšší riziko pro operátora stroje, klesá pracovní efektivita a dochází k většímu poškozování vyráběného dříví.

- **Dělení podle technologie zpracování stromu**

a) jednoúchopové – nejrozšířenější typ harvestorů, celý proces výroby dříví probíhá tzv. na jeden úchop těžební hlavice, která je nesená na hydraulickém jeřábu harvestoru, tedy pokácení odvětvení a výroba sortimentů za současného měření stromových veličin měřicím zařízením stroje.

b) dvouúchopové – dnes již přežitá technologie, jejímž principem je pokácení stromu hlavicí harvestoru nesenou hydraulickým jeřábem, která je osazena pouze řezným ústrojím a strom tedy jen pokácí. Takto pokácený strom je vkládán jeřábem do druhého ústrojí, tzv. procesorové hlavice, která je umístěna na zadní části rámu harvestoru, a která následně provede všechny navazující operace, tedy odvětvování, měření a výrobu požadovaných sortimentů.

- **Podle výkonu motoru**

a) malé harvestory – vhodné do slabších porostů, zejména do výchovných zásahů do 40-ti let věku; výkon motoru 40-110kW

b) střední harvestory – vhodné do probírkových porostů; výkon motoru 110-170kW

c) **velké harvestory** – vhodné do předmýtních, mýtních a kalamitních těžeb; výkon 170-250kW (Neruda et al., 2013)

- **Podle typu podvozku**

a) **kolové** – trakčním ústrojím jsou nízkotlaké pneumatiky, harvestory jsou v závislosti na své velikosti a hmotnosti osazeny čtyřmi, šesti nebo osmi koly. U šestikolových a osmikolových strojů jsou kola řešena v tzv. boogie nápravě, tedy dvě kola umístěná na společnou nápravu, do nichž je hnací síla rovnoměrně distribuována. Kolové podvozky jsou nejuniverzálnějšími typy podvozku, jejichž měrný tlak na půdu je nižší než 150kPa, (porovnáme-li je s dalšími prostředky lesní mechanizace podle Ulricha (2002): UKT – 160kPa; LKT – 220kPa; kůň – 160kPa) a harvestory jimi osazené mohou být nasazovány do terénu, jejichž podélný sklon se pohybuje od 25-50%. Výhodou kolových harvesterů je také jejich vyšší mobilita, mohou se po vlastní ose přemísťovat na vzdálenější lokality, bez nutnosti přepravy na podvalu tahače, aniž by tak poškodily vozovku.

b) **pásové** – pásový harvester používá jako trakční ústrojí dvojici pásů poháněných přes ozubená hnací kola, samotný pás se skládá z jednotlivých článků, které mohou být kovové či gumové. Mezi jeho hlavní výhody patří možnost pracovat na stanovištích s méně únosnou půdou a jeho vysoká stabilita. Harvester s pásovým podvozkem může pracovat v terénech jejichž podélný sklon přesahuje 50%. Nevýhoda harvesteru s pásovým podvozkem spočívá hlavně ve snížené mobilitě, nemůže se přesouvat na vzdálenější stanoviště bez využití dalšího přepravního prostředku, je pomalejší a pásy by navíc poškodil kryt vozovky, ostatně při otáčení pásového harvesteru dochází také k narušování lesní půdy mnohem výrazněji, než je tomu tak u kolového harvesteru.

c) **kráčivé** – harvestory s kráčivým ústrojím jsou odvozeny od kráčivých bagrů a rypadel, jsou vybaveny hydraulickými rameny, která jsou na sobě nezávislá a individuálně nastavitelná, jsou velmi stabilní a hodí se na práci na prudkých svazích, např. těžko přístupné svahy u menších vodotečí. V praxi však nejsou hojně využívány hlavně kvůli náročnosti údržby, pořizovací ceně a ovladatelnosti kráčivého ústrojí.

3.2 Harvestorové simulátory

Vzhledem k vysoké pořizovací ceně lesních mechanizačních prostředků, jako jsou i harvestory, a náročnosti ovládání pro operátory takovýchto strojů vznikly harvestorové simulátory – tedy možnost zejména pro budoucí operátory, aby se s ovládáním stroje seznámili a trénovali se na řádném používání stroje ještě předtím, než do kabiny jednoho z nich usednou. Jednou z hlavních výhod takového simulátoru je určitě to, že na simulátoru chyby operátora nestojí vlastníka mechanizace žádný čas ani finanční prostředky, které by musel vynaložit k nápravě nezdarů začínajícího operátora. Simulátory ale neslouží nutně jenom k zácviku začínajících operátorů lesnické mechanizace, ale i ke zdokonalování dovedností operátorů, kteří již mohou v provozu pracovat, jelikož na moderních simulátorech se dá cvičit celá řada věcí, jako je i efektivita práce, úspora paliva správným používáním stroje, náročné podmínky pro těžbu a mnoho dalších věcí.

3.2.1 Popis harvestorového simulátoru



Obrázek 1 - Harvestorový simulátor John Deere
Zdroj: Vlastní fotografie

Simulátor harvestoru, vyobrazený na obrázku č. 1, má následující komponenty:

1. levá područka s ovládacími prvky 2. LCD display pro zobrazování výhledu z kabiny při nácviku v reálném čase 3. Timbermatic – centrální počítač harvestoru 4. pravá područka s ovládacími prvky 5. ergonomické sedadlo kabiny harvestoru 6. plynový pedál 7. startovací skříňka 8. procesory a řídicí elektronika simulátoru

- **display simulátoru** – simulátor se nenachází v lese, a proto potřebuje operátorovi při nácviku nasimulovat co nejvěrněji a v reálném čase virtuálně prostředí, ve kterém se nachází a pracuje, za tímto účelem se pro zobrazení může používat jeden nebo více společně pracujících monitorů, při užití více monitorů se umísťují jeden vedle druhého do půlkruhového tvaru, aby co nejvěrněji napodobily realitu, mohou být také užity monitory širokoúhlé a zahnuté, které jsou pro tyto účely vhodnější. S vývojem techniky se dostávají do popředí také tzv. brýle pro virtuální realitu, které jsou v současné době nejlepší možností pro co nejvěrnější nasimulování skutečného prostředí, jejich nevýhodou však může být to, že začínající operátor, který nemá zažité ovládní harvestoru bude poslepu nahmatávat jednotlivé ovládací prvky.
- **křeslo a područky s ovládacími prvky** – na simulátoru se nachází skutečné křeslo z harvestoru stejně tak, jakož i područky, které jsou osazeny joysticky a dalšími ovládacími prvky harvestoru, které kontrolují veškerý pohyb všech prvků jeřábu, hlavice, kloubové řízení, volbu dřeviny a sortimentů, samotné řezání, ale i světla, stěrače apod.
- **centrální počítač harvestoru** – simulátor je osazen skutečným řídicím počítačem, který se nachází i v harvestoru, a který zpracovává všechna data, která obdrží od měřicího zařízení a všech čidel stroje, kubíruje vyrobené dříví, měří stav paliva, tlaky kapalin, teploty z čidel stroje, řídicí jednotka tudíž pracuje tak, jako by byla ve skutečném harvestoru pracujícím v lese.
- **procesory, výpočetní a elektronika harvestoru** – v simulátoru je využívána skutečná řídicí jednotka, která se osazuje i do harvestorů, což je velmi dobré z hlediska autenticity simulátoru a navyknutí operátora na její

ovládací prvky a mechanismy, ale zároveň sebou tato skutečnost nese i negativum, jelikož v simulátoru žádný motor, čidla oleje a kapalin a další jiné věci nenajdeme, výpočetní elektronika nahrazuje tyto chybějící sekce a do řídicí jednotky harvestoru posílá “smyšlená” data o teplotách a stavech strojního zařízení proto, aby zmíněný palubní počítač dobře pracoval, a nehlásil chyby a selhání přístrojů a komponent, které k sobě ani nemá připojené.

- **startovací skříňka** – na obrázku č. 1 označená číslem 7, se nachází panel, který má v sobě zabudované startování stroje klíčem, bezpečnostní STOP (vypínač), parkovací brzdu stroje a ovladač spouštění žebříku harvestoru.
- **software simulátoru a možnosti nastavení** – software harvestorového simulátoru není pochopitelně stavěn pouze na harvestor, a vzhledem k velké podobnosti ovládání dalších prostředků lesnické mechanizace je možné jej nastavit také jako simulátor vyvážecího traktoru. Dále je možné v simulátoru nastavovat i prostředí a podmínky, ve kterých bude těžba probíhat, tedy nastavit různé lokality s různými sklony a typy terénu, dřevinami a jinými podmínkami. Simulátor umožňuje operátorovi natavit si více pohledů, a to nejen z kabiny, ale i pohled ze třetí osoby, který spíše spadá do světa her nežli do reality, ale pakliže uvízne v terénu, tak je velmi užitečný, a operátor tak program nemusí restartovat. Samotné přirovnání k počítačové hře pak není nikterak odvážné, neboť zkušenosti návrhářů prostředí takovýchto her přispěly významně i ke tvorbě prostředí pro tyto simulátory.

3.2.2 Typy simulátorů

- **simulátory stabilní** – většina simulátorů, na současném trhu je stabilních, může se jednat o komplexní řešení viz obrázek 1, tedy celá konstrukce s křeslem a s řídicí elektronikou, nebo jen o software na počítač společně s nezbytnými ovládacími prvky a joysticky.
- **simulátory pohyblivé** – jsou simulátory, které jsou momentálně teprve introdukovány na současný trh, mají podobu komplexního řešení simulátoru, tedy celé konstrukce, viz obrázek č. 1, ale jsou navíc osazeny pohyblivými částmi

a hydraulikou, která v reálném čase poskytuje operátorovi zpětnou vazbu v podobě pohybu kabinou simulátoru v návaznosti na jízdu, nerovnosti terénu a pohyb stroje. Toto řešení společně s využitím brýlí pro virtuální realitu je v současnosti nejbližší a nejuvěrnější napodobení práce harvestoru, aniž by v něm operátor musel sedět ve skutečnosti.

3.3 Těžební metody se zvláštním zaměřením na sortimentní

V lesní těžbě rozlišujeme několik těžebních metod:

- **Stromová metoda** – strom je pokácen a je v celku přemístěn na odvozní místo, kde probíhá jeho odvětvování, popř. krácení a další manipulace.
- **Kmenová metoda** – strom je pokácen a je odvětven přímo v porostu, tedy na lokalitě "P" (=pařez), kmen bez větví je následně přemístěn na odvozní místo, kde může být dále zpracováván nebo rovnou odvezen na odvozní soupravě.
- **Sortimentní metoda** – u sortimentní metody dochází k výrobě sortimentů přímo na lokalitě "P", společně s metodou kmenovou je sortimentní metoda nejvyužívanější v současné lesní těžbě.

Podle Simanova, Kohouta (2004) je sortimentní těžební metoda historicky nejstarší těžební metodou, které dala vzniku potřeba soustřeďovat dříví animálními silami. S jejich nižší tažnou silou bylo tudíž třeba, aby bylo dříví rozdělené na takové kusy, které by zvíře mohlo svou silou utáhnout. S narůstajícím využíváním traktorů jako tažné síly namísto zvířat ztrácela sortimentní metoda postupně svůj význam, jelikož již nebylo třeba odlehčovat břemena tak, aby je zvíře utáhlo, a začala se prosazovat metoda kmenová.

S rozvojem, větším rozšířením a využíváním harvestorové technologie se ale sortimentní metoda vrací mezi ty nejpoužívanější a její podíl v objemu celkových těžeb narůstá. Se stále vyšším podílem nasazovaných harvestorových uzlů se dá počítat s tím, že se podíl sortimentní těžební metody v lesní těžbě bude i nadále zvyšovat, neboť je patrné, že tato metoda je s využíváním harvestorů spjatá. Mimo výhody spočívající ve výrobě sortimentů přímo na pařezu je další

výhodou i to, že při transportu dříví na odvozní místo není kus vlečen, takže se minimalizuje i poškození vyrobeného dříví.

Tabulka 2 - Vývoj těžebních metod v České republice v milionech m³

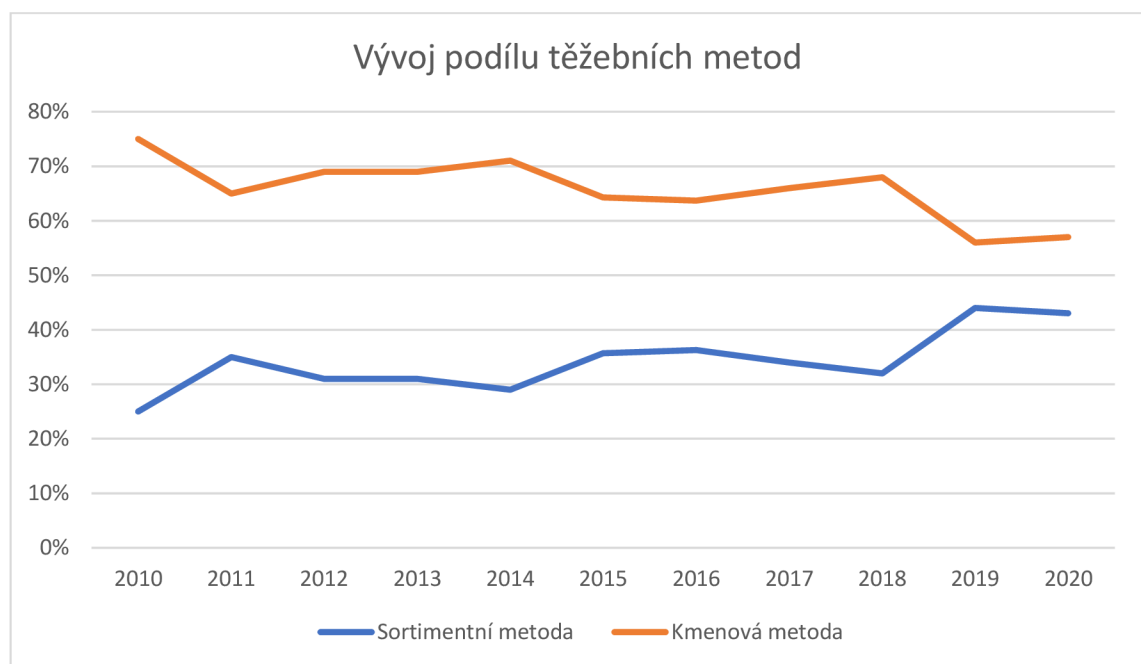
Zdroj: (MZE – zelená zpráva 2010–2020)

rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sortimentní metoda	4 290	5 367	4 704	4 717	4 497	6 094	6 392	6 557	8 300	14 283	15 462
Kmenová metoda	12 446	9 987	10 657	10 614	10 979	10 069	11 225	12 830	17 389	17 861	20 292
Celkem	16 736	15 354	15 361	15 331	15 476	16 163	17 617	19 387	25 689	32 144	35 754

Tabulka 3 - Vývoj těžebních metod v České republice v procentech

Zdroj: (MZE – zelená zpráva 2010–2020)

rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sortimentní metoda	25%	35%	31%	31%	29%	35,7%	36,3%	34%	32%	44%	43%
Kmenová metoda	75%	65%	69%	69%	71%	64,3%	63,7%	66%	68%	56%	57%
Celkem	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



Graf 1 – Vývoj podílu těžebních metod v České republice v procentech

Zdroj: (MZE – zelená zpráva 2010–2020)

Data ze zelených zpráv Ministerstva zemědělství za roky 2010 – 2020, uvedená v tabulkách č. 1 a č. 2, potvrzují tezi o možném ba dokonce velmi pravděpodobném nárůstu sortimentní těžební metody i v dalších letech, stále

vyšší počet nasazovaných harvesterových uzlů bude příčinou zmíněného nárůstu podílu sortimentní metody, ty jsou nasazovány zejména kvůli efektivitě a ekonomické stránce lesní těžby, dále pak ale také kvůli zvyšujícímu se věku současných dřevorubců a poklesu jejich počtu na našem území, tedy nedostatku mladých nových pracovníků. Trend poklesu podílu kmenové metody na celkových těžbách a její nahrazování metodou sortimentní je znázorněn v grafu č. 1.

3.4 Pracovní podmínky a jejich vliv

3.4.1 Stres

Stres jako pojem má původně svůj základ v technice, jelikož stresem byla označována jakákoliv vnější síla, která působí na fyzický objekt a vyvolává v takto zatíženém tělese reakci ve formě síly působící proti této stresové nebo ve formě napětí ("strain"), výsledkem toho je dočasná nebo i trvalá změna ve struktuře tělesa (materiálu), která se projevuje zhoršením výkonu (Tomšíková E., 2007).

Obecně se pak dá říci, že stres je psychické nebo i fyzické napětí, zátěž vzniklá fyzickými, emocionálními, sociálními, ekonomickými či pracovními okolnostmi, událostmi nebo zkušenostmi, které jsou těžko zvládnutelné nebo snesitelné (Coleman, 2015).

Fyzický stres je s tím psychickým provázaný, a proto je od sebe nelze oddělovat a chápat každý z nich zvlášť, jelikož zpravidla působí současně anebo je jeden následkem druhého (Chueh, KH., 2011), tedy z působícího fyzického stresu nastává i ten psychický, a naopak z psychického stresu vzniká i fyzický svými typickými projevy.

Eustres a distres

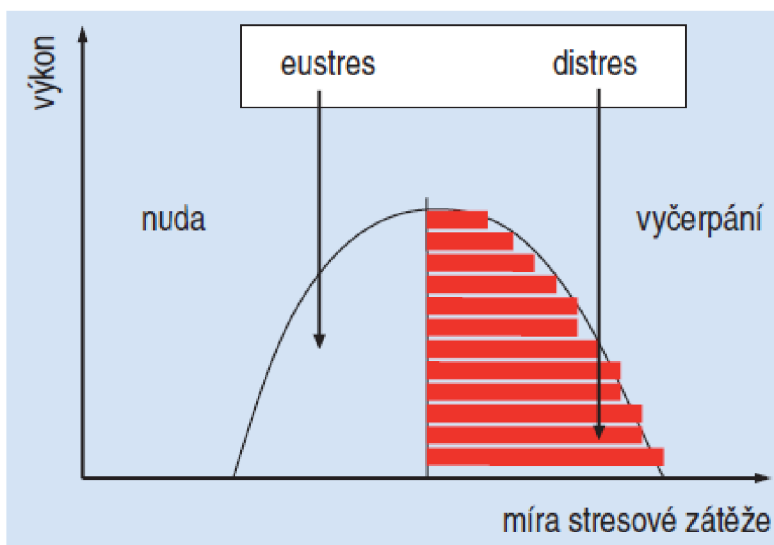
Člověk potřebuje neustále určité množství podnětů, při vystavení nadměrnému množství podnětů dochází k vyčerpání, při jejich nedostatku nastává nuda nebo až deprivace, která ale paradoxně patří k nejsilnějším stresorům (stresor = podnět, který může vyvolat stresovou reakci), což znamená, že neúměrně malé množství stresu může vyvolat stres. Tendence však

nesměřuje k dosažení rovnováhy, tedy středu mezi nudou a vyčerpáním, nýbrž k větší aktivitě a většímu vzrušení a nabuzení.

Stresové mechanismy jsou neoddělitelnou součástí našeho života, v mírných dávkách stres člověka stimuluje, v ohrožení jej může zachránit, také nám ale komplikuje život v situacích, kdy jsou tyto mechanismy spuštěny i bez zjevné příčiny (Večeřová–Procházková & Honzák, 2008).

- **Eustres** – optimální hladina stresu, která působí jako tvůrčí a motivační síla, která vede lidi k dosahování vyšších výkonů a cílů.
- **Distres** – chronický a traumatický stres, který působí destruktivně na lidský organismus, poškozují psychické a tělesné zdraví a může ohrozit život samotný.

Na obrázku č. 2 je znázorněn pomyslný matematický střed vyrovnanosti mezi eustresem a distresem, kde červeně vyznačené pole představuje distres, který se zvyšující se mírou stresové zátěže vede k vyčerpání organismu, zatímco na levé straně eustres, který má při nedostatečné míře podnětů klesavou tendenci a vede k nudě.



Obrázek 2 - Reaktivita na stres
Zdroj: (Večeřová–Procházková & Honzák, 2008)

Působení stresu a reakce

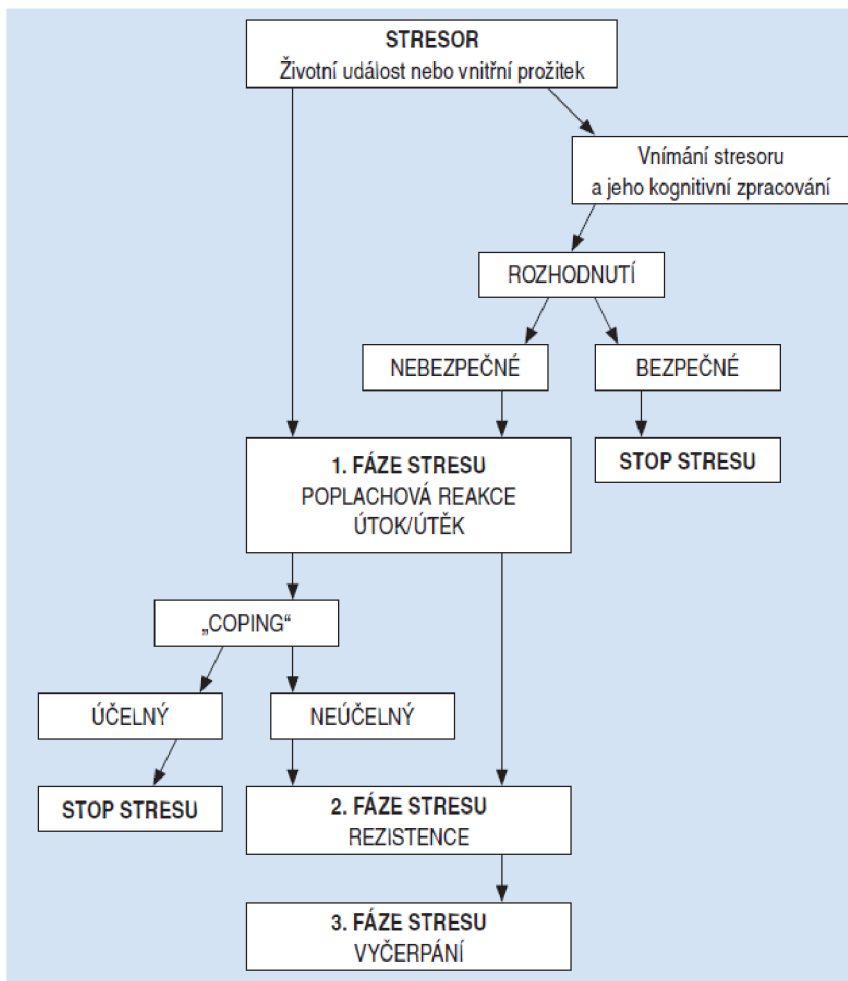
a) Stresor – životní událost nebo vnitřní prožitek, který vyvolá stresovou reakci.

b) 1. Fáze stresu – poplachová reakce (tzv. útok / útek), ta nastává v momentu, kdy je nastalá situace člověkem vyhodnocena jako ohrožující, dřeň nadledvin začne v reakci na to uvolňovat adrenalin do krevního oběhu, stoupá krevní tlak, tepová frekvence, člověk zrychleně dýchá, potí se.

c) Coping – je způsobem zvládnání zátěže či stresu nebo vyrovnávání se s nimi, v podstatě se jedná o obranné techniky či mechanismy jedince, díky kterým se vyrovnává se stresem. Dále do těchto mechanismů řadíme ale i ty nevědomé, tedy jakousi odolnost jedince proti stresu. Jeho neúčelností v případě stresové situace nastávají další fáze stresu, viz obrázek č. 3.

d) 2. Fáze stresu – rezistence (popř. adaptace), při této fázi dochází v organismu ke zvyšování dostupnosti a následnému uvolňování glukózy – jsou tedy čerpány energetické zásoby organismu a dochází ke komplexnější odpovědi organismu na stresovou situaci. Dlouhodobě je však tato situace pro tělo poškozující, neboť vzhledem k negativní dusíkové bilanci uvnitř organismu dochází k úbytku svalové tkáně. Dále v této fázi ubývá neuronů a je snížena celková imunita organismu.

e) 3. Fáze stresu – vyčerpání – při této fázi tělo vyčerpalo své rezervy (zásoby) a dochází ke kumulaci produktů vzniklých právě v důsledku spotřebování zásob. Tělo je náchylné k infekci a nádorovému bujení. V extrémním případě může dojít i ke kolapsu celého organismu.



Obrázek 3 - Fáze stresu
Zdroj: (Večeřová–Procházková & Honzák, 2008)

Projevy stresu

Stres, který působí na organismus může mít celou řadu projevů, zatímco eustres vybudí člověka k lepší výkonnosti distres má zcela opačný efekt, a problémů, které může způsobit je mnoho, mezi nejčastější následky nadměrné stresové zátěže v práci patří problémy se spánkem (Garefelt J., 2020), deprese a syndrom vyhoření (Steinhardt M. A., 2011; Yu N. X., 2019), a další symptomy nadměrné stresové zátěže obsaženy podrobně v tabulce č. 4.

Tabulka 4 – Symptomy spojené s pracovním stresem
Zdroj: (Tomšíková E., 2007)

Fyzikální symptomy stresu	Behaviorální symptomy stresu	Psychické symptomy stresu
Kardio-vaskulární potíže	Agresivita	Deprese / pocity bezmoci
Alergie	Inklinace k alkoholu nebo jiným návykovým látkám	Úzkost
Kožní potíže	Stravovací potíže	Nuda
Migrény	Konflikty	Frustrace
Dýchací obtíže	Absence na pracovišti	Podráždění
Problémy se spánkem	Snížená produktivita	Izolace
Gastrointestinální potíže	Zvažování výpovědi	Problémy s koncentrací
	Zvýšené riziko úrazu	Problémy s rozhodováním
		Výpadky paměti

3.5 Požadavky na operátora harvestoru

Vzhledem k tomu, že harvestory se staly dnes již přirozenou součástí lesnické mechanizace na území České republiky, začalo se také mnohem více hledět na jejich odbornou obsluhu a manipulaci s nimi. I přesto nejsou požadavky na operátory takovýchto strojů ve většině případů nijak vysoké. Z pohledu české legislativy potřebuje mít operátor těžebně-dopravní technologie pouze příslušný řidičský průkaz, v případě harvestoru průkaz skupiny T nebo C, popř. C+E. Žádné další parametry, např. v podobě minimálního dosaženého vzdělání, školení, kurzu pro práci s hydraulickým jeřábem nebo průkazu odborné způsobilosti nejsou zákonem vyžadovány (Kajzar, 2008).

Uvedené, zákonem nevyžadované parametry operátora, jsou čistě v rukou jeho zaměstnavatele, potažmo majitele mechanizačního prostředku, který některé ze zmíněných kritérií může po svém budoucím zaměstnanci vyžadovat jako podmínku pro přijetí do zaměstnání.

Některé z uvedených kritérií jsou přitom pro provádění některých úkolů v lesní těžbě kritické, neboť operátor harvestoru musí často komunikovat s vlastníky lesa nebo s jejich zástupci, což jsou např. u LČR s.p. revírníci, a také s dalšími osobami, které mohou při výkonu jeho zaměstnání a v procesu výrobě dříví figurovat.

Hlavní vlastnosti schopnosti a dovednosti, kterými by měl operátor harvestorové technologie disponovat jsou zejména:

- **Samostatnost** – operátor pracuje se svým strojem na daném místě většinou sám, neboť vyvážecí traktor, který společně s harvestorem tvoří uzel, může vyvážet dříví i o několik lokalit těžby harvestoru pozadu. Měl by být schopen poradit si se situacemi, které mohou během těžby nastat, a které se dají na místě vyřešit.
- **Manuální a fyzická zdatnost** – operátor, v návaznosti na bod o samostatnosti, musí někdy provádět i drobné opravy, a hlavně údržbu stroje, a proto by měl být schopen tyto úkony provést, tedy stroj, se kterým pracuje dobře znát a mít potřebné dovednosti k jeho údržbě, neboť např. výměna řetězu v řezném ústrojí nebo jiné drobnosti, nevyžadující přítomnost servisního technika, jsou ponechávány na starost jemu.
- **Psychická odolnost** – nejedná se zpravidla o takovou míru, jaká by mohla být vyžadována od pracovníka zákaznické linky, ale i přesto by se měl operátor umět vyrovnat se stresem a být v dobré duševní kondici, aby nebyl náchylnější k chybám z nepozornosti atd.
- **Vztah k informačním technologiím a k technice obecně** – to vyplývá už z povahy tohoto zaměstnání, operátor ovládá dosti sofistikované zařízení, které postupem času a vývojem harvestorové technologie obsahuje stále více výpočetní techniky, se kterou by si měl operátor poradit a umět ji ovládat tak, jak to po něm jeho zaměstnavatel vyžaduje.
- **Orientace v mapě a v terénu** – operátor by měl být schopen se orientovat v lesnických porostních mapách a v terénu v lese, bývá mu často zadáváno mnoho lokalit těžby najednou a podkladem je právě kopie lesnické mapy, na které jsou místa těžby označena, neznalost a nedostatečná orientace operátorů v lesnických mapách bývá také velmi častým problémem ve vztahu dodavatele prací, přeneseně na osobu operátora, s odběratelem, popř. s jeho zástupcem.

4 Metodika práce

4.1 Zkoumaný vzorek a průběh měření

Zátěž na křížové a bederní svalové skupiny byla při provádění nácviku na simulátoru harvestorové technologie měřena u pěti operátorů ve věkovém rozmezí 22–38 let. Ve zkoumaném vzorku se nacházeli jak lidé, kteří nemají s ovládáním harvestoru žádné zkušenosti, tak zkušený operátor. Všichni operátoři jsou muži s dominantní pravou rukou a dobrým zdravotním stavem.

Samotné měření probíhalo na Fakultě lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity dne 3.11.2021 na harvestorovém simulátoru od firmy John Deere, vyobrazeném na obrázku č. 1. Měření probíhalo ve dvou po sobě následujících fázích, a sice:

- **Pracovní fáze** – dvacetiminutový časový úsek, ve kterém sledovaný operátor prováděl nácvik na simulátoru harvestoru – tedy vyráběl dříví ve virtuálním prostředí simulátoru.
- **Klidová fáze** – desetiminutový časový úsek, během kterého operátor seděl v klidu v křesle a odpočíval

Porovnáním obou fází bylo poté možné zjistit hodnotu zatížení v procentech. Každému operátorovi bylo před pracovní fází názorně objasněno ovládání veškerých prvků simulátoru, které bude během nácviku užívat.

4.2 Sběr dat

4.2.1 Biofeedback 2000 X-pert

Pro měření zátěže na vybrané svalové skupiny během obou fází měření byl použit modulární systém Biofeedback X-pert 2000, který vyrábí rakouská společnost Schuhfried, a který umožňuje monitorování operátorů během pracovního procesu za pomoci elektrod snímajících fyziologické funkce z povrchu těla.

Hodnoty, takto získané, jsou pomocí kabelu přenášeny do bezdrátového modulu, vyobrazeném na obrázku č. 4, který je přenáší do přijímače, sloužícího zároveň

jako hardwarový klíč softwaru Biofeedback X-pert 2000 v3.0, připojeného k počítači, na kterém je nainstalován a spuštěn zmíněný software, který data shromažďuje a dále vyhodnocuje. Systém bývá užíván i v dnešní době, a to k terapeutickým účelům.

4.2.2 Senzory a moduly

V tomto měření byl použit pouze modul pro snímání elektromyogramu (dále jen EMG), vyobrazený na obrázku č. 4.



Obrázek 4 – EMG radiový modul pro Biofeedback X-Pert 2000

Zdroj: <http://www.hohenberger-querfurt-akupunktur.de/images/biofeedback-modul-emg.jpg>

Před tím, než je měření zahájeno, je třeba pečlivě připevnit jednorázové elektrody na tělo operátora a dodržet umístění jednotlivých elektrod tak, aby při měření nedošlo k nesprávnému čtení dat.

Po připevnění elektrod, v tomto případě celkem pěti elektrod na křížové a bederní svalové skupiny je zapotřebí připojit kabely k elektrodám – černý kabel na referenční, pátou, elektrodu a následně dva kabely stejné barvy na elektrody na opačných koncích daného svalu.

Kabely připojené k elektrodám jsou následně připojeny do radiového modulu způsobem vyobrazeným na obrázku č. 4. Rozmístění elektrod a připojených kabelů k nim je vyobrazeno na obrázku č. 5.



Obrázek 5 – Rozmístění a zapojení elektrod
Zdroj: Vlastní fotografie

4.2.3 Software Biofeedback X-pert 2000, v3.0

Data z radio-modulu se pomocí přijímače přenášejí do počítače, tedy do softwaru Biofeedbacku. Ten v reálném čase data zaznamenává v tabulce a v grafické formě – v průběhu měření vykresluje křivku. Tato naměřená data jsou k dispozici k dalšímu zpracování, vyhodnocení a uložení.

Samotný software nemá žádné vysoké požadavky na systém počítače, a proto je možné jej spustit téměř na jakémkoliv počítači nebo notebooku s OS Windows, jediné, co je k jeho fungování nutné, je, aby byl v zařízení nainstalován, a aby byl k zařízení během jeho užívání připojen hardwarový klíč, který dále slouží i jako přijímač signálů z radio-modulů, a tudíž není možné bez něj celý systém používat.

Poté co jsou provedeny přípravné kroky viz (4.2.2) se ujistíme, že má software s modulem ustálenou komunikaci (pomocí indikátorů jednotlivých modulů v softwaru, moduly jsou po spuštění automaticky vyhledávány).

Pokud je modul softwarem rozpoznán a správně připojen je možno spustit měření tlačítkem spustit.

4.3 Zpracování dat

Veškerá naměřená data byla zpracována v programu STATISTICA v14 od společnosti TIBCO pomocí základních statistických operací a pomocí tabulkového editoru MS EXCEL.

U jednotlivých souborů naměřených dat byl aplikován Levenův test na hladině pravděpodobnosti 0,05, který sleduje, zda jsou veličiny spojité, a zda jejich rozložení kopíruje Gaussovu křivku, tedy normální rozdělení, a tudíž i vhodnost užití metody u vybraného operátora. Poté byly vypočítány průměrné hodnoty z naměřených dat.

Data, která byla takto zpracována, jsou v sekci výsledků této bakalářské práce zformována do tabulek a rovněž byl pro každé měření vytvořen ve *STATISTICE* krabicový graf, který srovnává pracovní a klidovou fázi u každého operátora.

4.4 Identifikace operátorů

V tabulce č. 5 jsou obsažena základní data o jednotlivých operátorech, u kterých bylo prováděno měření při nácviku na simulátoru.

Tabulka 5 – Základní údaje operátorů
Zdroj: Vlastní výzkum

OPERÁTOR	POHLAVÍ	VĚK	DOMINANTNÍ PAŽE	PRAXE S HT	ZDRAVOTNÍ STAV
OP1	MUŽ	23	PRAVÁ	ŽÁDNÁ	BEZ KOMPLIKACÍ
OP2	MUŽ	23	PRAVÁ	ZAČÁTEČNÍK	BEZ KOMPLIKACÍ
OP3	MUŽ	38	PRAVÁ	ZKUŠENÝ OP.	BEZ KOMPLIKACÍ
OP4	MUŽ	22	PRAVÁ	ŽÁDNÁ	BEZ KOMPLIKACÍ
OP5	MUŽ	22	PRAVÁ	ŽÁDNÁ	BEZ KOMPLIKACÍ

Pozn.: Začátečníkem je označen operátor, který harvester již několikrát řídil, avšak jeho úroveň zkušeností je jen mírně vyšší, než je tomu u operátorů s praxí žádnou.

5 Výsledky

- Hypotézu H_0 , tedy, že mezi testovanými soubory není statistický významný rozdíl se podařilo zamítnout.
- Hypotéza H_1 , tedy, že existuje statisticky významný rozdíl mezi testovanými soubory, se potvrdila na hladině významnosti H_v 0,05.

5.1 Vhodnost užití metody

Pro obě fáze měření byl u každého operátora proveden Levenův test, a to proto, aby bylo zjištěno, zda je metoda měření pro každého operátora vhodně zvolena. V tabulce č. 6 jsou výsledky jednotlivých testů uvedeny, a je patrné, že metoda byla pro všechny operátory zvolena vhodně.

Tabulka 6 – Hodnoty Levenova testu
Zdroj: Vlastní výzkum

	t-value	p	Levenne F	p Levenne
OP1	188,3414	0,00	7 262,6194	0,00
	347,6348	0,00	11 377,1471	0,00
OP2	20,9205	0,00	714,9495	0,00
	291,7247	0,00	14 498,7804	0,00
OP3	105,3569	0,00	6 052,5939	0,00
	81,1571	0,00	4 616,7144	0,00
OP4	96,4735	0,00	7 954,6095	0,00
	129,7368	0,00	17 469,4733	0,00
OP5	193,5430	0,00	238,5489	0,00
	100,0141	0,00	162,7018	0,00

5.2 Hodnoty zátěže na sledované svalové skupiny

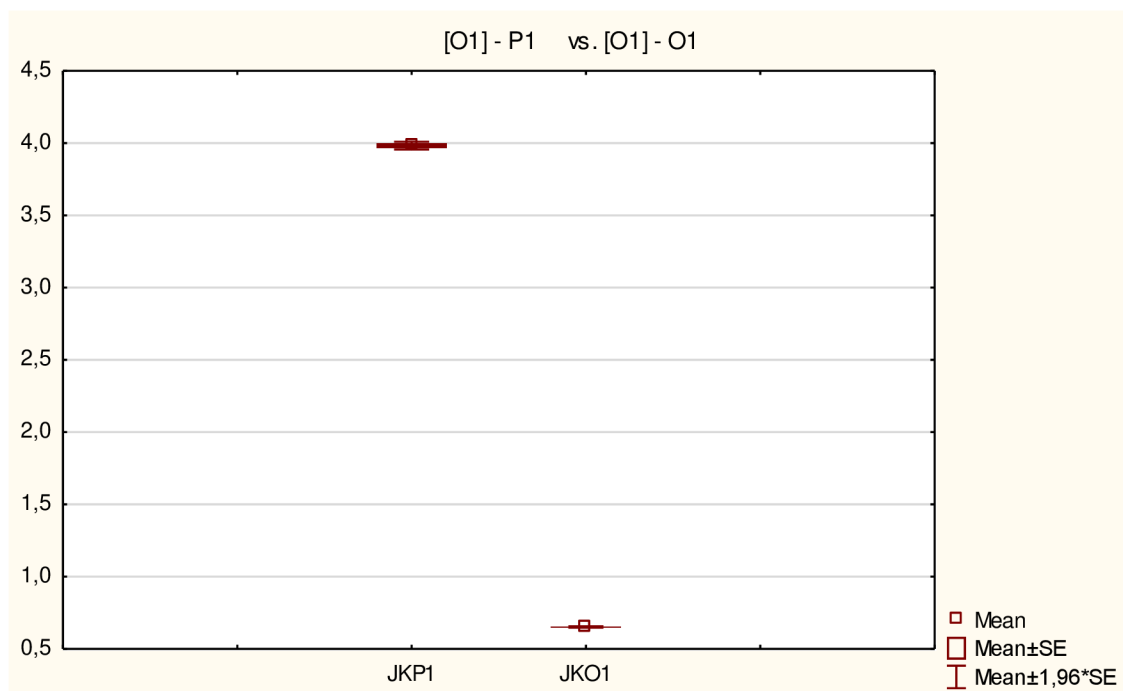
Z mediánů jednotlivých řad naměřených hodnot označených jako EMG 1 a EMG 2 byl proveden výpočet zatížení pro obě uvedené hodnoty EMG pro klidovou i pracovní fázi měření. Referenční hodnota je práce, se kterou je počítáno jako se stoprocentním zatížením, a která, je-li vztažena k hodnotám odpočinku, vytvoří skutečné hodnoty zátěže u každé fáze u každého operátora tak, jak je vyobrazeno v tabulce č. 7.

Tabulka 7 – Hodnoty zátěže u jednotlivých EMG u obou fází nácvičku
Zdroj: Vlastní výzkum

OPERÁTOR	EMGx	EMG 1	EMG 2	ZATÍŽENÍ [%]	
OP 1	MED PRÁCE	3,98288	5,74787	610,81266	546,42593
	MED ODPOČINEK	0,65206	1,05190		
OP 2	MED PRÁCE	10,18531	28,84754	109,22744	607,15317
	MED ODPOČINEK	9,32486	4,75128		
OP 3	MED PRÁCE	6,62485	4,47755	349,37264	270,02417
	MED ODPOČINEK	1,89621	1,65820		
OP 4	MED PRÁCE	4,11213	5,00823	504,54181	432,44133
	MED ODPOČINEK	0,81502	1,15813		
OP 5	MED PRÁCE	6,27630	4,14903	282,91916	198,46489
	MED ODPOČINEK	2,21841	2,09056		

5.3 Vyhodnocení zátěže u jednotlivých operátorů

- **Operátor 1** – uvedl, že den před uskutečněním nácvičku na simulátoru harvestoru prováděl v lese těžbu s motorovou pilou, výsledné hodnoty zátěže, uvedené v tabulce č. 7, tak mohou být zvýšené kvůli projevům únavy z práce v lese z předcházejícího dne. Hodnoty klidové a odpočinkové fáze pro EMG 1 jsou vyobrazeny v grafu č. 2.



Graf 2 – Hodnoty EMG 1 pro pracovní a odpočinkovou fázi u operátora 1
Zdroj: Vlastní výzkum

Veškeré následující grafy, srovnávající klidovou a pracovní fázi u obou EMG pro všechny operátory jsou obsaženy v příloze této bakalářské práce.

- **Operátor 2** – je sportovcem a je ve velmi dobré fyzické kondici, výraznou nesouměrnost mezi hodnotami zatížení EMG 1 a EMG 2 přisuzují patrně nesprávnému dodržení klidové fáze během měření. Uvedl, že již v minulosti harvester párkrát pod dozorem zkušeného operátora ovládat zkoušel.
- **Operátor 3** – je zkušeným operátorem vyvážecí soupravy s praxí i na harvestoru, hodnoty zatížení jsou souměrné pro obě řady hodnot EMG.
- **Operátor 4** – nemá žádnou předchozí praxi s harvestorem, se simulátory ani s jinými zařízeními, jejichž ovládání by bylo prováděno podobným způsobem. S přihlédnutím k uvedenému jsou naměřené hodnoty v normálu.
- **Operátor 5** – podobně jako operátor 4 nemá žádnou předchozí praxi s harvestorem, vyvážecí soupravou ani s jejich simulátory, přesto u něj hodnoty zátěže vycházejí velmi nízké, tak jak by tomu bylo u operátora harvestoru, který je na tuto práci zvyklý a provádí jí pravidelně. Operátor 5 však uvedl, že je častým hráčem počítačových her a herních simulátorů techniky, při které je užíván jako herní ovládání i joystick. Nízké hodnoty zátěže přisuzují právě hraní počítačových her.

6 Diskuse

Stanovenou hypotézu H_0 se podařilo zamítnout, hypotézu H_1 se podařilo potvrdit na hladině významnosti H_v 0,05, z čehož vyplývá, že mezi naměřenými fyziologickými parametry operátorů při nácviku na harvesterovém simulátoru je statisticky významný rozdíl.

Zjištěnou skutečnost, tedy, že práce harvesterového operátora je velmi psychicky i fyzicky náročná, potvrzuje Simanov & Kohout (2004) i Kajzar (2008).

Nadměrná stresová zátěž může vést k řadě vážných psychologických i fyzických projevů, jak potvrzuje Večeřová–Procházková & Honzák (2008).

Hodnoty stresu a zátěže na namáhané svalové skupiny se s délkou praxe operátora snižují, jak potvrzují výsledky této práce popsáním rozdílu naměřených hodnot, tedy rozdílů EMG mezi pracovní a klidovou fází, mezi zkušeným operátorem a operátory s nulovou praxí.

Na stresovou zátěž samotnou má pak kromě délky praxe vliv i psychologické zdraví operátora a jeho mechanismus zvládnání stresu neboli tzv. Coping, jak uvádí Večeřová–Procházková & Honzák (2008). Možnostmi redukce stresu psychologického se zabývá tzv. duševní hygiena, co se fyzické zátěže týče, lze jí snižovat např. pravidelným cvičením.

7 Závěr

U pěti dospělých mužů, ve věkovém rozmezí 22–38 let, bylo provedeno měření míry zátěže na křížové a bederní svalové skupiny pomocí snímání EMG.

Ve sledované skupině se nacházeli operátoři s velkou mírou zkušeností v ovládání lesnické techniky, i operátoři bez jakékoliv předchozí praxe. Všichni operátoři byli muži, praváci a jejich zdravotní stav byl klasifikován jako bez zdravotních komplikací.

Měřením bylo zjištěno, že práce operátora harvestoru je velmi psychicky i fyzicky náročnou, což potvrzují výsledky, tedy zejména několikanásobné nárůsty hodnot zátěže mezi klidovou a pracovní fází nácviku, a to zejména u operátorů bez předchozí praxe s ovládáním lesnické techniky.

Podrobným zdokumentováním operátorů se podařilo zjistit, že jak předchozí nadměrná fyzická námaha, tak koníčky operátorů, jako např. hraní herních simulátorů, mohou mít vliv na míru zátěže při nácviku na simulátoru CTL technologie.

Zároveň výsledky práce dokumentují, že se s delší praxí míra zátěže na operátora snižuje, což koresponduje s literárními poznatky, v práci uvedenými.

Zadané cíle bakalářské práce byly splněny.

8 Seznam použitých pramenů a literatury

- [1] LASÁK O., NĚMEC K. Víceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 1996
- [2] ULRICH, R., NERUDA, K., ZEMAN, V., ZEMÁNEK, T. *Harvestorové technologie a jejich optimální využití v praxi*. 1. vydání MZLU v Brně: 2006, 87s. ISBN 80-7375-012-0
- [3] Macků, Jan & Gašparík, Miroslav. (2015). Harvestorová technologie – moderní a k přírodě šetrný těžebně-dopravní systém. *AGROjournal*. 3. 18-21.
- [4] ULRICH, R.; ACHLAGHAMERSKÝ, A.; ŠTOREK V.: Použití harvestorové technologie v probírkách, MZLU Brno, 2002, 98 s.
- [5] NERUDA, J., a kol., 2013a. *Technika a technologie v lesnictví. Díl první*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 364 s. ISBN 978-80-7375-839-4.
- [6] NERUDA, J., a kol., 2013b. *Technika a technologie v lesnictví. Díl druhý*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 364 s. ISBN 978-80-7375-839-4.
- [7] DVOŘÁK, J., a kol., 2006. *Cvičení z lesnické mechanizace*. 1. vydání. Česká zemědělská univerzita v Praze. 237 s. ISBN 80-213-1524-5.
- [8] SIMANOV V., KOHOUT V.: *Těžba dříví: Těžba a doprava dříví*. 1. vydání. Písek. Matice lesnická, 2004, 412 s., ISBN 80-6271-14-5.

- [9] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2010, 1. vydání, MZE, Praha, 2010.
- [10] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2011, 1. vydání, MZE, Praha, 2011.
- [11] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2012, 1. vydání, MZE, Praha, 2012.
- [12] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2013, 1. vydání, MZE, Praha, 2013.
- [13] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2014, 1. vydání, MZE, Praha, 2014.
- [14] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2015, 1. vydání, MZE, Praha, 2015.
- [15] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2016, 1. vydání, MZE, Praha, 2016.
- [16] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2017, 1. vydání, MZE, Praha, 2017.
- [17] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2018, 1. vydání, MZE, Praha, 2018.

- [18] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2019, 1. vydání, MZE, Praha, 2019.
- [19] MZE: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2020, 1. vydání, MZE, Praha, 2020.
- [20] TOMŠÍKOVÁ, Eva. Analýza pracovní zátěže. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Psychologický ústav. Vedoucí práce PhDr. Zuzana Slováčková, Ph.D.
- [21] Coleman, A. M., Oxford, 2015. Dictionary of psychology. 896 s., ISBN 0199657688
- [22] Večeřová-Procházková, A., & Honzák, R.: Stres, eustres a distres. [online] Interní Medicína, Solen, Olomouc, 2008, [cit. 2022-02-28] Dostupné z www.solen.cz/savepdfs/int/2008/04/09.pdf
- [23] CHUEH, Ke-Hsin., et al., Association between psychosomatic symptoms and work stress among Taiwan police officers. [online] KAOHSIUNG JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES. 2011, (27), 144-149. ISSN 1607-551X. Dostupné z: doi:10.1016/j.kjms.2010.12.008
- [24] GAREFELT, J., et al., ORGANIZATIONAL STRESS AND STRESS MANAGEMENT PROGRAMS. [online] INTERNATIONAL JOURNAL OF STRESS MANAGEMENT. 2020, 309-322. ISSN 1072-5245. Dostupné z: doi:10.1007/BF01857999

- [25] STEINHARDT, Marry A., et al., Chronic Work Stress and Depressive Symptoms: Assessing the Mediating Role of Teacher Burnout. [online] STRESS AND HEALTH. 2011, 2012(27), 420-429. ISSN 1532-3005. Dostupné z: doi:10.1002/smi.1394
- [26] YU, Nancy Xiaonan., et al., Stress and psychosomatic symptoms in Chinese adults with sleep complaints: mediation effect of self-compassion. [online] PSYCHOLOGY HEALTH & MEDICINE. 2019, (24), 241-252. ISSN 1354-8506. Dostupné z: doi:10.1080/13548506.2018.1546014
- [27] KAJZAR, Oldřich., Práce operátora těžebně dopravních strojů. [online] LESNICKÁ PRÁCE: Časopis pro lesnickou vědu a praxi. 2008, (3/08). Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-87-2008/lesnicka-prace-c-3-08/prace-operatora-tezebne-dopravnich-stroju>
- [28] Obrázek č. 4, Str. 28 - EMG radiový modul pro Biofeedback X-Pert 2000 [online], [cit. 2022-02-28], Dostupné z <http://www.hohenberger-querfurt-akupunktur.de/images/biofeedback-modul-emg.jpg>

9 Seznam příloh

- [1] Box plot OP1 EMG2 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 41

- [2] Box plot OP2 EMG1 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 41

- [3] Box plot OP2 EMG2 – Zdroj: *Vlastní výzkum*.....Str. 42

- [4] Box plot OP3 EMG1 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 42

- [5] Box plot OP3 EMG2 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 43

- [6] Box plot OP4 EMG1 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 43

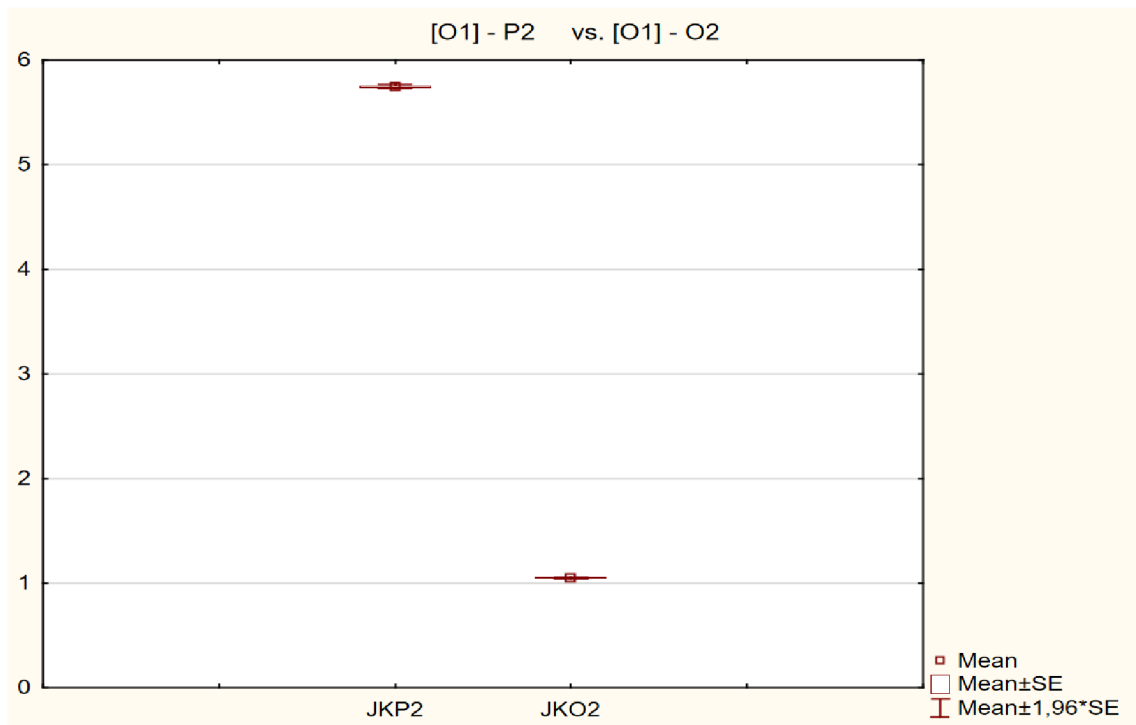
- [7] Box plot OP4 EMG2 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 44

- [8] Box plot OP5 EMG1 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 44

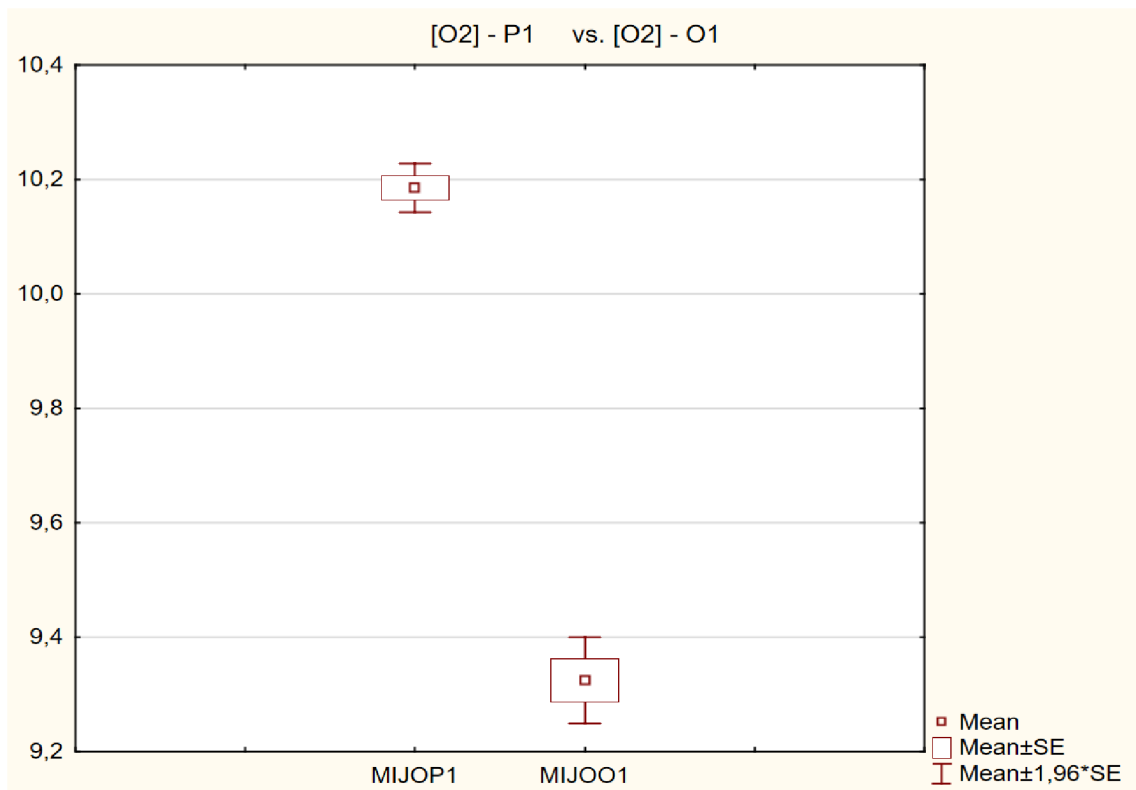
- [9] Box plot OP5 EMG2 – Zdroj: *Vlastní výzkum*Str. 45

10 Přílohy

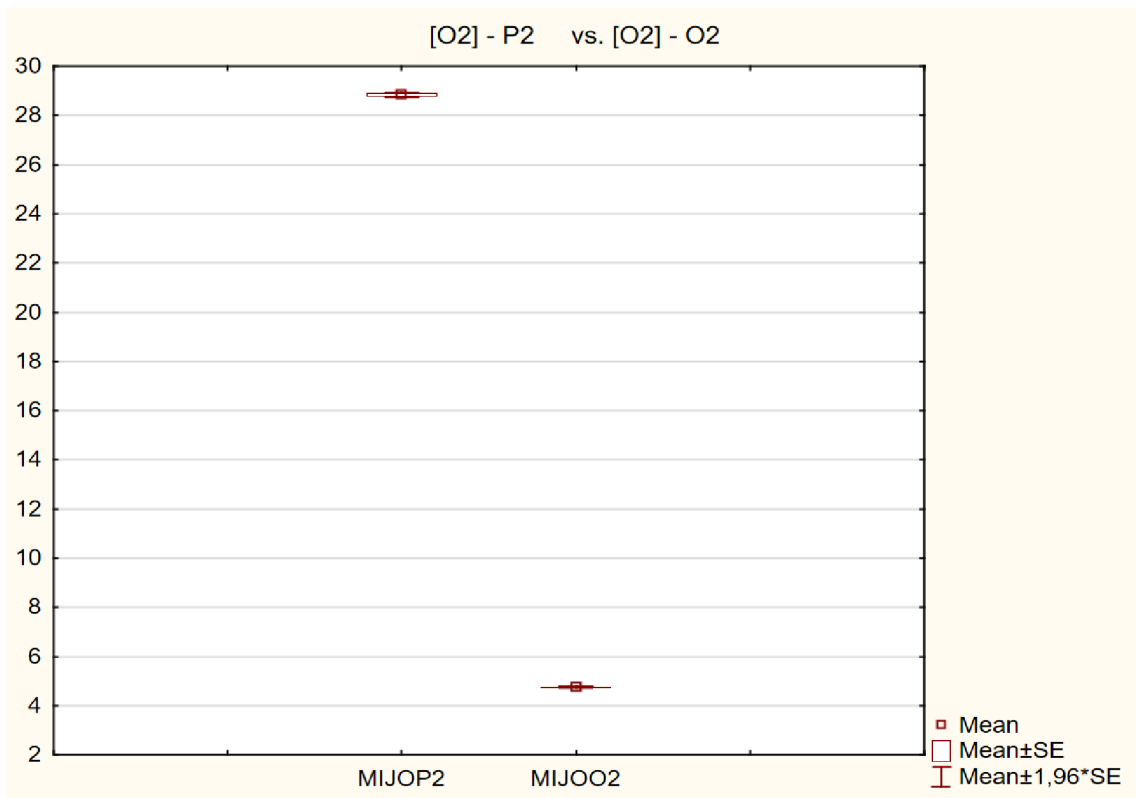
[1] Box plot OP1 EMG2



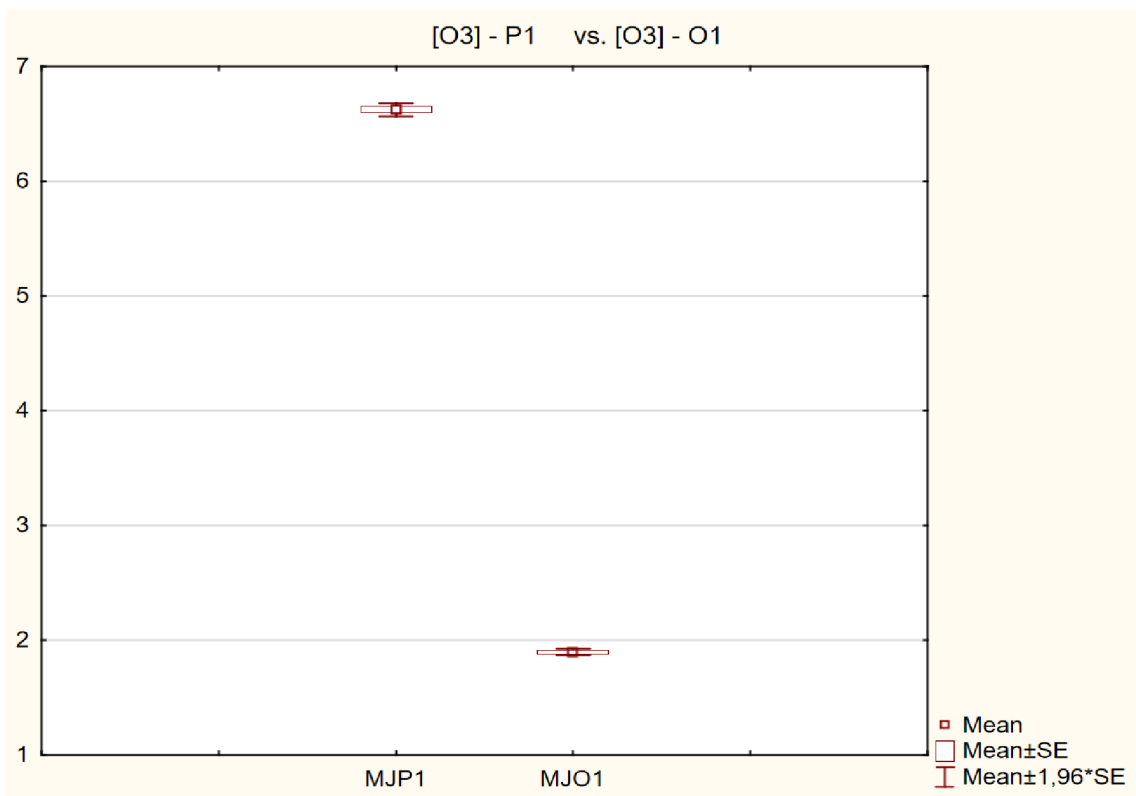
[2] Box plot OP2 EMG1



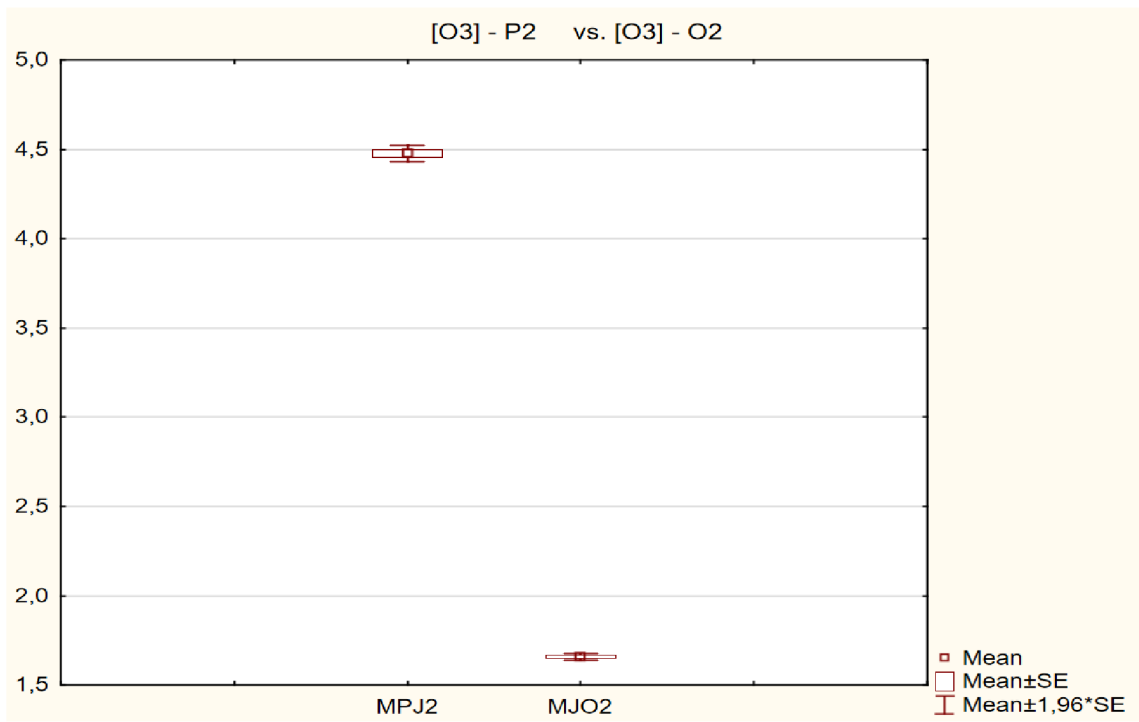
[3] Box plot OP2 EMG2



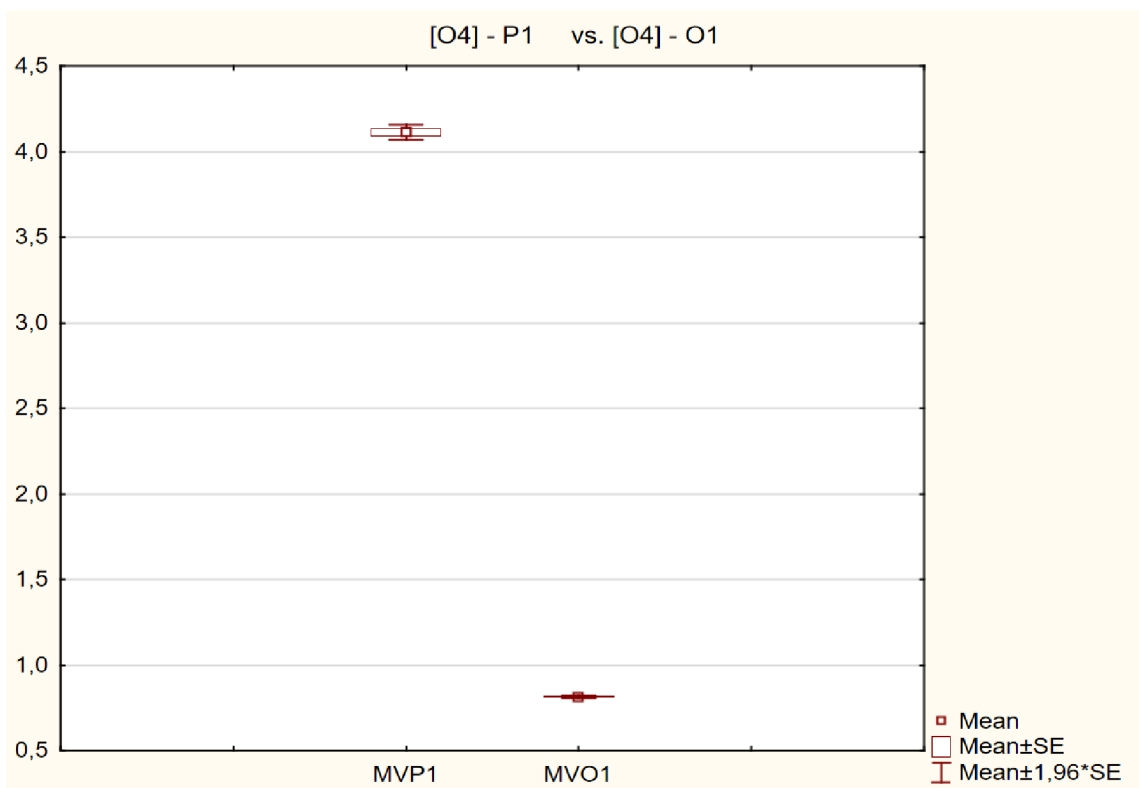
[4] Box plot OP3 EMG1



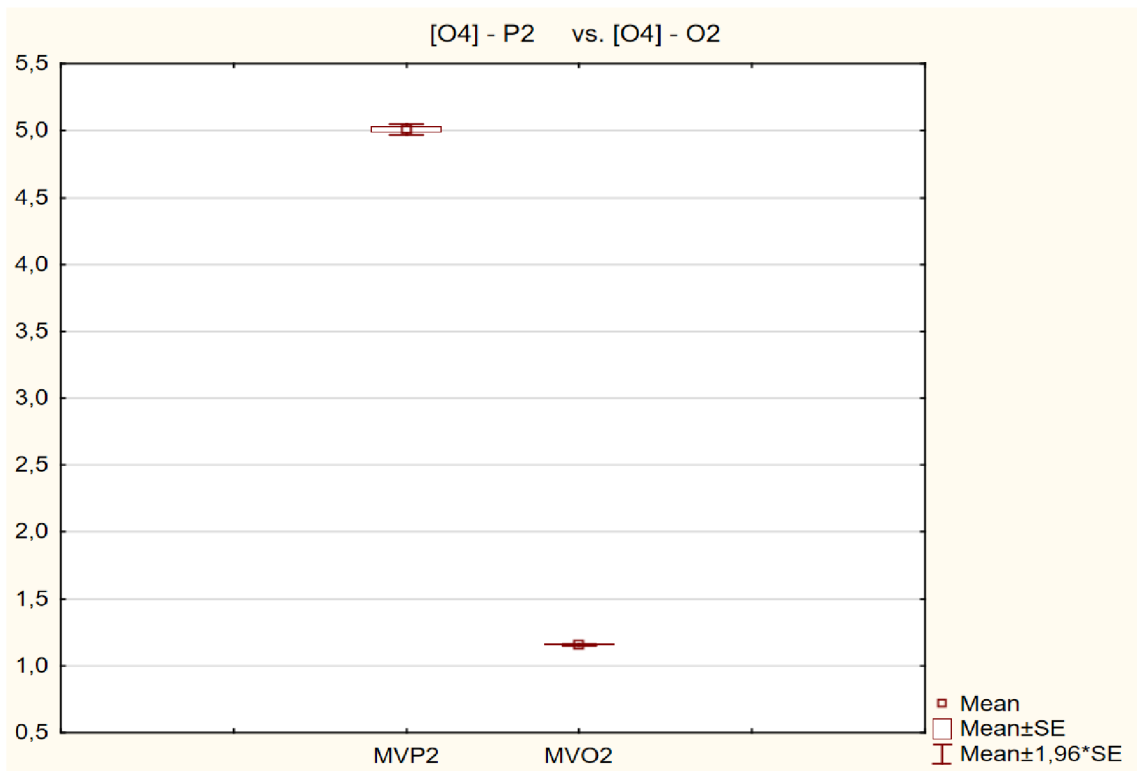
[5] Box plot OP3 EMG2



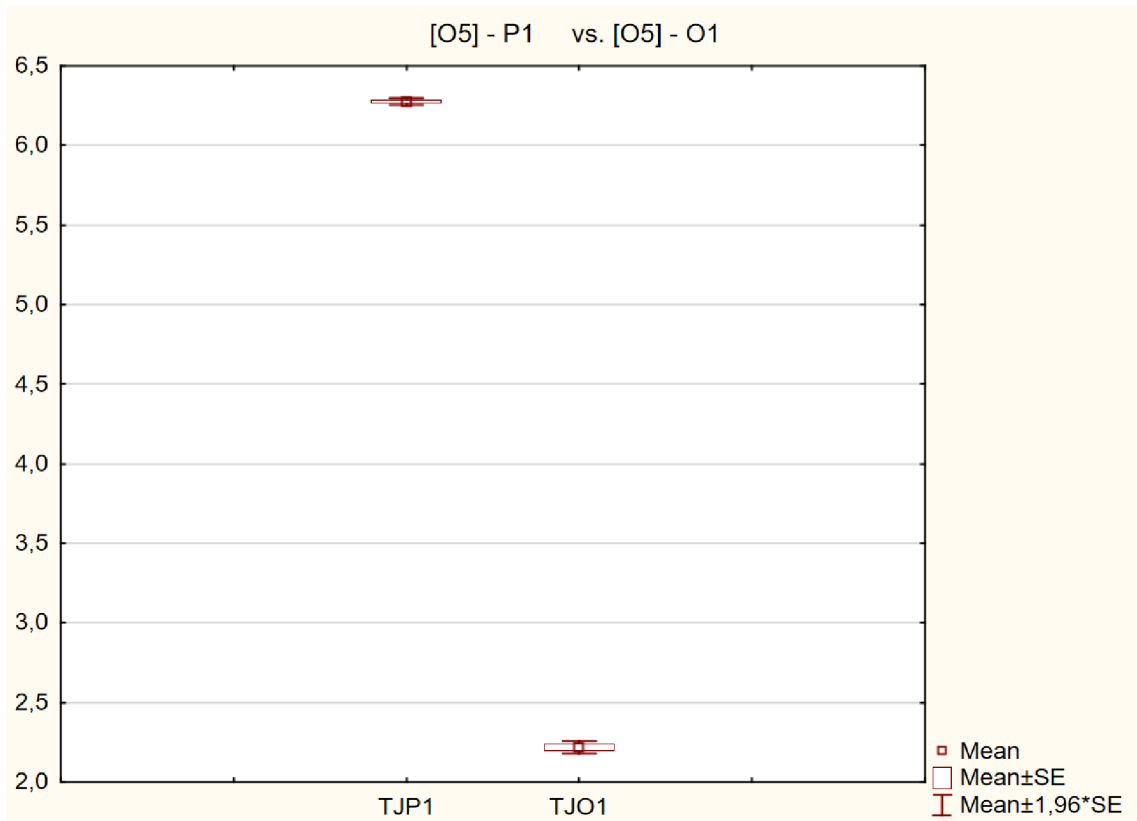
[6] Box plot OP4 EMG1



[7] Box plot OP4 EMG2



[8] Box plot OP5 EMG1



[9] Box plot OP5 EMG2

