ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

KATEDRA LESNICKÝCH TECHNOLOGIÍ A STAVEB

ANALÝZA ZÁTĚŽE KŘÍŽOVÝCH A BEDERNÍCH SVALŮ U STUDENTŮ PŘI NÁCVIKU OVLÁDÁNÍ CTL TECHNOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Markéta Daňhová

Vedoucí práce: Ing. Jan Macků, Ph.D.

2019

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Markéta Daňhová

Lesnictví

Název práce

Analýza zátěže křížových a bederních svalů u studentů při nácviku ovládání CTL technologie

Název anglicky

Analysis of the Load on Cross and Lumbar Muscles of the Students During CTL Control Exercises

---

Cíle práce

Cílem práce je, pomocí měření přístrojem Biofeedback 2000 XPert, posoudit elektromyogram (EMG) studentů při nácviku ovládání harvestorové technologie (CTL) na simulátoru.
Cílem je zejména posoudit reakci studentů v průběhu nácviku a posoudit míru zátěže svalových skupin křížových a bederních svalů, které jsou při dlouhodobém sedu značně namáhány.

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 statistickými nástroji posouzen rozdíl hodnot EMG při nácviku a v klidové fázi, z čehož může být následně posouzena míra zátěže cílových svalových skupin v průběhu nácviku.

Měření bude doplněno dotazníkem.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

Biofeedback, EMG, křížové a bederní svaly, zátěž, CTL

Doporučené zdroje informací

Ganong W. C., 2005: Přehled lékařské fyziologie. Galén, Praha, 890 s

Hřebíčková M., 2011: Pětifaktorový model v psychologii osobnosti. Grada, Praha, 256 s

Kadaňka Z., Bednařík J., Voháňka S., 1994: Praktická elektromyografie. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno, 180 s

Pulkrab, K., Šišák, L., Bartuněk, J.,2008: Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství. Kostelec n. Č.L.: Lesnická práce, s.r.o., 131 s.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Macků, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 7. 9. 2018

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářkou práci na téma Analýza zátěže křížových a bederních svalů studentů při nácviku ovládání CTL technologie vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jan Macků, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne _____ Podpis autora: _____

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Janu Macků, Ph.D, za veškerou pomoc při zpracování mé práce. Dále děkuji všem mým spolužákům, kteří se zúčastnili mého měření a v neposlední řadě mé rodině za podporu.

Abstrakt

V teoretické části se zabývám popisem víceoperačně těžebního stroje – harvestorem v širším kontextu, od historie, po rozdělení a konstrukci harvestoru. Dále se věnuji definicí stresu, jeho historií a rozlišuji zde psychickou a fyzickou zátěž. V neposlední řadě se zabývám metodou Biofeedback a přístrojem, kterým budu měřit Biofeedback 2000$^{X\text{-}Pert}$.

Cílem mé bakalářské práce je, pomocí měření přístrojem Biofeedback 2000$^{X\text{-}Pert}$, posoudit elektromyogram (EMG) studentů při nácviku ovládání harvestorové technologie (CTL) na simulátoru. Cílem práce je posoudit reakci studentů v průběhu nácviku a posoudit míru zátěže svalových skupin křížových a bederních svalů, které jsou při dlouhodobém sedu značně namáhány.

U většiny měřených studentů byl elektromyograf vyšší v pracovní fázi. Člověk je v pracovní fázi více ovlivňován stresem než v klidové fázi.

Výsledkem práce v praktické části je porovnání vybraných biometrických údajů.

Klíčová slova: biofeedback, EMG, křížové a bederní svaly, zátěž, CTL

Abstract

The theoretical part of my thesis focuses on describing the harvesting machine – the harvester – in broader context, from history to divison and harvester construction. Furthermore, the thesis also covers the definition of stress, history of stress and recognizes both physical and mental strain. Last but not least I describe the Biofeedback method and Biofeedback $2000^{X\text{-}pert}$ machine, which I will use for measuring.

The aim of my thesis is, with employment of Biofeedback $2000^{X\text{-}pert}$ measurement, to evaluate the student´s EMG during harvestor technology (CTL) simulation training. My text also aims to assess the student´s reaction at the training, as well as the rate of strain concerning cross-shaped and lumbar muscles, both of which suffer from extensive a prolonged seated position.

At most of measured students the electromyograph was higher in the working phase. Human is more influenced by stress in the working phase than in resting phase.

The result in the practical part is the comparison of some chosen biometrical features.

Keywords: biofeedback, EMG, cross-shaped muscles, lumbar-muscles, strain, CTL

Obsah:

1 Úvod 11

2 Cíle práce 13

3 Teoretická část práce 14

3.1 Historie harvestorové technologie 14

3.2 Těžebně dopravní stroje – harvestor 14

3.2.1 Rozdělení harvestorů 14

3.2.2 Popis harvestoru 18

3.2.3 Kabina operátora 18

3.2.4 Sedačka 19

3.2.5 Konstrukce těžební hlavice 20

3.2.6 Hydraulický jeřáb 21

3.3 Historie stresu 21

3.3.1 Definice stresu a zátěže 22

3.3.2 Rizikové faktory 23

3.3.3 Psychická zátěž 23

3.3.4 Fyzická zátěž 24

3.4 Biofeedback 25

3.4.1 Definice pojmu biofeedback 26

3.4.2 Historie biologické zpětné vazby 26

3.4.3 Jednotlivé techniky biofeedback 27

3.4.4 EDA (elektrodermální) biofeedback 27

3.4.5 Temp biofeedback 27

3.4.6 EMG (elektromyografie) biofeedback 27

3.4.7 EEG (elektroencefalografie) biofeedback 28

3.4.8 Snímání fyziologického signálu 28

4 Metodika práce 30

4.1 Simulátor CTL 30

4.2 Přístroj-Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$ 30

4.3 Popis testovaných studentů 30

4.4 Umístění elektrod 33

4.5 Popis měření 34

5 Výsledky měření 37

5.1 Vyplněné dotazníky od studentů 41

5.2 Zhodnocení dotazníků 42

5.3 Zhodnocení naměřených výsledků u operátorů 43

6 Diskuze 45

7 Závěr 47

8 Seznam použité literatury 48

Přílohy 51

Seznam příloh 51

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1 – Charakteristické údaje harvestorů

Tabulka č. 2 – Pracovní fáze – TĚŽBA (pracovní fáze)

Tabulka č. 3 – KLID (klidová fáze)

Tabulka č. 4 – Porovnávaná měření – TĚŽBA (pracovní fáze) vs. KLID (klidová fáze)

Tabulka č. 5 – Procentuální podíl hodnot binomických údajů (%)

Seznam obrázků:

Obrázek č. 1 – A) malý harvestor, B) střední harvestor, C) velký harvestor

Obrázek č. 2 – Hlavní části harvestoru

Obrázek č. 3 – Interiér kabiny harvestoru

Obrázek č. 4 – Těžební hlavice

Obrázek č. 5 – Konstrukce hydraulického jeřábu s paralelně vedenými rameny

Obrázek č. 6 – Modul aparatury Biofeedback 2000 $^{X\text{-pert}}$

Obrázek č. 7 – Umístění elektrod

Obrázek č. 8 – Umístění elektrod

Obrázek č. 9 – Zádové a krční svalstvo

Obrázek č. 10 – Seznámení studentů s CTL simulátorem

Obrázek č. 11 – Měření studentů na simulátoru CTL

Seznam grafů:

Graf č. 1 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid

Graf č. 2 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid

1 Úvod

Víceoperační těžební stroje neboli harvestory jsou nedílnou součástí našeho lesnictví. Při dodržování všech bezpečnostních zásad se jedná o bezpečné stroje, přesto je největším rizikem při práci s touto technologií selhání lidského činitele.

Ovládat harvestor je velmi náročné, především psychicky, ale ani fyzická zátěž není zanedbatelná. Operátor se musí velmi soustředit, aby předešel různým nebezpečným situacím, například převrácení stroje. Rovněž také z hlediska zodpovědnosti je tato funkce velmi psychicky náročná. Po fyzické stránce operátoři nejvíce namáhají bederní a křížové svaly při dlouhodobém sedu, dále svaly předloktí obou horních končetin, zápěstí a prsty, kdy má strnulý pohyb rukou při ovládání tlačítek na ovládacích pákách harvestoru.

Cílem mé bakalářské práce je, pomocí měření přístrojem Biofeedbacku 2000$^{X\text{-}Pert}$, posoudit elektromyograf (EMG) u studentů při nácviku ovládání CTL (Cut-To-Length) na simulátoru. Simulátor CTL simuluje reálnou práci v lese a podmínky při výrobě harvestorovou technologií.

Dalším cílem je posoudit reakci studentů v průběhu nácviku a posoudit míru zátěže svalových skupin křížových a bederních svalů, které jsou při dlouhodobém sedu značně namáhány. Posouzení zátěže na operátora je nutné pro neustálé zdokonalování stroje i technologie práce s ním.

Seznam použitých zkratek

ADD – Attention Deficit Disorder – porucha pozornosti bez hyperaktivity

ADHD – Attention Deficit Hyperactivity Disorder, porucha pozornosti s hyperaktivitou

BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci

BVP – blood volume pulse

CTL – cut to length

EEG – elektroencefalografie

EDA – elektrodermální

EKG – elektrokardiogram

EMG – elektromyografie

FMG – Forest Machine Group

HSSL – hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

kPa – kilopascal

M – mýtní těžba

N – nahodilá těžba

P – předmýtní těžba

SMR – senzomotorický cyklus

2 Cíle práce

Cíle mé bakalářské práce jsou:

- pomocí měření přístrojem Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$ posoudit elektromyogram (EMG) studentů při nácviku ovládání harvestorové technologie (CTL) na simulátoru
- posoudit reakci studentů v průběhu nácviku
- posoudit míru zátěže svalových skupin křížových a bederních svalů, které jsou při dlouhodobém sedu značně namáhány

3 Teoretická část práce

Teoretická část práce je zpracována pomocí literární rešerše. Popisuji zde víceoperační těžební stroj-harvestor v širším kontextu, od historie, po rozdělení a konstrukci harvestoru, dále rozděluji psychickou a fyzickou zátěž, definuji stres a zátěž a v neposlední řadě se zabývám metodou Biofeedback a jejím rozdělením na EDA, EMG, EEG a Temp Biofeedback.

3.1 Historie harvestorové technologie

Harvestorová technologie se jako první začala rozšiřovat koncem čtyřicátých let ve skandinávských zemích, konkrétně ve Švédsku a Finsku. Prvními, kteří se začali touto technologií zabývat, je společnost Rauma-Repola FMG (Forest Machine Group). V průběhu osmdesátých a devadesátých let došlo ve střední Evropě k obrovskému rozšíření této technologie. V České republice se první harvestory objevily na počátku sedmdesátých až osmdesátých let. Hlavním důvodem bylo řešení kalamitních těžeb. (Macků, Gašparík, 2015).

3.2 Těžebně dopravní stroje – harvestor

Těžebně-dopravní stroje rozdělujeme podle počtu vykonaných operací na jednoopračí stroje, což jsou například káceče, odvětvovače, štěpkovače a ostatní jednooperační stroje a na víceoperační stroje, což jsou procesory, harvestory a ostatní víceoperační stroje. Dále je rozdělujeme podle druhu vykonávaných prací, například na stroje pro kácení, pro odvětvování, transport dříví terénem atd. (Neruda, 2008).

Harvestor je samopojízdný víceoperační stroj, který strom kácí, odvětvuje, rozřezává, měří, registruje, (příp. označuje), přemisťuje a ukládá výřezy v jednom cyklu. (Neruda, 2008). Harvestor tvoří společně s vyvážecím traktorem celek, který je označován jako harvestorový uzel. Vyvážecí traktor se používá jen pro vyvážení sortimentů z lesních porostů. Díky harvestorovému uzlu dochází k těžbě stromu, výrobě sortimentů, změření a odvozu na odvozní místo.

3.2.1 Rozdělení harvestorů

Harvestory můžeme, podle Dvořáka (2006), rozdělit do několika skupin a to:

1. Podle průměru zpracovávaných stromů se dělí do 3 základních výkonových kategorií na:

- Malé (čištění lesů)
- Středně velké (předmýtní těžba-probírka)
- Velké (mýtní a nahodilá těžba)

Všechny tři kategorie se liší ve výkonu motoru, hmotnosti a dalších aspektech, které jsou uvedeny v tabulce č. 1. Každý harvestor použijeme na jinou práci. Malý harvestor využijeme k čištění lesů. Středně velký harvestor využijeme v předmýtní těžbě. Předmýtní těžba (P) neboli pěstebně označována probírka, byla označována pojmem těžba výchovná. Což znamená, že úkolem hospodáře bylo předmýtní porost vychovat do mýtního věku. Těžba věkového rozpětí je cca 20-80 let stáří porostu. Velký harvestor použijeme v mýtní (M) nebo nahodilé těžbě. Cíl mýtní těžby je obnova porostu nebo výběr jednotlivých stromů v porostu určeném k obnově. Věkové rozpětí je 80-150 let. Nahodilá těžba (N) vzniká biotickými nebo abiotickými činiteli. Je to těžba, která není plánována. Vznik těžby mohl zapříčinit vítr, kůrovec, sníh, exhalace apod. Jedná se o nežádoucí těžbu, vícenákladovou s nižším stupněm zpeněžení dříví a vysoce rizikovou z pohledu úrazovosti a namáhavosti práce (Bílek, 2013). Rozdíly mezi harvestory jsou vidět na obrázku č. 1.

Tab. č. 1 – Charakteristické údaje harvestorů (FPP Harvestor/forwarder 1998 in Ulrich a kol. 2002)

		malý	**středně velký**	**velký**
Výkon motoru	*(kW)*	< 70	70 – 140	140 <
Hmotnost	*(t)*	4–8	9 –13	13 – 15 (18)
Šířka	*(cm)*	160 –200	240 – 280	260 – 290
Dosah jeřábu	*(m)*	6,0	8,5 – 10,0	10,0 – 11,0 (15)
Hmotnatost stromu	*(m^3.$strom^{-1}$)*	do 0,15	do 0,35	nad 0,35
Max. průměr na úřezu	*(cm)*	20–35	35 – 45	45 – 65
Výkonnost*	*(m^3.mth)*	3–5	4 – 8	5 – 15
Roční výkonnost	*(m^3.rok^{-1})*	7–8 tis.	12 tis.	18 tis.

*průměrná motohodina zahrnuje 15 minut přestávky

A B C

Obr. č. 1 – A) malý harvestor, B) střední harvestor, C) velký harvestor (Neruda, 2008)

2. Podle charakteru nebo umístění vybraného komponentu:

- podle umístění těžební hlavice:

- Širokozáběrové – těžební hlavice je umístěna na hydraulickém jeřábu o dosahu až 11 m, stroj pracuje pouze z vyvážecích linek
- Úzkozáběrové – těžební hlavice je nesení na konstrukčně zesíleném rámu přední části kabiny (Dvořák, 2006)

- podle technologie zpracování stromu:

- Jednoúchopové – celý strom je zpracován pomocí těžební hlavice nesené na konci hydraulického jeřábu
- Dvouúchopové – na hydraulickém jeřábu je nesena kácecí hlavice, která slouží pouze k pokácení stromu, ten je následně vložen do výkyvné procesorové hlavice, umístěné na zadní části podvozku harvestoru, procesorová hlavice plní všechny ostatní operace, tzn. odvětvování, sortimentování a kubírovaní vloženého stromu (Dvořák, 2006)

- podle trakčního ústrojí:

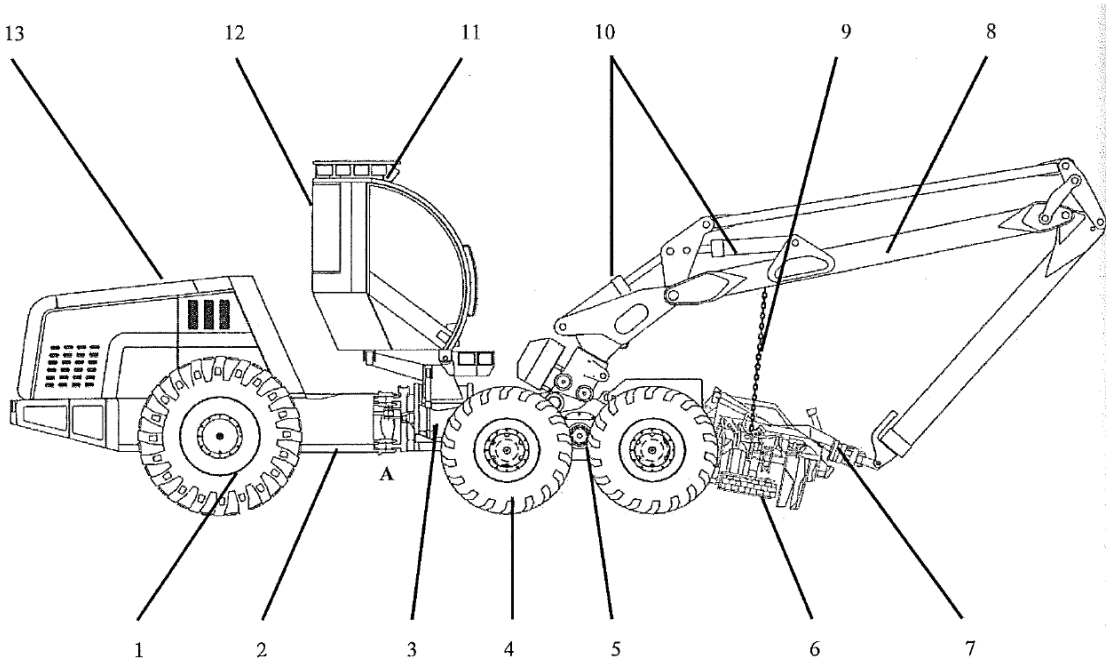
- Kolové – pojezdovým ústrojím jsou nízkotlaké pneumatiky, harvestory jsou čtyř až osmikolové, s četností pneumatik je tlak rozkládán na půdu rovnoměrněji, v závislosti na celkové hmotnosti stroje a počtu náprav se měrný tlak pohybuje do 150 kPa, kola jsou poháněna od centrálního hydromotoru, nebo samostatnými hydromotory instalovanými v jednotlivých kolech stroje, v nepříznivých terénech (větší sklonitost, podmínění únosnost)

jsou nasazovány na hnací kola řetězy, u šesti nebo osmikolových harvestorů jsou používány tandemové boogie nápravy

- Pásové – kabinová nástavba a hydraulický jeřáb s těžební hlavicí jsou instalovány na univerzálním bagrovém podvozku, pásy jsou pryžové nebo kolové, kovové pásy jsou složeny z jednotlivých článků, pryžové pásy jsou používány u harvestorů nižších hmotnostních tříd, pohon je zajištěn od hydraulicky poháněného hnacího kola, jehož trny zapadají do ok na pásu, výhodou pásových podvozků je velká stabilita, velká svahová dostupnost a menší měrný tlak na půdu, nevýhodou je snižující se mobilita s přepravou na nové pracoviště apod.
- Kráčivé – je nástavbou na klasickém kráčivém bagrovém podvozku (např. Menzi Muck) nebo je nástavbou na speciálním šestinohém podvozku vyrobeném speciálně pro lesnické provozy – John Deere, nohy harvestoru John Deere jsou poháněny hydrostaticky, stroj Menzi Muck je, jako kráčející bagr, nasazován při čištění říčních koryt, úpravě svahů, stavbě cest, ale i mulčování a lesní těžbě (Dvořák, 2006)

3.2.2 Popis harvestoru

Hlavní části harvestoru můžeme vidět na obrázku č. 2.



Obr. č. 2 – Hlavní části harvestoru (Neruda, 2008)

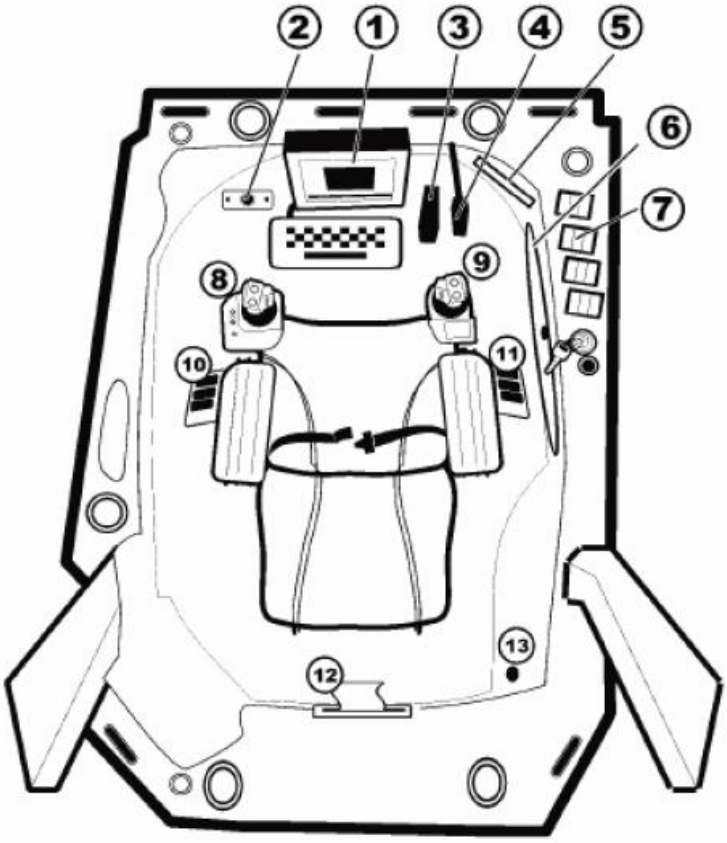
1. kolo zadní nápravy
2. zadní rám
3. přední rám
4. kolo přední boogie nápravy
5. boogie náprava
6. těžební hlavice
7. rotátor
8. hydraulický jeřáb
9. upevňovací řetěz
10. přímočaré hydromotory
11. osvětlení
12. kabina
13. kryt motoru

A - kloub říze

3.2.3 Kabina operátora

Podle Nerudy (2008) musí kabiny splňovat ochranné prvky mezinárodních standardů ISO ROPS (Roll - Over - Protective Structures) - ochrana při převrácení traktoru, FOPS (Falling Object Protective Structures) - ochrana proti padajícímu předmětu a OPS (Operator Protective Systems) - ochrana proti proniknutí předmětů ze stran. Je důležité, aby měl operátor harvestoru pohodlí, protože ovládat harvestor je velice náročné.

Podstatná je i nivelace kabiny, která vede, na svažitých terénech, k zajištění stability stroje a zajištění bezpečnosti práce při lesní výrobě (Dvořák, 2006). Na obrázku č. 3 vidíme interiér kabiny harvestoru.



Obr. č. 3 – Interiér kabiny harvestoru (z manuálu fy Komatsu Forest)

1. obrazovka
2. volič směru jízdy-dopředu/dozadu
3. brzdový pedál
4. jízdní pedál
5. rádio/CD přehrávač
6. pojistkový panel
7. přístrojová deska
8. levá ovládací páka
9. pravá ovládací páka
10. přístrojová deska-levá opěrka
11. přístrojová deska-pravá opěrka
12. tiskárna
13. 12V/24V vývod

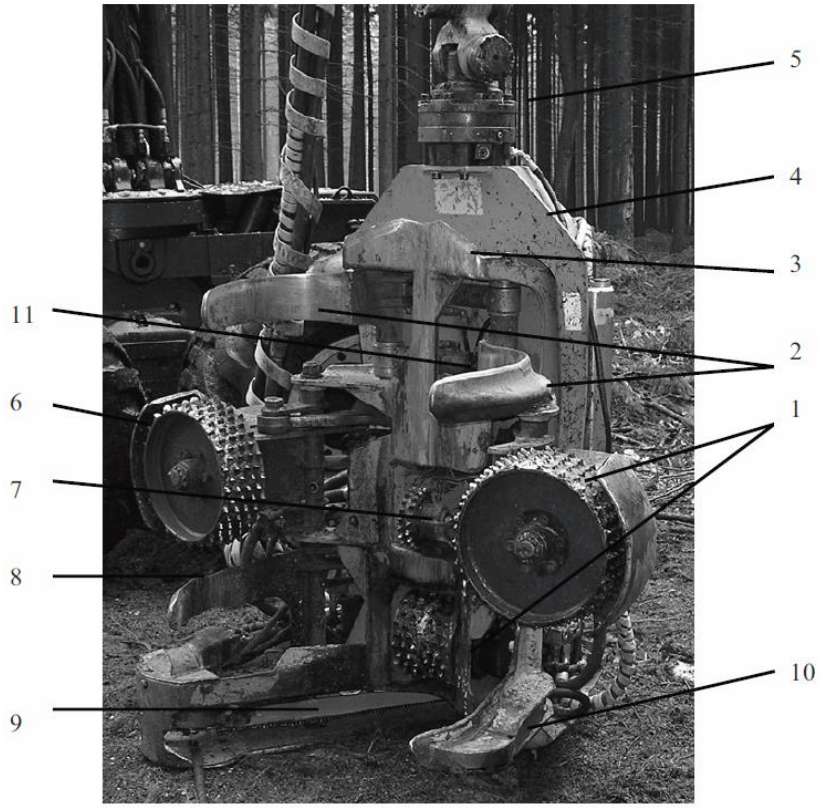
3.2.4 Sedačka

Sedačka musí splňovat ergonomické funkce. Sedadlo operátora je vyhřívané a lze ho nastavit tak, aby byl operátor v co největším pohodlí, a aby měl dobrý výhled z kabiny.

Je možné nastavovat úhel opěradla, výši sedadla, úhel otoče podle potřeby výhledu, délku bočních opěr (Dvořák, 2006).

3.2.5 Konstrukce těžební hlavice

Těžební hlavice je pracovním nástrojem harvestoru. (Dvořák, 2006). Slouží k uchopení stromu odvětvovacími noži a podávacími válci, uříznutí pomocí řetězové pily, položení do pracovní polohy, odvětvení, zkrácení a následného uložení sortimentu vedle linky. Sortiment je dále vyvážen na odvozní místo pomocí vyvážecích traktorů. Na obrázku č. 4 vidíme detailní popis těžební hlavice.

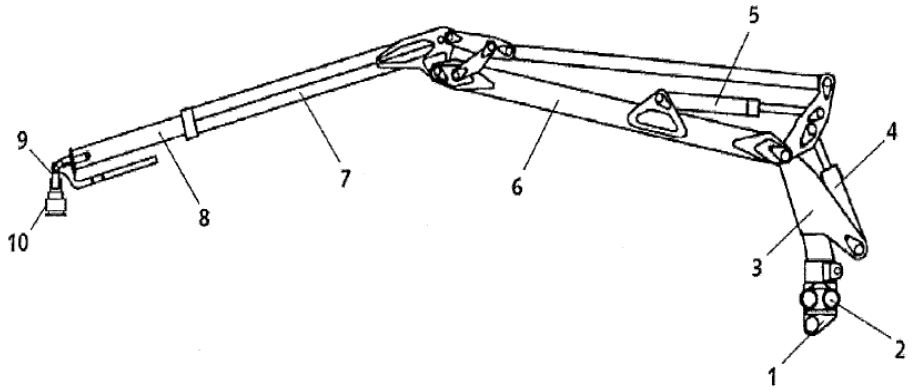


Obr. č. 4 – Těžební hlavice (Dvořák, 2006)

1. podávací válce
2. horní (přední) pohyblivé odvětvovací nože
3. pevný odvětvovací nůž
4. rám
5. rotátor
6. kryt podávacího válce
7. měřící kolečko délky
8. přidržovací nože
9. pila
10. spodní (zadní) odvětvovací nože
11. přímočarý hydromotor

3.2.6 Hydraulický jeřáb

Slouží k nesení těžební hlavice a k vykonání všech potřebných pohybů při zpracování stromu (Neruda, 2008). Jeho nosnost se snižuje s délkou vysunutí. Na obrázku č. 5 můžeme vidět konstrukci hydraulického jeřábu s paralelně vedenými rameny.



Obr. č. 5 – Konstrukce hydraulického jeřábu s paralelně vedenými rameny (Neruda, 2008)

1. základna hydraulického jeřábu
2. válce otoče
3. sloup
4. válec hlavního ramene
5. válec kyvného ramene
6. hlavní rameno
7. kyvné rameno
8. teleskop
9. připojení rotátoru
10. rotátor

3.3 Historie stresu

Hans Selye (1907-1982) byl původem maďarský, posléze kanadský fyziolog. Je považován za otce moderního výzkumu stresu, protože převedl pojem stres z technické literatury do lékařského slovníku. Díky experimentu, který prováděl na myších, objevil syndrom, který označil jako GAS (General Adaptation Syndrome) – všeobecný adaptační syndrom. Díky svým pozorováním usoudil, že se jedná o celkovou snahu organizmu adaptovat se na nově vzniklou situaci, srovnatelnou například s procesem zánětu nebo imunitní reakcí. Syndrom probíhá ve třech fázích první fáze je poplachová reakce – odpověď organismu na stresory, druhá fáze je stádium rezistence – aktivace organismu a třetí fáze je stádium vyčerpání – kdy stresory přemáhají síly organismu (Večeřová-Procházková, Honzák, 2008).

Walter Bradford Cannon (1871-1945) byl americký fyziolog, který začal poprvé soustavně pozorovat problematiku stresu. Popsal reakci na ohrožení, která se nazývá „útok nebo útěk“ (fight/flight). Vycházel z teorie homeostázy, cílené snahy organizmu uvést vnitřní prostředí do fyziologické rovnováhy (Večeřová-Procházková, Honzák, 2008).

3.3.1 Definice stresu a zátěže

Stres je funkční stav živého organismu, kdy je tento organismus vystaven mimořádným podmínkám (stresorům), a jeho následné obranné reakci, která má zabránit poškození nebo smrti organismu (Linhart, 2007).

Pojetí slov stresu a zátěže se u mnoha odborníků liší. Zátěž může být chápána jako zatížení určité plochy či části těla, zatímco stres by měl mít vliv na celek. Obvyklé míře stresu tedy můžeme říkat zátěž, překročí-li zdravou mez, je to stres. Stres je v dnešní době bohužel nepostradatelnou součástí našich životů. Je to stav organismu, který je reakcí na různou působící zátěž, ať už fyzickou či psychickou. Může ho vyvolat prakticky kdokoliv a cokoliv, ať už hádka s kolegou, nestihnutí tramvaje nebo například nedodržení termínů odevzdání semestrální práce. Nejčastějšími událostmi, které vnímáme jako stresové, jsou traumatické, neovlivnitelné nebo nepředvídatelné.

O stresu se často mluví jen v negativním pojetí, avšak určitá míra stresu nás může obohatit. Člověk pak můžepodávat lepší výkony, snaží se vyvíjet větší úsilí u zadané práce, je více motivovaný ke zvládnutí různých úkolů a překonávání všech životních překážek, které nám přináší život.

V pracovním prostředí vzniká stres právě, když nároky práce a prostředí nejsou v souladu s pracovníkovými schopnostmi a ostatním individuálními vlastnostmi. Pracovník není schopen se s nimi vyrovnat nebo je řídit.

Pracovní zátěž se může snížit tím, že se zmenší nároky práce a prostředí na pracovníka, dále by měl člověk posilovat svoji fyzickou odolnost organismu například tím, že bude dodržovat pitný režim, správnou výživu, sportovat, dodržovat dostatek spánku nebo relaxovat. Nejlepší prevence stresu a stresových situací je právě relaxace. Relaxací můžeme dosáhnout vědomého odstranění tělesného a duševního napětí. Svalové uvolnění vyvolá i psychické uvolnění. Relaxací nastává navození stavu vnitřního klidu

3.3.2 Rizikové faktory

Rizikové neboli škodlivé faktory ovlivňují člověka v pracovním procesu. Jejich působení může za určitých podmínek vést k onemocnění nebo snížení pracovní schopnosti pracovníka.

Klasifikace stresorů, které ovlivňují člověka v pracovním procesu, se řadí, podle Štikara (2003), do několika skupin:

- Svalová zátěž – trvalé stání, sezení, velká přesnost pohybů, stereotypie pohybů, velká hmotnost břemen, prostorové omezení, složitá koordinace pohybů
- Senzorická zátěž – trvalé sledování jednoho místa zrakem (sledování obrazovky – monitoru po delší dobu, než je polovina pracovní směny), ztížená viditelnost sledovaných míst
- Mentální zátěž – jednotvárná činnost, vysoká náročnost řešení mimořádných situací
- Hluk a vibrace – nadměrná hlučnost, nadměrné hodnoty vibrací
- Osvětlení – nedostatečná intenzita, nerovnoměrné osvětlení
- Klimatické podmínky – trvale extrémní teplota, časté střídání teplot
- Chemické látky – obtěžující plyny, páry, kouř, pach, zdraví škodlivé plyny (práce v průmyslu)
- Pracovní úrazy – mechanické příčiny, elektrický proud, exploze, nevyhovující osobní ochranné pomůcky
- Sociální faktory – uzavřený prostor, velký počet lidí, velké nároky na kooperaci a komunikaci

3.3.3 Psychická zátěž

Psychická zátěž je pracovní zátěž, která klade nároky na psychické procesy zejména pozornost, představivost, myšlení a rozhodování, které vyplývají z požadavku na zpracování informací.

Mezi nejvýznamnější faktory psychické zátěže pracovního prostředí, podle Šplíchalové (2016), patří:

- Vnucené tempo práce – je například u pásové výroby, kdy se musí pracovník podřídit pracovnímu tempu podléhajícím technologickým podmínkám
- Monotonie práce – opakování stále stejných pracovních úkonů

- Práce ve směnném provozu, práce na noční směny – může vést k chronické únavě, díky posunutí spánkového režimu
- Práce v časovém tlaku – je velmi psychicky náročná, kvůli omezené možnosti přestávek, se organizmus nestačí zregenerovat a vyvolá tak rychlý nástup únavy
- Sociální klima na pracovišti – je ovlivněno vztahy mezi kolegy v pracovním prostředí, špatné vztahy mezi pracovníky mohou vést k nespokojenosti na pracovišti
- Riziko ohrožení vlastního zdraví a zdraví jiných osob – zde je velmi nutné dodržovat přísná pravidla BOZP, cílem je zamezit vzniku ohrožení či poškození zdraví nebo ztrátám pracovníků na životech
    - Mezi práce, které představují toto riziko, patří například: práce v podzemí, ve výškách, pod vodou, práce v rizikovém provozu, pracoviště s vysokým rizikem úrazu a tak dále

Dlouhodobá psychická zátěž může mít za následky poruchy zdraví:

- Psychosomatická onemocnění – chronické bolesti (hlavy, břicha, zad, kloubů), chronická únava, neurologické problémy, nespavost, bušení srdce, píchání na hrudi, dušnost, brnění končetin a obličeje, zažívací obtíže, nechutenství nebo naopak nadměrná chuť k jídlu, kožní problémy a jiné zdravotní problémy, které přetrvávají nebo se stále vracejí
- Poruchy v oblasti mentálního zdraví – pracovní nespokojenost, syndrom vyhoření, náladovost, nadměrné užívání návykových látek, psychotické poruchy a jiné

Psychickou zátěž, z hlediska operátora harvestoru, nejvíce ovlivňuje riziko ohrožení vlastního zdraví a zdraví jiných osob, operátor se musí soustředit, aby předešel různě nebezpečným situacím například převrácení stroje aj. Dále práce ve směnném provozu, která může vést k chronické únavě nebo poruchám spánku. Na rozdíl od jiných povolání, jako například učitel, prodavač nebo lékař, je operátor harvestoru sociálně izolovaný, což může vyvolat deprese.

3.3.4 Fyzická zátěž

Fyzická zátěž je pracovní zátěž pohybového systému, srdečně cévního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci organismu. (Malý, Král,

Hanáková, 2010). Zátěž se dělí na statickou nebo dynamickou. U dynamické práce po stahu následuje relaxace svalu, kdežto u statické práce sval nemění svou délku, ale roste jeho napětí. (Král, 1999).

Pracovní poloha ovlivňuje namáhavost práce, nevhodné pracovní polohy negativně ovlivňují kosterně-svalový aparát, krevní oběh i dýchání. Operátorova poloha v harvestoru je trvalý sed, má prakticky nemožný pohyb, z důvodu malého prostoru v kabině, trvalým sedem si může způsobit onemocnění páteře, které nejvíce postihuje bederní a krční páteř, bolesti bederní páteře vznikají především při dlouhodobém statickém zatížení (práce v sedě), s tím souvisí i špatné držení těla nebo ochablé svalstvo trupu. Dále má operátor strnulý pohyb rukou – drží pákové ovladače a v neposlední řadě namáhá i své oči při pohledu z monitoru a ven z kabiny (Dvořák a kol., 2016; Dvořák a kol., 2011).

3.4 Biofeedback

Biofeedback je nový léčebný způsob, jak kontrolovat a popřípadě zlepšovat své fyziologické funkce. Tento způsob umožňuje pociťovat nebo uvědomovat si to, co bychom svými smysly nepostřehli. (Faber, 2017). Metoda vychází z I. P. Pavlova[1] podmíněného reflexu. Reflex je základní funkční prvek nervové soustavy. Je to neměnná odpověď organismu na dráždění receptorů zprostředkovaná reflexním obloukem (Kašáková, 2015). I. P. Pavlov prováděl pokusy na psech. Například když přišel čas krmení, zazvonil psům na zvoneček a pak jim teprve přinesl krmivo. První podnět, kdy psi začali slinit nebo vrtět prutem či oháňkou, je vrozený a geneticky daný reflex. Druhý podnět je podmíněný, v tomto případě zvuk, protože zvonil na zvoneček. Znamená to, že již samotný zvuk vyvolal slinění.

V případě biofeedbacku máme opět dva podněty, ale první je vnitřní např. arytmie srdeční, vysoké svalové napětí, nedostatek SMR (senzomotorický rytmus) apod. Druhý podnět je odměna trénujícímu člověku za to, že nemá arytmie srdeční anebo má hodně SMR. První podnět je nepodmíněný, např. SMR, a druhý podnět je podmíněný, např. odměna v podobě úspěchu ve hře (Tylová, Faber, Novotný, Ptáček 2017).

[1] Ivan Petrovič Pavlov (14.září 1849-27.února 1936) byl ruský fyziolog, psycholog a lékař, který se zabýval studiem trávicích procesů a s nimi spojených reflexů.

3.4.1 Definice pojmu biofeedback

Z anglického jazyka by se tento pojem dal doslova přeložit jako „feed" krmit a „back" zpátky. Biofeedback tedy doslova znamená „biologická zpětná vazba". Biologická zpětná vazba (BFB) je zvláštní metoda, která spojuje psychologické a neurovědní poznatky a postupy s možnostmi moderních technologií. Informace se nezískávají pouze ze subjektivního vnímání a hodnocení projevů vyšetřovaného, ale můžou se získat z monitorovaných zařízení. Parametry, které jsou pomocí technických prostředků monitorovány, jsou kožní odpor, tepová frekvence, EEG, tělesná teplota, rytmicita srdeční respirační arytmie, svalové napětí (elektromyografie, EMG), BVP (blood volume pulse), periferní průtok krve a další (Ptáček, Novotný, Kopřivová, 2017).

Základní myšlenkou biofeedbacku je využít zpětnou vazbu, protože bez ní by to nebylo možné, nefungovalo by žádné technické zařízení pracující s dynamickými hodnotami, protože by se dostalo do extrémního stavu bez možnosti návratu do normálních pracovních podmínek. (Ptáček, Novotný, Kopřivová, 2017).

3.4.2 Historie biologické zpětné vazby

Aplikovaný biofeedback se začal jako vědecká disciplína rozvíjet v padesátých letech 20. století (1950) v USA. Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 20. století byly známy okrajové možnosti biofeedbacku (myografický – EMG, teplotní a biofeedback kožní vodivosti – GSR). MUDr. Felix Irmiš, CSc., tehdy pracovník Výzkumného ústavu psychiatrického v Praze, v roce 1967 zveřejnil tehdejší poznatky o biologické zpětné vazbě. Prvním, kdo zkonstruoval alfa aktivitu monitorující biofeedback u násbyl Ing. J. Simon z Katedry lékařské elektroniky ČVÚT Praha (1980). Tento přístroj byl použit pro první výzkumnou práci na území Slovenska v tehdejší ČSSR. Nejrozšířenější metodou Biofeedback byl EEG biofeedback. Myšlenka EEG biofeedbackvznikla v šedesátých letech 20. století, Joe Kamiyov je první, který prokázal, že pokud člověk dostává informaci o své mozkové aktivitě, je schopen naučit se rozpoznávat mentální stavy a po určitou dobu mozkovou aktivitu regulovat. Vědecký tým v čele s M. B. Stermanem se zabýval operantním podmiňováním SMR (senzomotorický rytmus) u koček. Jeho výzkum prokázal, že díky tréninku mozkových vln se může ovlivnit chování. Toto zjištění se začalo využívat v léčbě epilepsie. Stermanův žák Joel Lubar objevil aplikační využití u poruch pozornosti dětí (Ptáček, Novotný, 2017).

V roce 1996 byl zahájen grantový projekt Ministerstva zdravotnictví v ČR „Efektivita terapie lehkých mozkových dysfunkcí s využitím EEG biofeedback tréninku-zdravotní, politické a etické efekty (1996-1998, MZ0/IZ)“. Řešiteli byli Jiří Tyl, Jan Payne, Karel Šonka a František Schneiberg. Tento výzkum byl v České republice prvním pokusem o klinické zhodnocení efektivity metody EEG biofeedbacku (Ptáček, Novotný, Kopřivová, 2017).

V roce 1997 založil PhDr. Jiří Tyl firmu EEG Biofeedback v návaznosti na dokončení grantového projektu. Tento institut byl vůbec prvním školícím střediskem v ČR, který se zabýval pomáháním s obtížemi klientů tréninkem, jejich specialitou se stala práce s dětmi s poruchou pozornosti a poruchami učení. Institut poskytuje i natáčení kvantitativního záznamu EEG a jeho popis významným profesorem neurologie Josefem Faberem. (http://eegbiofeedback.cz/nas-institut/)

3.4.3 Jednotlivé techniky biofeedback

Jednotlivé techniky biofeedback se rozdělují na EDA (elektrodermální) biofeedback, Temp biofeedback, EMG (elektromyografie) biofeedback a EEG (elektroencefalografie) biofeedback.

3.4.4 EDA (elektrodermální) biofeedback

EDA biofeedback měří vodivost pokožky. Je to nejstarší metoda biofeedbacku. Současně patří mezi nejrozšířenější postup biofeedbacku (Ptáček, Novotný, Kopřivová 2017).

3.4.5 Temp biofeedback

Temp biofeedback měří teplotu kůže. V USA a v západní Evropě se používá při nácviku relaxačních metod (Ptáček, Novotný, Kopřivová 2017).

3.4.6 EMG (elektromyografie) biofeedback

Elektromyografie je diagnostická metoda, umožňující snímání bioelektrických signálů, vznikajících činností kosterního svalstva. Výsledný záznam se nazývá elektromyogram (Penhaker, 2004). EMG biofeedback se používá v oblasti neurosvalové reedukce, nácviku relaxace různých svalových skupin, terapii tiků, terapii enuréz apod. (Ptáček, Novotný, Kopřivová, 2017). Jedním z nejčastějších důvodů k vyšetření EMG je syndrom karpálního tunelu. Onemocnění je způsobeno útlakem nervu v zápěstním kanálu. Tím probíhají šlachy, cévy a také střední nerv, který ovlivňuje pohyb a citlivost

prstů a dlaně. Dále se vyšetření EMG provádí u postižení nervových kořenů tzv. radikulopatie. Radikulopatie může vzniknout nepřiměřenou zátěží dané lokality páteře, kdy se učiní rychlý pohyb. Jedná se o bolesti zad způsobené útlakem páteřních nervů nejčastěji v oblasti krku nebo beder.

3.4.7 EEG (elektroencefalografie) biofeedback

Elektroencefalografie je diagnostická metoda, umožňující snímání a záznam elektrické aktivity mozku (Penhaker, 2004). Provádí se buď invazivně, nebo neinvazivně. Při neinvazivním snímání zaznamenáváme signály z povrchu hlavy povrchovými elektrodami, při invazivním snímání používáme podpovrchové jehlové elektrody (Penhaker, 2004). *EEG biofeedback je založen na principu operantního podmiňování a učení obecně* (Kopřivová, 2006). Poskytuje pacientovi informaci o jeho mozkové aktivitě, tím mu dává možnost, aby se ji učil ovládat. Při vyšetření je pacientovi snímáno EEG a na obrazovce počítače mu je promítána zpětná vazba ve formě hry. EEG biofeedback nejvíce pomáhá v určení epilepsie anebo poruchy pozornosti (ADD/ADHD) (Kopřivová, 2006). Rozdíl mezi ADD a ADHD je ten, že ADHD je porucha pozornosti s hyperaktivitou a ADD je porucha pozornosti bez hyperaktivity (Stodůlková, Zapletalová, 2015).

3.4.8 Snímání fyziologického signálu

Signály EEG, EKG jsou snímány na povrchu kůže kontaktními elektrodami. Elektrody EEG je nutné mechanicky zafixovat na skalpu a při přenos signálů z povrchu kůže se pod elektrodu umisťuje vodivý gel. EKG elektrody jsou samolepící elektrody na jedno použití a umisťují se na hruď (Ptáček, Novák, 2017). Elektrody se musí správně umístit. Tělesná teplota se nejčastěji snímá z bříšek prstů. Dechová frekvence je snímána senzorem umístěným na pružném pásku zapnutém kolem hrudi. Srdeční pulz je snímám optickým senzorem okamžitého průtoku krve, jenž je zabudován do klipu, který se zachycuje na prst nebo na ušní lalůček (Ptáček, 2017).

Následující obrázek č. 6 zobrazuje modul pro měření EMG aparatury Biofeedback 2000 X-pert. Modul slouží pro účely elektromyografie, umožňuje měřit záškuby nervových vláken.

Obr. č. 6 – Modul aparatury Biofeedback 2000 X-pert (Zdroj: manuál Biofeedback 2000 X-pert, 2008)

4 Metodika práce

Teoretickou část mé bakalářské práce doplňuji případovou studií. V případové studii jsem si vyzkoušela práci s přístrojem Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$. Tímto přístrojem jsem nejdříve měřila u devíti studentů vybrané biometrické údaje v klidové fázi a poté v pracovní fázi na simulátoru CTL. Nakonec jsem výsledné údaje porovnávala mezi sebou.

4.1 Simulátor CTL

Simulátor CTL přesně napodobuje víceoperační těžební stroj (harvestor). Tento simulátor se využívá pro školení a výcvik operátorů harvestorů. Simulátory se skládají ze skutečných řídicích systémů harvestorů a vyvážecích traktorů. Operátor harvestoru musí znát terén, podmínky lesního hospodářství, ovládání stroje. Díky simulátoru si člověk vyzkouší pracovní situace v lesních podmínkách, základní ovládání harvestoru, které musí operátor zvládnout.

Simulátor CTL, na kterém probíhalo měření s přístrojem Biofeedback 2000$^{X\text{-}Pert}$, se nachází na České zemědělské univerzitě, na Fakultě lesnická a dřevařská.

4.2 Přístroj-Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$

Pro účely zjištění biometrických údajů byl použit modulární systém Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$ od rakouského výrobce Schuhfired. Tento přístroj umožňuje monitorování testovaného člověka díky neinvazivnímu snímání vybraných fyziologických funkcí z povrchu těla (Berger, 2003; Dvořák, Natov, 2010).

Hodnoty jsou snímány elektrodami a kabelově přenášeny do radiových modulů, kde jsou filtrovány, zesilovány a digitalizovány. Odtud jsou pomocí bezdrátové technologie Bluetooth odesílány do přijímače připojeného k počítači. Ke zpracování dat slouží speciální software Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$ verze 3.0 (Schuhfired, 2008).

4.3 Popis testovaných studentů

Pro mé měření bylo testováno devět studentů, kteří všichni studují na České zemědělské univerzitě, na Fakultě lesnická a dřevařská, sedm studentů studují obor Lesnictví, takže se již v minulosti se simulátorem CTL setkali, zbylí dva studenti studují obor Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství (HSSL), se simulátorem CTL se při mém měření setkali poprvé. Měření se zúčastnilo šest mužů a tři ženy.

Operátor č. 1 – muž, 22 let, student oboru Lesnictví, v minulosti se setkal se simulátorem CTL

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 1

- v průběhu testování měl zvýšenou teplotu, což je jeden ze symptomů nemoci, kterou testovaný operátor trpí
- Crohnova nemoc – chronické zánětlivé onemocnění, které se projevuje v jakékoliv části trávicího ústrojí

Operátor č. 2 – žena, 21 let, studentka oboru Lesnictví, s ovládáním simulátoru CTL se setkala poprvé

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 2

- hypotenze (neboli nízký tlak)
- skolióza páteře – vadné zakřivení páteře
- lordóza – předozadní vychýlení páteře, které je přirozené a pro tělo důležité, protože pomáhá tlumit otřesy – jedná se o nerovnováhu mezi bederními svaly kolem páteře
- kyfóza – fyziologické zakřivení zad
- Gilbertův syndrom – dědičná porucha metabolismu žlučového barviva bilirubinu v krvi

Operátor č. 3 – muž, 21 let, student oboru Lesnictví, s ovládáním simulátoru CTL se setkal poprvé

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 3

- hypotenze (neboli nízký krevní tlak)

Operátor č. 4 – muž, 23 let, student oboru HSSL, s ovládáním simulátoru CTL se setkal poprvé

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 4

- v době testování měl chřipku
- skolióza páteře – vadné zakřivení páteře

Operátor č. 5 – muž, 22 let, student oboru HSSL, s ovládáním simulátoru CTL se setkal poprvé

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 5

- bez zdravotních komplikací

Operátor č. 6 – muž, 24 let, student oboru Lesnictví, s ovládáním simulátoru CTL se setkal poprvé

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 6

- bez zdravotních komplikací
- aktivní sportovec (lezení na horolezecké stěně – 3x týdně)

Operátor č. 7 – muž, 21 let, student oboru Lesnictví, v minulosti se setkal se simulátorem CTL

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 7

- v době testování měl zvýšenou teplotu
- aktivní sportovec (florbal – 2x týdně, lezení na horolezecké stěně – 2x týdně)
- hypertenze (neboli vysoký krevní tlak)

Operátor č. 8 – žena, 21 let, studentka oboru Lesnictví, v minulosti se setkala se simulátorem CTL

Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 8

- bez zdravotních komplikací

Operátor č. 9 – žena, 21 let, studentka oboru Lesnictví, v minulosti se setkala se simulátorem CTL

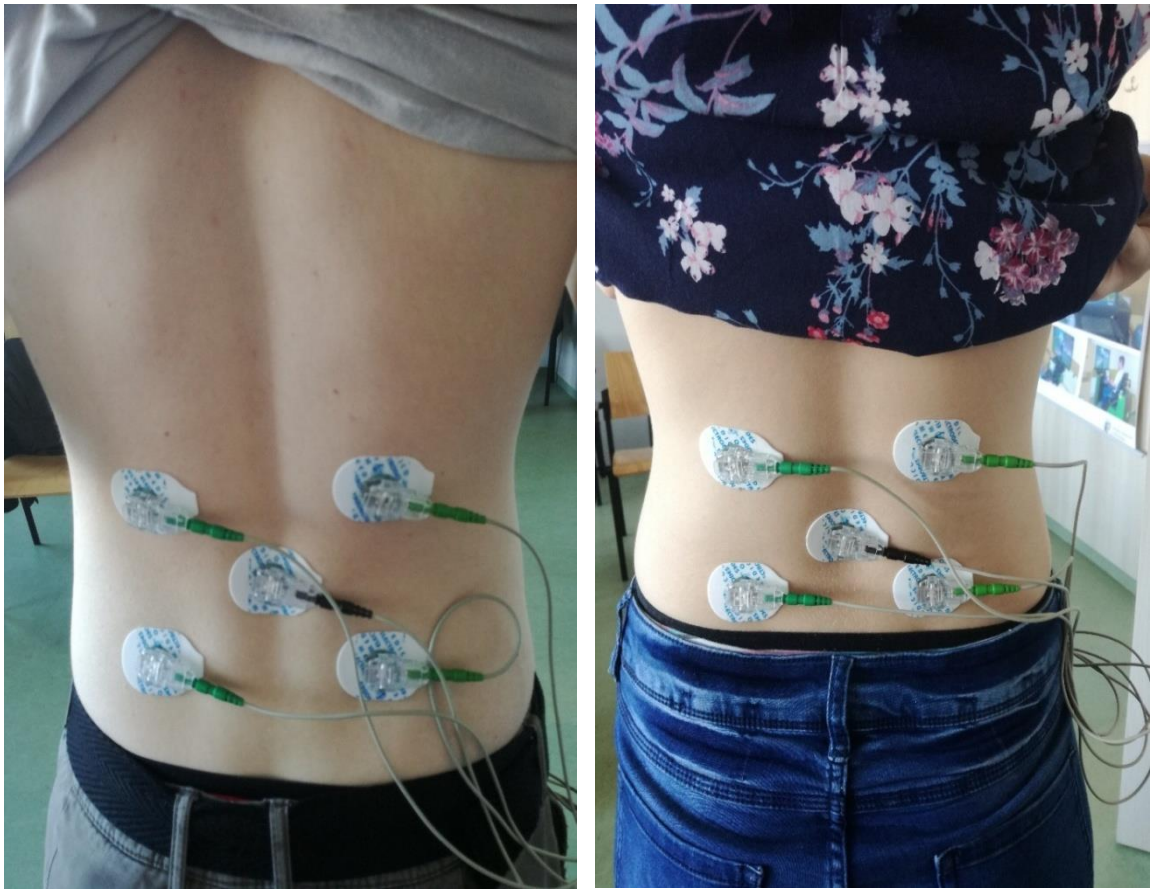
Celkový zdravotní stav testovaného operátora č. 9

- astma – onemocnění dýchacích cest
- skolióza páteře – vadné zakřivení páteře

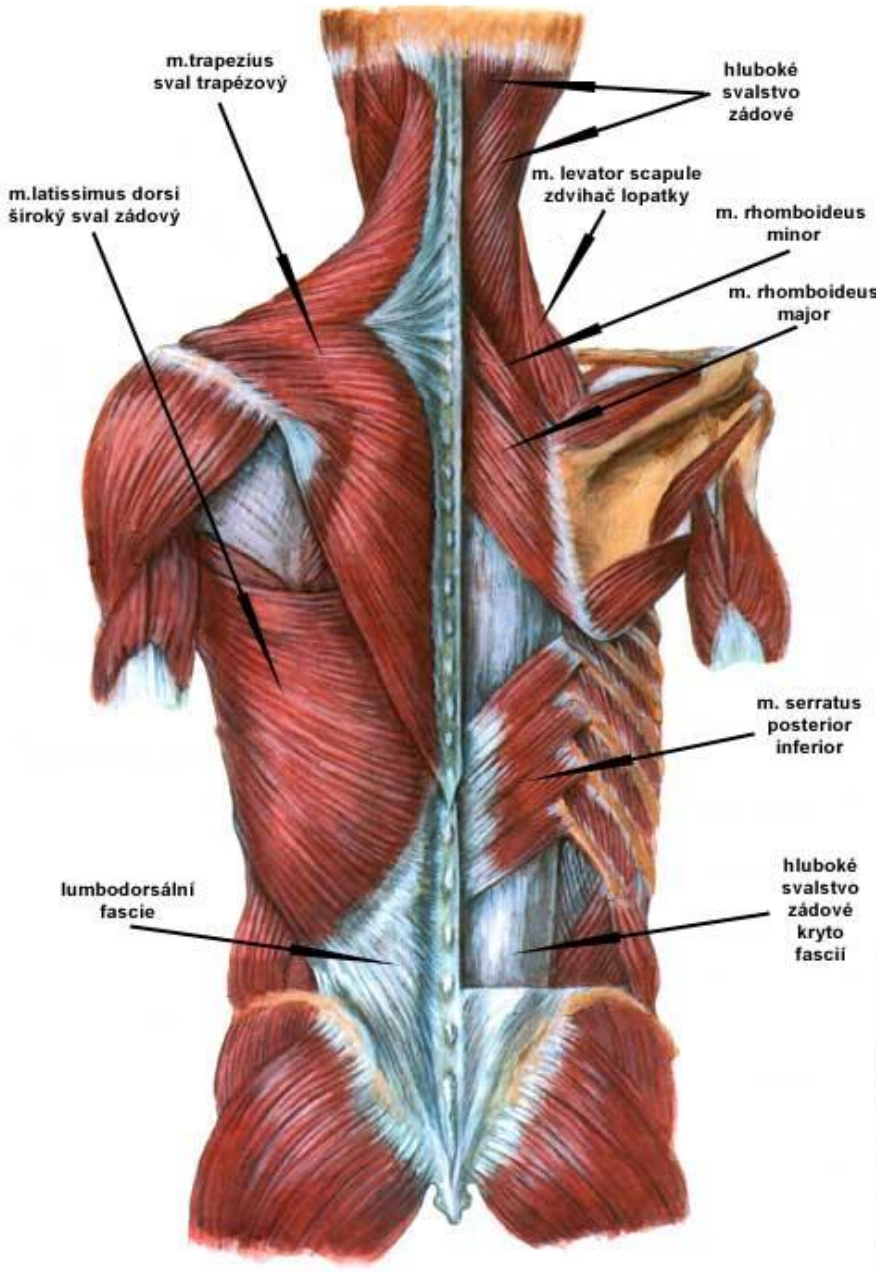
4.4 Umístění elektrod

Před začátkem měření musíme upevnit elektrody měřící jednotky na oblast, kterou chceme měřit u testovaného člověka. Umístění elektrod můžeme vidět níže na obrázcích č. 7 a 8. Na obrázku č. 9 vidíme detailní popis zádových svalů.

- Široký sval zádový (lat. *musculus latissimus dorsi*) – slouží k přitažení a vnitřní rotaci pažní kosti (lat. *humerus*) – dvě elektrody (jedna světle zelená a druhá tmavě zelená)
- *Musculus erector spinae* – skupina svalů v blízkosti páteře inervovaných z dorzálních větví míšních nervů – tyto svaly napřimují páteř – dvě elektrody (jedna světle zelená a druhá tmavě zelená)
- Uprostřed – mezi dvěma měřícími elektrodami – referenční elektroda černé barvy



Obr. č. 7 a 8 – Umístění elektrod (foto: archiv autora)



Obr. č. 9 – Zádové a krční svalstvo (Zdroj: www.medicina.ronnie.cz)

4.5 Popis měření

Při klidové fázi studenti seděli v místnosti v klidu, aniž by byli rušeni okolním světem. V pracovní fázi seděli v simulátoru CTL, kde si vyzkoušeli práci operátora.

Měření probíhalo následovně:

- Příchod do učebny, kde byl simulátor CTL
- Seznámení studenta s měřením
- Instalace senzorů na tělo testovaného studenta
- Instalace notebooku, registračního modulu a propojení se senzory
- Seznámení studenta se simulátorem CTL – přibližně pět až osm minut – seznámení studentů můžeme vidět na obrázku č. 10
- Spuštění měření – trvalo cca 10 minut – měření studentů vidíme na obrázku č. 11
- Ukončení měření
- Přesun studenta na židli, kde se měřila klidová fáze
- Spuštění měření – trvalo cca 5 minut
- Ukončení měření
- Rozdání dotazníku s otázkami, týkajících se práce s CTL

Následná analýza probíhala takto:

- Export datových souborů ve formátu .xls
- Roztřídění klidové a pracovní fáze
- Prostřednictvím počítačového programu, Statistica od společnosti StatSoft, byla data zpracována pomocí základních statistických operací
    - Použit byl Levenův test, který sleduje spojitost veličin – kopíruje-li jejich rozložení Gausovu křivku. Také byla vypočítána průměrná hodnota měření, stupeň volnosti počtu měření.
    - U všech naměřených hodnot byl vypracovány i boxové grafy s rozložením hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid a dále EMG 2 těžba a EMG 2 klid. Grafy č. 1 a č. 2 znázorňují výsledky operátora č. 7, který měl během měření největší výkyvy.
    - Vyhodnocená data byla zpracována do tabulek, tabulky jsou uvedeny v kapitole 4 výsledky měření.

Obr. č. 10 – Seznámení studentů s CTL simulátorem (foto: archiv autora)

Obr. č. 11 – Měření studentů na simulátoru CTL (foto: archiv autora)

5 Výsledky měření

T-test se dá použít jen na spojité veličiny, to znamená na veličiny s normálním rozdělení, k tomu slouží Levenův test. T-test se často používá k porovnání, zda se výsledky měření na jedné skupině významně liší od výsledků měření na druhé skupině. T-test v mém měření slouží k potvrzení, že jsem zvolila správnou metodu měření.

Ve všech případech T-test prokázal statisticky významnou odchylku, jak na hladině významnosti 0,05, tak na hladině významnosti 0,01. T-test ověřuje mou metodu měření tím, že použití EMG je správné. Použití EMG dává smysl ve všech případech. Levenův test potvrdil, že se jedná o spojitou veličinu.

Medián je prostřední hodnota. Je to bod, pod nímž i nad nímž leží stejný počet hodnot. Aritmetický průměr je průměr všech hodnot ve statistickém souboru. Aritmetický průměr reaguje citlivě na extrémy. Důvodem, proč jsem pro interpretaci dat nepoužila aritmetický průměr ale medián, je, že medián nereaguje tak citlivě na extrémní hodnoty jako průměr, proto je pro potřeby experimentu vhodnější.

Na snímači EMG 2 došlo u operátora č. 8 k výpadku měření, pravděpodobně k němu došlo tak, že se uvolnil kabel, ze kterého jsou přenášeny hodnoty do radiových modulů. Proto toto měření nebude do analýzy započítáno.

Pro přehlednost dat byly vytvořeny tabulky, kde jsou uvedeny naměřené hodnoty. U tabulky č. 2 jsou hodnoty z pracovní fáze, nachází se zde průměr, minimální a maximální hodnota. U tabulky č. 3 jsou hodnoty z klidové fáze, nachází se zde průměr, minimální a maximální hodnota. V tabulce č. 4 je porovnávána klidová a pracovní fáze. V tabulce se nachází T-test, jeho pravděpodobnost, Levenův test, stupeň volnosti a jeho pravděpodobnost. Tabulka č. 5 znázorňuje procentuální podíl hodnot binomických údajů (%).

Na krabicových grafech č. 1 a č. 2 je vidět rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid a rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid.

Tab. č. 2 – Pracovní fáze – TĚŽBA (pracovní fáze)

Číslo operátora	Pohlaví	EMG	Medián	Minimální hodnota	Maximální hodnota
1	M	1	0,6477	0	15,3728
1	M	2	1,0329	0	9,0315
2	Ž	1	1,5054	0	34,5888
2	Ž	2	2,2145	0,5765	31,5142
3	M	1	7,0746	3,6510	13,0669
3	M	2	9,0120	2,1138	25,1729
4	M	1	13,3814	1,5373	83,7817
4	M	2	10,6309	0,7686	96,2721
5	M	1	1,7931	0	37,6633
5	M	2	3,0517	0	50,9224
6	M	1	6,0135	0,7686	58,6088
6	M	2	4,8376	0	62,2598
7	M	1	3,2420	0	63,0284
7	M	2	3,1687	0	45,1576
8	Ž	1	7,6373	2,3059	34,2045
8	Ž	2	-	-	-
9	Ž	1	5,5603	2,3059	18,4473
9	Ž	2	6,8084	3,0746	26,1337

Tab. č. 3 – Klidová fáze

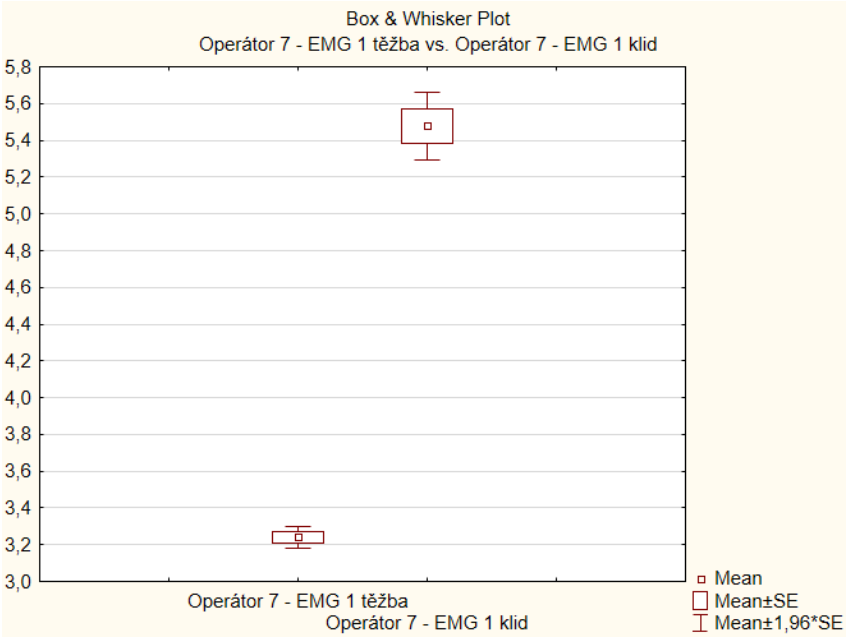
Číslo operátora	Pohlaví	EMG	Medián	Minimální hodnota	Maximální hodnota
1	M	1	1,1427	0	38,4320
1	M	2	0,9309	0	41,8909
2	Ž	1	0,5115	0	5,7648
2	Ž	2	0,7600	0	13,6434
3	M	1	5,7907	3,4589	8,6472
3	M	2	5,0594	2,6902	9,2237
4	M	1	2,2079	0	25,7494
4	M	2	6,1731	0	48,0400
5	M	1	0,9252	0	33,6280
5	M	2	2,5183	0	38,6241
6	M	1	2,3573	0,7686	5,3805
6	M	2	4,9531	1,1530	14,6042
7	M	1	5,4778	0,1922	114,9116
7	M	2	9,5294	0	109,3390
8	Ž	1	0,9330	0	33,0515
8	Ž	2	-	-	-
9	Ž	1	2,2137	0	8,8393
9	Ž	2	3,7368	0	9,9923

Tab. č. 4 – Porovnávaná měření – TĚŽBA (pracovní fáze) vs. KLID (klidová fáze)

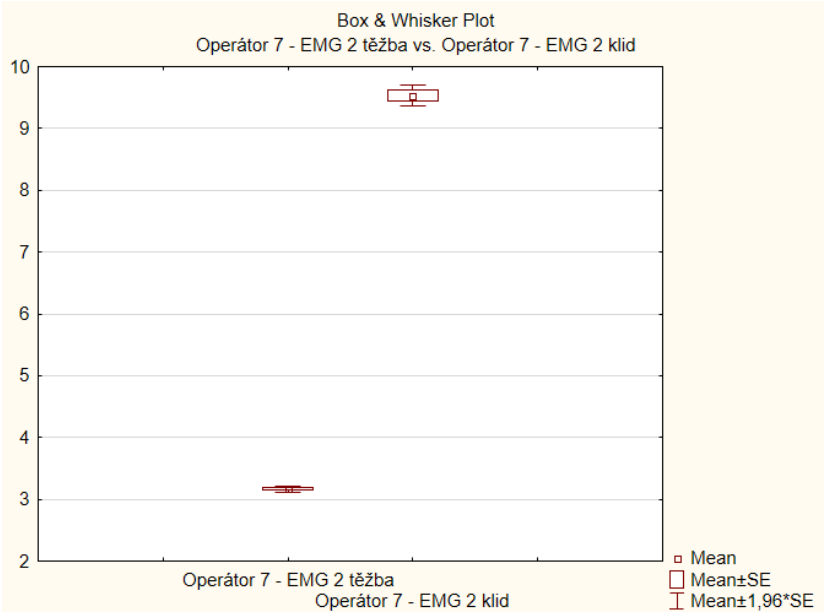
Číslo operátora	Pohlaví	Porovnávaná měření	t-value	df	Pravděpodobnost	Leven F (1,df)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
1	M	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	-19,87	36938	0	1108,76	36938	0
1	M	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	4,86	36938	0,000001	1111,15	36938	0
2	Ž	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	50,04	36262	0	2171,23	36262	0
2	Ž	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	73,98	36262	0	2356,55	36262	0
3	M	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	90,71	37674	0	4638,97	37674	0
3	M	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	224,81	37674	0	3927,05	37674	0
4	M	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	144,61	36642	0	4484,01	36642	0
4	M	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	46,90	36642	0	1382,65	36642	0
5	M	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	20,81	36271	0	12,02	36721	0,000526
5	M	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	11,39	36271	0	593,58	36721	0
6	M	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	110,78	36279	0	2235,74	36279	0
6	M	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	-2,91	36279	0,003612	1508,47	36279	0
7	M	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	-28,28	38572	0	1052,36	38572	0
7	M	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	-88,72	38572	0	1589,13	38572	0
8	Ž	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	221,81	36732	0	6154,69	36732	0
8	Ž	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	35,61	36732	0	1961,37	36732	0
9	Ž	EMG 1 těžba vs EMG 1 klid	-178,67	36776	0	6,69	36776	0,009695
9	Ž	EMG 2 těžba vs EMG 2 klid	-122,50	36776	0	370,30	36776	0

Tab. č. 5 – Procentuální podíl hodnot binomických údajů (%)

	EMG 1	**EMG 2**
Operátor č. 1	56,68	110,9
Operátor č. 2	294	291
Operátor č. 3	122,17	178,12
Operátor č. 4	606,08	172
Operátor č. 5	193,81	121,18
Operátor č. 6	255	97
Operátor č. 7	59,18	33,25
Operátor č. 8	-	-
Operátor č. 9	251,18	182,2



Graf č. 1 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid (výstup ze software Statistica)



Graf č. 2 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid (výstup ze software Statistica)

5.1 Vyplněné dotazníky od studentů

Studentům byl po měření rozdán dotazník s následujícími otázkami:

1) Jak Vás práce na CTL simulátoru stresovala?

2) Jak Vás práce na CTL simulátoru vyčerpala?

3) Celkový zdravotní stav testovaného člověka (nemoc v průběhu testování - chřipka, hypertenze, hypotenze, hyperaktivita …..)

První dvě otázky měli studenti ohodnotit na stupnici od jedné do pěti. Přičemž 1 znamená – žádná zátěž, žádný stres a 5 – velký stres, vysoká zátěž. Třetí otázku měli popsat slovně. Celkový zdravotní stav jsem popsala výše v části 4.3 Popis testovaných studentů. Odpovědi testovaných studentů na první dvě otázky byly následující:

Operátor č. 1

1) 1 – práce v CTL simulátoru mě nijak nestresovala, ovšem bylo to jen jako, realita je jiná

2) 1 – na práci na CTL nebylo nic vyčerpávajícího

Operátor č. 2

1) 3 – mírný stres, s ovládáním simulátoru se setkala poprvé

2) 1 – nebylo to nic vyčerpávajícího, jen sedíte, ovládáte harvestor pomocí tlačítek a páčky a koukáte na obrazovku. Prostě hraní a díky tomu lépe pochopíte, jak harvestor vlastně funguje.

Operátor č. 3

1) 1 – bez stresu, s ovládáním simulátoru se setkal poprvé

2) 1 – bez únavy

Operátor č. 4

1) 3 – stres, v simulátoru seděl poprvé, byl jsem vystresovaný, protože jsem se bál, že se mi harvestor v jednu chvíli převrátí

2) 2 – za tak krátkou dobu jsem nepociťoval vyčerpání

Operátor č. 5

1) 2 – s ovládáním simulátoru se setkal poprvé, stres byl zapříčiněný snahou o lepší výkon za daný časový interval
2) 1 – nebyla pocítěna únava

Operátor č. 6

1) 2 – s ovládáním simulátoru se setkal poprvé
2) 2 – nepocítil jsem únavu

Operátor č. 7

1) 1 – bez stresu
2) 1 – nebyla pocítěna únava

Operátor č. 8

1) 3 – mírný stres zapříčiněný ovládáním simulátoru
2) 1 – bez únavy

Operátor č. 9

1) 2 – mírný stres zapříčiněný ovládáním simulátoru
2) 1 – bez únavy

5.2 Zhodnocení dotazníků

Z výše uvedených odpovědí studentů, vyplývá, že ovládání CTL simulátoru nejvíce stresovalo ty, kteří byli v simulátoru poprvé. Stresovalo je složité ovládání, které jsem chtěla eliminovat tím, že si před zahájením samotného měření vyzkouší simulátor chvíli ovládat a seznámí se s ovládáním, přesto to nestačilo.

Co se týká vyčerpanosti, tak žádný ze studentů nebyl vyčerpán, jednalo se o velmi krátkou chvíli, takže je logické, že vyčerpání nemohlo nastat, věřím, že kdyby byli v simulátoru delší dobu, tak by vyčerpání nastalo.

5.3 Zhodnocení naměřených výsledků u operátorů

U pěti operátorů konkrétně č. 2, č. 3, č. 4, č. 5 a č. 9 se prokázaly EMG hodnoty vyšší v pracovní fázi. Což znamená, že operátoři mohli být nervózní z ovládání, bylo to pro ně něco nového, museli hýbat rukama nebo sklánět hlavu dolu na ovládací zařízení. Konkrétně u operátora č. 4 byly hodnoty v pracovní fázi nejvyšší, jedním z faktorů je, že testovaný se setkal s tímto simulátorem poprvé. Dalším faktorem je, že testovaného dokáže vyvést z míry jakákoliv stresová situace, takže jsem u něj vyšší hodnoty předpokládala. U operátora č. 9 byly hodnoty mírně nižší než u operátora č. 4, ale stále o trochu vyšší než u ostatních operátorů. Opět u tohoto operátora hrál významnou roli stres, i přestože se s CTL technologií v minulosti setkal, přesto byl z ovládání nervózní.

Naopak u operátorů č. 1, č. 6 a č. 7 se prokázaly EMG hodnoty vyšší v klidové fázi. Důvodů, proč tomu tak může být je spousta. Jedním z důvodů, proč se u operátorů ukázaly nižší hodnoty v pracovní fázi, je ten, že když seděli v harvestoru, měli zaměstnaný mozek, soustředili se na práci, na to, co dělají, jak pokácí vybraný strom, jak ho uchopí, měli zaměstnané ruce manuální prací, museli hýbat ovládacími páčkami a tlačítky. U operátora č. 1 je rozdíl relativně zanedbatelný, výkyv mohl způsobit například neúmyslný posun na židli. Operátor č. 6 měl vyšší nárůst, který pravděpodobně mohl způsobit jeho životní styl, je to aktivní sportovec, který v klidové fázi nevydrží dlouho. U měření jsem si všimla, že testovaný subjekt nedokázal být v klidu, neustále se sebou nějakým způsobem ošíval. U operátora č. 7 byl nárůst nejvyšší, to mohlo způsobit například to, že dotyčný je aktivní sportovec, dále v době testování měl zvýšenou teplotu a v neposlední řadě, se nedokázal v klidu uvolnit, stále měnil polohu sezení.

Ani jeden z těchto tří nemají diagnostikovanou poruchu pozornosti s hyperaktivitou čili ADHD, přesto bych se k této diagnóze přikláněla u operátora č. 6 a č. 7, ani jeden z těchto testovaných subjektů se při klidové fázi nedokázal uklidnit, stále měli potřebu se narovnávat, posouvat se na židli, zkrátka nějakým způsobem se hýbat, i přestože je nic nerozptylovalo. Mohlo to být způsobeno tím, že se nudili, nijak nezaměstnávali mozek jako u simulátoru CTL, mohla jim vadit má přítomnost nebo naopak to mohla způsobit mnou předpokládaná porucha pozornosti.

Pro další měření bych klidovou fázi neměřila v poloze sedu, protože při sezení na židli je potřeba zapojit, aktivovat svaly dolní části zad. Testovaní mají tendenci se hrbit,

když si uvědomí, že se hrbí, tak se naopak narovnávají. Pro příští měření, za předpokladu že bych opět měřila bederní a křížové svaly, bych zvolila u testovaných polohu v leže na břiše, kde by se testovaný mohl uvolnit, měl by nulový pohyb, nevynaložil by zbytečné úsilí na zapojování některého ze svalů, nešermoval by rukama, neměl nutkání se narovnávat, zkrátka by byl v klidu bez žádného zbytečného pohybu, které by ovlivňovalo měření.

6 Diskuze

V mé práci bylo měřeno pomocí přístroje Biofeedback 2000$^{X\text{-}Pert}$, konkrétně byl použit EMG modul, který umožňuje měřit elektrickou aktivitu svalových vláken při jejich kontrakci, měřeny byly křížové a bederní svaly, které jsou značně namáhány při dlouhodobém sedu.

Měření probíhalo u devíti studentů při nácviku ovládání harvestorové technologie (CTL) na simulátoru. Simulátor CTL přesně napodobuje víceoperační těžební stroj, takže se na něm mohou studenti naučit ovládat harvestor a zároveň posoudit, jak operátora harvestoru vyčerpá a stresuje ovládání tohoto stroje.

Operátora harvestoru velmi ovlivňuje stres, který je způsobený fyzickou a psychickou zátěží. Podle Miranda et al. (2001) určitá míra stresu, fyzické i psychické zátěže nebo například zdravotní stav operátora se může ukázat i na výkonnosti harvestorové technologie.

Ve srovnání s experimentem, který prováděl Škvor (2018), došlo k podobným výsledkům v klidové i pracovní fázi. Škvor prováděl experiment měření EMG svalu předloktí. V mém experimentu, kde jsem studentům měřila hodnoty u křížových a bederních svalů, jsou svaly nejvíce namáhány trvalým sedem, který může způsobit onemocnění páteře. U experimentu, kde Škvor (2018) měřil EMG svalu předloktí, je tato část namáhána strnulým pohybem rukou (ovládání pákových ovladačů). Z výsledků obou experimentů můžeme tvrdit, že operátor je více stresován při pracovní fázi než při klidové. U experimentu Dvořák a Macků (2013) bylo měřeno krční a zádové svalstvo. A opět se zde prokázalo, že při pracovní fázi je člověk stresovaný více.

Podle Dvořáka a kol. (2011) je pracovní zátěž ve formě psychického stresu zátěž, která klade nároky na psychické procesy, zejména na pozornost, paměť, představivost, myšlení a rozhodování. Operátor harvestoru musí být neustále ve střehu. Musí se soustředit, aby předešel jakékoliv nebezpečné situaci. Z hlediska fyzické zátěže podle Dvořáka a kol. (2011) je práce namáhavá díky stálé poloze sedu, nemožnému pohybu v kabině, držení rukou ve fixní poloze ovládáním joysticku.

U senzorů je třeba dbát na správnou instalaci, díky špatné instalaci může dojít ovlivnění naměřených hodnot. Nejdůležitější je podle Kadaňky a kol. (1994) dbát na dostatečnou informovanost testovaného, informovat o povaze následujícího výkonu s

poukazem na jeho neškodnost, případně možnou bolestivost, abychom se vyvarovali zbytečného úleku, který by pak mohl narušit výsledky měření.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo, pomocí měření přístrojem Biofeedback 2000$^{X\text{-}pert}$, posoudit elektromyogram (EMG) studentů při nácviku ovládání harvestorové technologie (CTL) na simulátoru.

Zjištěné naměřené hodnoty EMG ukázaly, že při pracovní fázi je člověk více ovlivňován stresem než při klidové fázi. Vždy se najde i pár výjimek, které to mohou mít naopak. Takové výjimky se našly i v mém měřením. U testovaných studentů tomu mohlo být proto, že se nedokázali uklidnit. Když nemají zaměstnaný mozek, tak jsou neklidní, dále to mohlo být způsobeno jejich vysokým tlakem, tím že to jsou aktivními sportovci, mohla jim například vadit i má přítomnost, nebo mohou mít poruchu pozornosti ADHD.

V rámci experimentu byl ve všech případech použit T-test, který prokázal statisticky významnou odchylku na hladinách významnosti 0,05 a 0,01. T-test tedy ověřuje mou metodu měření tím, že použití EMG je správné. Použití EMG dává smysl ve všech případech.

Míra zátěže svalových skupin křížových a bederních svalů jsou nejvíce namáhány při operátorově pracovní poloze, kterým je trvalý sed. Ten může způsobit bolesti bederní páteře, různé onemocnění páteře jako například výhřez meziobratlové ploténky nebo zúžení páteřního kanálu. Příznaky obou onemocnění jsou bolesti zad, mravenčení či brnění dolních končetin. Z hlediska psychické zátěže operátora nejvíce ovlivňuje riziko ohrožení vlastního zdraví a zdraví jiných osob, předcházení nebezpečným situacím, chronické únavě nebo poruchám spánku, které může způsobovat práce ve směnném provozu a v neposlední řadě depresím, díky sociální izolaci.

Bakalářská práce je součástí rozsáhlého výzkumu. Výsledky mé práce poslouží k optimalizaci pracovního procesu, zejména v oblasti ergonomie a plánování pracovních přestávek. Všechny cíle ze zadání mé bakalářské práce byly zcela splněné.

8 Seznam použité literatury

BERGER, CH. *Mental stress on harvestor operators*. In: *Proc. Austro 2003 Meeting.* Vienna, Austria: University of Natural Resources and Applied Life Sciences, 2003.

BÍLEK, K.; ČAPEK, F.; STEJSKAL, H.; KOHOUT V. *Učební texty z předmětu Těžba a doprava dříví*, Písek, 2013, str. 120-122.

DVOŘÁK, J. *The use of harvester technology in production forests*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. Folia forestalia Bohemica. ISBN 978-80-7458-018-5.

DVOŘÁK, J.; NATOV, P. *Fyziologická zátěž pracovníků v lesním provozu*. Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi. 2010, **89**(2), str. 18-19.

DVOŘÁK, J.; NATOV, P.; NATOVOVÁ, L.; KRILEK, J.; KOVÁČ, J. *Operator´s physical workload in simulated logging and timber bucking by harvestor. JOURNAL OF FOREST SCIENCE*. 2016, **62**(5), str. 236-244.

DVOŘÁK, J.; FRANC, J.; VALDMAN, S.: *Cvičení z lesnické mechanizace*, CZU v Praze, 2006, str. 87-123.

KADAŇKA, Z.; BEDNAŘÍK, J.; VOHÁŇKA, S. *Praktická elektromyografie: text určen pro postgraduální vzdělávání lékařů.* Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994. ISBN 80-7013-181-0.

KAŠÁKOVÁ, E.; VOKURKA, M.; HUGO, J. *Výkladový slovník pro zdravotní sestry*, Praha: Maxdorf, 2015. ISBN: 978-80-7345-424-1. str. 332.

KOPŘIVOVÁ, J.; BRUNOVSKÝ, M.; PRAŠKO, J.; HORÁČEK, J. *EEG biofeedback a jeho využití v klinické praxi*, Psychiatrie, 2008; 12(1): str. 10–16.

MACKŮ, J; DVOŘÁK, J. *A comparative analysis of neck muscletension in a harvester operator compared with chainsaw and horses kidding operator and with normal human activities*. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*. 2013, **59**(8), str. 301-305.

MALÝ, S.; KRÁL, M.; HANÁKOVÁ, E. *ABC ERGONOMIE* – ergonomie pro praxi. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN – 978-80-7431-027-0, str. 53-54.

MIRANDA, H; VIIKARI-JUNTURA, E; MARTIKAINEN, R; TAKALA, P.; RIIHIMÄKI, H. *Physical excercies and musculoskeletal pain among forest industry workers*, Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports issue 11, 2001, str. 239-246.

NERUDA, J. *Harvestorové technologie lesní těžby*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, ISBN 978-80-7375-146-3.

PENHAKER, M.; IMRAMOVSKÝ, M.; TIEFENBACH, P.; KOBZA, F. *Lékařské diagnostické přístroje*: *učební texty*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0751-3, 150-186.

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

STODŮLKOVÁ, E.; ZAPLETALOVÁ, E. *Pedagogika pro střední školy*. Druhé, aktualizované a rozšířené vydání. Beroun: Machart, 2015. ISBN 978-80-87938-32-4, 118-127.

SCHUHFRIED. Biofeedback 2000 x-pert: Hardware-Manual Version 3.0. Moedling: Biofeedback, 2008.

SCHUHFRIED. Biofeedback 2000 x-pert: Software-Manual Version 3.0. Moedling: Biofeedback, 2008.

ŠKVOR, P. Vliv pracovního prostředí na operátora harvestoru – analýza elektromyogramu svalů zápěstí a předloktí, Diplomová práce, FLD Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018, nepublikováno.

ŠTIKAR, J.; RYMEŠ, M.; RIEGEL, K.; HOSKOVEC, J. *Psychologie ve světě práce*. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0448-5, str. 81-82.

Manuál Komatsu forest

Internetové odkazy

MACKŮ, J.; GAŠPARÍK, M. Harvestorová technologie – moderní a k přírodě šetrný těžebně-dopravní systém [online]. *Agrojournal,* 2015 [citováno 22. 12. 2018] Dostupné z: www.agrojournal.cz

EEG Biofeedback Institut - http://eegbiofeedback.cz/nas-institut/

TYL, J.; TYLOVÁ, V. METODA EEG BIOFEEDBACK ZÁKLADNÍ INFROMACE PRO VEŘEJNOST [citováno 3. 1. 2019] Dostupné z: http://docplayer.cz/18103460-Metoda-eeg-biofeedback-zakladni-informace-pro-verejnost-phdr-jiri-tyl-phdr-vendula-tylova.html

ŠPLÍCHALOVÁ, A. Psychická zátěž [citováno 3. 1. 2019] Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/psychicka-zatez-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ep_FUjZLTuw8eTw9PtLfovs/

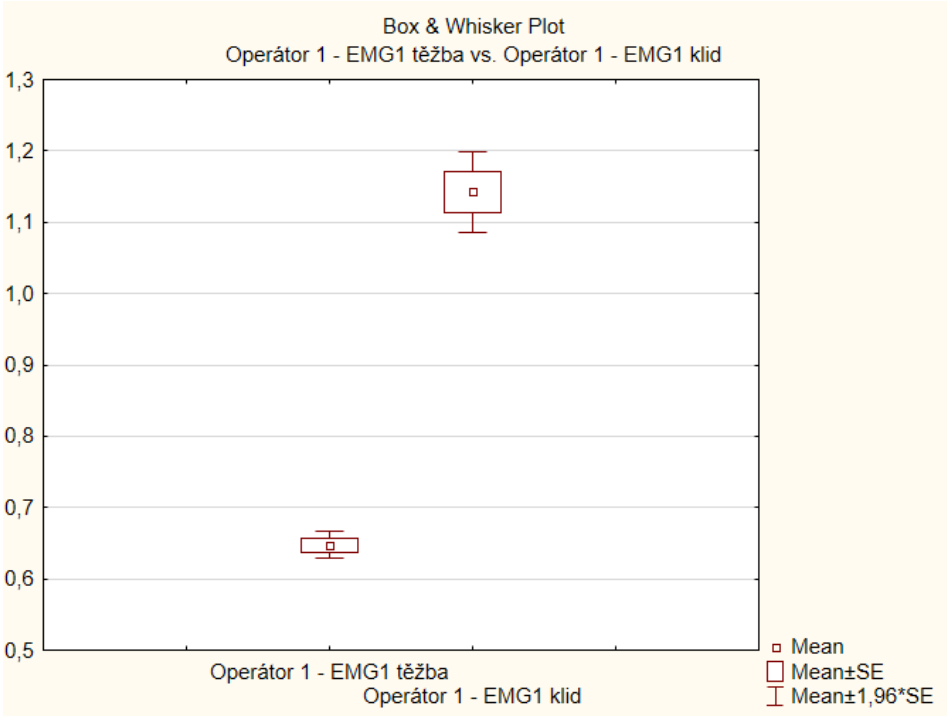
VEČEŘOVÁ – PROCHÁZKOVÁ, A. – HONZÁK, R.: Stres, eustres a distres (online), Interní medicína, Solen, Olomouc, 2008 [citováno 3. 1. 2019]
Dostupné z: www.solen.cz/sacepdfs/int/2008/04/09.pdf

https://medicina.ronnie.cz/c-540-svaly-zadove.html, [citováno 22. 3. 2019]

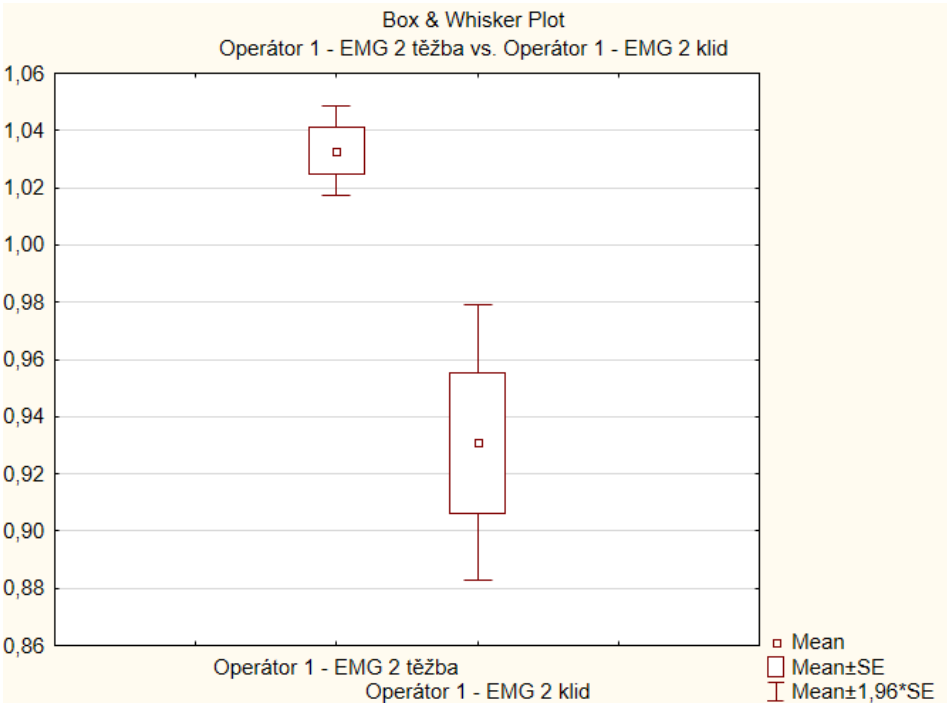
Přílohy

Seznam příloh

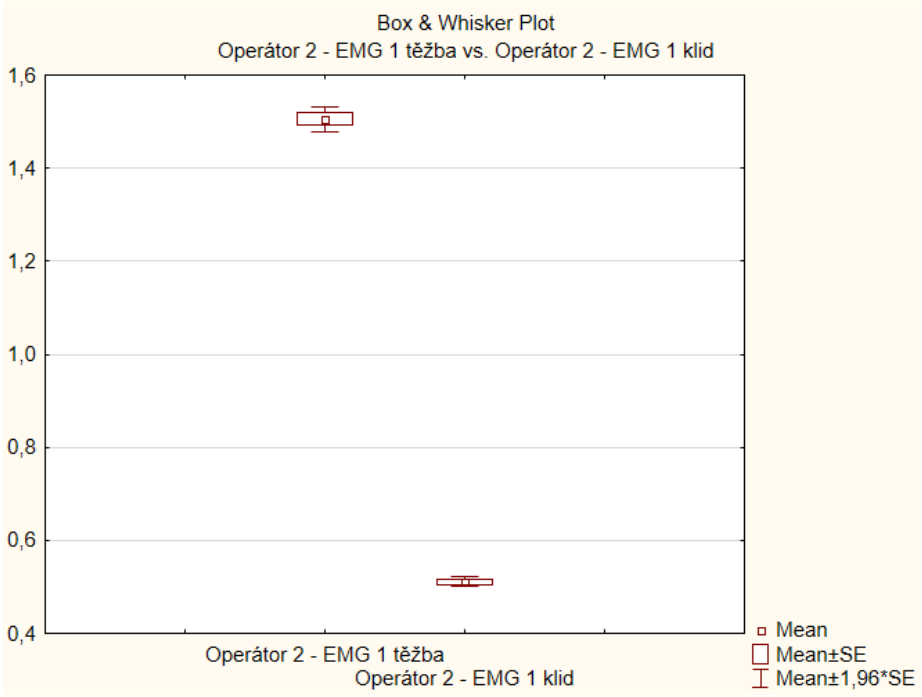
1. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 1
2. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 1
3. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 2
4. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 2
5. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 3
6. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 3
7. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 4
8. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 4
9. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 5
10. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 5
11. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 6
12. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 6
13. Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – operátor č. 9
14. Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – operátor č. 9



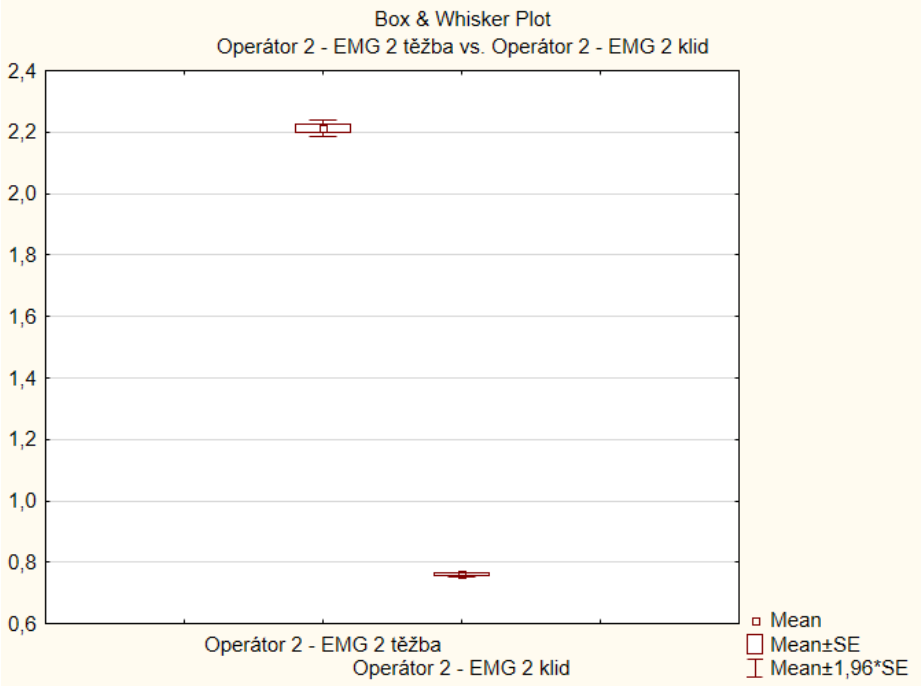
Graf č. 1 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 1 (výstup ze software Statistica)



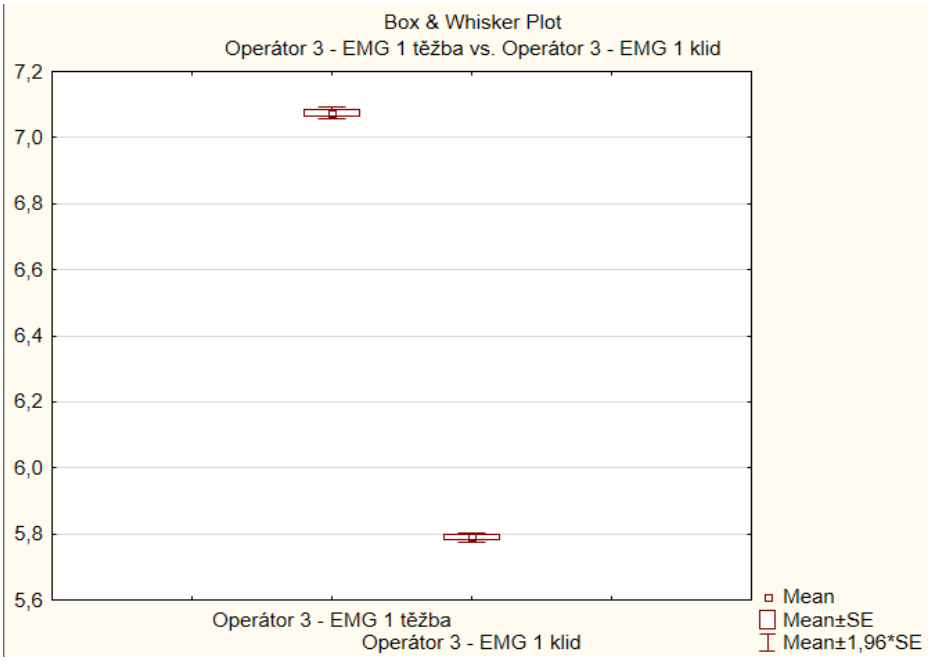
Graf č. 2 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 1 (výstupze software Statistica)



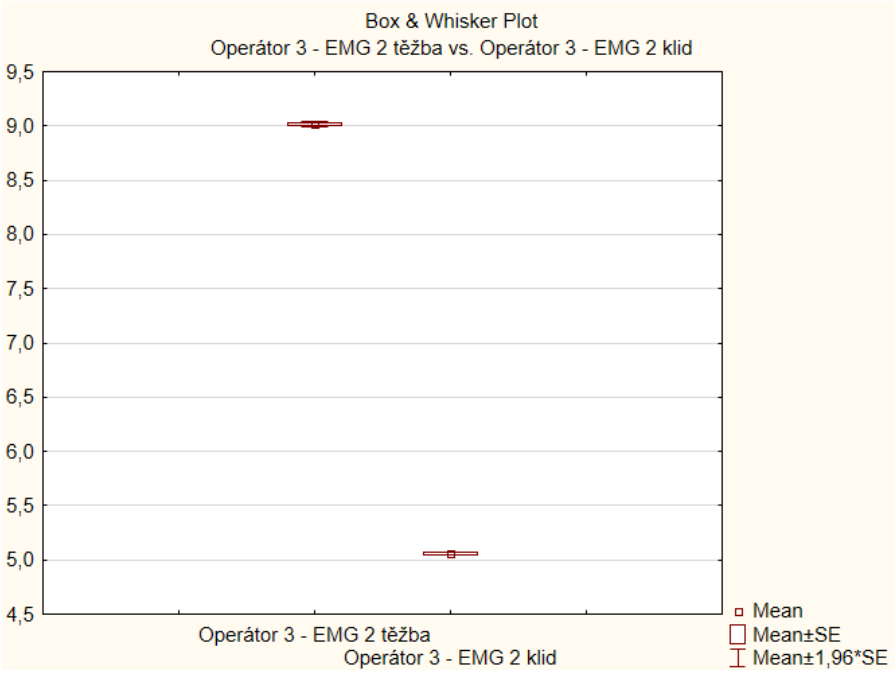
Graf č. 3 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 2 (výstup ze software Statistica)



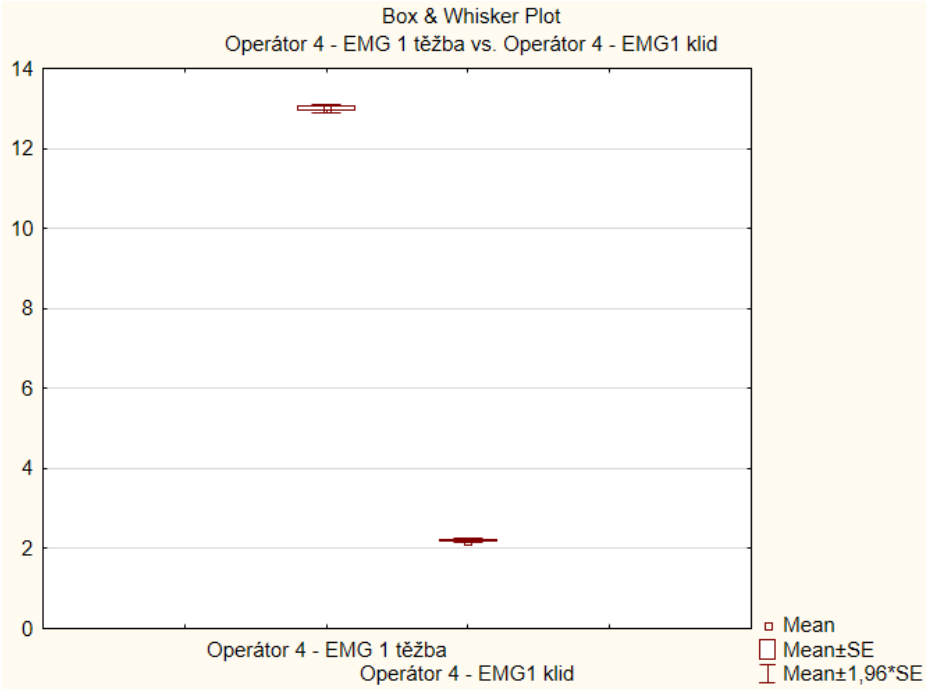
Graf č. 4 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 2 (výstup ze software Statistica)



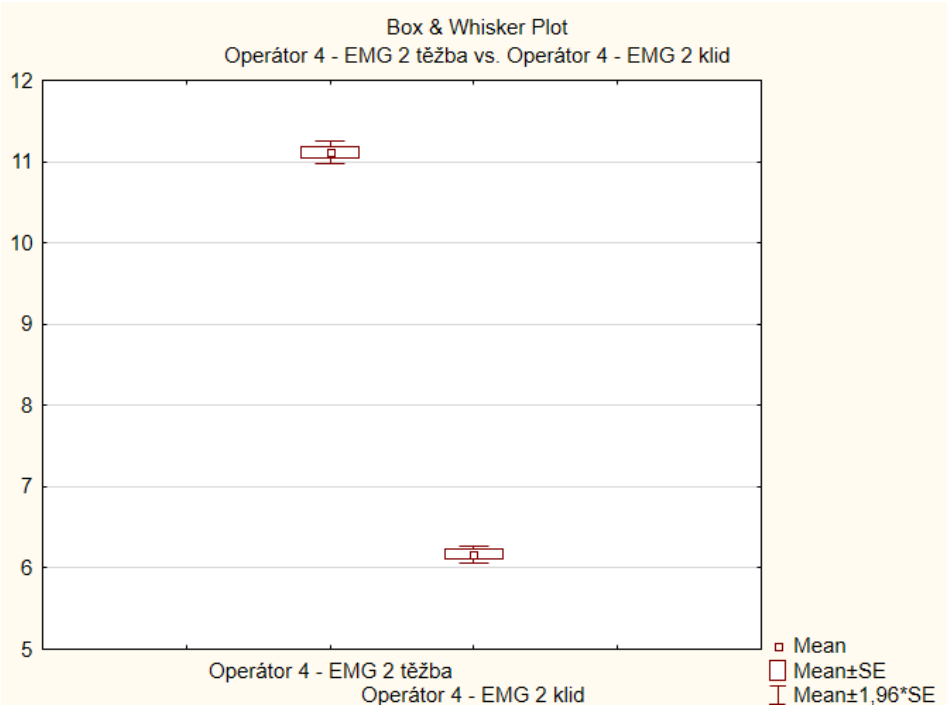
Graf č. 5 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 3 (výstup ze software Statistica)



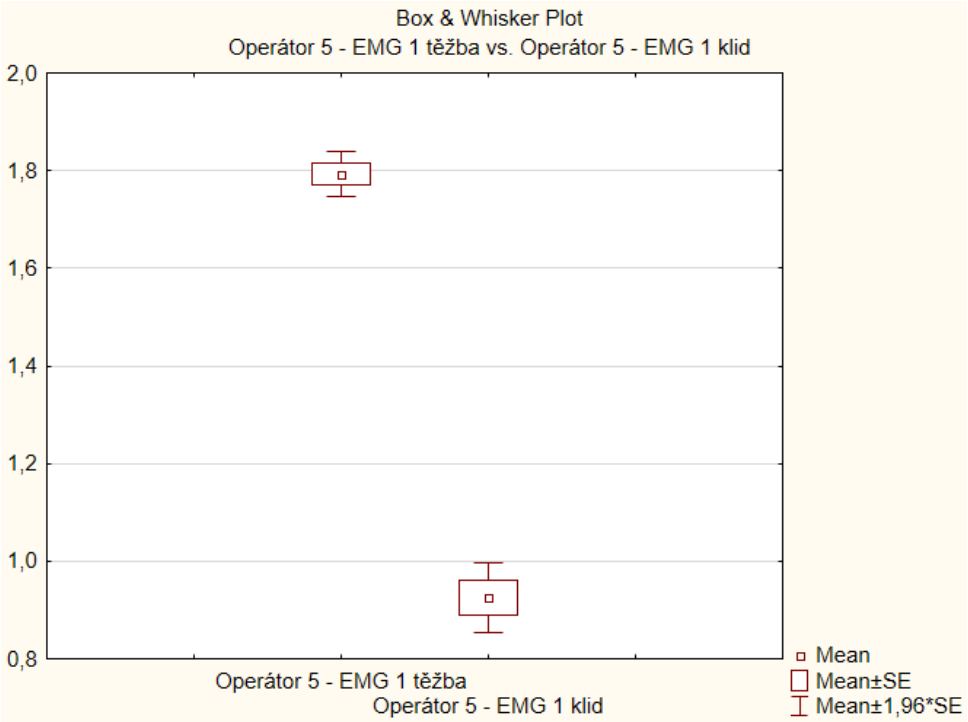
Graf č. 3 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 3 (výstup ze software Statistica)



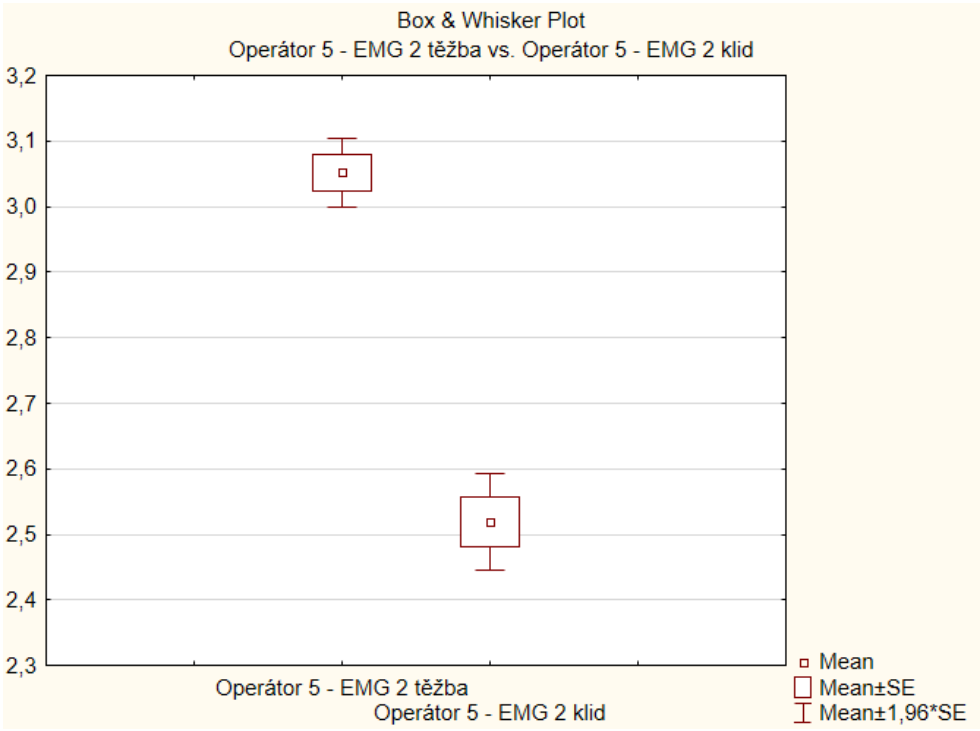
Graf č. 7 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 4 (výstup ze software Statistica)



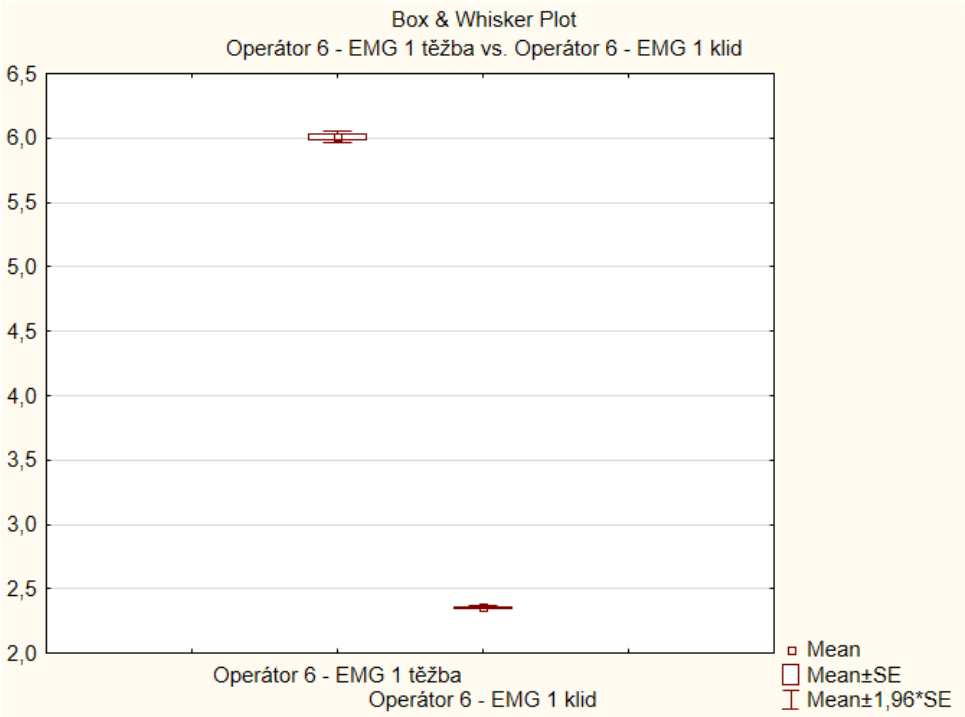
Graf č. 8 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 4 (výstup ze software Statistica)



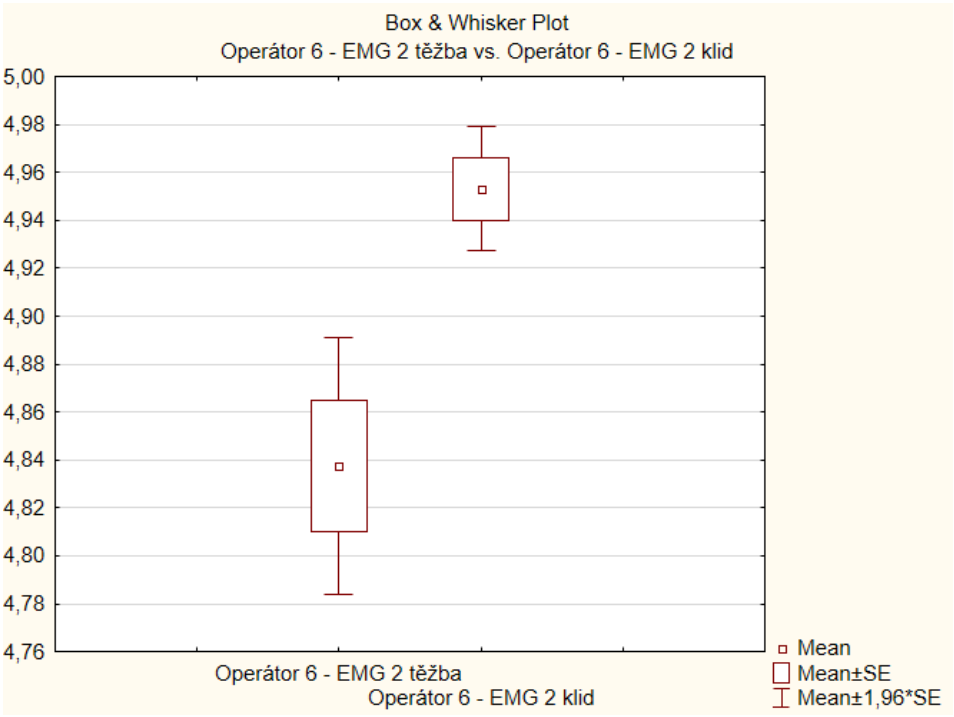
Graf č. 9 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 5 (výstup ze software Statistica)



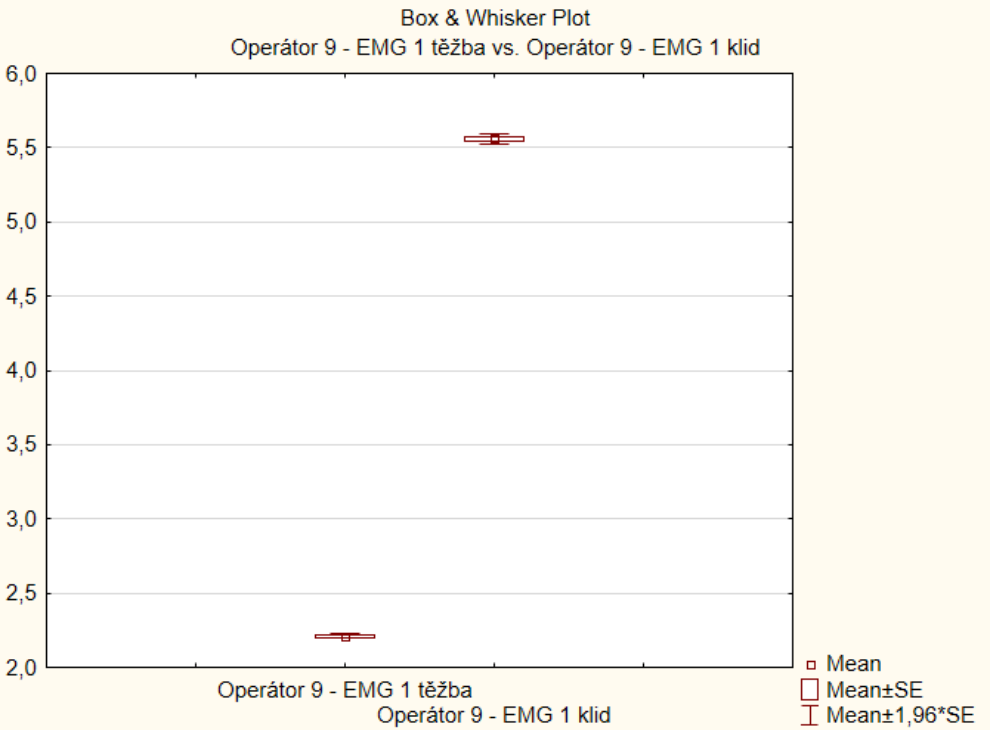
Graf č. 10 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 5 (výstup ze software Statistica)



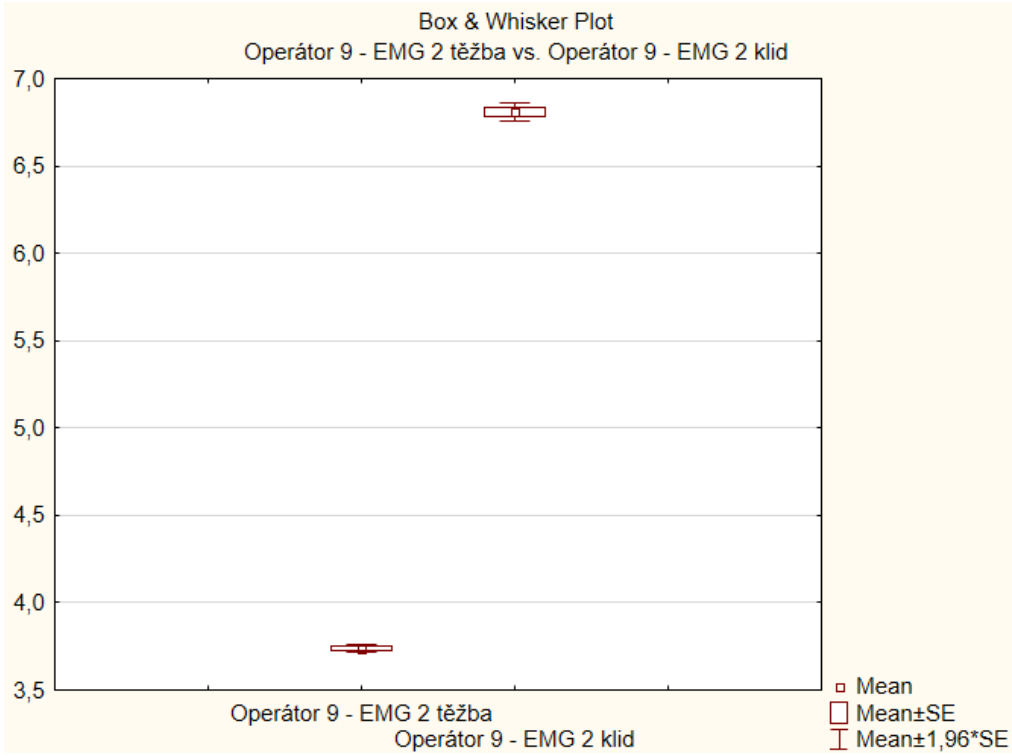
Graf č. 11 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 6 (výstup ze software Statistica)



Graf č. 12 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 6 (výstup ze software Statistica)



Graf č. 13 – Rozložení průměrných hodnot EMG 1 těžba a EMG 1 klid – Operátor č. 9 (výstup ze software Statistica)



Graf č. 14 – Rozložení průměrných hodnot EMG 2 těžba a EMG 2 klid – Operátor č. 9 (výstup ze software Statistica)