

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb (FLD)



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Evaluace elektromyogramu (EMG) bederních
a křížových svalů operátora harvestoru při práci
a při běžných lidských činnostech**

Bakalářská práce

Autor: Kateřina Štefaníková

Vedoucí práce: Ing. Jan Macků, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kateřina Štefaníková

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Evaluace elektromyogramu (EMG) bederních a křížových svalů operátora harvestoru při práci a při běžných lidských činnostech

Název anglicky

Evaluation of the Electromyogram (EMG) of the Lumbar and Sacrum Muscles of the Harvester Operator at Work and During Common Human Activities

Cíle práce

Cílem práce je získat a vyhodnotit EMG specifických svalových skupin operátora harvestoru při práci a při běžných aktivitách (chůze, relaxace, dřepy)

Cílem je dále získaná data porovnat a stanovit míru zátěže daných svalových skupin při posezu v kabině stroje.

Cílem práce je také ze získaných dat posoudit míru stresu plynoucího ze zátěže.

Metodika

Měření předchází literární rešerše s důrazem jednak na obecnou povahu harvestorové technologie, a jednak na fyziologii člověka, stres a další faktory a také na biometrii.

Měření bude realizováno v prostředí lesní těžby harvestorem Ponsse.

EMG bude získáno pomocí přístroje Biofeedback 2000Xpert.

Data budou následně statisticky zpracována a porovnána v rámci jednotlivých činností.

Harmonogram:

Předložení literární rešerše: srpen 2022

Měření: září – říjen 2022

Předložení naměřených dat: listopad 2022

Předložení zpracovaných výsledků a diskuze: prosinec 2022

Předložení práce: únor – březen 2023

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

biometrie, stres, harvester, operátor, EMG

Doporučené zdroje informací

- DVOŘÁK, J. Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích = The use of harvester technology in production forests. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2012. ISBN 978-80-7458-028-4.
- 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.
- RIGGERT, R. a kol.: Stress Distribution under Forestry Machinery and Consequences for Soil Stability. Soil Science Society of America Journal, 80: 38-47., 2016.
- SELLGREN, U. a kol.: Model-Based Development of machines for sustainable forestry. In 12th European Conference of the ISTVS, 2012.
- SIMANOV, V.: Perspektivy harvesterových technologií v předmýtních těžbách. Lesnická práce 11/1999, Kostelec nad Černými lesy, 1999, s. 494-496.
- ULRICOVÁ, M. Člověk, stres a osobnostní předpoklady : souvislost osobnostních rysů a odolnosti vůči stresu. Ústí nad Orlicí: Oftis ve spolupráci s Pedagogickou fakultou Univerzity Hradec Králové, 2012. ISBN 978-80-7405-186-9.
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Macků, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 27. 7. 2022

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Evaluace elektromyogramu (EMG) bederních a křížových svalů operátora harvestoru při práci a při běžných lidských činnostech" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 3. 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu této bakalářské práce Ing. Janu Macků, Ph.D., za jeho pomoc při zpracování tohoto tématu. Zároveň také děkuji panu J. Morschlovi za ochotu podstoupit měření za účelem získání potřebných údajů.

Evaluace elektromyogramu (EMG) bederních a křížových svalů operátora harvestoru při práci a při běžných lidských činnostech

Souhrn

Operátor harvestoru Ponsse byl změřen pomocí elektromyogramu. Měření proběhlo v oblasti bederních a křížových svalů v průběhu dvou dní. Zatížení svalstva bylo měřeno každý den během následujících pěti aktivit: „Práce ráno“, „Práce večer“, „Klid“, „Dřepy“ a „Chůze“. Získaná data byla exportována z programu Biofeedback 2000 do programu Microsoft Excel. V programu Statistica byl proveden Studentův t-test a Levenův test, které potvrdily, že naměřené údaje podléhají normálnímu rozdělení. Mediány jednotlivých skupin dat byly porovnávány s mediánem skupiny „Práce ráno“ v rámci stejného dne. Z porovnání získaných dat bylo odvozeno, že práce s harvestorem je fyzicky méně náročná než aktivní pohyb, zároveň je ale náročnější než pouhé sezení.

Klíčová slova: biometrie, stres, harvestor, operátor, EMG

Evaluation of the Electromyogram (EMG) of the Lumbar and Sacrum Muscles of the Harvester Operator at Work and During Common Human Activities

Summary

The operator of the Ponsse harvester was measured using an electromyogram. The measurement took place in the area of the lumbar and sacral muscles over the course of two days. Muscle load was measured each day during the following five activities: "Work in the morning", "Work in the evening", "Rest", "Squats" and "Walking". The obtained data were exported from the Biofeedback 2000 program to the Microsoft Excel program. Student's t-test and Levene's test were performed in the Statistica program, which confirmed that the measured data are subject to a normal distribution. The medians of the individual data groups were compared with the median of the "Morning work" group within the same day. From the comparison of the obtained data, it was concluded that working with the harvester is physically less demanding than active movement, but at the same time it is more demanding than just sitting.

Keywords: biometrics, stress, harvester, operator, EMG

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Harvestor	3
3.1.1	Historie harvestorů	4
3.1.2	Rozdělení harvestorů	6
3.1.3	Konstrukce harvestoru	9
3.1.4	BOZP při práci s harvestorem	13
3.2	Biofeedback	14
3.3	Elektromyogram	14
4	Metodika	16
4.1	Popis stanoviště	16
4.2	Měření	17
4.3	Ověření správnosti změřených údajů	17
4.4	Porovnávání měřených údajů	18
5	Výsledky	19
5.1	Den 1	20
5.2	Den 2	20
5.3	Shmutí	21
5.4	Možnosti dalšího měření	21
6	Diskuze	23
7	Závěr	24
8	Literatura	25

1 Úvod

V dnešní době je těžba využívající harvestory nedílnou součástí lesnictví v České republice. Nemoci vznikající během práce operátora v lese jsou oproti práci s motorovou pilou a dalším pracem v lese mnohem méně prozkoumány. Operátoři harvestoru zároveň nepodstupují stejná vyšetření. Těžební dělník pracující s motorovou pilou musí každé dva roky podstoupit preventivní zdravotní prohlídku a zároveň vyšetření na poškození sluchu a výskyt vazoneurózy (porucha cév vznikající prací s přístroji vydávajícím vibrace). Oproti tomu operátor harvestoru je povinen podstoupit jenom preventivní zdravotní prohlídku, a to pouze jednou za pět let. Myslím si tedy, že je důležité, aby byl blíže prozkoumán vliv práce s harvestorem v porostu na jeho operátora.

Cílem této bakalářské práce bylo tedy změření práce vykonávané bederním a křížovým svalstvem operátora harvestoru během těžby a dalších činností a následné porovnání získaných dat mezi sebou za účelem nalezení souvislostí mezi vykonávanou prací a zatížením měřeného svalstva. Měření proběhlo 20. a 21. května 2022 na operátorovi harvestoru značky Ponsse, model Bear. Operátor během měření prováděl mýtní úmyslnou těžbu pro přirozenou obnovu ve smíšeném lese s výskytem smrku ztepilého (*Picea abies*), buku lesního (*Fagus sylvatica*) a jedle bělokoré (*Abies alba*). K získání potřebných dat bylo využito metody elektromyografie (EMG). Principem této metody je snímání elektrických biosignálů vysílaných zatěžovaným svalstvem pomocí elektromyografu. Tento přístroj snímané údaje bezdrátově posílá do počítače, kde je příslušný program zaznamenává jako graf a dále s nimi pracuje. V této bakalářské práci byl využit program Biofeedback 2000, který byl vytvořen rakouskou společností Schuhfried GmbH, specializující se na digitální fyziologická vyšetření. Získaná data byla nejprve statisticky ověřena a poté porovnávána.

2 Cíl práce

Cílem práce je získat a vyhodnotit EMG specifických svalových skupin operátora harvestoru při práci a při běžných aktivitách (chůze, relaxace, dřepy).

Cílem je dále získaná data porovnat a stanovit míru zátěže daných svalových skupin při posezu v kabině stroje.

Cílem práce je také ze získaných dat posoudit míru stresu plynoucího ze zátěže.

3 Literární rešerše

3.1 Harvestor

Harvestor (Obrázek 1) je víceoperační těžební stroj, schopný strom pokácet, odvětvit a nasortimentovat, případně provést další operace, např. odkornění. Používá se především při těžbě sortimentní metodou, tedy metodou, kdy je strom v porostu pokácen, odvětvěn a nasortimentován, přičemž všechny operace probíhají na lokalitě P (pařez).



*Obrázek 1 - Harvestor Ponsse, který byl řízen během měření operátora
Archiv autora*

Dle statistických údajů z roku 2021 poskytnutých firmami dovážející těžebně dopravní technologie je na území České republiky v provozu 938 harvestorů (901 kolových harvestorů a 37 harvestorů s pásovým podvozkem). Z toho 284 strojů je vybaveno káccí hlavicí schopnou zpracovávat stromy do tloušťky 55 cm, jedná se tedy o stroje s vhodným nasazením do vychovávaných předmýtních porostů. Z výše zmíněných 938 harvestorů bylo 376 strojů (40% podíl) zakoupeno mezi lety 2010 a 2021. U zbývajících 562 harvestorů starších dvanácti let nastávají problémy vzhledem k nutnosti často opakovaných oprav a náhradních dílů (eAgri, 2022).

Do porostu je harvestor nasazován v kombinaci s vyvážecím traktorem nebo vyvážecí soupravou, toto spojení se označuje harvestorový uzel. Harvestor je velmi podobný dalšímu víceoperačnímu stroji procesoru, který ale na rozdíl od harvestoru není vybaven těžební hlavicí a není tedy schopen strom pokácet.

Produktivita harvestoru závisí především na objemu stromů, které jsou těženy, typu harvestoru a konstrukci jeho těžební hlavice, na typu sortimentu a terénních podmínkách (Schlaghamerský, 2001). Důležitým faktorem je také samotný operátor, který ovlivňuje až 37 % produktivity. Vliv lidského faktoru narůstá se zhoršujícími se pracovními podmínkami (Purfürst, 2013). Produktivita operátora závisí především na délce jeho praxe. Počáteční produktivita se pohybuje v rozmezí 50 % až 60 % z průměrné produktivity a po ukončení výcviku se jeho produktivita zdvojnásobí (Purfürst, 2010).

3.1.1 Historie harvestorů

Vývoj prvních víceoperačních lesních strojů začal v 60. letech 20. století ve Finsku. V polovině 60. let uvedl finský inženýr Sakari Pinomäki na trh první forwarder PIKA 50. Zároveň došlo k rozvoji produkce hydraulického jeřábu jakožto nezbytné části forwarderu (Haarlaa, 1995).

V roce 1973 se Sakari Pinomäki stal prvním výrobcem harvestoru PIKA 75 (Obrázek 2) na evropském trhu. Harvestory vybavené těžební hlavicí poté postupně vytlačily procesory (Haarlaa, 1995).



Obrázek 2 - Harvestor PIKA 75, první harvestor v Evropě (Autor: Robert Easton)
Dostupné z: <https://forestmachinemagazine.com/pika-the-first-purpose-built-forestry-timber-harvester/>

Likvidace imisních porostů v západních a severních Čechách a na severní Moravě vedla k nárůstu použití těžké mechanizace v lesích (nejprve pouze jednooperační stroje, asi 10 procesorů LOGMA). Těžba probíhala kmenovou metodou, tyto procesory pokácené stromy odvětovaly přímo na pasece a kmeny svazkovaly. Kmeny byly poté z pasek odváženy speciálním lesním kolovým traktorem LKT 75 nebo větším typem Kockums 822, vybaveným svěrným oplnem. Dříví bylo skladováno a zpracovááno na manipulačních skladech (Lasák, Němec, 1996).

První harvestory se u nás objevily na podzim roku 1977, byly ale schopny zpracovávat pouze těžby většího rozsahu, především mýtní a nahodilé. Vyskytovaly se dva základní typy, Volvo BM a ÖSA. Harvester Volvo BM 900 vznikl namontováním nástavby na vyvážecí soupravu Volvo BM 971. Tento stroj se vyznačoval vysokou produktivitou práce, na pasece byl schopen strom kácet, odvětovat a dále s ním manipulovat. Výřezy se vyráběly v délce 2 až 8 metrů. V roce 1978 vstoupila na český trh firma ÖSA s harvesterem 705/270. Ten byl schopen provádět stejné operace jako harvester Volvo, jeho konstrukce byla ale odlišná. Harvestory ÖSA nevyužívaly stejné podvozky jako vyvážecí soupravy, ale podvozky sestrojené speciálně pro harvestory. Klikové rámy ovládané hydraulickými válci nesly zadní boogie nápravu, což umožňovalo harvesteru pohyb a práci ve větším sklonu než harvestory Volvo. Životnost tohoto typu byla oproti Volvu nižší (Lasák, Němec, 1996).

Počátkem 80. let se začali objevovat jednoúčelové kácecí stroje, typy ÖSA 670 a Kockums 880. Tyto stroje využívali stromové metody kácení, strom tedy pouze pokácely a odvezly k přibližovací linii. V porostu se pohybovaly po přibližovacích linkách v 15 m rozestupech, bylo tedy možné je nasazovat i v porostech s přirozenou obnovou, jelikož byly schopny těžít bez poškození okolní vegetace (Lasák, Němec, 1996).

Tyto stroje jsou označovány jako I. generace, oproti strojům využívaným v současnosti byly těžší (vážily min. 22 tun) a měly užší pneumatiky, působily tedy větší škody na půdě a okolní vegetaci. (Lasák, Němec, 1996).

Jednouchopové harvestory uzpůsobené k výchovným zásahům v mladých a předmýtných porostech byly vyvinuty roku 1987, tyto stroje jsou označovány jako stroje II. generace. Koncem roku 1988 se tento typ harvesteru poprvé objevil v České republice na ZčSL ZLT Tachov (Zápodočeské státní lesy, Závod lesní techniky). Jednalo se o harvestory ÖSA 250 Eva a FMG 0470, které byly spolu s novými vyvážecími soupravami Norcar 490 nasazovány pouze na výchovné zásahy do probírek. Výjimku tvořilo jejich nasazení na LZ Přimba ke zpracování větrné kalamity roku 1990 (Lasák, Němec, 1996).

Oproti předchozím typům jsou tyto stroje vybaveny těžební hlavicí umístěnou na konci hydraulického jeřábu, a jsou tedy schopny po uchopení stromu provádět všechny operace bez nutnosti strom uvolnit. Zároveň je většina harvestorů vyráběna s osmikolovou nápravou, což na rozdíl od předchozích strojů s šestikolovou nápravou zlepšuje rozklad hmotnosti mezi jednotlivými koly a v kombinaci se širšími pneumatikami snižuje tlak vyvíjený na půdu (Lasák, Němec, 1996).

Během 90. let začala narůstat poptávka po harvestorech schopných provádět výchovné zásahy v nejmladších porostech (do 40 let). Tato potřeba vedla k pořízení několika kusů harvestorů modelů Timberjack 570 pro Lesní Závody Horní Blatná, Planá, Vyšší Brod a Žatec. Zároveň byly pořízeny vyvážecí soupravy Bruunet 678 a Timberjack 810. Z důvodu nedostatečného odbytů malých harvestorů byla zastavena jejich výroba firmami Timberjack a Valmet (Lasák, Němec, 1996). V současnosti se u nás nejčastěji vyskytují harvestory značek John Deere (Spojené státy americké, 436 harvestorů, 48,4 %), Rottne (Švédsko, 182 harvestorů, 20,2 %), Ponsse (Finsko, 135 harvestorů, 15,0 %) a Komatsu (Japonsko, 51 harvestorů, 5,7 %) (eAgri, 2022).

3.1.2 Rozdělení harvestorů

Harvestory je možné rozdělit podle různých kritérií. Nejčastěji se jedná o výkon motoru, konstrukce podvozku a těžebního ústrojí či způsobu zpracování stromu po pokácení. Pro nejlepší uplatnění harvestoru během těžby je nezbytné zvolit takový stroj, jehož parametry nejlépe odpovídají pohybu a práci v daném terénu.

Podle konstrukce těžebního ústrojí rozdělujeme na:

- *širokozáběrové* = Harvestory, které kácí pomocí těžební hlavice nacházející se na konci hydraulického jeřábu (dosah do 11 m). Schopny těžít z linky, nezpůsobují tedy nadměrné škody v porostu. Tento typ je využíván častěji. Ve výjimečných případech nasazovány i k odstranění stromů v blízkosti budov (Dvořák et al., 2006).
- *úzkozáběrové* = Harvestory, jejichž těžební hlavice je umístěna na zesíleném rámu přední části kabiny. Při těžbě je nutnost zajíždět do porostu, čímž se zvyšuje poškození půdy, vegetace a okolních stromů. Tyto harvestory jsou konstrukčně velmi náročné, což vede k jejich vysoké ceně (Dvořák et al., 2006).

Podle výkonu motoru rozdělujeme na:

- *malé* = Harvestory, u nichž výkon motoru nepřesahuje 70 kW, hmotnost se pohybuje v rozmezí 4 až 8 tun. Je možné je nasazovat na těžbu stromů o hmotnosti do 0,15 m³ a tloušťce do 20-35 cm (Dvořák et al., 2006). Jsou používány především pro probírky v mladých porostech a další výchovné zásahy.
- *střední* = Harvestory, u nichž se výkon motoru pohybuje mezi 70 a 140 kW, hmotnost se pohybuje v rozmezí 9 až 13 tun. Je možné je nasazovat na těžbu stromů o hmotnosti do 0,35 m³ a tloušťce do 35-45 cm (Dvořák et al., 2006).
- *velké* = Harvestory s výkonem motoru nad 140 kW, hmotnost se pohybuje v rozmezí 13 až 15 tun. Je možné je nasazovat na těžbu stromů o hmotnosti nad 0,35 m³ a tloušťce do 45-65 cm (Dvořák et al., 2006). Jsou používány především na mýtní a nahodilou těžbu

Podle způsobu zpracování stromu rozdělujeme na:

- *jednoúchopové* = Harvester má na konci hydraulického jeřábu umístěnou těžební hlavici, která je schopna strom pokácet, odvětvit a nasortimentovat (Dvořák et al., 2006). Tento typ je využíván častěji.
- *dvouúchopové* = Harvester má na konci hydraulického jeřábu umístěnou kácecí hlavici, která na rozdíl od těžební hlavice strom pouze kácí. Strom je následně vložen do procesorové hlavice, která je umístěna v zadní části harvestoru. Procesorová hlavice poté vykonává další operace, strom odvětví a nasortimentuje (Dvořák et al., 2006).

Podle konstrukce podvozku rozdělujeme na:

- *kolové* = Harvester se pohybuje pomocí nízkotlakých pneumatik, náprava je čtyřkolová až osmikolová. S větším počtem kol se zlepšuje rozložení tlaku na půdu a snižuje se tak nutná únosnost terénu pro nasazení harvestoru, podle počtu náprav a celkové hmotnosti stroje se tlak pohybuje okolo 150 kPa. Pohon kol je zajištěn centrálním hydromotorem, případně jsou v jednotlivých kolech instalovány samostatné hydromotory. Pohybuje-li se harvester obtížným terénem (snížená nosnost půdy, prudcí svah), je možné nasazovat řetězy. U šestikolových a osmikolových harvestorů se kola nacházejí na tzv. boogie nápravě, která zvyšuje stabilitu stroje. Harvestory je možné přepravovat na kratší vzdálenosti (do 30 km) po silnici (Dvořák et al., 2006).

- *kráčivé* = Harvester se pohybuje pomocí speciálního bagrového podvozku nebo šestinožového podvozku pro lesnické provozy. Bagrový podvozek je na prudkých svazích zajištěn pomocí vysouvacích podpěr. Kráčivé harvestory firmy John Deere (Obrázek 3) se pohybují pomocí tří párů hydrostaticky poháněných nohou (Dvořák et al., 2006).



Obrázek 3 - Kráčivý harvester značky John Deere (Autor: Hans Lucero S.)
Dostupné z: <http://maquinasforestales.blogspot.com/>

- *pásové* = Harvester se pohybuje pomocí pásového podvozku, nejčastěji bagrového. Pásky mohou být vyrobeny z gumy, kovu, případně kombinace materiálů. Pohyb pásu ovládá hnací kolo, které je poháněno hydraulicky. Oproti kolovým harvesterům má větší stabilitu, působí menší tlak na půdu a je schopen pracovat v prudším svahu. Přeprava mezi pracovišti probíhá převozem nákladním vozidlem, harvester nemůže přejíždět po silnici z důvodu poškození vozovky pásy (Dvořák et al., 2006).

3.1.3 Konstrukce harvestoru

Harvestor je poháněn diesellovým motorem, který vytváří energii pro provoz hydraulického systému. Hydraulický systém se skládá z okruhu ovládajícího vysunutí a pohyb jeřábu, z okruhu ovládajícího orientaci, svírání a rozevírání těžební hlavice a z okruhu ovládajícího pohyb harvestoru. Motor zároveň pohání chladicí okruh. Jednotlivé hydraulické okruhy jsou složeny z čerpadel a hydrostatických motorů. Všechny funkce hnacího systému jsou ovládány elektronikou. Olej ve všech hydraulických okruzích je v přírodě odbouratelný (Dvořák et al., 2006).

Věškeré operace vykonávané harvestorem jsou pohány hydraulicko-mechanickým přenosem sil. Ten se skládá ze tří částí – mechanické, hydraulické a elektronické. Mechanická část se skládá z převodovky, kloubových hřídelí, náprav, diferenciálů a agregátů náprav. Hydraulická část je tvořena především hydraulickým motorem spojeným s převodovkou. Dále také uzavřeným systémem, tvořeným diesellovým motorem a na něj napojeným hydraulickým čerpadlem. Poslední částí je elektronika, která řídí všechny funkce hnacího systému (Dvořák et al., 2006).

Harvestorový podvozek se skládá z přední, střední a zadní části. Spojení střední části se zadní je pevné, přední část je k nim připojena čepem. Tento čep umožňuje harvestoru zlamování za účelem zvýšení manévrovatelnosti v porostu a snížení prostoru nutného k otočení stroje. Kabina může být natáčena nezávisle vůči orientaci stroje (Dvořák et al., 2006).

Brzdící systém harvestoru je hydraulický, skládá se ze dvou brzdových okruhů. Tlak na brzdový pedál mění tlak hydraulického oleje brzdového válce. Konstrukce brzdového systému umožňuje stroj zastavit v případě zastavení motoru, ztrátě hydraulického tlaku (např. vlivem poškození) nebo elektronické poruše (Dvořák et al., 2006).

Nivelace kabiny harvestoru umožňuje těžbu ve svahu až 45 %. Vyrovnávací systémy umožňují naklopení kabiny pomocí hydromotorů o 25° dopředu a dozadu a o 15° do boku. Konstrukce kabiny a ochranného rámu zajišťuje bezpečnost operátora, odzvučení tlumí hluk vydávaný motorem na hladinu pod 75 dB, nedochází tedy k poškození sluchu. Standardní výbavou kabiny je sedačka splňující ergonomické požadavky, počítač a klimatizace. Stroj je během těžby řízen pomocí páru ovládacích pák, kterými je operátor schopen měnit polohu těžební hlavice, strom kácet a odvětvovat a v

počítači nastavit potřebné údaje. Pohyb harvestoru po pracovišti je také řízen ovládacími pákami (Dvořák et al., 2006).

Hydraulický jeřáb nesoucí těžební hlavici je vyráběn ve třech typech: paralelní, teleskopický a výkyvný. Způsob montování hydraulického jeřábu není jednotný u všech harvestorů. Může být montován společně s kabinou na jednom otočném věnci vedle kabiny harvestoru, za kabinou nebo před kabinou. Harvestor je vhodné využívat k těžbě, ke které je jeho jeřáb uzpůsoben. Výkyvné jeřáby se skládají z hlavního sloupku, zdvihového ramene a zlamovacího výložníku s případným teleskopickým ramenem. Ramena jeřábu jsou ovládána samostatnými přímočarými hydromotory. Tyto jeřáby mají jednodušší stavbu a nižší nosnost, je tedy dobré nasazovat je do porostů se stromy nižší hmotností. Teleskopické jeřáby skládající se ze sloupku, zdvihového ramene a teleskopických ramen mají vyšší nosnost a níže položené těžiště, jsou tedy lépe uzpůsobeny k mýtním těžbám. Kromě jejich konstrukce jsou jeřáby mezi sebou odlišovány technickými parametry. Jedná se především o zvedací moment, dále také dosah jeřábu, úhel otáčení a úhel naklápění (Dvořák et al., 2006).

V současnosti se na harvestorech využívají těžební hlavice (Obrázek 4), schopné provést v porostu všechny operace počínaje kácením, přes odvětvění a změření stromu až



Obrázek 4 - Těžební hlavice harvestoru Ponsse
Archiv autora

po jeho sortimentaci. Hlavice jsou poháněny dvěma hydromotory, rotační hydromotor ovládá podávací válce a přímočarý hydromotor ovládá svíratelná ramena, která stabilizují kmen v hlavici, pokácený strom je protahován těžební hlavicí rychlostí až 5 m/s (Dvořák et al., 2006).

Skrz hlavici je kmen protahován pomocí válcového nebo pásového podávacího ústrojí. Válcové podávací ústrojí je častější. Podávací válce jsou v hlavici většinou dva, v případě strojů pro těžbu stromů o větší hmotnosti mohou být tři, popř. čtyři. Válce jsou nejčastěji kovové s ocelovými hroty, které omezují prokluz kmene, zároveň ale u těchto válců nelze vyloučit poškození dřeva. Druhou variantou jsou kovové válce potažené gumou, které ale musí být pro zamezení prokluzu opatřeny kovovými řetězy. U tohoto typu válců dochází k rychlejšímu opotřebením jak protiskluzových řezů, tak i samotného pogumování. Řetězy je nutno udržovat vhodně napnuté, při přílišném povolení se volné články mohou zařezávat do okrajů gumové vrstvy a dochází tak k jejímu odtrhávání. Pogumované válce vyžadují intenzivnější údržbu a častější výměnu řetězů. U pásového podávacího ústrojí je kmen posouván pásy z ocelových článků. Výhodou je zvětšení styčné plochy mezi kmenem a pásem, čímž se snižuje možnost prokluz kmene (Dvořák et al., 2006). V současnosti je snaha vyvinout kontrolní algoritmy, které ovládají pohyb kmene v hlavici. Během odvětvování by se kmen měl pohybovat co nejvyšší rychlostí, bez rizika prokluz. Zároveň by měl být co nejpřesněji zastaven v místě řezu, což je dáno nízkou tolerancí délky sortimentu (Billingsley et al., 2007).

Odvětvování je prováděno pěti odvětvovacími noži. V horní části hlavice se nacházejí dva pohyblivé a jeden pevný trojúhelníkový nůž, v dolní části pak dva pohyblivé nože. K odvětvování dochází protahováním stromu skrz těžební hlavici, od paty stromu k jeho vrcholu. Oba páry mají vždy stejný úhel sevření kmene, který je závislý na průměru kmene a je seřizován operátorem. Odvětvovací nože jsou broušeny ručně z obou stran, což zaručuje odvětvění stromu při jeho pohybu těžební hlavici. Kvalitní odvětvování lze provádět u stromu s minimálním průměrem 5 cm (Dvořák et al., 2006).

Kácení a sortimentace stromu je vykonáváno pomocí řezacího řetězu neseného na vodící liště a poháněného rotačním hydromotorem. Řetěz v těžební hlavici je stavbou podobný řetězu u motorových pil. Skládá se z hoblovacích zubů a vodících a spojovacích článků. Vodící lišta je vyrobená z oceli, její pohyb je ovládán přímočarým hydromotorem (Dvořák et al., 2006).

Hlavice harvestorů jsou uzpůsobeny především k těžbě rovných, jehličnatých dřevin, existují ale i hlavice schopné kácet hákové stromy nebo shluky stromů vyrůstajících z pařezů. V roce 2011 proběhl výzkum za účelem změření efektivity těchto hlavic a jejich srovnání s klasickou motomanuální těžbou (těžební dělník s pilou). Ukázalo se, že hlavice snižuje čas potřebný na pokácení a sortimentaci stroje asi o 70 %, zároveň ale byla délka sortimentů nepřesná (Zinkevicius et al., 2012).

V hlavici je také nainstalováno měřicí zařízení, které přenáší získané informace do počítače v kabině. Délku kmene měří ozubené kolečko (na fotografii výše umístěno nad nepárovým podávacím válcem). Počítač zaznamenává počet otáček kolečka, z čehož je pak schopen vypočítat délku pokáceného stromu s přesností na jeden centimetr. Pro zajištění přesnosti kolečka je nutno provádět pravidelnou kalibraci (Nieuwenhuis et al., 2013). Nepřesnosti mohou vznikat také při opotřebením zubů, špatné kalibraci či v případě boulovitosti kmene nebo posunu stržené kůry po kmenu. Měření tloušťky kmene je prováděno senzory snímajícími pohyb odvětvovacích nožů či podávacích válců. Senzory zaznamenávají tloušťku v intervalu po deseti centimetrech ve dvou na sebe kolmých směrech a předávají získané údaje počítači, který je zpracuje (Neruda, Simanov, 2022). Veškeré parametry, se kterými pracuje počítač, je také možné využívat ke zvýšení produktivity práce a lepší optimalizaci nasazení harvestoru do porostu (Kemmerer et al., 2021)

Těžební hlavice je nesena obdélníkovým ocelovým rámem. Pohyb a pozice hlavic uvnitř rámu je ovládán hydromotorem. Rám je k hydraulickému jeřábu upevněn rotátorem, schopným pohybu v úhlu 280°. Hlavice může být vybavena dalším příslušenstvím, například zařízením pro ošetření pařezů nebo zařízením na označování sortimentů barvami (Dvořák et al., 2006).

Počítač v kabině harvestoru je vybaven operačním systémem, který zpracovává data získaná měřidly v těžební hlavici. Operační systém je po zadání druhu dřeviny operátorem na základě těchto informací a vloženého ceníku schopen vyhodnotit takovou sortimentaci kmene, která je trhově nejhodnotnější. Počítač je zároveň vybaven GPS systémem, který sleduje pohyb harvestoru v porostu a zaznamenává pokácené kmeny do mapy, čímž usnadňuje jejich nalezení a odvoz vyvážecím traktorem nebo soupravou (Dvořák et al., 2006).

3.1.4 BOZP při práci s harvestorem

Nasazením harvestoru na těžbu v porostu se výrazně snižuje riziko vzniku úrazu, neboť operátor je během kácení a následného zpracování kmene chráněn kabinou harvestoru s ochranným rámem. Stále je ale nutné dodržovat pravidla bezpečnosti práce stanovené nařízením vlády č. 339/2017 Sb. (O bližších požadavcích na způsob organizace práce a pracovních postupů při práci v lese a na pracovištích obdobného charakteru). Kabina harvestoru je velice dobře zvukově izolovaná za účelem ztlumení hluku motoru, operátor tedy není schopen reagovat na jakékoliv zvukové signály z vnějšího okolí.

Obecně platí, že osoby by neměly vztupovat do ohroženého prostoru harvestoru, je-li uveden do chodu a pracuje. Ohrožený prostor harvestoru je podobně jako u ostatní mechanizace využívané v lese určená výrobcem a uvedená v manuálu pro stroj, dle nařízení vlády se jedná o kruhovou plochu, jejíž poloměr je nejméně dvojnásobek výšky káceného stromu, prodlouženého o délku pracovního ramene (Nařízení vlády č. 339/2017 Sb.), výrobce může stanovit větší (Dvořák et al., 2006).

Dále také platí, že je-li stroj v pohybu, nesmí se mimo kabinu na stroji zdržovat jiná osoba. Dveře kabiny musí být před jízdou zavřeny a během jízdy je operátor připoután bezpečnostním pásem. Před zahájením práce s harvestorem, a i v jejím průběhu musí operátor kontrolovat, že se stroj nachází ve stabilní poloze. Na podlahu kabiny nesmí být ukládáno nářadí, náhradní díly ani jiné objekty. Před nastartováním motoru musí být jeho boční kryty na obou stranách uzavřeny. Operátor opouští kabinu až po vypnutí motoru, před odchodem od stroje musí být těžební hlavice uložena na zem v horizontální poloze, nebo musí být fixována do transportní polohy. Špatná poloha jeřábu může v případě poklesu hydraulického tlaku vést k jeho spadnutí a ohrožení zdraví případných okolních osob (Dvořák et al., 2006).

Během jízdy v terénu i po silnici musí operátor harvestoru dodržovat dostatečný odstup od okolních objektů, především od drátů vysokého napětí a blízkých budov. Po silnici se mohou pohybovat pouze kolové harvestory, případné řetězy musí být před vjezdem na silnici sejmuty. Kontrola stavu stroje by měla probíhat denně, údržba by měla být prováděna pravidelně podle instrukcí výrobce. Během opravy a údržby nesmí být motor v chodu, stroj musí být zabrzděn a hydraulika nesmí být pod tlakem. Při opravě hlavice musí před opuštěním kabiny operátor položit hlavici na zem a tím stabilně podepřít jeřáb. Probíhají-li kontroly a opravy baterie nebo palivové nádrže, nesmí být v blízkosti zakládán oheň a blízké osoby nesmí kouřit. Dojde-li k poškození těžební hlavice během

těžby, musí být stroj neprodleně převezen na bezpečné místo. Opravy nesmí probíhat v blízkosti naříznutého stromu (Dvořák et al., 2006)

Zároveň je nutné dodržovat terénní klasifikaci, která je rovněž dána výrobcem. Harvestory obecně nasazujeme pouze do podmíněně únosných a únosných terénů, tedy v terénech, jejichž únosnost v průběhu roku neklesne pod 50 kP (Simanov et al., 1993). Terén, do kterého jsou harvestory nasazovány, musí rovněž splňovat podmínky terénní dostupnosti. Kolové harvestory je možné využívat při svažitosti do 35 %, do prudších svahů je nutno zvážit nasazení kráčivých harvesterů (Dvořák et al., 2011).

3.2 Biofeedback

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáváním zátížení svalstva operátora během jednotlivých aktivit. Údaje pro toto porovnávání byly získány měřením biofeedbacku při jednotlivých aktivitách. Biofeedback umožňuje efektivně zaznamenávat biosignály zkoumaného jedince, jejichž pomocí lze změnit způsob vykonávání fyzických aktivit za účelem zlepšení zdraví a zvýšení výkonnosti. Během biofeedbacku probíhá měření různých fyziologických aktivit, jako je činnost srdce, dechová frekvence, mozkové vlny, svalová aktivita a tělesná teplota (AAPB, 2023).

V současnosti se biofeedback používá především ve zdravotnictví. Je efektivním způsobem léčby migrény a tenzních bolestí hlavy, inkontinence, vysokého krevního tlaku a dalších fyziologických potíží. Rozvíjí se také jeho využití jako pomoc při symptomech zranění mozku, posttraumatického stresu, deprese a záchvatů. Vrcholoví sportovci užívají biofeedback ke zlepšení svých výsledků (AAPB, 2023). Je také využíván během rehabilitace, kde se jedná především o snímání svalového, dýchacího a srdečního systému (Giggins, Persson, Caulfield, 2013)

3.3 Elektromyogram

V průběhu tohoto průzkumu bylo zatížení svalstva operátora změřeno pomocí metody EMG (elektromyografie). Tato metoda studuje práci vykonanou svalstvem měřením elektrických výbojů přenášených mezi kosterním svalstvem. Tyto výboje jsou snímány pomocí čidel a následně zobrazovány ve formě grafů a tabulek.

Měření probíhá dvěma způsoby, pomocí jehel zavedených do svalstva nebo pomocí shluku elektrod přiložených ke kůži. V případě podpovrchové metody je do snímaných svalů umístěna dutá jehla, ve které se nacházejí dráty, umožňující snímání signálů (Holčík, 2010). Tento způsob má několik nevýhod, především bolestivost zavádění jehly. Dalším negativem je absence upevnění jehly. Je-li jedinec snímán při činnosti vyžadující aktivní pohyb, může dojít k pohnutí s jehlou, a tedy zkreslení výsledku.

Druhá metoda spočívá v přilepení měřicích čidel na kůži v místě zkoumaného svalstva. Tato čidla obsahují jednu nebo více elektrod, které jsou schopny zachytit elektrické signály svalstva i přes vrstvu kůže a podkožního tuku. Tento způsob měření je proti předchozímu způsobu méně přesný, a není schopen zachytit některé charakteristiky signálu (Holčík, 2010).

Elektromyograf je v současnosti využíván především ke studiu činnosti svalstva v klidovém stavu i během zátěže. Těchto poznatků se využívá v různých oborech, např. ergonomii či kinesiologii (vědě o pohybu těla). EMG má také význam v lékařství, kde lze pomocí získaných údajů předem odhalit poruchy a onemocnění svalové soustavy. Rozvíjí se také využití elektromyografu pro ovládání protéz, především pro horní končetiny (Holčík, 2010).

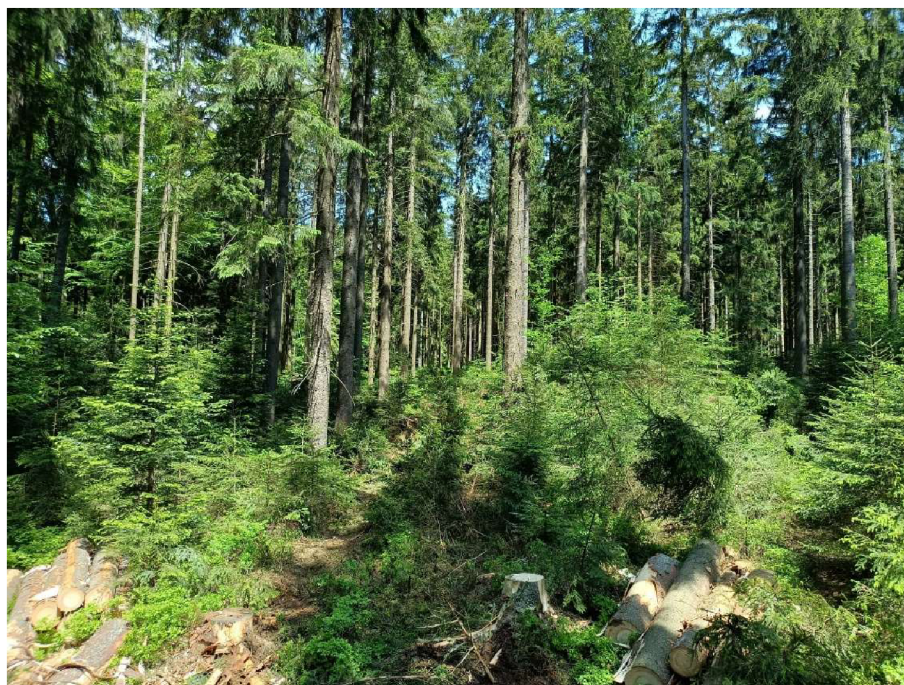
4 Metodika

Měření bylo provedeno na operátorovi harvestoru typu Ponsse Bear v průběhu dvou pracovních dní. Data byla získána pomocí metody elektromyogramu. Přístroj snímal elektrické biosignály vydávané zatěžovaným svalstvem a bezdrátově je přenášel do počítače, kde byla následně správnost dat ověřena v programu Statistika. Ověřená data byla poté zpracována v programu Microsoft Excel a porovnávána mezi sebou.

V době měření měl operátor splněný kurz na harvestor a forwarder značky PONSSE a praxi v oboru 11 let. Během měření operátor prováděl těžbu mýtní úmyslnou pro přirozenou obnovu.

4.1 Popis stanoviště

Oba dny probíhalo měření ve stejném porostu (Obrázek 5). Tento porost byl starý 110 let, průměrný objem středního kmene byl 1,6 m³ a střední výška 335 cm. V porostu se vyskytoval smrk se zastoupením 70 %, buk se zastoupením 25 %, jedle se zastoupením 5 %. Sklon svahu na stanovišti se pohyboval mezi 1 a 8 %, terén byl podmíněně únosný až únosný. Označení porostu bylo 123 B 11 LHC Vyšší Brod.



Obrázek 5 - Porost, ve kterém probíhala těžba během měření
Archiv autora

4.2 Měření

Na začátku každého dne bylo operátorovi do oblasti bederního svalstva nalepeno pět senzorů (Obrázek 6), které byly ponechány po celý den. Na tyto senzory byl před měřením připojen snímač (Obrázek 7), který pak získaná data odesílal do programu Biofeedback 2000. Tento program zaznamenával elektrické biosignály snímaného svalstva.



Obrázek 6 – Umístění snímačů
Archiv autora



Obrázek 7 – Napojení snímačů na měřicí přístroj
Archiv autora

V průběhu jednoho dne byla postupně provedena tato měření:

- „Práce ráno“ – Na začátku pracovní směny byla změřena zátěž během výkonu těžby, odvětvění a sortimentace kácených stromů. Minimum času věnováno jízdě v terénu.
- „Práce večer“ – Na konci pracovní směny bylo provedeno měření pro totožné činnosti jako při měření pro „Práce ráno“.
- „Klid“ – Měření proběhlo po ukončení pracovní směny. Operátor seděl a nevykonával žádné činnosti.
- „Dřepy“ – Operátor vykonal 20 dřepů v krátkém časovém úseku.
- „Chůze“ – Operátor ušel svižnou chůzí vzdálenost 100 metrů.

4.3 Ověření správnosti změřených údajů

Výsledkem měření byly grafy zaznamenávající aktivitu bederního svalstva, které byly následně převedeny do tabulek programu Microsoft Excel. Pro každé měření byly vždy dvě skupiny hodnot, EMG 1 a EMG 2. Naměřené údaje byly poté přeneseny do

programu Statistica, kde na nich byly prováděny statistické testy. Statistické testy byly prováděny na hladině významnosti 0,05.

Nejprve bylo nutné prokázat, že zvolená metoda je vhodná pro získání dat. Byla tedy stanovena statistická hypotéza, že získaná data mají normální rozdělení. Tuto hypotézu bylo nutné potvrdit, aby mohla data být dále navzájem porovnáвана (CIT VFU, 2017). Pro potvrzení hypotézy bylo nutné vyvrátit nultou hypotézu (H_0 , mezi získanými soubory dat není statisticky významný rozdíl) a potvrdit první hypotézu (H_1 , soubory dat jsou statisticky rozdílné).

Pro vyvrácení H_0 byl využit Levenův test (statistický test pro ověření normality dat), který mezi sebou porovnáva odchylky dvou a více souborů dat (Levene, 1995). Výsledná hodnota p pro tento test vyšla nižší než hladina významnosti, soubory dat se mezi sebou liší a nultou hypotézu lze zamítnout. H_1 byla potvrzena pomocí Studentova t-testu. Tento test zkoumá rozdílnost dvou souborů dat porovnáváním jejich středních hodnot (CIT VFU, 2017). Hodnota p pro tento test vyšla nižší než hladina významnosti, mezi jednotlivými soubory je statisticky významný rozdíl. První hypotéza a zároveň statistická hypotéza byly potvrzeny, získané soubory dat mají normální rozdělení.

4.4 Porovnávání měřených údajů

Po potvrzení, že zvolená metoda měření byla vhodná, byla získaná data porovnáвана pomocí Microsoft Excel. Program Biofeedback 2000 vyhodnotil několik charakteristik statistického souboru naměřených údajů, pro další nakládání s daty byl zvolen medián.

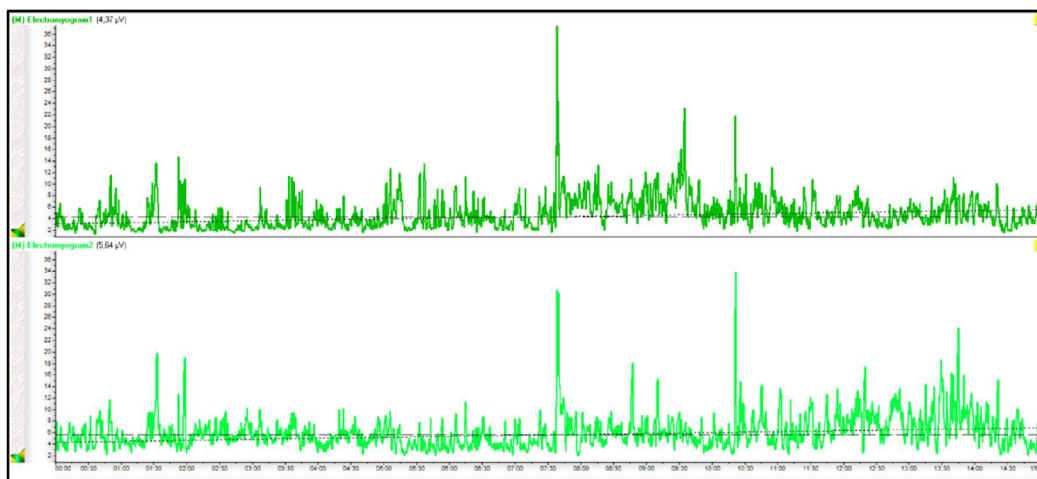
Medián je jednou z charakteristik středu statistického souboru, stanovuje se jako prostřední hodnota souboru (CIT VFU, 2017). Na rozdíl od charakteristiky modus (hodnota s nejvyšší četností) a aritmetického průměru není výrazně ovlivňován vysoce vychýlenými hodnotami. Mediány jednotlivých souborů dat, „Práce večer“, „Klid“, „Dřepy“ a „Chůze“ byly porovnáваны s mediánem „Práce ráno“, zobrazeny jako jeho procentuální podíl a zeneseny do tabuky. Soubory byly porovnáваны vždy v rámci stejného dne, „Den 1“ a „Den 2“ a stejné kategorie, „EMG 1“ a „EMG 2“.

5 Výsledky

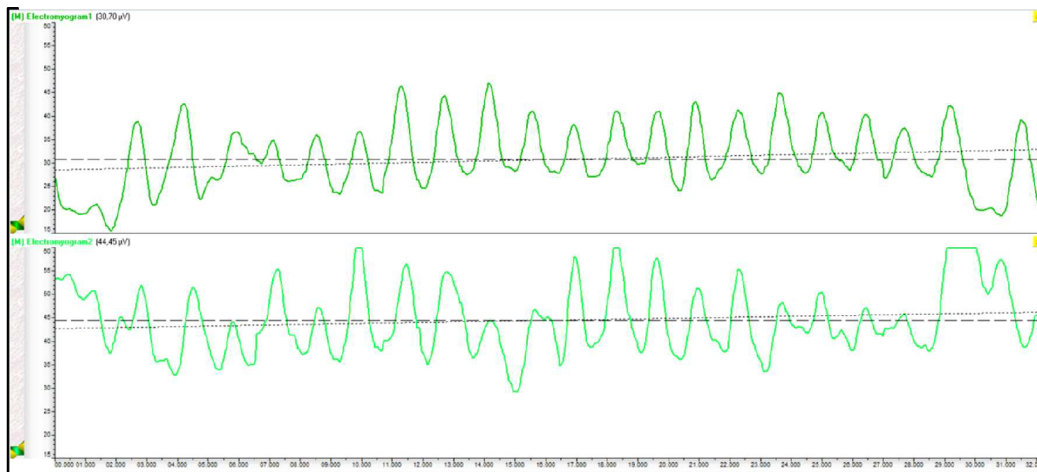
Porovnáním mediánů jednotlivých souborů dat jako procentuálního podílu bylo možné posoudit náročnost jednotlivých úkolů v rámci jednoho pracovního dne. Nelze mezi sebou porovnávat jednotlivé soubory dat naměřené v různých dnech, neboť snímače elektromyografu byly po skončení pracovní doby sejmuty, je možné porovnávat pouze jejich poměr v procentech. Získaná data Biofeedback 2000 zaznamenával jako diagram „Lines“ (Graf 1, Graf 2).

Program provedl 40 měření za 1 vteřinu (1 měření každých 0,025 vteřin). Nejvíce dat bylo tedy získáno pro měření „Práce ráno“ a „Práce večer“, která trvala 15 minut (průměrně 36.248 měření). Nejmenší soubor dat byl získán pro měření „Dřepy“, které trvalo pouze 30 vteřin (průměrně 1.209 měření). U obou aktivit, jejichž délka nebyla dána časově („Dřepy“, „Chůze“), byla během druhého dne zjištěna kratší doba nutná ke splnění těchto činností.

Graf 1 – Výsledek měření „Práce ráno“ den 1



Graf 2 - Výsledek měření „Dřepy“ den 1



5.1 Den 1

Operátor harvestoru během večerního měření zatěžoval bederní a křížové svalstvo méně než během ranní práce (Tabulka 1), v době večerního měření tedy pravděpodobně pracoval pomalejší rychlostí. Toto mohlo být zapříčiněno sníženou motivací k práci, způsobenou blížícím se koncem pracovní doby. V průběhu měření pro soubor „Klid“ operátor seděl a nevykonával žádnou činnost. Procentuální podíl je velmi nízký, ale ne nulový, jelikož bederní a křížové svalstvo vykonávalo činnost udržováním vzpřímené polohy těla i během sezení. Z dat naměřených během fyzicky náročnějších činností, (soubory dat „Dřepy“ a „Chůze“) a jejich procentuálního podílů vůči souboru dat „Práce ráno“ lze odvodit, že ovládání harvestoru byla pro operátora výrazně méně náročná než fyzické aktivity. Zároveň pro něj byla chůze na 100 metrů méně náročná než dvacet dřepů.

Tabulka 1 - Výsledky porovnání mediánů jednotlivých souborů dat získaných v průběhu 1. dne

Procenta z Práce ráno	Práce večer	Klid	Dřepy	Chůze
EMG 1	84,23 %	15,18 %	702,82 %	641,15 %
EMG 2	84,28 %	25,05 %	787,77 %	691,58 %

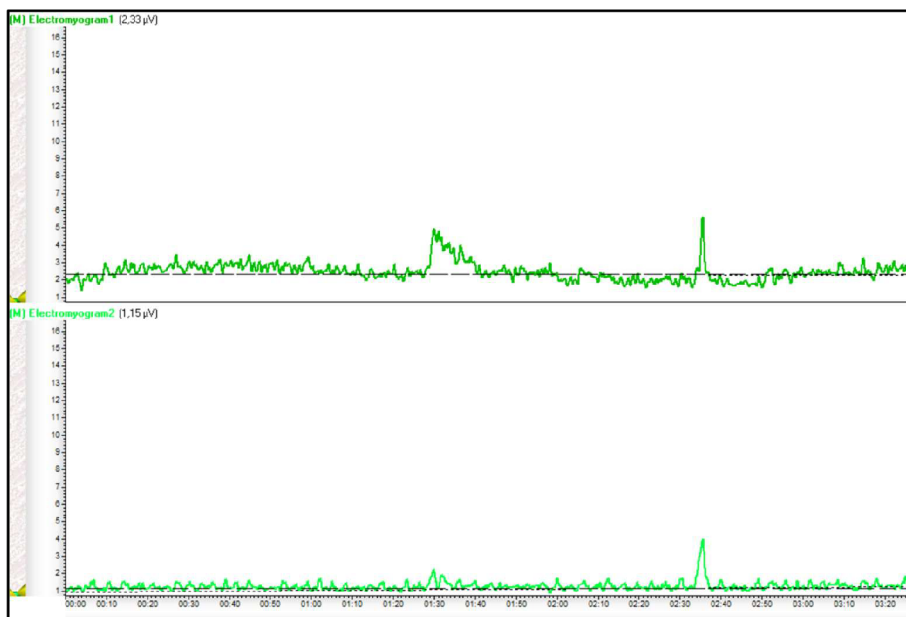
5.2 Den 2

Výsledky měření, které proběhlo během druhého dne potvrzují výše zmíněné myšlenky. „Práce večer“ byla pro operátora méně náročná než „Práce ráno“ (Tabulka 2). Během měření pro „Klid“ operátor kouřil cigaretu (Graf), což mohlo vést k výkyvu v procentuálním poměru, výrazném především na hladině EMG 1. Obě fyzicky náročné aktivity byly znovu pro operátora náročnější, přičemž dřepy stále vyžadovaly větší fyzickou aktivitu než chůze.

Tabulka 2 - Výsledky porovnání mediánů jednotlivých souborů dat získaných v průběhu 2. dne

Procenta z Práce ráno	Práce večer	Klid	Dřepy	Chůze
EMG 1	93,71 %	69,18 %	991,13 %	817,17 %
EMG 2	68,57 %	27,04 %	929,06 %	906,39 %

Graf 3 – Biosignály měřené během klidu operátora, výkyvy způsobené kouřením cigarety



5.3 Shrnutí

Z výsledků je možné usoudit, že operátor harvestoru se těžbě věnuje aktivněji v ranních hodinách a v průběhu pracovního dne jeho motivace klesá. Toto ovšem může být zároveň ovlivněno i mentálním stavem operátora. Měření totiž probíhala během dvou posledních pracovních dnů v sedmidenním pracovním týdnu a operátor pocíval fyzickou i duševní únavu. Práce s harvestorem je mnohem méně náročná než fyzické aktivity. Rovněž je ale náročnější než pouhé sezení, měřené biosignály pravděpodobně související s pohybem rukou na ovládacích pákách harvestoru.

Měření proběhlo úspěšně, procentuální poměry mezi aktivitami se oba dny nachází na stejných hladinách. Výjimku tvoří měření „Klid“ během druhého dne. Operátor harvestoru kouřil cigaretu, což vedlo k pohybu pravé ruky. Tato aktivita je viditelná jak na grafu 3, tak i v tabulce procentuálních poměrů druhého dne.

5.4 Možnosti dalšího měření

V případě případného opakování měření by bylo vhodné pozměnit některé aspekty. Myslím si, že by bylo dosaženo průkaznějších výsledků, pokud by měření proběhlo na více operátorech. Tento způsob by bral v potaz jak samotný fyzický a duševní

stav jedince a jeho motivaci v průběhu pracovního dne, tak i rozdílné technické parametry jednotlivých značek a modelů harvesterů. Další možnou variantou je měření zátěže jiných svalových oblastí. Výsledky měření například trapézového svalstva nebo svalstva rukou by mohlo vést k rozdílným výsledkům.

Výsledky by se také pravděpodobně lišily, kdyby byly zvoleny rozdílné aktivity. Způsob těžby a stav okolního porostu je jeden z možných faktorů, který ovlivnil získané výsledky. Toto lze odstranit provedením měření na operátorovy provádějícím různé zásahy do porostu. Další způsob měření by využíval jednoho operátora, který by ale byl měřen v průběhu celého sedmidenního pracovního týdne.

Poslední varianta měření by spočívala v jiné metodě měření. V průběhu tohoto výzkumu byla zvolena povrchová metoda, kdy jsou snímače s elektrodami umístěny do oblasti nad snímaným svalstvem. Existuje také metoda, kdy jsou snímací dráty nacházející se v duté jehle zavedeny pod kůži přímo do svalstva. Tato varianta je ale nepravděpodobná, jelikož zavádění jehly je bolestivé a operátor by pravděpodobně nebyl ochoten je podstoupit.

6 Diskuze

Porovnáním údajů o zatížení svalstva vyšlo najevo, že měřený operátor harvestoru pracuje aktivněji v průběhu ranních hodin, což může být dáno zvýšenou motivací k práci. S rostoucí únavou v průběhu dne aktivita klesá, až přibližně na 85 % ranní aktivity. Toto se částečně liší od výsledků měření, které provedl Gellerstedt (1997). Jeho měření proběhlo s vyšším počtem operátorů, kteří pracovali ve třech směnách denně. Během svého výzkumu pozoroval několik ukazatelů zatížení včetně elektromyogramu trapézového svalstva. Uvádí, že zatížení bylo vyšší na konci směny, což ale může být způsobeno kratšími pracovními směnami a jiným měřeným svalstvem. Při porovnání vývoje EMG aktivity mezi jednotlivými pracovními směnami je vykonávána menší aktivita během večerní směny (Gellerstedt, 1997), což se shoduje s výsledky této bakalářské práce.

Podobných výsledků jako tato bakalářská práce dosáhl také Sullman (1997), který testoval vývoj hladiny stresu, energie, únavy a snahy pomocí dotazníků. Tyto dotazníky poskytl třem operátorům harvestoru a třem operátorům forwarderu, vždy na začátku pracovní doby a na jejím konci. Dospěl ke stejným výsledkům, tedy že na konci pracovního dne mají operátoři lesnické mechanizace nižší motivaci k práci (Sullman, 1997).

Při porovnání práce s harvestorem a fyzicky náročnějších aktivit (dřepey a chůze) je operování harvestoru nepříliš fyzicky náročné. Toto uvádí také Inoue (2005), který práci s harvestorem považuje za práci nevyžadující intenzivní fyzickou námahu. Zároveň ale při ní vzniká vyšší mentální zatížení, způsobené především nutností ovládat těžební operace harvestoru, vibracemi a hromaděním stresu vzniklého dlouhou pracovní dobou.

7 Závěr

Před zahájením měření jsem se seznámila s harvestorem, především jeho konstrukcí, a s metodou elektromyogramu, pomocí které proběhlo měření. V průběhu dvou pracovních dní bylo provedeno celkem deset měření. Na začátku každého pracovního dne byly operátorovy do oblasti bederního a křížového svalstva umístěna čidla, která byla na konci pracovní doby odstraněna. Na tato čidla byl připojen snímač, který zaznamenával biosignály zkoumaného svalstva, které pak bezdrátově přenášel do počítače. Program Biofeedback 2000 pak tyto údaje vyhodnocoval a zaznamenával do grafu. Po získání dat bylo nutné ověřit jejich správnost, což bylo provedeno pomocí programu Statistica. Microsoft Excel byl poté využit ke vzájemnému porovnávání mediánů jednotlivých souborů dat (naměřených během stejného dne). Po ověření získaných dat a jejich porovnání byly odvozeny tyto výsledky:

- Během práce v ranních hodinách je operátor aktivnější než během konce pracovní doby
- Pohybové činnosti (chůze a dřepy) byly pro operátora fyzicky mnohem náročnější než práce s harvestorem
- Práce vzniklá ovládním harvetoru je fyzicky náročnější než pouhé sezení, toto se v průběhu dne nemění
- Další měření lze provádět např: využitím vyššího množství měřených operátorů; zvolením odlišného zkoumaného svalstva; zvolením jiných měřených aktivit nebo měřením v delším časovém rozsahu
- Cíle práce byly splněny

8 Literatura

Odborné publikace:

BILLINGSLEY, J.; VISALA, A.; DUNN, M., 2007. *Robotics in Agriculture and Forestry* [online]. CORE, [cit. 2023-03-16].

Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/11037888.pdf>

CLEVES, M., 1996. *Robust tests for the equality of variances* [online]. Stata Technical Bulletin [cit. 2023-02-23].

Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/24137168_Robust_tests_for_the_equality_of_variances

DVOŘÁK, J.; FRANC, J.; VALDMAN, S., 2006. *Cvičení z lesnické mechanizace*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1524-2, [cit. 2023-02-23].

DVOŘÁK, J.; et al., 2011. *The use of harvester technology in production forests* [online]. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, [cit. 2023-03-02].

Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Jiri-Dvorak-2/publication/272401111_The_use_of_harvester_technology_in_production_forests/links/57235b0b08aef9c00b810ff7/The-use-of-harvester-technology-in-production-forests.pdf

EAgri, 2022. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021* [online]. Ministerstvo zemědělství České republiky, [cit. 2023-03-02].

Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/715438/Zprava_o_stavu_lesa_2021_web.pdf

GELLERSTEDT, S., 1997. *Mechanised cleaning of young forest – The strain on the operator* [online]. ScienceDirect, [cit. 2023-03-16].

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814196000467>

GIGGINS, O. M.; PERSSON, U. M.; CAULFIELD, B., 2013. *Biofeedback in rehabilitation* [online]. SpringerLink [cit. 2023-03-30].

Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1186/1743-0003-10-60#citeas>

HOLČÍK, J., 2010. *Elektromyogram (EMG)* [online]. Masarykova Univerzita Brno [cit. 2023-02-20].

Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Bi5445/um/BLS_kap5_MYO_6_okulo.pdf

INOUE, K., 2005. *Operators' Mental Strain in Operating the High Proficient Forestry Machine* [online]. Taylor & Francis Online [cit. 2023-03-16].

- Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1007/BF02348324?needAccess=true>
- KEMMERER, J.; LABELLE, E. R., 2021. *Using harvester data from on-board computers: a review of key findings, opportunities and challenges* [online]. SpringerLink [cit. 2023-03-20].
Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-020-01313-4#Sec25>
- LASÁK, O.; NĚMEC, K., 1996. *Viceoperační těžebně-dopravní stroje (TDS) v ČR*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. (11), 402-403, [cit. 2023-02-23].
- NERUDA, J.; SIMANOV, V., 2022. *Technika a technologie v lesnictví* [online]. Mendelova univerzita v Brně, [cit. 2023-03-30].
Dostupné z: https://ut.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ut/soubory/skripta_ttl_2022_2dil.pdf
- NIEUWENHUIS, M.; DOOLEY, T., 2013. *The Effect of Calibration on the Accuracy of Harvester Measurements* [online]. Taylor & Francis Online [cit. 2023-03-20].
Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/14942119.2006.10702533?needAccess=true&role=button>
- PURFÜRST, T., 2010. *Learning Curves of Harvester Operators* [online]. ResearchGate [cit. 2023-03-20].
Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/49611401_Learning_Curves_of_Harvester_Operators
- PURFÜRST, F. T.; ERLER, J., 2013. *The Human Influence on Productivity in Harvester Operations* [online]. Taylor & Francis Online [cit. 2023-03-16].
Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/14942119.2011.10702606?needAccess=true&role=button>
- SCHLAGHAMERSKÝ, A., 2001. *Harvestorové technologie v lesních porostech* [online]. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. (80), [cit. 2023-03-30]
Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-4-01/harvestorove-technologie-v-lesnich-porostech>
- SIMANOV, V.; MACKŮ, J.; POPELKA, J., 1993. *Nový návrh terénní klasifikace a technologické typizace*. Lesnictví. (39), 422-428, [cit. 2023-03-02]
- SULLMAN, M., 1997. *The mental workloads of mechanised harvesting*. [online] New Zealand Institute of Forestry. [cit. 2023-03-16].
Dostupné z: http://nzjf.org.nz/free_issues/NZJF42_3_1997/750A1736-E891-41F1-BF58-D46AC2EAD483.pdf
- ZINKEVICIUS, R.; STEPONAVICIUS, D.; VITUNSKAS, D.; CINGA, G., 2012. *Comparison of harvester and motor-manual logging in intermediate cuttings of*

deciduous stands [online]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry: Vol. 36: No. 5, Article 8.

Dostupné z: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol36/iss5/8>

Internetové zdroje:

Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2023. *About BioFeedback* [online]. Aurora, Colorado, [cit. 2023-03-16].

Dostupné z: https://aapb.org/About_BioFeedback

Centrum informačních technologií, 2017. *Testování hypotéz ve statistice* [online].

Veterinární univerzita Brno, [cit. 2022-12-23].

Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/hypotezy.htm>

HAARLAN, R., 1995. *Organization and Technology of Wood Harvesting in Finland* [online]. Organizace pro výživu a zemědělství [cit. 2023-02-23].

Dostupné z: <https://www.fao.org/3/w2809E/w2809e06.htm>

Nařízení vlády č. 339/2017 Sb.

Nařízení vlády o bližších požadavcích na způsob organizace práce a pracovních postupů při práci v lese a na pracovištích obdobného charakteru [online]. [cit. 2023-03-02].

Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-339>