

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Strojírenská technologie – technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hodnocení fyzické zátěže obsluhy obráběcího stroje

Autor: Michael FEJSÁK
Vedoucí práce: Ing. Václava POKORNÁ

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michael FEJSÁK**
Osobní číslo: **S19B0276P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Téma práce: **Hodnocení fyzické zátěže obsluhy obráběcího stroje**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do problematiky hodnocení zdravotních rizik
2. Popis pracoviště a analýza současného stavu
3. Experimentální měření
4. Vyhodnocení
5. Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- HANÁKOVÁ, Eva. Práce a zdraví, rizikové faktory pracovního prostředí. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 108 s. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-07-4.
- MAREK, Jakub; SKŘEHOT, Petr. Základy aplikované ergonomie. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. 118 s. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václava Pokorná**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Václava Pokorná**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí práce Ing. Václavě Pokorné za její čas, cenné rady a konzultace, které pomohly k tvorbě této bakalářské práce. Také chci poděkovat doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za poskytnutí přístroje k měření a následnou pomoc při měření.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Fejsák	Jméno Michael	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Pokorná	Jméno Václava	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Hodnocení fyzické zátěže obsluhy obráběcího stroje		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	51	TEXTOVÁ ČÁST	35	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje informace o fyzické zátěži obsluhy obráběcího stroje, výběr rizikových faktorů na pracovištích, měření sil (zátěže) na pracovištích a následné hodnocení a posouzení rizikovosti fyzické zátěže obsluhy stroje.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	fyzická zátěž, pracoviště, manipulace, pohyby, stroj, obsluha stroje, hodnocení

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Fejsák	Name Michael	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Pokorná	Name Václava	
INSTITUTION	ZČU – FST – KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Evaluation of the physical load of the machine tool operator		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	51	TEXT PART	35	GRAPHICAL PART	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor's thesis contains information about the physical load of machine tool operators, the selection of risk factors at workplaces, measurement of forces (loads) at workplaces and the subsequent evaluation and assessment of the riskiness of the physical load of machine operators.
KEY WORDS	physical load, workplace, handling, movements, machine, machine operator, assessment

Obsah

Úvod.....	1
1 Úvod do problematiky hodnocení zdravotních rizik.....	2
1.1 Fyzická zátěž	2
1.1.1 Celková fyzická zátěž.....	3
1.1.2 Lokální (svalová) zátěž	3
1.1.3 Fyzická zátěž při pracovní poloze.....	5
1.1.4 Fyzická zátěž při manipulaci s břemeny	6
1.1.5 Svalová práce	7
1.2 Aktuálnost daného tématu	7
2 Popis pracoviště a analýza současného stavu.....	8
2.1 Postup při hodnocení LSZ	8
2.1.1 Analýza pracovních podmínek.....	8
2.1.2 Popis práce a sledování časových faktorů práce	8
2.1.3 Popis a hodnocení pracovních poloh.....	8
2.1.4 Manipulační rovina a pohybový prostor	8
2.2 Popis pracoviště.....	8
2.2.1 Popis prvního pracoviště	9
2.2.2 Popis druhého pracoviště	11
2.2.3 Popis a způsob měření.....	16
2.3 Určení F_{max} a $\%F_{max}$	19
2.3.1 Posouzení výsledků měření základními metodami	20
3 Experimentální měření	23
3.1 Potřebné síly pro otevření a zavření dveří stroje	23
3.1.1 Výsledky sil, které jsou potřebné pro otevření a zavření pracovního prostoru obráběcího centra	23
3.1.2 Výsledky sil, které jsou potřebné pro otevření a zavření pracovního prostoru laserové řezačky	23
3.2 Změřené maximální síly obsluhy strojů	23
3.2.1 Měření maximálních tažných sil pro obráběcí centrum	23
3.2.2 Měření maximálních tlačných sil pro obráběcí centrum	24
3.2.3 Měření maximálních sil pro laserovou řezačku	24
3.3 Výpočet $\%F_{max}$	24
3.3.1 $\%F_{max}$ u obráběcího centra (tah) – zavření dveří	24
3.3.2 $\%F_{max}$ u obráběcího centra (tlak) – otevření dveří.....	24
3.3.3 $\%F_{max}$ u laserové řezačky – zavření dveří.....	24

3.3.4	%Fmax u laserové řezačky – otevření dveří	24
3.4	Popis pracovních pozic obsluhy strojů	25
3.4.1	Vybrání vhodné metody pro následné hodnocení práce u laserové řezačky.....	25
4	Vyhodnocení	26
4.1	Vyhodnocení potřebných sil při manipulaci s dveřmi.....	26
4.1.1	Vyhodnocení %Fmax u obráběcího centra	26
4.1.2	Vyhodnocení %Fmax u laserové řezačky	27
4.2	Vyhodnocení pomocí metody ART Tool	27
4.2.1	Průvodce hodnocení	27
4.2.2	Vývojový diagram.....	29
4.2.3	Popis činností (formulář) a skóre list	29
5	Závěr.....	32
	Přílohy	i

Přehled použitých zkratk a symbolů

ART	Assessment of Repetitive Tasks of the upper limbs
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
BP	Bakalářská práce
FST	Fakulta strojní
KTO	Katedra technologie obrábění
LSZ	Lokální svalová zátěž
MSD	Muskuloskeletální poruchy
NV	Nářízení vlády
RTI	Regionální technologický institut
SZÚ	Státní zdravotní ústav
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

Seznam obrázků

Obrázek 1: Graf závislosti počtu pohybů na %Fmax [9].....	5
Obrázek 2: Pohled na uspořádání prvního pracoviště [17]	9
Obrázek 3: Detailní pohled na pracoviště [17].....	9
Obrázek 4: Počáteční poloha obsluhy při otevírání dveří [17].....	10
Obrázek 5: Koncová poloha obsluhy při otevírání dveří [17].....	10
Obrázek 6: Počáteční poloha obsluhy při zavírání dveří [17].....	11
Obrázek 7: Poloha obsluhy při zavírání dveří [17]	11
Obrázek 8: Pohled na uspořádání druhého pracoviště [17].....	12
Obrázek 9: Počáteční poloha obsluhy při vysouvání desky [17]	13
Obrázek 10: Koncová poloha obsluhy při vysouvání desky [17]	13
Obrázek 11: Počáteční poloha obsluhy při otevírání dveří [17].....	14
Obrázek 12: Koncová poloha obsluhy při otevírání dveří [17].....	14
Obrázek 13: Siloměr Lutron FG-5100 [17].....	15
Obrázek 14: Měření tažné síly [17].....	16
Obrázek 15: Měření tlačné síly + naměřená hodnota [17]	17
Obrázek 16: Měření tlačné síly + naměřená hodnota [17]	18
Obrázek 17: Měření tažné síly + naměřená hodnota [17]	19
Obrázek 18: Měření maximální tlačné síly pokrčenou rukou [17]	21
Obrázek 19: Měření maximální tlačné síly nataženou rukou [17]	21
Obrázek 20: Měření maximální tažné síly nataženou rukou [17]	21
Obrázek 21: Měření maximální tažné síly pokrčenou rukou [17]	21
Obrázek 22: Měření maximální tažné síly směrem nahoru [17].....	22
Obrázek 23: Měření maximální tažné síly směrem dolů [17].....	22
Obrázek 24: Graf pro s hodnotami %Fmax u obráběcího centra	26
Obrázek 25: Graf s hodnotami %Fmax u laserové řezačky	27
Obrázek 26: Ukázka návodu k hodnocení polohy hlavy a krku + kritéria hodnocení [20]	28
Obrázek 27: Ukázka návodu k hodnocení polohy zad a kritéria hodnocení [20]	28
Obrázek 28: Ukázka návodu k hodnocení polohy ramen a kritéria hodnocení [20].....	28
Obrázek 29: Formulář pro metodu ART Tool na pracovišti s laserovou řezačkou	30
Obrázek 30: Skóre list pro pracoviště s laserovou řezačkou.....	31

Seznam tabulek

Tabulka 1: Limity pro Fmax u 2 typů práce [9].....	4
Tabulka 2: Hodnoty sil, které jsou zapotřebí k otevření a zavření dveří obráběcího centra	23

Tabulka 3: Hodnoty sil, které jsou zapotřebí k otevření a zavření dveří laserové řezačky.....	23
Tabulka 4: Maximální dosažitelné tažné síly obsluhou stroje u obráběcího centra.....	23
Tabulka 5: Maximální dosažitelné tlačné síly obsluhou stroje u obráběcího centra.....	24
Tabulka 6: Maximální dosažitelné síly obsluhy u laserové řezačky	24
Tabulka 7: Tabulka pro zjištění výsledné úrovně po použití metody ART Tool [20]	29

Seznam příloh

Příloha 1: Vývojový diagram metody ART Tool [20]	i
Příloha 2: Formulář pro popis úlohy – metoda ART Tool [20]	ii
Příloha 3: Skóre list pro metodu ART Tool [20]	iii
Příloha 4: Tabulka průměrných hygienických limitů pro směnové a minutové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu [11]	iv

Úvod

V dnešní době jsou stroje a technologie v průmyslu neustále zdokonalovány a automatizovány s cílem maximalizovat výkon a snížit náklady na výrobu. Nicméně obsluha strojů stále z velké části zahrnuje některé fyzické nároky na pracovníka, jako jsou opakované pohyby, zvedání těžkých břemen a opakované skládání. Tyto nároky mohou vést k různým zdravotním problémům, jako jsou poruchy funkce svalů a kloubů nebo bolesti zad. Proto je důležité posuzovat fyzickou zátěž, které jsou pracovníci vystaveni při práci s těmito stroji. Tato bakalářská práce se zaměřuje na hodnocení fyzické zátěže spojené s obsluhou obráběcího stroje. Cílem práce bude vyhodnotit fyzickou zátěž pracovníků při obsluze obráběcího stroje a poté navrhnout opatření pro její snížení.

Výsledky této práce budou užitečné pro manažery a pracovníky v oblasti průmyslu, kteří se zabývají zlepšováním podmínek práce a ochranou zdraví a bezpečnosti na pracovišti. Vzhledem k rostoucímu významu automatizace a digitalizace v průmyslu, bude tato práce přínosem pro průmyslové podniky a pracovníky, kteří se s těmito stroji setkávají dennodenně.

1 Úvod do problematiky hodnocení zdravotních rizik

Je nutné vyhledávat nebezpečné činitele týkající se procesů pracovního prostředí a pracovních podmínek. Hodnocení, a především prevence zdravotních rizik, je v současné době povinností každého zaměstnavatele. Plnění těchto povinností dává základ pro provedení prevence rizik, provádění jejich identifikace a jejich hodnocení a také pro zavedení opatření k zajištění BOZP. Tato činnost je pravidelná a zaměstnavatel o ní vede dokumentaci. [1]

Člověk se při práci vystavuje rizikovým faktorům, které mají negativní vliv na jeho zdraví. Rizikovým faktorem rozumíme každou: podmínku, okolnost, činitele či vlastnost pracovního systému (která může zapříčinit pracovní úraz), nemoci z povolání, otravy nebo jiné poškození zdraví. Na pracovníka může působit několik rizikových faktorů současně, je to tzv. kumulativní působení faktorů pracovního prostředí. Následky tohoto působení záleží na způsobu a délce expozice a na odezvě člověka, avšak ne vždy musí být negativní. Tyto faktory je tedy nutné vyhledat a eliminovat. Tímto problémem se také zabývá ergonomie, která upravuje pracoviště či pracovní prostředí tak, aby bylo zredukováno právě co nejvíce rizikových faktorů, které mají vliv na zdraví zaměstnance. Některé faktory však nelze ovlivnit. [2]

Přijímáním a prováděním opatření k prevenci rizik se rozumí přizpůsobení pracovních podmínek potřebám zaměstnanců, které má za cíl omezit negativní vlivy na jejich zdraví. Přizpůsobováním pracovních podmínek limitům člověka se zabývá ergonomie. I když má ergonomie svá vlastní vymezení, zásady pro hodnocení pracovišť obsahují především požadavky na prevenci ochrany zdraví při práci. [1]

Povinnosti na úseku BOZP si zaměstnavatel může plnit do určité úrovně sám, nebo má možnost využít znalostí odborně způsobilé fyzické osoby v prevenci rizik. Když si zaměstnavatel plní tyto povinnosti sám, tak může využít přehledovou tabulku, ve které jsou uvedeny časté zdroje nebezpečných situací na pracovišti, jež mohou dokonce vyústit v úraz. Tabulka napomáhá problematiku lépe uchopit a uvědomit si i skutečnosti, které lze při nedostatku informací lehce přehlédnout. [1]

Mezi rizikové faktory pracovního prostředí řadíme:

- Fyzickou zátěž
- Nepříznivé klimatické podmínky
- Chemické látky
- Biologické faktory
- Fyzikální faktory
- Prach
- Psychickou zátěž
- Práci ve zvýšeném tlaku vzduchu
- Zrakovou zátěž

[3]

Z důvodu vymezení tématu a cíle předložené bakalářské práce se bude práce nadále zaměřovat na fyzickou zátěž, přesněji lokální svalovou zátěž.

1.1 Fyzická zátěž

Jedná se o zátěž pohybového systému, srdečně-cévního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci organismu. Tato zátěž se dá vyjádřit jako vztah mezi úrovní požadavků na člověka a jeho schopností tyto požadavky zvládnout. [4]

Kritéria hodnocení pro fyzickou zátěž jsou:

- Počet pohybů za pracovní směnu
- Aktivace svalových skupin – horní a dolní končetiny, trup
- Vynaložená pracovní síla
- Podíl mezi dynamickou a statickou prací
- Pohlaví a věk pracovníka
- Hmotnost břemen, které pracovníci zvedají a přenášejí
- Pracovní poloha
- Typ a hmotnost ručních nástrojů i způsob jejich používání
- Energetický výdej za celou směnu
- Srdeční frekvence za celou směnu
- Vliv z prostředí – teplo, chlad [5]; [6]

Fyzickou zátěž lze rozdělit na více částí, a to na zátěž:

1.1.1 Celkovou

1.1.2 Lokální (svalovou)

1.1.3 Při pracovní poloze

1.1.4 Při manipulaci s břemeny [3]

Z podstaty věci se fyzická zátěž rozděluje na zátěž vybraných svalových skupin a na celkovou fyzickou zátěž. Dále lze fyzickou zátěž členit na mírnou, přiměřenou nebo nepřiměřenou. [7]

1.1.1 Celková fyzická zátěž

Mezi celkovou fyzickou zátěž se řadí zvýšená námaha, či fyzické úsilí, které pro práci využívá více než 50% svalové hmoty. Tato zátěž se posuzuje na základě hodnot energetického výdeje, který je vyjádřen v netto hodnotách, a srdeční frekvence. Hygienické limity celkové fyzické zátěže jsou energetické výdaje: směnové - (průměrné a přípustné), roční a minutové – (přípustné). Hygienické limity srdeční frekvence jsou: průměrné (102 tepů za minutu), nejvyšší přípustné (110 tepů za minutu) a zvýšené (zvýšení o 28 tepů za minutu nad výchozí hodnotu). Limit pro minutovou srdeční frekvenci nesmí překročit 150 tepů za minutu. [5];[7]

1.1.2 Lokální (svalová) zátěž

Jako lokální (svalovou) zátěž chápeme opakované používání jednoho svalu nebo jedné malé svalové skupiny při výkonu práce končetinami. Limity u této zátěže se stanovují podle charakteristické směny. Touto směnou se rozumí taková směna, která probíhá v obvyklých provozních podmínkách, při níž doba výkonu práce s jednotlivými rozhodujícími faktory v daném časovém úseku odpovídá celoročně nebo v rozhodujícím období skutečné míře zátěže těmito faktory. [7]

U lokální pracovní zátěže se posuzuje:

- Jednostrannost – při které působí stejné svalové skupiny déle než 4 hodiny za směnu
- Nadměrnost – posuzuje se podle %Fmax
- Dlouhodobost – vede k nemoci z povolání [8]

Metody hodnocení LSZ:

Pro vybrané hodnocení lokální svalové zátěže se určuje pracoviště a spolu ním také zaměstnanec, který na pracovišti pracuje. Měření musí probíhat za běžných pracovních podmínek, aby byly zahrnuty všechny úkony a činnosti, které jsou spojené s prací obsluhy. [8]

Hodnocení probíhá pomocí těchto bodů:

- Podrobná analýza pracovních podmínek
- Popis práce – důležité činnosti
- Popis pracovního místa
- Časový režim – délka práce/odpočinku
- Posouzení statické/dynamické práce [8]

U nadměrnosti LSZ se hodnotí svalová síla a četnost pohybů. [9]

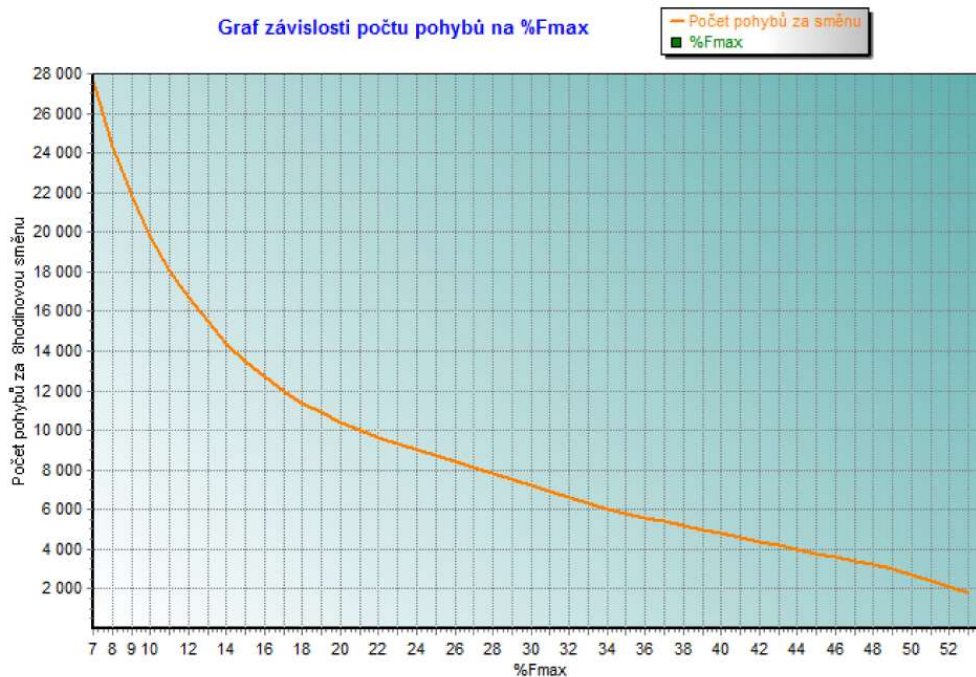
U svalové síly jsou její limity vyjadřovány v procentech F_{max} , kdy F_{max} je maximální svalová síla, kterou je schopen pracovník dosáhnout při maximálním úsilí, danou svalovou skupinou v definované pracovní poloze. Tato síla je individuální a závisí na pohlaví a na věku zaměstnance. Svalovou sílu lze naměřit pomocí měřidla na tah, páku a tlak (tenzometr, dynamometr). Při posuzování F_{max} se orientujeme podle přípustných hodnot za celou směnu (viz tabulka 1). [9]

Tabulka 1: Limity pro F_{max} u 2 typů práce [9]

Typ práce	Přípustný limit	Nepřípustný limit
dynamická	30 % F_{max}	>70 % F_{max}
statická	10 % F_{max}	>45 % F_{max}

Při statické svalové práci převládá izometrická kontrakce zapojených svalových skupin a kontrakce trvá déle než 3 sekundy. Při dynamické svalové práci převládá isotonická kontrakce zapojených svalových skupin a vynaložená síla je, po době kratší než 3 sekundy, vystřídána relaxací. [8]

Četnost pohybů nesmí překročit limity podle tabulek při dané svalové síle jak za směnu, tak ani za minutu (viz obrázek 1). Platí, že čím větší je F_{max} , tím méně pohybů může být vykonáno. Během standardní osmihodinové směny nesmí být překročeno víc než 27 000 pohybů. Z obrázku 1 lze vyčíst, že při zátěži 52 % F_{max} může být vykonáno maximálně 2000 pohybů. [9]



Obrázek 1: Graf závislosti počtu pohybů na %Fmax [9]

Měření LSZ:

K měření se využívají tyto metody:

- Měření tahů, tlaků, pák, rukojetí a jiných ovladačů
- Měření hmotnosti břemen, držných nástrojů a pracovních pomůcek

Tyto metody vychází z měření maximální svalové síly F_{max} , která je korigována na věk i na pohlaví pracovníka a výslednou hodnotou je pak procento maximální svalové síly %Fmax. [10]

- Metoda integrované elektromyografie

Nejpřesnější metoda pro měření LSZ, založena na principu snímání elektrofyziologických potenciálů šetřených svalových skupin. Při této metodě se pořizuje časový snímek a videozáznam pro určení přesného počtu pohybů a hodnocení časových charakteristik práce. [10]

1.1.3 Fyzická zátěž při pracovní poloze

Fyzickou zátěží při pracovní poloze je brána špatná poloha těla nebo špatná poloha některé části těla při práci. [3]

Pracovní poloha může být přijatelná, podmíněně přijatelná a nepřijatelná. Pro vyjádření hodnocení pracovní polohy se využívá kritérium charakteristické směny. Protože jsou podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy pro člověka fyzicky náročné, tak se pomocí stanovené doby vymezuje jejich trvání v jedné směně. U nepřijatelné pracovní polohy je nutné určit dobu strávenou v této poloze. V případě nepřijatelné pracovní polohy se ještě stanovuje limit 30 minut za směnu. [7]

U pracovních poloh, které se vyskytují při pracích u pásové výroby se nejčastěji hodnotí poloha:

- Trupu
- Hlavy a krku
- Horní končetiny
- Dolní končetiny [5]

Doporučuje se, aby se střídaly pracovní polohy vsedě a vstoje. Vsedě se využívá méně síly než vstoje, a to něco kolem 50 N. Vstoje máme umožněné pohyby ve větším rozsahu a s tím také větší využití sil (nad 100 N). [7]

Pracovní polohu hodnotíme tak, že musíme zjistit, zda nedochází k nepřiměřené pracovní zátěži nebo k přetížení pohybového aparátu, v důsledku špatné pracovní polohy. Zvažujeme tato hlediska:

- Poloha trupu při hlavní pracovní činnosti
- Poloha trupu při vedlejší pracovní činnosti
- Poloha rukou a paží
- Poloha nebo postavení dolních končetin – zda mají nějaký prostor
- Dráhu a frekvenci pohybů, které vykonáváme
- Jaká je fyzická náročnost pracovních úkonů
- Jaká je výška pracovní roviny
- Zda máme nějaké možnosti změny pracovní polohy
- Viditelnost zraku ze základní pracovní polohy
- Rozměry a hmotnost břemen
- Dosahové oblasti rukou zaměstnance
- Zda je vhodné umístění ovládacích prostředků
- Jestli je práce vykonávána v omezeném pracovním prostoru
- Zda je místo přístupné při vedlejší pracovní činnosti – seřizování
- Doba trvání a výskyt nevhodných poloh [7]

1.1.4 Fyzická zátěž při manipulaci s břemeny

Pro ruční manipulaci s břemeny jsou určeny hmotnostní limity břemene zvlášť pro muže a pro ženy. Muži mohou občasné manipulovat s břemeny, které mají hmotnost 30-50 kg. Častá manipulace je povolena u břemen s 15-30 kg. Kumulativní hmotnost za jednu pracovní dobu nepřekračuje 10000 kg, ale je vyšší než 7000 kg. [5]

Ženy mohou občasné manipulovat s břemeny, které mají hmotnost 15-20 kg. Častou manipulaci mohou mít s břemeny od 5 do 15 kg. Kumulativní hmotnost za jednu pracovní dobu nepřekračuje 6500 kg, ale je vyšší než 4500 kg. [5]

Při hodnocení u této zátěže musíme zohledňovat různé okolnosti:

- Hmotnost břemene, se kterým zaměstnanec manipuluje
- Jakým způsobem se s břemenem manipuluje – posunování, tahání, zvedání
- Rozměry a tvar břemene
- Pracovní polohu, ve které provádíme manipulaci s břemenem
- Zda břemeno nemá nebezpečné vlastnosti
- Dráhu pohybu s břemenem
- Jakou vzdálenost se bude břemeno přenášet
- Věk a pohlaví zaměstnance, který manipuluje s břemenem
- Frekvenci pohybů s břemenem

- Uspořádání pracovního místa a pracoviště
- Kumulativní hmotnost břemene za pracovní dobu
- Způsob úchopu břemene
- Těžiště břemene a jeho vzdálenost od těla [7]

V průběhu práce s břemeny nesmí srdeční frekvence, ani na krátkou dobu, překročit hodnotu 150 tepů za minutu. [6];[7]

K hodnocení fyzické zátěže se často používá nepřímá kalorimetrie, ventilometrie a změny srdeční frekvence. Pro orientační hodnocení porovnáváme s tabulkami pro pracovní polohy a zátěž trupu nebo končetin. [5]

1.1.5 Svalová práce

Základní rozdělení činností, které jsou charakterizovány prací svalů, jsou statická a dynamická práce. Dynamická práce je takový druh činnosti, při které se sval mění ve své podélné ose, ale nemění se napětí svalu. Zatímco u statické práce se ve svalu mění jeho napětí, ale nemění se jeho délka. Dynamická práce může být například pohyb končetin či pohyb trupu. Příkladem statické práce je držení nebo transport břemen. Sílu ruky lze změřit pomocí dynamometru elipsoidního tvaru. Pokud ruka provede stisk, tak zjistíme maximální sílu sevření. [7]

Další faktory, které výrazně ovlivňují fyzickou zátěž pracovníka je úroveň pracovních podmínek. Přesněji hodnocení vybraných faktorů pracovního prostředí. V případě výrobních provozů to může být nejčastěji teplota, vlhkost, prašnost, intenzita osvětlení a proudění vzduchu. [2];[11]

1.2 Aktuálnost daného tématu

V České republice se velice často řešily bolesti a úrazy zad (páteře) zaměstnanců v různých provozech. Rozhodně se neočekává, že se poškození páteře bude objevovat v kancelářích, ale může nastat například ve strojírenství, ve stavebnictví a zkrátka tam, kde dochází k manipulaci s těžkými břemeny nebo dochází k rotaci páteře. [12]

V posledních letech přibývalo také nemoci horních končetin. Nejčastěji se vyskytuje syndrom karpálního tunelu, a to u operátorů výroby nebo u pracovníků na montážních linkách v automobilovém průmyslu, kde pracovníci zapojují při práci hlavně horní končetiny. [13]

V současné době je možné těžké poškození bederní páteře uznat jako nemoc z povolání. Rozhodla o tom vláda v prosinci roku 2022. Nařízení vyšlo v platnost dne 1. ledna 2023. Pokud pacient splní přísná kritéria, tak dosáhne na finanční odškodnění. Díky rozšíření seznamu nemocí z povolání lze lépe upozornit zaměstnavatele na pracovní místa a činnosti, která způsobují postižení, to pak může vést k preventivním opatřením a k možnému poklesu počtu těchto onemocnění. [14];[15]

2 Popis pracoviště a analýza současného stavu

V této části práce budou popsána vybraná pracoviště, která byla zvolena pro měření vybraných faktorů fyzické zátěže obsluhy. Na základě provedené analýzy současného stavu a vybrání vhodné metody bude provedeno hodnocení a v případě zvýšeného rizika budou navržena nápravná opatření.

2.1 Postup při hodnocení LSZ

Po vybírání vhodné metody se následně musí určit osoby, které analýzu provedou. Tyto osoby musí při měření spolupracovat a musí hodnocenou práci rutinně vykonávat alespoň čtvrt roku. Výběr osob se provádí na základě účelu měření. Měření má probíhat za běžných pracovních podmínek, aby byly zahrnuty všechny operace a pracovní úkony. Poté je prováděno časové hodnocení za průměrnou pracovní směnu. Z uvedených informací je poté možné zjistit, jaký druh činnosti je pro danou obsluhu stroje nejrizikovější a jak často je činnost za směnu prováděna. [8]

Hodnocení se zaměřuje na následující body:

2.1.1 Analýza pracovních podmínek

Tento druh analýzy popisuje práci, sleduje časové režimy práce a popisuje pracovní místo. Do této analýzy patří délka práce a odpočinku u prováděných operací. Následně obsahuje podíl zátěže svalových skupin a posuzuje složky práce, tj. zda se jedná o práci statickou nebo dynamickou. Nakonec zahrnuje také výskyt úkonů, které obsahují vysokou silovou zátěž. [8]

2.1.2 Popis práce a sledování časových faktorů práce

Provádí se nepřerušované pozorování a zaznamenávání doby trvání každého úkonu během celé pracovní směny. Tato analýza popisuje práci a v průběhu směn sleduje režim práce a odpočinku. Dále zkoumá pracovní polohu u jednotlivých činnostech a zkoumá časové úseky u jednotlivých operací. Nakonec posuzuje jednotlivou zátěž u svalových skupin a zaměřuje se na plnění výkonové normy. [8]

2.1.3 Popis a hodnocení pracovních poloh

Hodnotí se časové faktory práce a současně se provádí metoda biomechanické analýzy. Po provedené analýze se zhodnotí pracovní poloha na polohu přijatelnou, podmíněně přijatelnou a nepřijatelnou. [8]

2.1.4 Manipulační rovina a pohybový prostor

Zde se analyzuje pohybový prostor a manipulační rovina, která je potřebná u dané činnosti. Hodnotí se zde uspořádání ve stroji a potřebná dosahová vzdálenost. Mezi potřebnou dosahovou vzdáleností patří vzdálenost pracovních pomůcek a materiálu, který je k práci potřeba. [8]

2.2 Popis pracoviště

Pracoviště, na kterých bude prováděno měření, se nachází v budově RTI v kampusu Západočeské Univerzity v Plzni.

2.2.1 Popis prvního pracoviště

První pracoviště, které bylo vybráno k posouzení fyzické zátěže obsluhy obráběcího stroje, je pracoviště, na němž se nachází obráběcí centrum DMU 40 eVO linear (viz obr. 2 a 3). Tento stroj byl vybrán z důvodu variability způsobu obrábění s ohledem na velikost polotovaru a možnost použitých technologií. V případě tvarově složitých obrobků se předpokládá častější otevírání dveří stroje kvůli nutné kontrole.

Vybrané technické parametry stroje:

- Otáčky motoru: 18.000 ot. /min
- Výkon: 46 kW
- Krouticí moment: 80 Nm
- Kulatý stůl
- Upínací plocha: $\varnothing 750$ mm
- Zatížení stolu (max.): 800 kg
- Zásobník nástrojů
- Měření obrobku: Infračervená dotyková sonda
- Měření nástroje: Laser
- Likvidace třísek: Doprník třísek

[16]



Obrázek 2: Pohled na uspořádání prvního pracoviště [17]



Obrázek 3: Detailní pohled na pracoviště [17]

Pracoviště má na první pohled dobré prostorové uspořádání. Obsluha stroje má dostatečný prostor pro pohyb okolo stroje a má také dobrou dosahovou vzdálenost k řídicí desce a ke stolu, na kterém se mohou vyskytovat pomůcky potřebné k práci. Pracovní prostor stroje je uspořádaný tak, že není nutná velká dosahová vzdálenost obsluhy.

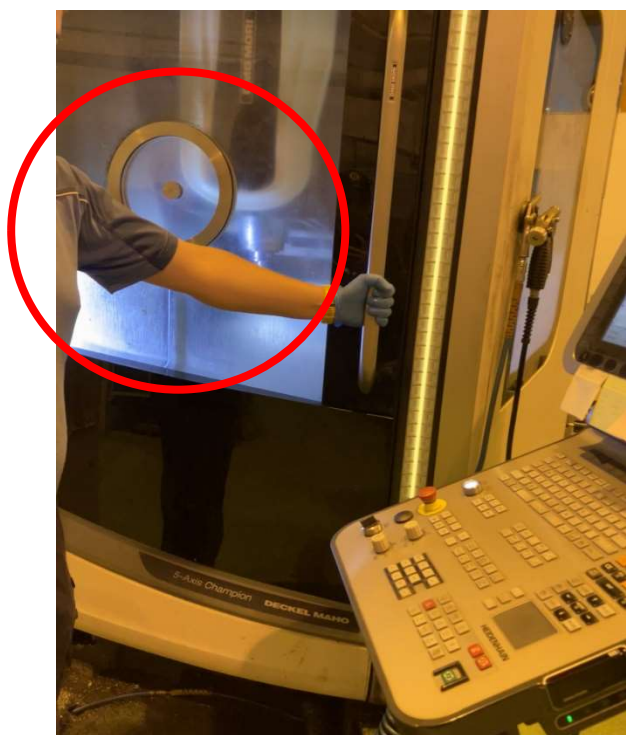
Práce obsluhy obráběcího centra se v průběhu běžné pracovní směny skládá z různorodých činností. Některé činnosti se opakují pravidelně každý pracovní den. Mezi tyto činnosti patří zapnutí stroje a následný chod stroje (např. cyklus předmazání vřetene a dále program na zahřívání vřetene).

Poté jsou na pracovišti činnosti, které závisí na druhu a na typu zakázky. Uvedené činnosti lze charakterizovat jako stále se opakující, jelikož se vyskytují nejčastěji během pracovního dne.

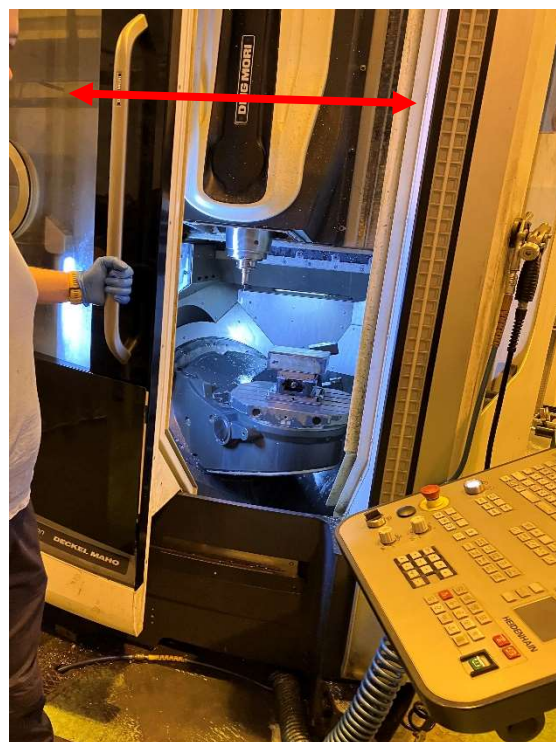
- Příprava nástrojů
- Kontrola stroje – u některých obrobků častěji (špony – nutné opláchnout)
- Časté otevírání dveří stroje – několikrát za hodinu (namáhání ramene)
- Časté ustavení obrobku ve sklíčidle – nevhodná pracovní pozice (namáhavé na záda)
- Kontrola obrobku – otáčení a obracení těžkého obrobku (namáhání zápěstí, zad)

Výroba je dána technickým výkresem a následně technologickým postupem (NC programem). Obsluha stroje nejprve (je-li to nutné) připraví materiál na pile, následně se seřídí potřebné nástroje a začne se obrábět. Po konci směny se celý pracovní prostor opláchně, zaklíní se nástroj, vyvezou se špony a stroj se vypne.

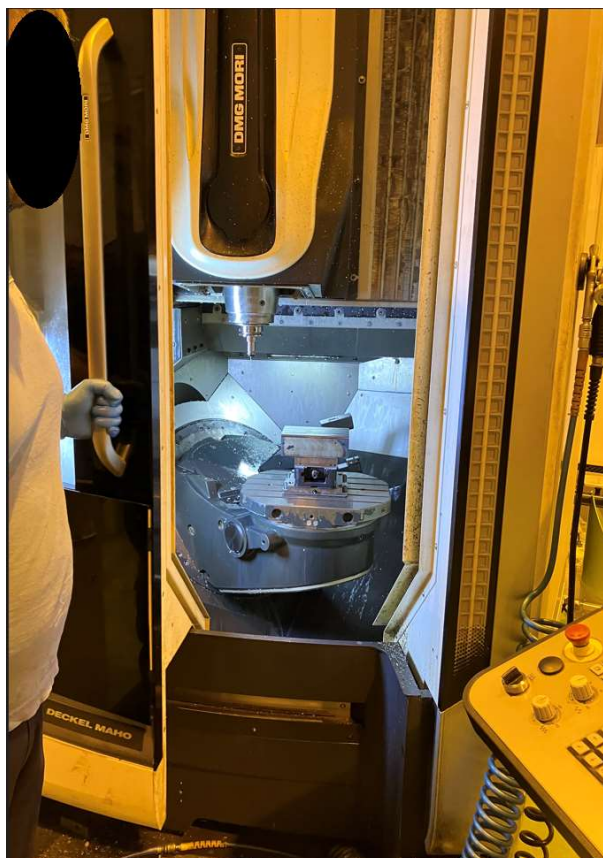
Po konzultaci s obsluhou obráběcího centra vyplynulo, že nejčastější pohyb, který obsluha vykonává je otevírání a zavírání dveří stroje (viz obrázek 4-7). Tyto pohyby se opakují nejméně desetkrát za jednu hodinu a každý z těchto pohybů má trvání kolem 3 vteřin. Jedná se tedy o statickou svalovou zátěž. Je to jednoznačně nejčastější pracovní úkon obsluhy operátora. Tato činnost bude předmětem měření a posouzení velikosti potřebné síly s ohledem na možné zdravotní riziko, kterým může být bolest lokte, ramene, ale i bederní části zad.



Obrázek 4: Počáteční poloha obsluhy při otevírání dveří [17]



Obrázek 5: Koncová poloha obsluhy při otevírání dveří [17]



Obrázek 6: Počáteční poloha obsluhy při zavírání dveří [17]



Obrázek 7: Poloha obsluhy při zavírání dveří [17]

2.2.2 Popis druhého pracoviště

Druhé pracoviště, které bylo vybráno, je pracoviště, kde se nachází laserová řezačka SENFENG SF1313G (viz obrázek 8). Toto pracoviště bylo vybráno opět s ohledem na časté používání stroje a zejména kvůli manipulaci s dveřmi. Pro výběr tohoto pracoviště bylo zásadní otevírání dveří pracovního prostoru stroje, a to směrem nahoru. Je možné posoudit předpokládané riziko nevhodné pracovní pozice obsluhy stroje v souvislosti s častým otevíráním pracovního prostoru stroje.

Vybrané technické parametry stroje:

- Výkon 1.5kW-3 kW
- Pracovní plocha 51.18"*51.18"
- Přesnost polohování $\pm 0.05\text{mm}$
- Vodní chlazení
- Rozměry stroje (mm): 2985*2160*2000

[18]



Obrázek 8: Pohled na uspořádání druhého pracoviště [17]

Pracoviště s laserovou řezačkou má podobně uspořádaný prostor pro obsluhu stroje jako pracoviště s obráběcím centrem, které je uvedeno výše. Obsluha má dostatečný prostor k pohybu okolo stroje a není nutná velká dosahová vzdálenost k řídicí desce. Protože pracovní prostor tohoto stroje není příliš velký, je manipulace s polotovary snadnější. Obsluha stroje se nemusí příliš sklánět a být tak v nepřírozené pozici těla dlouhý čas.

Práce u laserové řezačky při běžném pracovním dni vypadá takto:

- Obsluha nejprve zapne stroj, otevře dveře a vysune desku, na kterou se pokládají plechy (viz obr. 9-10). Tento postup je důležitý pro přístup k pracovnímu prostoru stroje.
- Následně obsluha pracovní prostor stroje překontroluje a případně vypálí testovací výrobek. Dále proběhne přihlášení, které je realizováno na řídicí desce. Právě zde je předpřipravena celá produkce, kterou má zaměstnanec za den splnit.
- V případě potřeby dojde k nastavení některých potřebných parametrů a následně bude zahájena výroba.
- Na konci směny se pracovní prostor vyčistí od drobného odpadu. Aby se obsluha z pravé strany stroje lépe dostala do pracovního prostoru a mohla jej vyčistit, tak je nutné mít vysunutou desku, na kterou se pokládají plechy.
- Pod strojem je umístěný vozík, který se po naplnění vyprázdní do předem určeného kontejneru s odpadem.

Pro obě pracoviště obecně platí, že některé činnosti neprobíhají s opakující se pravidelností každý den. Kromě operací přípravy a úklidu. V případě sledování činností v provozu halových laboratoří lze jednoznačně definovat, že s ohledem na počet kusů jde o menší série produktů. Pokud jsou na výrobu připraveny malé plechy, tak je obsluha zvládne sama vložit do stroje. Jestliže jsou pro práci potřebné větší a těžší plechy, je nutné pro jejich zakládání přítomnost další osoby, popřípadě jeřábu, který je vybaven magnetem. Poté, co se plech umístí na desku, zasune se deska dovnitř, zavřou se dveře stroje a je spuštěna výroba. Pokud je to nutné, tak okénkem obsluha kontroluje, zda výroba probíhá v pořádku. Jestli se tak neděje, tak se otevřou dveře stroje (jakmile se otevřou dveře stroje, tak stroj okamžitě přestane pracovat) a provedou se potřebná opatření. Pokud je proces výroby v pořádku, tak se nechá dopálit výrobek.

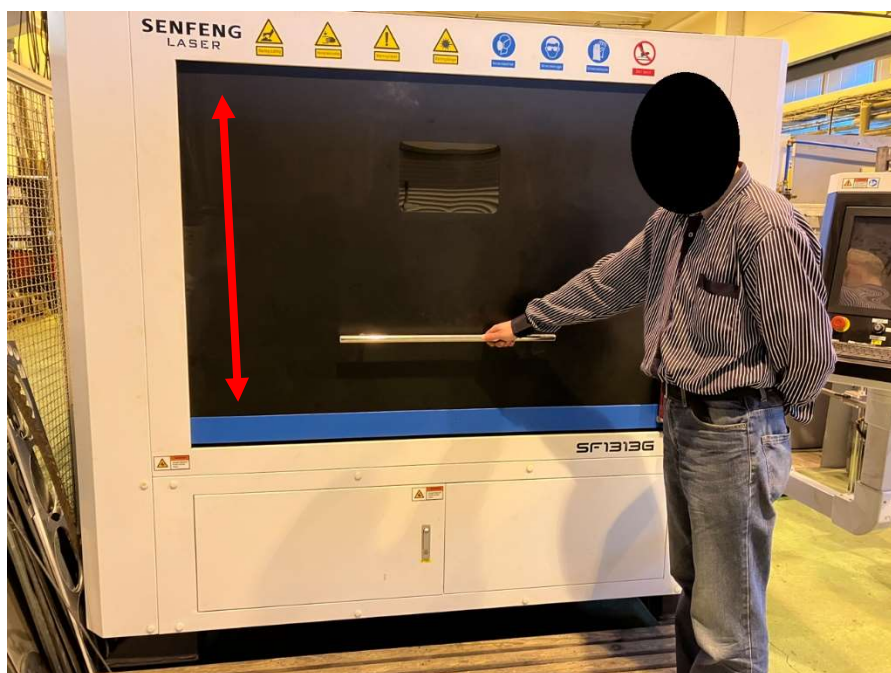
Obsluha laserové rezačky nejčastěji vykonává pohyby pro otevírání a zavírání dveří (viz obr. 11-12), jako tomu bylo u obráběcího centra, které je uvedeno výše. Počet těchto pohybů závisí na druhu výroby. Pokud se vyrábí tenký plech, otevírají se dveře každých 5 minut. Pokud jsou na výrobu zapotřebí velké tabule a silné plechy, tak se pracovní prostor otevírá zhruba dvakrát za hodinu. Tyto pohyby trvají okolo 3 sekund, a tak se také jedná o statické svalové zatížení.



Obrázek 9: Počáteční poloha obsluhy při vysouvání desky [17]



Obrázek 10: Koncová poloha obsluhy při vysouvání desky [17]



Obrázek 11: Počáteční poloha obsluhy při otevírání dveří [17]



Obrázek 12: Koncová poloha obsluhy při otevírání dveří [17]

Po konzultaci s obsluhami obráběcích strojů byla pro případ měření vybrána činnost, která se v průběhu pracovního dne nejčastěji opakuje. Tu představuje:

- Manipulace s dveřmi stroje – namáhavé na celou paži, především pak na loket a na rameno (otevírání a zavírání)

V tomto případě je patrné, že potřebná síla pro otevření dveří pracovního prostoru stroje není jediný rizikový faktor pro obsluhu, která je u stroje trvale zaměstnaná. Dalším významným rizikem je pozice těla pracovníka v určité fázi manipulace s dveřmi. Především natažená paže nad úrovní ramene (viz obr. 12) a pozice obsluhy při vytažení desky (viz obr. 9 a 10) je pro obsluhu stroje nepřirozená. Z uvedených důvodů by bylo vhodné aplikovat některou adekvátní ergonomickou metodu pro posouzení rizikovosti práce.

Aby bylo možné změřit a následně posoudit velikost sil, které jsou zapotřebí pro otevření a zavírání pracovního prostoru, byl pro tyto účely vybrán přístroj pro měření sil. Tím je siloměr Lutron FG-5100 (viz obrázek 13). Vybrané specifikace přístroje:

- Rozsah 100 kg / 980 N / 220 lb
- Rozlišení 50 g / 0,2N / 0,05 lb
- Přesnost $\pm (0,5 \% + 2 \text{ dig})$
- 10 mm LCD displej
- Podržení špičkové hodnoty
- Rozměry 215 x 90 x 45 mm

[19]

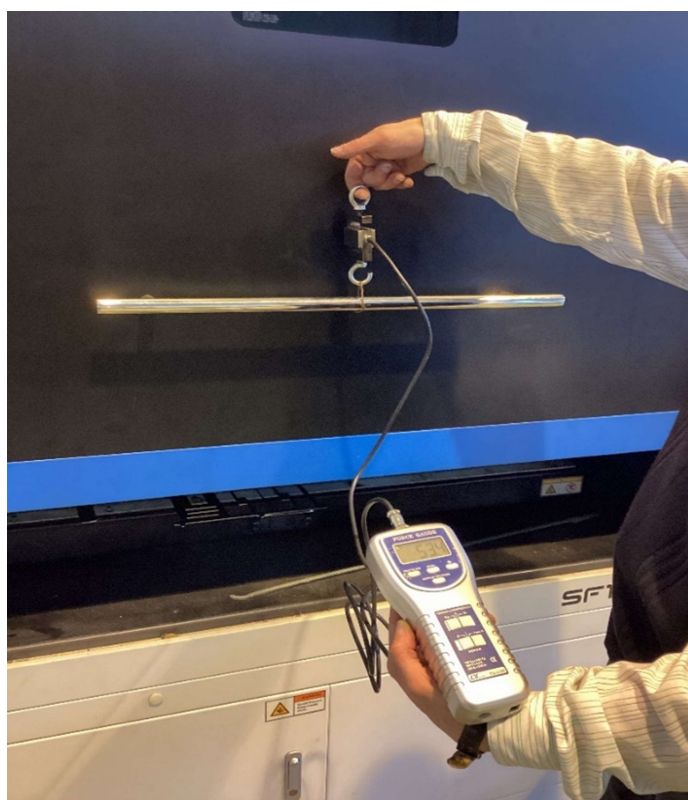


Obrázek 13: Siloměr Lutron FG-5100 [17]

2.2.3 Popis a způsob měření

Po zapnutí přístroje se na siloměru u tlačítka Tension and Compression nastaví naměřená hodnota na jednotku N. Pro změření maximální dosažené síly za celý interval se na přístroji u tlačítka Power nastaví funkce Peak H.

Měření při manipulaci s dveřmi se soustředí na použitou sílu při tahu a tlaku (otevírání a zavírání dveří). U otevírání dveří se koncové čidlo siloměru zahákne za rukojeť dveří a pomocí tahu se měří nejvyšší použitá síla. U zavírání se siloměr opírá o rukojeť dveří a při použití tlaku je měřena nejvyšší použitá síla pro zavření dveří stroje. Měření probíhalo pro každý pohyb dvakrát, abychom předešli nežádoucím chybám. Průběh a popis měření u vybraných dvou strojů můžeme vidět na obrázku 14-17.



Obrázek 14: Měření tažné síly [17]

Na obrázku č. 14 lze vidět, jak probíhá měření tažné síly u laserové řezačky SENFENG SF1313G. Na rukojeť dveří byl navlečen malý drátek a za ten byl zaháknut siloměr. Poté se na druhý konec přiložila ruka a pomocí vlastní síly jsme otevřeli dveře u stroje. Siloměr nám naměřil maximální použitou sílu, kterou jsme potřebovali k otevření dveří stroje.

Na obrázku 15 probíhalo měření zavírání dveří laserové řezačky SENFENG SF1313G pomocí tlaku. Za rukojeť dveří se opřela jedna strana siloměru a na druhé straně byl vyvíjen tlak vlastní silou, dokud se nezavřely dveře stroje. Na obrázku si lze povšimnout i výsledné naměřené síly, která odpovídala 18 N. Znaménko minus označuje směr vynakládané síly. V tomto případě tlak na rukojeť.



Obrázek 15: Měření tlačné síly + naměřená hodnota [17]

Obrázek 16 ukazuje, jak probíhalo měření otevírání dveří u obráběcího centra DMU 40 eVO linear pomocí tlaku. Za rukojeť dveří se opřela jedna strana siloměru a na druhé straně byl vyvíjen tlak vlastní silou, dokud se neotevřely dveře stroje. Na obrázku si lze povšimnout i výsledné naměřené síly, která odpovídala 15,8 N. Znaménko minus je tam kvůli tomu, že se na siloměr tlačilo.



Obrázek 16: Měření tlačné síly + naměřená hodnota [17]

Na obrázku č. 17 je vidět, jak probíhalo měření tažné síly (nutné pro zavření dveří) u obráběcího centra DMU 40 eVO linear. Na rukojeť dveří byl navlečen malý drátek a za ten byl zavěšen siloměr. Poté se na druhý konec siloměru přiložila ruka a pomocí vlastní síly jsme zavřeli dveře u stroje. Siloměr nám naměřil maximální použitou sílu, kterou jsme potřebovali k uzavření dveří stroje. V tomto konkrétním případě bylo naměřeno 14,6 N.



Obrázek 17: Měření tažné síly + naměřená hodnota
[17]

2.3 Určení F_{max} a $\%F_{max}$

Hodnota maximální síly byla naměřena pomocí výše zmíněného siloměru Lutron FG-5100. Siloměr byl zaháknut za pevný předmět/povrch. Měření bylo prováděno dvakrát, a to na obě ruce. Pracovník se snažil vyvinout co největší sílu. Síla byla držena alespoň 2-3 s. Pomocí tohoto měření je možné určit maximální hodnotu sledované svalové skupiny extenzorů a flexorů, a to pomůže určit referenční hodnotu pro výpočet procenta vynakládaných sil při práci.

$\%F_{max}$ = poměr mezi vynaloženou silou a maximální silou příslušné svalové skupiny. Na výpočet $\%F_{max}$ lze tedy, například u měření potřebné síly k zavření dveří u stroje, použít vzorec. Tento vztah je:

$$\%F_{max} = \frac{\text{síla potřebná k zavření dveří stroje}}{\text{síla, kterou dokáže vyvinout obsluha}}$$

2.3.1 Posouzení výsledků měření základními metodami

Zjišťujeme, zda:

a) se jedná o práci, kde převažuje statická nebo dynamická složka zátěže

- Práce, kde převažuje statická složka zátěže – nachází se zde úkony, při kterých svaly ruky a předloktí setrvávají v izometrické kontrakci po dobu delší než 3 sekundy (takové úkony se musí vyskytovat ve směně déle než polovinu pracovní doby)
- Práce, kde převažuje dynamická složka zátěže – ve směně nepřevažují úkony se statickou složkou zátěže [8]

b) během směny nedojde k překročení limitních hodnot vynakládaných velkých svalových sil

- limitní hodnoty pro dynamickou práci – nad 55 % F_{max} (mohou být v osmihodinové směně 600krát za směnu), síly nad 70 % F_{max} (nadlimitní svalové síly) se jako pravidelná součást výkonu práce nesmí vyskytnout
- limitní hodnoty pro statickou práci – svalové síly nad 45 % F_{max} (nadlimitní svalové síly) se jako pravidelná součást výkonu práce nesmí vyskytnout [8]

c) hodnota celosměnového časově váženého průměru vynakládaných svalových sil nepřesáhne limitní hodnoty

- u práce, kde převažuje dynamická složka, nesmí celosměnový časově vážený průměr vynakládaných svalových sil překročit hodnotu 30 % F_{max}
- u práce, kde převažuje statická složka, nesmí celosměnový časově vážený průměr vynakládaných svalových sil překročit hodnotu 10 % F_{max} [8]

Na základě uvedených vztahů bylo nutné změřit maximální sílu, kterou dokáže obsluha v daném okamžiku vyvinout. Na obrázcích 18-23 je demonstrováno měření v různých pozicích ruky, tak, jak je zapotřebí při obsluze stroje.



Obrázek 18: Měření maximální tlačné síly pokrčenou rukou [17]



Obrázek 19: Měření maximální tlačné síly nataženou rukou [17]



Obrázek 20: Měření maximální tažné síly nataženou rukou [17]



Obrázek 21: Měření maximální tažné síly pokrčenou rukou [17]



Obrázek 22: Měření maximální tažné síly směrem nahoru [17]



Obrázek 23: Měření maximální tažné síly směrem dolů [17]

3 Experimentální měření

V této kapitole budou v tabulkách uvedeny veškeré výsledky měření společně s výpočty %F_{max} pro zavírání a otevírání dveří u obou strojů. Dále zde budou popsány pozice obsluhy stroje při měření těchto hodnot.

3.1 Potřebné síly pro otevření a zavření dveří stroje

Jedná se o síly, které musí obsluha vynaložit při manipulaci s dveřmi stroje. Konkrétně se jedná o síly při otevírání a zavírání pracovního prostoru stroje, tedy o síly tažné a tlačné.

3.1.1 Výsledky sil, které jsou potřebné pro otevření a zavření pracovního prostoru obráběcího centra

Tabulka 2: Hodnoty sil, které jsou zapotřebí k otevření a zavření dveří obráběcího centra

Druh činnosti	1. naměřená potřebná síla [N]	2. naměřená potřebná síla [N]
Zavírání dveří tahem	14,6	14,4
Otevírání dveří tlakem	15,8	15,6

3.1.2 Výsledky sil, které jsou potřebné pro otevření a zavření pracovního prostoru laserové řezačky

Tabulka 3: Hodnoty sil, které jsou zapotřebí k otevření a zavření dveří laserové řezačky

Druh činnosti	1. naměřená potřebná síla [N]	2. naměřená potřebná síla [N]
Otevírání dveří tahem	53,4	52,8
Zavírání dveří tlakem	17,7	18

3.2 Změřené maximální síly obsluhy strojů

Jde o síly, které je schopna vyvinout obsluha při maximálním tlaku /tahu.

3.2.1 Měření maximálních tažných sil pro obráběcí centrum

Tabulka 4: Maximální dosažitelné tažné síly obsluhou stroje u obráběcího centra

Poloha ruky při měření maximální tažné síly	1. naměřená maximální síla [N]	2. naměřená maximální síla [N]
Pokrčená ruka	95	95,2
Natažená ruka	75,8	75,4

3.2.2 Měření maximálních tlačných sil pro obráběcí centrum

Tabulka 5: Maximální dosažitelné tlačné síly obsluhou stroje u obráběcího centra

Poloha ruky při měření maximální síly tlakem	1. naměřená maximální síla [N]	2. naměřená maximální síla [N]
Pokrčená ruka	95,6	95,4
Natažená ruka	63,9	64,2

3.2.3 Měření maximálních sil pro laserovou řezačku

Tabulka 6: Maximální dosažitelné síly obsluhy u laserové řezačky

Směr maximální síly	1. naměřená maximální síla [N]	2. naměřená maximální síla [N]
Maximální síla směrem dolů (zavření dveří)	148,9	149,6
Maximální síla směrem nahoru (otevření dveří)	163,8	163

3.3 Výpočet %Fmax

Při výpočtu %Fmax u obráběcího centra se vybrala největší hodnota síly, která je potřebná pro otevření/zavření dveří stroje a maximální síla, kterou dosáhla obsluha stroje tahem nebo tlakem, ať už s nataženou nebo se skrčenou rukou.

3.3.1 %Fmax u obráběcího centra (tah) – zavření dveří

$$\%F_{max} = \frac{14,6}{95,2} = 0,15$$

3.3.2 %Fmax u obráběcího centra (tlak) – otevření dveří

$$\%F_{max} = \frac{15,8}{95,6} = 0,17$$

U výpočtu %Fmax u laserové řezačky se vybrala také největší hodnota síly, která je potřebná pro otevření/zavření dveří stroje a maximální síla, která byla dosažena tahem směrem nahoru nebo dolů.

3.3.3 %Fmax u laserové řezačky – zavření dveří

$$\%F_{max} = \frac{18}{149,6} = 0,12$$

3.3.4 %Fmax u laserové řezačky – otevření dveří

$$\%F_{max} = \frac{53,4}{163,8} = 0,33$$

3.4 Popis pracovních pozic obsluhy strojů

V této podkapitole se soustředíme na popis pracovních pozic u laserové řezačky, protože u tohoto pracoviště je obsluha stroje viditelně v nepřírozených pozicích (viz obr. 9,10 a 12). Na zmíněné obrázky se nyní budeme odvolávat.

Na obrázku č. 9 obsluha laserové řezačky vysouvá desku. Na fotce si můžeme všimnout, že obsluha stroje je v nepřírozené pozici. Obsluha se musí naklonit do stroje, aby dosáhla na desku a mohla ji vytáhnout ven. Zde se jedná o nepřírozenou polohu zad. Obsluha je nakloněna ke stroji zhruba v úhlu 60° a má také při tomto úkonu zcela napnutou ruku. Tento úkon probíhá při běžné pracovní době zhruba každých 5 minut.

Obrázek č. 10 znázorňuje koncovou polohu obsluhy stroje při vytahování desky u laserové řezačky. Zde klademe důraz na polohu hlavy, která je v nepřírozené poloze. Tento úkon se, stejně jako na obrázku č. 9, opakuje při běžné pracovní směně každých 5 minut.

Na obrázku č. 12 můžeme vidět koncovou polohu obsluhy laserové řezačky při otevírání dveří. Tento úkon probíhá během běžné pracovní doby velice pravidelně. Dveře stroje se otevírají téměř každé 3 minuty. Zde soustředíme svou pozornost na to, že obsluha má napnutou paži nad úroveň ramen.

Při každém z těchto úkonů jsou zapojeny hlavně pohyby horních končetin, zad a krku.

3.4.1 Vybrání vhodné metody pro následné hodnocení práce u laserové řezačky

Práci u laserové řezačky nám pomůže vyhodnotit metoda ART Tool. Ta se používá, pokud se při práci vyskytují pohyby horních končetin, které se opakují. Tato metoda se vhodně používá pro úkony, které:

- zahrnují činnost horních končetin
- se často opakují (například každou minutu)
- se vyskytují alespoň 1-2 hodiny za den či směnu [20]

Metoda ART Tool se skládá z:

- Průvodce hodnocení
- Vývojového diagramu
- Popisu činností pomocí formuláře a skóre listu [20]

4 Vyhodnocení

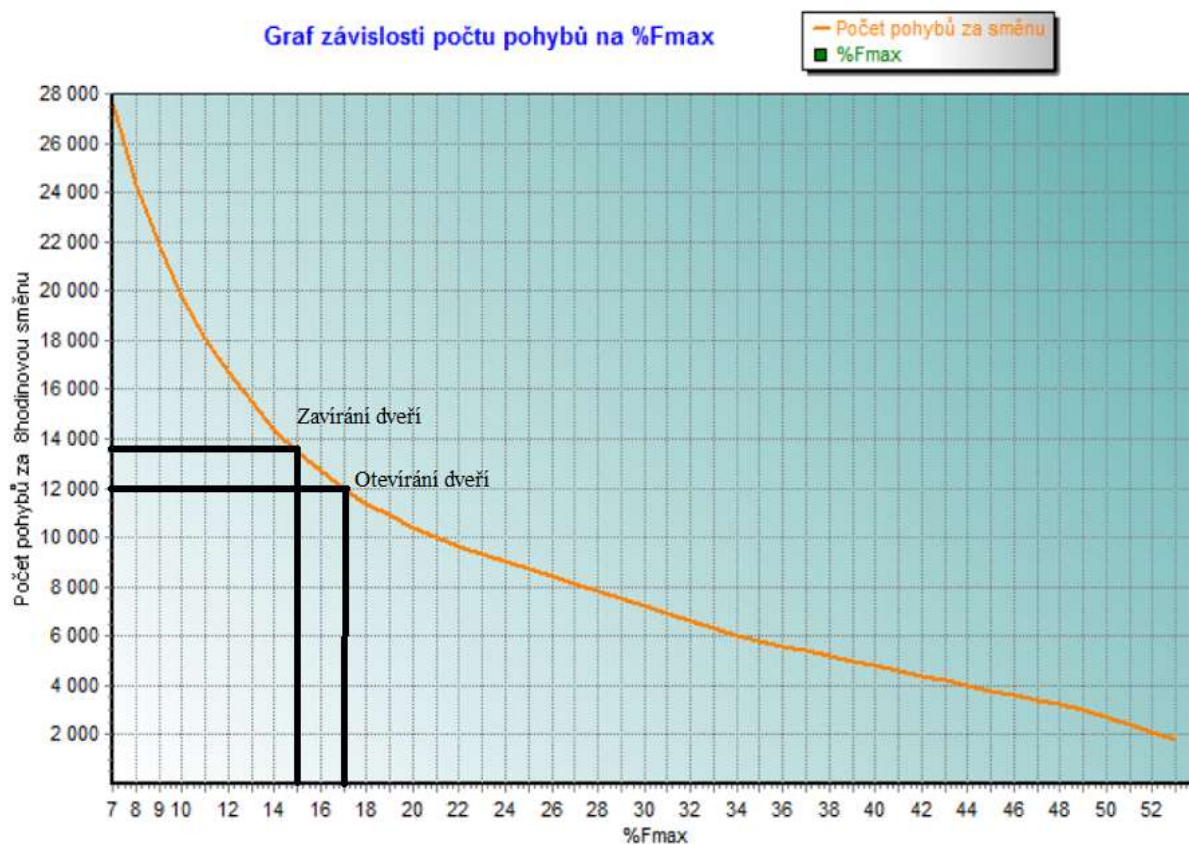
Předposlední kapitola se věnuje metodám, které pomohou vyhodnotit měření. Vyhodnocení sil bude probíhat za pomoci limitů F_{max} a grafu, kde je $\%F_{max}$ závislé na počtu pohybů za směnu. Vyhodnocení pozice obsluhy při manipulaci s dveřmi stroje bude probíhat pomocí metody ART Tool.

4.1 Vyhodnocení potřebných sil při manipulaci s dveřmi

Při výpočtech $\%F_{max}$ se pomocí grafu určí, kolik pohybů ruky a předloktí může obsluha stroje vykonat za osmihodinovou směnu. Pomocí přípustných limitů $\%F_{max}$ z tabulky 1, se určí, zda je dané pohyby splňují. Limity počtu pohybů ruky a předloktí jsou dány NV 361/2007 Sb. a v tomto nařízení je uvedena tabulka, kde jsou přesně specifikovány tyto limity (viz příloha 4).

4.1.1 Vyhodnocení $\%F_{max}$ u obráběcího centra

Při zavírání dveří vyšlo $\%F_{max}$ 15, a tudíž svalstvo, které je namáháno při daném pohybu může za směnu vykonat zhruba 13800 pohybů. U otevírání dveří mohou svaly, které jsou při tomto pohybu namáhány, za směnu vykonat 12000 pohybů (viz obr. 24). Jelikož se jedná o statickou svalovou zátěž, tak je přípustný limit $\%F_{max}$ menší než 45. Oba pohyby tedy splňují limity pro $\%F_{max}$.



Obrázek 24: Graf pro s hodnotami $\%F_{max}$ u obráběcího centra

4.1.2 Vyhodnocení %Fmax u laserové řezačky

Při zavírání dveří vyšlo %Fmax výhodněji než u prvního stroje. Bylo to konkrétně 12, a tak mohou dané svaly, které jsou namáhané u zavírání dveří, za směnu vykonat téměř 16800 pohybů. Otevírání dveří u tohoto stroje bylo náročnější, a to se také projevilo na výsledku. Svaly, které jsou při tomto pohybu namáhány, mohou za směnu vykonat pouze okolo 6200 pohybů (viz obr. 25). Zde se také jedná o statickou svalovou zátěž, tak je přípustný limit %Fmax menší než 45. Oba pohyby také splňují limity pro %Fmax.



Obrázek 25: Graf s hodnotami %Fmax u laserové řezačky

4.2 Vyhodnocení pomocí metody ART Tool

Vyhodnocení pomocí této metody probíhalo pouze u pracoviště s laserovou řezačkou, jelikož u něj je obsluha častěji v nepřirozené pracovní pozici než obsluha u pracoviště s obráběcím centrem.

4.2.1 Průvodce hodnocení

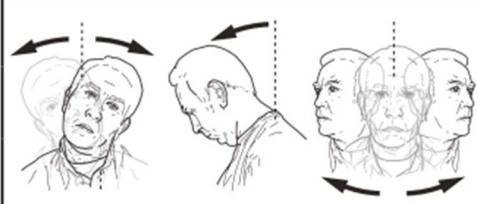
Průvodce hodnocení poskytuje informace o rizikovém faktoru, který posuzujeme, a zároveň kritéria jeho hodnocení.

Obrázky 26-28 ukazují posuzované faktory a výběr možností i s jeho očíslováním a barevným označením. Jednotlivá kritéria hodnocení rizika jsou označena barevně podle míry rizika. Zelená znamená nízkou míru rizika, žlutá střední míru rizika a červená vysokou míru rizika.

C1 Head/neck posture

The neck is considered to be bent or twisted if an obvious angle between the neck and back can be observed as a result of performing the task.

The head or neck is:


	In an almost neutral posture	0
	Bent or twisted part of the time (eg 15–30%)	1
	Bent or twisted more than half of the time (more than 50%)	2

Obrázek 26: Ukázka návodu k hodnocení polohy hlavy a krku + kritéria hodnocení [20]

C2 Back posture

The back posture is considered awkward if more than 20° of twisting or bending is observed.

The back is:


	In an almost neutral posture	0
	Bent forward, sideways or twisted part of the time	1
	Bent forward, sideways or twisted for more than half of the time	2

Obrázek 27: Ukázka návodu k hodnocení polohy zad a kritéria hodnocení [20]

C3 Arm posture

The arm is considered to adopt an awkward posture if the elbow is raised to around chest height and the arm is unsupported (eg not resting on a workbench).

The elbow is:

	L	R	
	Kept close to the body or supported	0	0
	Raised away from the body part of the time	2	2
	Raised away from the body more than half of the time	4	4

Obrázek 28: Ukázka návodu k hodnocení polohy ramen a kritéria hodnocení [20]

4.2.2 Vývojový diagram

Pro úspěšné provedení metody ART Tool je nutné postupovat krok za krokem pomocí tohoto diagramu. Jedná se o přehled procesu hodnocení (viz příloha 1). Při této metodě se u posuzování pozice a práce ruky vždy posuzuje levá a pravá ruka zvlášť. Postupuje se podle diagramu: Nejprve se posoudí stupeň A, který zahrnuje frekvenci/opakování. Poté se posuzuje stupeň B, který obsahuje sílu. Další v pořadí je stupeň C. Ten se soustřeďuje na 5 nepřirozených poloh (hlavy/krku, zad, paží, zápěstí, sevření prstů). Poslední je stupeň D. Ten se soustředí na další faktory (D3 ve vývojovém diagramu zahrnuje ostatní faktory – například: používání ruky jako nástroje, vibrace, chlad, nedostatečné osvětlení, ...). V D4 se po výběru získá násobitel, kterým se vynásobí průběžné skóre ze všech předchozích stupňů a tím se získá výsledné skóre.

4.2.3 Popis činností (formulář) a skóre list

Nejprve do formuláře (vzor viz příloha 2) zapíšeme informace o činnosti, kterou budeme posuzovat, dále druh používaného nářadí, zda proběhly nějaké přestávky atd. Do skóre listu (vzor viz příloha 3) se následně přiřadí barvy a body jednotlivým posuzovaným rizikovým faktorům, a to zvlášť pro levou a pravou horní končetinu. Ve spodní části skóre listu se pak vypočítá výsledné skóre pomocí tohoto vzorce:

$$A1 + A2 + B + C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + D1 + D2 + D3 = \text{průběžné skóre} \cdot D4 \\ = \text{výsledné skóre}$$

Podle výsledného skóre se zjišťuje, jak naléhavě je nutno vyšetřit danou činnost operátora.

Tabulka 7: Tabulka pro zjištění výsledné úrovně po použití metody ART Tool [20]

Výsledné skóre	Výsledná úroveň naléhavosti dalšího šetření dané činnosti	
0-11	Nízká	Posuzovat jednotlivé okolnosti
12-21	Střední	Vyžaduje další šetření
22 a více	Vysoká	Nutně vyžaduje další šetření

Vyjde-li nízká úroveň, tak stačí věnovat pozornost červeně nebo žlutě označeným řádkům ve skóre listu. Pokud vyjde střední úroveň, tak je vyžadováno další šetření (použití jiných metod). Vysoká úroveň vyžaduje nutnost dalšího šetření.

Pro pracoviště s laserovou řezačkou můžeme vidět vyplněný formulář a skóre list na obrázcích 29 a 30. Ve skóre listu mají největší bodové ohodnocení faktory C3 (pozice paží) a D1 (délka činnosti bez přestávky). Bodování proběhlo pomocí vývojového diagramu ART Tool (viz příloha 1). Při aktivitách, které jsou šetřeny a uvedeny ve formuláři (obr. 29), jsou paže více než 50 % času oddáleny od těla, a proto je tento faktor ohodnocen 4 body. Faktor D1 je délka činnosti bez přestávky. Ve formuláři si lze povšimnout, že tato doba je 2 hodiny a 30 minut, což je podle diagramu bodově ohodnoceno také 4 body.

Formulář pro popis úlohy

Jméno hodnotitele: Michael Fejsák

Datum: 1.5.2023

Název firmy: ZČU RTI

Název činnosti: Obsluha stroje

Popis činnosti:

Otevření dveří stroje, vysunutí desky, zasunutí desky, zavření dveří stroje

Jaká je hmotnost položek, se kterými se pracuje?

Méně než 2 kg.

Která horní končetina je více využívána? ~~Levá~~ ~~Pravá~~ Obě

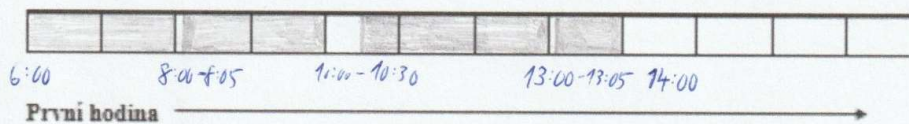
Jaké ruční nářadí je používáno?

Žádné

Tempo výroby (pokud je k dispozici): — jednotek/směnu, hodinu nebo minutu

Jak často je činnost opakována? Každých 180 sekund

Zobrazení přestávek ve směně:



Jak dlouho pracovník vykonává činnost

- bez přestávký 2 hodiny 30 minut
- v typickém dni nebo směně (nepočítat přestávký) 7 hodin 20 minut

Jak často vykonává úkol: (např. denně, týdně,...) Denně

Jak často je úkol prováděn v rámci organizace? (např. denně,...) Denně

Rotuje pracovník v rámci jiných úkolů? ~~ANO~~ NE

Pokud rotuje, jaké úkoly to jsou?:

Obrázek 29: Formulář pro metodu ART Tool na pracovišti s laserovou řezačkou

Skóre list

Do tabulky níže zadejte barevný pás a číselné skóre pro každý rizikový faktor.

Rizikový faktor	Levá horní končetina		Pravá horní končetina	
	Barva	Skóre	Barva	Skóre
A1 Pohyby paží	žlutá	3	žlutá	3
A2 Opakování	zelená	0	zelená	0
B Síla	žlutá	3	žlutá	3
C1 Pozice hlavy/krku	žlutá	1	žlutá	1
C2 Pozice zad	žlutá	1	žlutá	1
C3 Pozice paží	ružová	4	ružová	4
C4 Zápěstí	zelená	0	zelená	0
C5 Sevření prstů	zelená	0	zelená	0
D1 Délka činnosti bez přestávky	žlutá	4	žlutá	4
D2 Pracovní tempo	zelená	0	zelená	0
D3 Ostatní faktory	zelená	0	zelená	0
Průběžné skóre		16		16
D4 Násobitel		X 1		X 1
Výsledné skóre		16		16
D5 Psychosociální faktory				

Obrázek 30: Skóre list pro pracoviště s laserovou řezačkou

Výsledky aplikace metody ART Tool, která je prioritně zaměřena na hodnocení ergonomického rizika, vyplývajícího z nesprávné pozice těla při práci, potvrzují předpoklad, že práce na tomto pracovišti, v určitém časovém úseku a při častém opakování, představuje jistou míru rizika. V tomto konkrétním případě jsou to pozice operátora, kdy jsou namáhány obě ruce. S ohledem na čas, který stráví obsluha touto prací, je zřejmé, že při dlouhé a opakované činnosti může úroveň zdravotního rizika pro zaměstnance představovat závažný problém. V konkrétním případě, který byl součástí našeho experimentu, bylo celkové bodové skóre vyhodnoceno číslem 16, což je střední míra. V praxi to znamená, že by bylo vhodné se na práci obsluhy laserové řezačky zaměřit a pokusit se navrhnout reálná opatření pro snížení rizikovitosti práce na tomto pracovišti.

5 Závěr

Dlouhodobá zátěž je dlouhodobé nadměrné a jednostranné zatěžování malých svalových skupin horních končetin při výkonu práce. V důsledku zmíněného přetížení rukou spojených s prací může u pracovníků dojít ke vzniku různých zdravotních obtíží, které se v důsledku opakování (a s ohledem na věk) mohou rozvinout jako nemoc z povolání. Výskyt profesních onemocnění je významným ukazatelem zdravotního stavu populace a úrovně pracovních podmínek. Pro správnou objektivizaci pracovních podmínek ve vztahu k lokální svalové zátěži je důležité zjištění a posouzení vynakládané svalové síly (v %Fmax), počty pohybů rukou, předloktí, pracovní polohy a stanovení statické nebo dynamické složky práce při práci v průměrné osmihodinové směně. Hygienické limity jsou dány nařízením vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Odborné měření, posuzování a interpretaci výsledků měření v České republice provádějí autorizované laboratoře fyziologie práce a SZÚ. Měření se nejčastěji provádí metodou integrované elektromyografie.

Téma práce bylo vybráno s cílem zmapovat všechny relevantní činnosti týkající se práce obsluhy obráběcího centra a laserové řezačky v halové laboratoři RTI a na základě hodnocení fyzické zátěže posoudit rizikovost práce. Úvodní kapitoly práce byly zaměřeny na rešeršní výběr a vysvětlení odborných pojmů z oblasti ergonomie, fyziologie a hygieny práce. Současně byly uvedeny aktuální změny v přístupu hodnocení zdravotních rizik s ohledem na uznání nemoci z povolání. Tím je od ledna 2023 zařazení nemoci MSD do registrů nemocí z povolání uznávaných v ČR.

Původní plán měření fyzické zátěže u obráběcího centra DMG GILDEMEISTER CTX beta 1250 TC nemohl být realizován, přestože po konzultaci s vedoucím laboratoře bylo doporučeno pro experiment právě toto pracoviště. Velikost a tím i hmotnost obrobků s ohledem na velikost pracovního prostoru stroje, na výkon stroje a současně na rozmanitost výrobních technologií nabízí širší spektrum požadovaných činností obsluhy souvisejících s prací. Avšak na uvedeném obráběcím centru došlo k havárii a stroj byl dlouhou dobu mimo provoz. Z tohoto důvodu byly zvoleny náhradní varianty. Byla vybrána náhradní pracoviště, kde na základě rozmanitosti pracovních úkonů a s tím i pracovních pozic pracovníka při obsluze stroje, bylo možné posoudit rizikovost práce. Zmíněnými pracovišti byly: pracoviště obráběcího centra DMU 40 eVO linear a pracoviště laserové řezačky SENFENG SF1313G. Obě pracoviště jsou detailně popsána v kapitole 2.2.

Praktická část této bakalářské práce byla prezentací měření lokální svalové zátěže na dvou zmíněných pracovištích RTI. Protože nebylo možné měřit metodou elektromyografie, byla tato metoda nahrazena měřením pomocí siloměru Lutron FG-5100. Hodnoty, které byly naměřeny, byly relevantní s ohledem na velikost potřebných sil při obsluze zmíněných strojů. Podle metodiky NV 361/2007 Sb. byl použit vzorec pro výpočet % Fmax a pomocí grafu byly odvozeny limity počtu úkonů paží. Ve druhém případě, tj. při práci u laserové řezačky, bylo hodnocení doplněno ergonomickou metodou ART Tool. To proto, že podle snímků č. 9,10 a 12 je patrné, že obsluha stroje je, kromě nutnosti vykonávat potřebnou sílu při manipulaci s dveřmi, ještě v nepřírozené pozici těla. Z výsledku vyplývá, že doplněním ergonomické analýzy se zvýšilo skóre hodnocení rizika při práci u tohoto stroje.

Závěrem je možné konstatovat, že s ohledem na rozmanitost práce na obou uvedených pracovištích a s ohledem na počet sérií výroby, není obsluha u obou strojů ve zvýšeném riziku lokální a ani celkové svalové zátěže. Nejednalo se o větší silovou zátěž, kterou by bylo nutné odborně posoudit. Ale především ve druhém případě, tj. práce na pracovišti laserové řezačky, už bylo možné na první pohled vidět nejčastější ergonomický problém – práce v nevhodné pozici. Především při manipulaci s plechy musí obsluha pracovat po určitou dobu v předklonu a s rukama v rozpažení. S ohledem na velikost a hmotnost materiálu už tato práce představuje

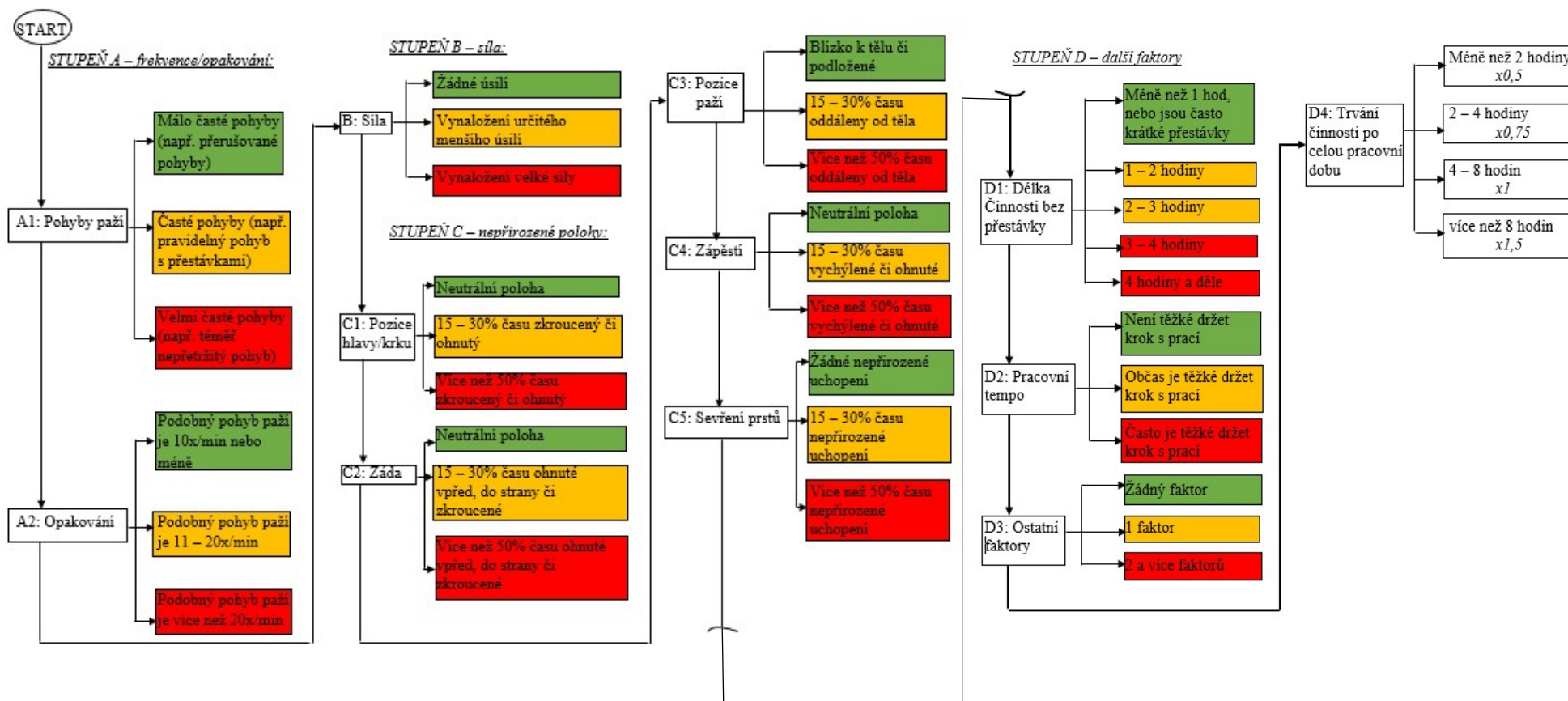
riziko a lze zde navrhnout určitá opatření. Jako nejjednodušší opatření je možné navrhnout střídání obsluhy na tomto pracovišti, také s ohledem na věk a na fyzickou zdatnost důsledněji rozvrhnout práci. Lze říci, že pro mladého člověka bez handicapu nebude tato práce náročná. Ovšem v určitém věku se namáhavost práce u tohoto stroje může projevit obtížemi. Například: bolest ramene, lokte, karpálu, ale i celé bederní části páteře. Doporučením je proto v budoucnu detailně zpracovat studii všech nezbytných činností všech pracovníků obsluhy strojů v rámci laboratoří RTI. Za předpokladu souhlasu a dodržení pravidel GDPR je vhodné nejprve pomocí dotazníku zjistit aktuální zdravotní stav zaměstnanců. Ve druhé fázi se poté zaměřit na pracoviště, kde sami zaměstnanci uznávají/určují namáhavost a složitost některých úkonů. V takovém případě provést opakované měření, které by vedlo k organizačním změnám a případně i k technickým zlepšením.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Členění nebezpečí a rizik BOZP a ergonomie – Znalostní systém prevence rizik v BOZP. *Úvod – Znalostní systém prevence rizik v BOZP* [online]. Copyright © 2016 [cit. 19.01.2023]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/cleneni-nebezpeci-a-rizik-bozp-a-ergonomie>
- [2] Rizikové faktory – Znalostní systém prevence rizik v BOZP. *Úvod – Znalostní systém prevence rizik v BOZP* [online]. Copyright © 2016 [cit. 19.01.2023]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/rizikove-faktory>
- [3] MAREK, Jakub; SKŘEHOT, Petr. *Základy aplikované ergonomie*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. 118 s. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [4] Fyzická zátěž. *Úvod* [online]. Copyright © 2016 [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/fyzicka-zatez>
- [5] MATOUŠEK, Oldřich. *Hodnocení psychické, fyzické a sensorické pracovní zátěže*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2005. 24 s. Bezpečný podnik. ISBN 80-86973-02-6.
- [6] Fyziologické faktory – Znalostní systém prevence rizik v BOZP. *Úvod – Znalostní systém prevence rizik v BOZP* [online]. Copyright © 2016 [cit. 19.01.2023]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/fyziologicke-faktory>
- [7] HANÁKOVÁ, Eva. *Práce a zdraví, rizikové faktory pracovního prostředí*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 108 s. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-07-4.
- [8] 2.2.2. Posuzování lokální svalové zátěže. *Posuzování lokální svalové zátěže* [online]. Copyright © [cit. 05.04.2023]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/222_posuzovn_lokln_svalov_zte.html
- [9] TUČEK, Milan, et al. *Hygiena a epidemiologie*. 1. vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2012. 358 s. ISBN 978-80-246-2025-1
- [10] ŠPLÍCHALOVÁ, Anna. Měření a hodnocení fyzické zátěže při práci. In: *bozpprofi.cz* [online]. 18.05.2020. [cit. 05.04.2023]. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/mereni-a-hodnoceni-fyzicke-zateze-pri-praci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4ElMrKgIu0xQ7UI_aLdi4S-FrJfTGJxQrnQ/
- [11] 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 21.01.2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [12] Zničená záda budou nemocí z povolání. Navíc s nárokem na odškodnění - *Deník.cz. Deník.cz - informace, které jsou vám nejbliž* [online]. Copyright © [cit. 22.01.2023]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/zdravi/bolest-zad-pracovni-uraz-odskodneni-20220105.html>
- [13] JURAČÁKOVÁ, Michaela. *iDnes.cz* [online]. 18.5.2018, [cit. 22.1.2023]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/nemoci-z-povolani-nemoci-hornich-koncetiv-plicni-a-kozni-nemoci.A180516_150958_domaci_jumi
- [14] Seznam nemocí z povolání se od ledna 2023 rozšiřuje o poškození páteře - *Vitalia.cz. Vitalia.cz - největší server o zdraví* [online]. Copyright © 1997 [cit. 22.01.2023]. Dostupné z: <https://www.vitalia.cz/clanky/tezke-poskozeni-bederni-patere-bude-nemoci-z-povolani-kriteria-pro-uznani-jsou-ale-prisna/>

- [15] Potíže s bederní páteří mohou nově vést až k uznání nemoci z povolání, SZÚ. SZÚ [online]. Copyright © 2007 [cit. 22.01.2023]. Dostupné z: <https://www.szu.cz/potize-s-bederni-pateri-mohou-nove-vest-az-k-uznani-nemoci-z>
- [16] Used DMG MORI DMU 40 eVo linear for sale – Werktuigen. *Werktuigen.com (w-equipment) - Online marketplace for used machines & tools* [online]. Copyright © 2000 [cit. 06.04.2023]. Dostupné z: <https://www.werktuigen.com/dmg+mori-dmu+40+evo+linear/wt-906-5579>
- [17] Vlastní fotografie v halové laboratoři RTI – autor: Michael Fejsák
- [18] SF1313G-Small fiber laser cutting machine | Senfeng USA. *Metal Fabrication Machines Supplier | Senfeng USA* [online]. Copyright © [cit. 08.04.2023]. Dostupné z: <https://www.senfenglaserusa.com/product/small-fiber-laser-cutting-machine/>
- [19] Měřič síly LUTRON FG-5100 - MICRONIX, spol. s r.o.. *E-shop MICRONIX* [online]. Copyright © [cit. 22.04.2023]. Dostupné z: <https://eshop.micronix.cz/merici-technika/neelektricke-veliciny/sila/lutron-fg-5100.html>
- [20] HSE – ART tool. *HSE: Information about health and safety at work* [online]. Copyright © [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg438.pdf>

Přílohy



Příloha 1: Vývojový diagram metody ART Tool [20]

Formulář pro popis úlohy

Jméno hodnotitele:

Datum:

Název firmy:

Název činnosti:

Popis činnosti:

Jaká je hmotnost položek, se kterými se pracuje?

Která horní končetina je více využívána?

Levá

Pravá

Obě

Jaké ruční nářadí je používáno?

Tempo výroby (pokud je k dispozici):

jednotek/směnu, hodinu nebo minutu

Jak často je činnost opakována? Každých

sekund

Zobrazení přestávek ve směně:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

První hodina



Jak dlouho pracovník vykonává činnost

- bez přestávky

hodin

- v typickém dni nebo směně (nepočítat přestávky)

hodin

Jak často vykonává úkol: (např. denně, týdně,...)

Jak často je úkol prováděn v rámci organizace? (např. denně,...)

Rotuje pracovník v rámci jiných úkolů? ANO

NE

Pokud rotuje, jaké úkoly to jsou?:

Příloha 2: Formulář pro popis úlohy – metoda ART Tool [20]

Skóre list

Do tabulky níže zadejte barevný pás a číselné skóre pro každý rizikový faktor.

Rizikový faktor	Levá horní končetina		Pravá horní končetina	
	Barva	Skóre	Barva	Skóre
A1 Pohyby paží				
A2 Opakování				
B Síla				
C1 Pozice hlavy/krku				
C2 Pozice zad				
C3 Pozice paží				
C4 Zápěstí				
C5 Sevření prstů				
D1 Délka činnosti bez přestávky				
D2 Pracovní tempo				
D3 Ostatní faktory				
	Průběžné skóre			
	D4 Násobitel	X		X
	Výsledné skóre			
D5 Psychosociální faktory				

Příloha 3: Skóre list pro metodu ART Tool [20]

% Fmax	Průměrný počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu	Průměrný minutový počet pohybů za průměrnou osmihodinovou směnu
7	27600	58
8	24300	51
9	21800	44
10	19800	41
11	18100	37
12	16700	34
13	15500	32
14	14400	29
15	13500	29
16	12700	26
17	12000	25
18	11400	24
19	10900	23
20	10400	22
21	10000	21
22	9600	20
23	9300	19
24	9000	19
25	8700	18
26	8400	18
27	8100	17
28	7800	17
29	7500	16
30	7200	15
31	6900	15
32	6600	14
33	6300	14
34	6000	13
35	5800	12
36	5600	12
37	5400	11
38	5200	11
39	5000	10
40	4800	10
41	4600	10
42	4400	9
43	4200	9
44	4000	9
45	3800	8
46	3600	8
47	3400	7
48	3200	7
49	3000	7
50	2700	7
51	2400	7
52	2100	7
53	1800	7

Příloha 4: Tabulka průměrných hygienických limitů pro směnové a minutové počty pohybů ruky a předloktí za průměrnou osmihodinovou směnu [11]