

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Kód studijního programu:** N0715A270012  
**Název Studijního programu:** Průmyslové inženýrství a management

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
Hodnocení ergonomie pracoviště

**Autor:** Bc. Karolína HRČKOVÁ  
**Vedoucí práce:** Ing. Marek BUREŠ, Ph.D.

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Karolína HRČKOVÁ**  
Osobní číslo: **S20N0025P**  
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Hodnocení ergonomie pracoviště**  
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

## Zásady pro vypracování

1. Úvod do řešené problematiky
2. Charakteristika výrobního systému
3. Analýza současného stavu
4. Návrhy na zlepšení
5. Zhodnocení a přínosy návrhů
6. Závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**  
Rozsah grafických prací: **0**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: ČVUT, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
2. SHORROCK, Steven, WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World*. CRC Press, 2017. 456 s. ISBN 9781472439253.
3. SOARES, Marcelo, REBELO, Francisco. *Ergonomics in design: Methods and techniques*. CRC Press, 2019. 532 s. ISBN 9781498760706.
4. KROEMER Elbert Katrin, KROEMER, B. Henrike, KROEMER HOFFMAN, Anne. *Ergonomics-How to design for ease and efficiency*. 3<sup>rd</sup> edition. Elsevier Science Publishing, 2018. 756 s. ISBN 978-0-128-13296-8.
5. BUREŠ, Marek. *ŽIVDIG : Tvorba a optimalizace pracoviště*. e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**  
Regionální technologický institut

Konzultant diplomové práce: **Ing. Ilona Kačerová**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2023**

L.S.

---

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

---

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2022

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a vedení při vypracování. Dále bych také velmi ráda poděkovala své konzultantce Ing. Iloně Kačerové, Ph.D. za veškerou pomoc a ochotu, kterou mi v průběhu vypracování práce poskytla. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat společnosti KION u Stříbra, která mi poskytla prostor pro realizaci, a především své rodině za podporu a trpělivost.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Hrčková	Jméno Karolína		
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. BUREŠ, Ph.D.	Jméno Marek		
<b>PRACOVISTĚ</b>	ZČU – FST – KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del>BAKALÁŘSKÁ</del>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Hodnocení ergonomie pracoviště			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	FST	<b>ROK ODEVZD.</b>	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	104	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	104	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Cílem této diplomové práce je ergonomická analýza čtyř montážních pracovišť pomocí hodnocení lokální svalové zátěže, hodnocení pracovních poloh a hodnocení ruční manipulace s břemeny. Po posouzení a hodnocení stávajícího stavu pracovišť byla navržena technická a organizační opatření pro zlepšení ergonomie a dále posouzena, zda jejich uplatnění má pozitivní přínos. V poslední fázi byla tato opatření ekonomicky zhodnocena.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>Ergonomie, analýza RULA, EMG, fyzická zátěž, montážní pracoviště, lokální svalové zátěž, pracovní poloha, kategorizace práce, hygienické limity</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Hrčková	Name Karolína	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	N0715A270012 Industrial engineering and management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. BUREŠ, Ph.D.	Name Marek	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU – FST – KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Workplace ergonomics evaluation		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	104	<b>TEXT PART</b>	104	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The aim of this diploma thesis is the ergonomic analysis of four assembly workplaces using the evaluation of local muscle load, the evaluation of working positions and the evaluation of manual handling of loads. After assessment and evaluation of the current state of workplaces, technical and organizational measures were proposed to improve ergonomics and further assessed whether their application has a positive benefit. In the last phase, these measures were economically evaluated.
<b>KEY WORDS</b>	Ergonomics, RULA analysis, EMG, physical load, assembly workplace, local muscle load, work position, work categorization, hygiene limits

## Obsah

Úvod .....	13
1. Ergonomie .....	15
1.1 Cíl ergonomie .....	15
1.2 Historie ergonomie až po její současný stav .....	16
1.3 Výzkum ergonomie .....	16
1.4 Základní oblasti ergonomie .....	17
1.5 Speciální oblasti ergonomie.....	17
2. Pracovní zátěž .....	19
2.1 Fyzická zátěž .....	19
2.2 Psychická zátěž.....	20
2.3 Následky pracovní zátěže .....	20
2.4 Nemoci z povolání.....	21
3. Zdravotní rizika a podmínky ochrany zdraví při práci.....	22
3.1 Zdravotní rizika při práci .....	22
3.2 Podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží.....	23
3.2.1 Celková fyzická zátěž .....	23
3.2.2 Lokální svalová zátěž.....	25
3.2.3 Hodnocení pracovní polohy .....	27
3.2.4 Ruční manipulace s břemeny .....	28
3.3 Kategorizace práce .....	29
4. Nástroje pro hodnocení ergonomie .....	31
4.1 Tecnomatix Jack .....	31
4.2 Motion Capture a virtuální realita .....	33
4.3 Elektromyografie .....	34
5. Úvod do praktické části.....	37
5.1 Představení společnosti.....	37
5.2 Popis vybraných pracovních pozic .....	37
6. Ergonomická analýza jednotlivých pracovních pozic.....	41
6.1 Analýza pracoviště CL09 .....	41
6.1.1 Hodnocení lokální svalové zátěže.....	41
6.1.2 Hodnocení pracovních poloh.....	45
6.1.3 Ruční manipulace s břemeny.....	54
6.2 Analýza pracoviště CL10 .....	55



6.2.1	Hodnocení lokální svalové zátěže.....	55
6.2.2	Hodnocení pracovních poloh.....	59
6.2.3	Ruční manipulace s břemeny.....	67
6.3	Analýza pracoviště CL11 .....	68
6.3.1	Hodnocení lokální svalové zátěže.....	68
6.3.2	Hodnocení pracovních poloh.....	72
6.3.3	Ruční manipulace s břemeny.....	77
6.4	Analýza pracoviště CL12 .....	77
6.4.1	Hodnocení lokální svalové zátěže.....	77
6.4.2	Hodnocení pracovních poloh.....	80
6.4.3	Ruční manipulace s břemeny.....	87
7.	Návrhy nápravných opatření .....	88
7.1	Organizační opatření.....	88
7.2	Technické opatření .....	89
8.	Ergonomická analýza po aplikaci navržených opatření.....	92
8.1	Vyhodnocení pracovní polohy č. 1 po úpravě pracoviště .....	93
8.2	Vyhodnocení pracovní polohy č. 2 po úpravě pracoviště .....	94
8.3	Vyhodnocení pracovní polohy č. 3 po úpravě pracoviště .....	96
9.	Ekonomické zhodnocení navržených opatření.....	98
	Závěr.....	100
	Bibliografie.....	101

## Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Systém člověk – stroj – prostředí [4] .....	15
Obrázek 2-1: Výkonnost člověka v průběhu dne [7] .....	19
Obrázek 3-1: Hygienické limity pro pracovní polohy sklonu hlavy [16] .....	27
Obrázek 3-2: Hygienické limity pro pracovní polohy trupu [16] .....	27
Obrázek 3-3: Hygienické limity pracovní polohy horních a dolních končetin [16] .....	28
Obrázek 3-4: Zvedání a nošení břemen [20] .....	28
Obrázek 4-1: Ukázka analýzy v softwaru Tecnomatix Jack [27] .....	32
Obrázek 4-2: Využití Motion Capture v ergonomii [29] .....	33
Obrázek 4-3: Povrchová elektromyografie [35] .....	34
Obrázek 4-4: Jehlové elektromyografie [36] .....	35
Obrázek 4-5: Ukázka EMG signálu [38] .....	35
Obrázek 4-6: Přístroj Holter pro měření EMG [37] .....	36
Obrázek 5-1: KION Group [40] .....	37
Obrázek 5-2: Montážní pracoviště CL09 [autor] .....	38
Obrázek 5-3: Montážní pracoviště CL10 [autor] .....	39
Obrázek 5-4: Montážní pracoviště CL11 [autor] .....	39
Obrázek 5-5: Montážní pracoviště CL12 [autor] .....	40
Obrázek 6-1: Naměřené hodnoty Fmax – CL09 [autor] .....	42
Obrázek 6-2: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL09 [autor] .....	43
Obrázek 6-3: Analýza nadlimitních svalových sil – CL09 [autor] .....	44
Obrázek 6-4: Model pracoviště [autor] .....	46
Obrázek 6-5: CL09 – Poloha č. 1 – Výběr komponent ze zásobníků [autor] .....	47
Obrázek 6-6: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	48
Obrázek 6-7: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	49
Obrázek 6-8: CL09 – Poloha č. 2 – Uchopení výrobku z regálu [autor] .....	50
Obrázek 6-9: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	50
Obrázek 6-10: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	51
Obrázek 6-11: CL09 – Poloha č. 3 - Utažení šroubků šroubovákem s T rukojetí [autor] .....	52
Obrázek 6-12: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	53
Obrázek 6-13: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	54

Obrázek 6-14: Naměřené hodnoty $F_{max}$ – CL10 [autor] .....	56
Obrázek 6-15: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL10 [autor] .....	57
Obrázek 6-16: Analýza nadlimitních svalových sil – CL10 [autor] .....	57
Obrázek 6-17: CL10 – Poloha č. 1 – Nastavení údajů do tabletu [autor] .....	60
Obrázek 6-18: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	60
Obrázek 6-19: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	61
Obrázek 6-20: CL10 – Poloha č. 2 – Lisování ložisek [autor].....	62
Obrázek 6-21: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	63
Obrázek 6-22: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	64
Obrázek 6-23: CL10 – Poloha č. 3 – Výběr komponent ze zásobníku [autor] .....	65
Obrázek 6-24: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	66
Obrázek 6-25: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	67
Obrázek 6-26: Naměřené hodnoty $F_{max}$ – CL11 [autor] .....	69
Obrázek 6-27: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL11 [autor] .....	70
Obrázek 6-28: Analýza nadlimitních svalových sil – CL12 [autor] .....	71
Obrázek 6-29: CL11 – Poloha č. 1 – Utažení šroubku pomocí klíče a ráčny [autor] .....	72
Obrázek 6-30: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	73
Obrázek 6-31: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	74
Obrázek 6-32: CL11 – Poloha č. 2 – Výběr komponent z nejnižší police regálu [autor] .....	75
Obrázek 6-33: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	75
Obrázek 6-34: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	76
Obrázek 6-35: Naměřené hodnoty $F_{max}$ – CL12 [autor] .....	78
Obrázek 6-36: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL12 [autor] .....	79
Obrázek 6-37: CL12 – Poloha č. 1 – Montáž horní částí dopravníku [autor].....	80
Obrázek 6-38: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	81
Obrázek 6-39: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	82
Obrázek 6-40: CL12 – Poloha č. 2 – Nýtování [autor] .....	83

Obrázek 6-41: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	83
Obrázek 6-42: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	84
Obrázek 6-43: CL12 – Poloha č. 3 – Utažení šroubů klíčem [autor].....	85
Obrázek 6-44: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor] .....	85
Obrázek 6-45: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor] .....	86
Obrázek 7-1: Kritické procesy s nadlimitními svalovými silami [autor].....	89
Obrázek 7-2: Kritická poloha při výběru ze zásobníku [autor].....	90
Obrázek 7-3: Kritická poloha při montáži [autor].....	90
Obrázek 7-4: Kritická poloha při utažení šroubů [autor] .....	91
Obrázek 7-5: Kritická poloha pro pracoviště CL09 [autor] .....	91
Obrázek 8-1: Model pracoviště po aplikaci změn [autor].....	92
Obrázek 8-2: 1. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti [autor] .....	93
Obrázek 8-3: Hodnocení 1. pracovní polohy před a po zavedení opatření – Nařízení vlády [autor] .....	94
Obrázek 8-4: 2. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti [autor] .....	95
Obrázek 8-5: Hodnocení 2. pracovní polohy před a po zavedení opatření – Nařízení vlády [autor] .....	95
Obrázek 8-6: 3. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti [autor] .....	96
Obrázek 8-7: Hodnocení 3. pracovní polohy před a po zavedení opatření – Nařízení vlády [autor] .....	97
Obrázek 9-1: Elektrická výškově nastavitelná podnož [46].....	98

## Seznam tabulek

Tabulka 3-1: Tabulka 3 1: Hygienické limity energetického výdaje při s celkovou fyzickou zátěží podle pohlaví [16] .....	24
Tabulka 3-2: Tabulka 3 2: Hygienické limity pro hodnoty srdeční frekvence [16].....	24
Tabulka 3-3: Hygienické limity Fmax pro přípustné celosměnové hodnoty [18] .....	25
Tabulka 3-4: Hygienické limity pro počty pohybů [16] .....	26
Tabulka 3-5: Hygienické limity pro ruční manipulaci s břemeny [16].....	29
Tabulka 3-6: Kategorizace prací podle Nařízení vlády [21].....	29
Tabulka 4-1: Vyhodnocení analýzy RULA [25].....	33
Tabulka 6-1: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL09 [autor] .....	41
Tabulka 6-2: Hygienické limity pro počty pohybů – CL09 [autor] .....	44
Tabulka 6-3: Charakteristika populace [autor].....	46
Tabulka 6-4: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL09 [autor].....	55
Tabulka 6-5: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL10 [autor] .....	55
Tabulka 6-6: Hygienické limity pro počty pohybů – CL10 [autor] .....	58
Tabulka 6-7: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL10 [autor].....	68
Tabulka 6-8: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL11 [autor] .....	69
Tabulka 6-9: Hygienické limity pro počty pohybů – CL11 [autor] .....	71
Tabulka 6-10: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL11 [autor].....	77
Tabulka 6-11: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL12 [autor] .....	77
Tabulka 6-12: Hygienické limity pro počty pohybů – CL12 [autor] .....	79
Tabulka 6-13: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL12 [autor].....	87
Tabulka 9-1: Náklady na zavedená opatření [autor] .....	99

## Úvod

Tato práce se věnuje ergonomickým analýzám na vybraných pracovištích pomocí hodnocení lokální svalové zátěže, pracovních poloh a ruční manipulace s břemeny. V dnešním průmyslovém světě se klade stále větší důraz na spokojené zaměstnance, kteří jsou jedním ze základních pilířů prosperujícího podniku. Pro podnik je sice velice důležité se vyvíjet směrem dopředu a zavádět tak všemožné automatizované a nejmodernější technologie, avšak pracovní síla člověka je v některých aspektech nenahraditelná, a proto v podnicích stále zůstává. Aby organizace prosperovala v souvislosti se spokojenými zaměstnanci, je potřeba neustále zlepšovat pracovní prostředí pracovníků, hledat tak různé rizikové faktory a provádět změny za účelem zkvalitnění práce, a tím zvyšovat efektivitu výrobního procesu a konkurenceschopnosti.

Jedním z faktorů, jak ovlivnit spokojenost zaměstnance, je jeho zdraví, a proto je kladen stále větší důraz na problematiku ergonomie pracovního prostředí. Dodržování hygienických limitů a předpisů na pracovištích je tak nedílnou součástí povinností, které musí zaměstnavatel řešit. Jejich případné nedodržování může vést k přetěžování pracovníka a ke snížení jejich výkonnosti. Pro eliminaci těchto rizik je potřeba poskytnout zaměstnancům vhodné ergonomicky propracované pracovní prostředí.

Teoretická část této práce se zabývá oblastí ergonomie, pracovní zátěží, zdravotními riziky a podmínkami ochrany zdraví při práci a nástroji pro hodnocení ergonomie. První část se zabývá oborem ergonomie, která definuje pojem ergonomie, její cíle, historii a v neposlední řadě rozděluje základní a speciální oblasti ergonomie. V následující části je definována fyzická a psychická zátěž, kde jsou popsány i jejich jednotlivé typy. Jsou zde i zmíněny následky, ke kterým může dojít při působení nadměrné psychické či fyzické zátěže, mezi které patří i nemoci z povolání, které jsou popsány v další podkapitole. Třetí kapitola se věnuje zdravotním rizikům, zde jsou definovány veškeré rizikové faktory, které negativně ovlivňují zdraví jedince při práci. Nedílnou součástí této kapitoly jsou podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží, které stanovuje nařízení vlády, a pojednává tak o hodnocení fyzické zátěže z hlediska celkové fyzické zátěže, lokální svalové zátěže, pracovních poloh a ruční manipulaci s břemeny. Určují se zde hygienické limity pro zhodnocení práce, podle kterých se pracovní činnosti zařazují do jednotlivých pracovních kategorií, o kterých pojednává další podkapitola. Čtvrtá kapitola je věnována nástrojům pro hodnocení ergonomie, kde jsou popsány možnosti hodnocení pracovních poloh (Tecnomatix Jack a Motion Capture) a lokální svalové zátěže (integrována elektromyografie).

Praktická část je rozdělena do několika kapitol. První kapitola je věnována úvodu do praktické části a představuje společnost, ve které je tato práce realizována. Dále jsou zde popsány jednotlivé pracovní pozice, na kterých bude hodnocení lokální svalové zátěže, hodnocení pracovních poloh a hodnocení ruční manipulace s břemeny aplikováno. Další kapitola je věnována analýze jednotlivých pracovních pozic. V jednotlivých podkapitolách se nachází vyhodnocení jednotlivých analýz pracovišť – CL09, CL10, CL11 a CL12. Pro každé pracoviště je zde vyhodnocení lokální svalové zátěže, pracovních poloh a ruční manipulace s břemeny. Po vyhodnocení jednotlivých analýz je potřeba v případě negativních výsledků navrhnout v rámci pracovní pozice nápravná opatření. Těmto návrhům nápravných opatření je věnována třetí kapitola, kde jsou zmíněny návrhy jak organizačních, tak i technických opatření. V předposlední kapitole jsou navržená opatření na pracovištích aplikována a je zde provedena opětovná analýza pro zjištění pozitivních výsledků. Poslední kapitolou jsou jednotlivá navržená opatření ekonomicky zhodnocena.

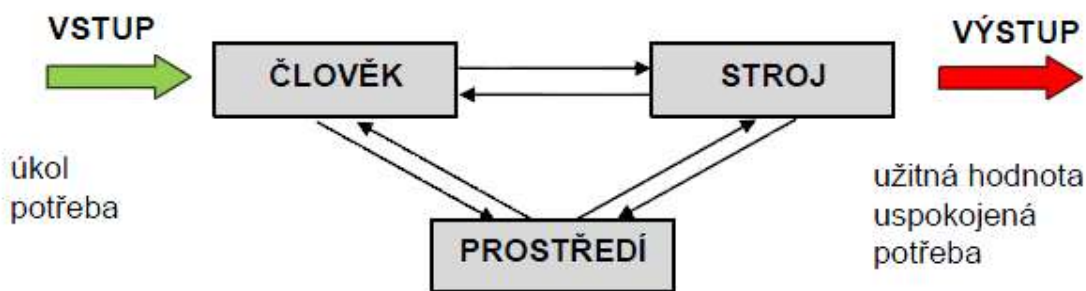
Cílem této práce je dosažení zmíněných pozitivních výsledků analýz, kdy je tak potvrzeno, že nápravná opatření, která byla navržena a aplikována, zlepší ergonomii pracovišť a dosáhne se tak zkvalitnění pracovního prostředí.

## 1. Ergonomie

Samotný název tohoto oboru je převzatý z anglického slova „ergonomics“, který vznikl při spojení řeckých slov „ergo“ jako práce a „nomos“ jakožto zákon. Tento obor se dá také nazvat jako biotechnologie, human engineering či human factors. Ergonomie bývá označovaná jako interdisciplinární obor, který vznikl především spojením aplikovaných věd, který se zabývá studiem pracovních systémů. Tento obor využívá poznatky z humanitních věd, kde se jedná zejména o psychologii, fyziologii a hygieny práce, antropometrie a biomechaniky a také využívá poznatky technických věd např. kybernetiky či normování práce apod. [1] [2]

Ergonomie je poměrně mladý obor, který se zabývá vztahem mezi člověkem, strojem a prostředím, ve kterém se člověk vyskytuje, a ve kterém používá určité nástroje. Zkoumá tedy pracovní systém (pracovní prostředí), ve kterém usiluje o optimalizaci lidské činnosti, kterou ovlivňuje mnoho faktorů např. tvar a hmotnost nástroje, velikost plochy pracovního prostředí či klimatické podmínky při práci. [3]

Na Obrázek 1-1 je zobrazeno propojení mezi člověkem, strojem a prostředím. Tento systém je potřeba chápat komplexně a jeho vnitřní vazby v souvislostech. V ergonomii je nedílnou součástí tzv. systémový přístup tohoto systému, jelikož je nutné při řešení ergonomických požadavků brát zřetel na propojenost všech dílčích vazeb systému. [2]



Obrázek 1-1: Systém člověk – stroj – prostředí [4]

### 1.1 Cíl ergonomie

Cílem ergonomie je nalezení rovnováhy mezi výkonovou kapacitou člověka (jedna strana) a požadavky pracovních úkolů a také podmínek, při kterých je práce vykonávána (strana druhá). Ergonomie v současné době usiluje o integrovaný přístup k řešení ochrany a zdraví člověka při práci a o vytvoření pracovního komfortu v rozsahu celého systému. Celý tzv. pracovní systém, do kterého patří veškeré faktory ovlivňující člověka při práci, mají vliv na výkonovou kapacitu člověka, jeho zdraví a bezpečnost, spokojenost a pracovní pohodu. Tím vším je ovlivněna i motivace, spolehlivost a samotná seberealizace člověka, a proto je potřeba neustálá optimalizace pracovního prostředí. Použitím ergonomie chceme dosáhnout efektivní výroby při podmínce pracovní pohody a minimálních rizik pracovníka. [1]

Ergonomie se nezabývá pouze činnostmi pracovního charakteru, ale zabývá se veškerými činnostmi člověka, při kterých člověk může pracovat i odpočívat. Cílem je zkvalitnění veškerých denních aktivit člověka. [3]

Cílem ergonomie je tedy [1]:

- racionalizace pracovních podmínek,
- zvyšování efektivity člověka jeho spolehlivosti,



- bezpochyby chránit zdraví člověka a předcházet vzniku rizik (odstranění či minimalizace nepříznivým vlivům),
- tzv. humanizace techniky,
- přicházet s novými návrhy pracovních předmětů, nástrojů a zařízení tak, aby svými funkčními vlastnostmi (tvar, hmotnost atd.) umožňovaly snazší manipulaci či využívání a odpovídaly tak požadavkům jejich uživatelů.

## 1.2 Historie ergonomie až po její současný stav

Ergonomie jako věda taková je relativně mladý obor, nicméně její kořeny sahají až do vzniku samotného člověka. V dřívější době se tomu jen neřikalo ergonomie, ale například přizpůsobení se obydlí či vytváření ručních nástrojů tak, aby odpovídaly lidskému tělu apod., je v podstatě nepojmenovaný obor dnes nazývaný ergonomie.

Až teprve v poslední době se začalo soustředit i na záporné jevy, které s sebou přinesl nesmírně rychlý rozvoj vědy a techniky. Na opačné straně veškerých kladů rozvoje se začala řešit negativa jako jsou hluk, vibrace, stres či nepříjemné pracovní polohy. Při průmyslové revoluci mezi 18.-19. stoletím se začaly vyrábět stroje bez jakéhokoli ohledu z hlediska ergonomie člověka. Tato doba je označovaná jako doba s přístupem mechanocentrickým, kdy nebereme ohled na potřeby pracovníků a jeho pracovní výkon se podřizuje výkonu strojního zařízení. V této době se vše přizpůsobovalo stroji.

O století později v roce 1949 vznikla anglická společnost Ergonomics Research Society, a právě od té doby je ergonomie brána oficiálně jako vědní obor. Dalším důležitým milníkem pro ergonomii je založení Mezinárodní ergonomické společnosti (International Ergonomics Association) zvanou IEA. Tato společnost dodnes sdružuje národní společnosti včetně té české.

Rokem 2003 vznikla Federace evropských ergonomických společností (FEES), kde se roku 2005 stala členem i Česká ergonomická společnost.

V současné době se již může mluvit o tzv. antropocentrickém přístupu, kde je upřednostňován člověk před strojem. Dnes se především myslí na to, že stroj má sloužit člověku a ne naopak, jak tomu bylo v dobách průmyslové revoluce. Proto je prioritou při výrobě či návrhu strojů a nástrojů myslet na to, že tyto nástroje a stroje chceme přizpůsobit co nejvíce lidským schopnostem. Výsledkem tohoto snažení je zvýšení pracovní pohody, zlepšení pracovní psychiky nebo snížení či úplné odstranění rizik pracovních úrazů a onemocnění. [3]

## 1.3 Výzkum ergonomie

Výzkum ergonomie je nedílnou součástí samotné vědy, jelikož je podstatné zkoumat pracovní činnosti i v rámci prevence rizik. Výsledky zjištěné průzkumem jsou dále použity pro vytvoření systémů různých ergonomických kritérií a parametrů pro hodnocení ergonomie a jsou zveřejněny v právních předpisech, jejichž cílem je ochrana a zdraví lidí při práci.

Oblast výzkumu se zabývá:

- Pracovní kapacitou člověka (výkonnostními determinanty) – např. tělesné rozměry, rozmezí síly člověka, kapacita sluchu a zraku, rozsahy pohybů jeho končetin a trupu a také mentální kapacita, jelikož individualita kapacit člověka hraje důležitou roli pro ergonomii.
- Adaptací člověka na pracovní prostředí a jeho reakcí na změny. Je zde zkoumána směnová a noční práce, monotonie práce, popřípadě vnucené pracovní tempo. Zkoumají se zde reakce na fyzikální, chemické i biologické faktory pracovního prostředí jako je např. hluk, znečištěné prostředí, vibrace či klima prostředí. [1]

## 1.4 Základní oblasti ergonomie

Mezinárodní ergonomická organizace člení ergonomii do hlavních oblastí [5]:

### Fyzická ergonomie

Tato ergonomie se věnuje vlivu pracovních podmínek a prostředí na lidské zdraví při práci. Pomáhá při projektování a konstruování nových strojních zařízení či nářadí. Fyzická ergonomie využívá vědomosti z anatomie, fyziologie, biomechaniky a antropometrie. Do této oblasti řadíme např. problematika pracovních poloh spojené s ergonomií pracoviště a uspořádání pracovního místa. Dále se zde řadí manipulace s břemeny pro ženy a muže, problematika s často opakovanými pracovními činnostmi, který se tak stávají monotónními a mohou tak způsobit jednostranné namáhání těla či onemocnění z povolání.

### Kognitivní (psychická) ergonomie

Psychická ergonomie se zabývá psychologickými aspekty, které souvisí s pracovními činnostmi, které jsou nedílnou součástí každého pracujícího jedince. Z kognitivního hlediska se u kognitivní ergonomie pozorují pracovní činnosti jako je paměť, usuzování a vnímání jedince. Do této oblasti patří zejména psychická zátěž pracovníka během vykonávání pracovní činnosti, dále jeho rozhodování i v nekomfortních situacích, pracovní výkonnost a vzájemná interakce člověka ať už s počítačem, pracovním stresem nebo i s ostatními jedinci.

### Organizační ergonomie

Cíle organizační ergonomie je optimalizovat sociálně-technický systém společně s organizační strukturou, postupů, strategií apod. V tomto případě je potřeba zajistit pracovníkům pocit pohody na pracovišti, zajistit fungování mezilidské komunikace a rozvíjení jedinců, podpořit týmovou spolupráci a vytvořit přívětivé sociální klima, režim práce a odpočinku. Při správné motivaci a vytvoření přívětivého pracovního prostředí pro jedince je možné docílit zvýšené efektivity práce a tím zapříčinit rychlejší rozvoj celé společnosti.

## 1.5 Speciální oblasti ergonomie

Z hlediska jednotlivých profesí můžeme ze základních oblastí vyvodit speciální oblasti ergonomie. Tyto ergonomické oblasti se vztahují ke konkrétní profesi a k určitému pracovnímu systému. Zde jsou uvedeny některé z nich.

### Myoskeletální ergonomie

Tato ergonomie se zabývá prevencí profesionálně podmíněných onemocnění pohybového aparátu. Jedná se především o onemocnění horních končetin či páteře a to z nadměrné jednostranné zátěže. Tyto onemocnění jsou typické pomalým a postupným zhoršováním (na rozdíl od úrazu, který se projeví rychle). Riziko těchto nemocí stoupá, pokud se člověk bude vystavovat nadměrným vynakládáním sil, nucenými polohami, opakovatelným pohybům či nesprávnému uspořádání pracovního prostředí. Naopak neovlivnitelným faktorem jsou i vrozené předpoklady k onemocnění jako např. vysoká zánětlivost či metabolické poruchy.

### Psychosociální ergonomie

Předmětem psychosociální ergonomie je zkoumání psychosociálních požadavků lidí při pracovní činnosti, dále stresem a stresovými činiteli. Tato ergonomie je nedílnou součástí při výběru pracovníků na pracovní pozice. Psychosociální pohoda pracovníků souvisí i

s myoskeletálními onemocněními, jelikož narušení psychické pohody by mohlo zapříčinit jejich vznik.

### **Participační ergonomie**

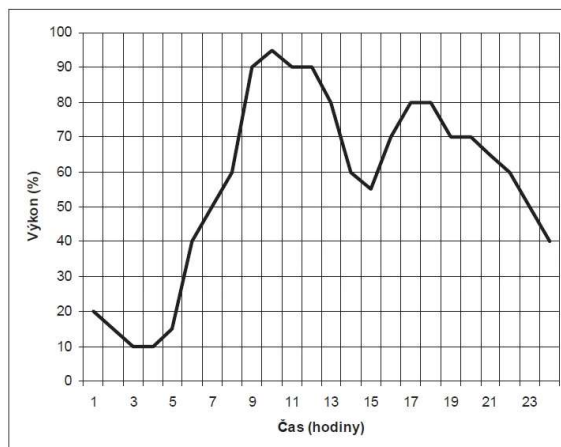
Tato ergonomie spočívá v účasti pracovníků na návržení a realizaci změn v uspořádání jejich pracoviště. Můžeme tak předejít nežádoucím chybám při návrhu nového pracoviště, jelikož daný pracovník zná proces na jeho pracovišti nejlépe.

### **Rehabilitační ergonomie**

Podstatou této ergonomie je příprava hendikepovaných osob k vykonávání pracovní činnosti. Předmětem rehabilitační ergonomie je i konstrukční úprava pracovního prostředí a veškerých používaných prvků tak, aby práce byla v souladu s výkonovou kapacitou člověk z hlediska fyzického i psychického stavu. [5]

## 2. Pracovní zátěž

Pracovní zátěž je definovaná jako soubor vlivů a faktorů, které na člověka působí při vykonávání práce či v pracovním prostředí. Jedná se jednak o fyziologické vlivy, tak i o psychické vlivy působící na organismus člověka. Tyto vlivy a faktory zkoumá fyziologie práce, která hledá horní hranice zatížení, kterou člověk snese, aniž by došlo k poškození organismu či zkrácení pracovního věku. Na *Obrázek 2-1* lze sledovat výkonnost člověka v průběhu dne, kde můžeme zpozorovat pokles výkonnosti v odpoledních hodinách. I tomuto faktu je potřeba pracovní zátěž přizpůsobit. [6] [7]



Obrázek 2-1: Výkonnost člověka v průběhu dne [7]

Pokud je pracovník vystaven příliš velké zátěži a dojde u něj k přetížení organismu, může se u něj vyskytnout pokles výkonnosti, fyzické vyčerpání či může mít negativní dopady z hlediska psychiky člověka. Těmto důsledkům je potřeba se vyvarovat, jelikož mají negativní dopady na organismus člověka. Častým vnitřním projevem při překročení pracovního zatížení je stres, který je jedním z hlavních faktorů, které mají vliv na duševní stav člověka. Jedním z problémů u psychické zátěže je to, že psychická zátěž se nedá nijak objektivně změřit v určitých jednotkách na rozdíl od té fyzické a u každého jedince je individuální. [7]

Hlavním cílem ergonomie je právě co nejvíce optimalizovat pracovní zátěž, odstranit nepříznivé a rušivé vlivy a vytvořit tak podmínky pro dosažení co největší pracovní pohody pracovníka. [1]

### 2.1 Fyzická zátěž

K fyzické zátěži dochází k aktivaci svalstva, čímž dojde ke svalovému stahu. Právě podle svalového stahu dělíme fyzickou práci na převážně statickou či převážně dynamickou. Jedná se tedy o pracovní zátěž, při které dojde k zátěži pohybového systému, ale také srdečně cévního a dýchacího systému. Fyzická zátěž může být přiměřená, mírná či nepřiměřená, kdy dochází k překročení limitních povolených hodnot zátěže a mohlo by při ní dojít k ohrožení zdraví jedince. [8]

Fyzická zátěž se dělí podle typu svalové činnosti na [9]:

- **Dynamická zátěž** – Tzv. zátěž pohybová, kdy dochází ke kombinaci napínání a zkracování svalů. Po stažení svalu následuje jeho relaxace. Dynamická zátěž vznikne například během stereotypní práci.

- **Statická zátěž** – Nedochozí ke zkracování, ale naopak se mění vnitřní napětí svalu, kdy izometrický stah trvá převážně déle než 3 sekundy. Tento druh fyzické zátěže je charakteristický tím, že svaly jsou stažené a v této pozici setrvávají po delší dobu. Statická zátěž je pro organismus daleko škodlivější a namáhavější a vyžaduje delší dobu zotavení. Může být způsobena nevhodnou pracovní polohou, přenášením těžkých břemen či při delší době držení ruky v jedné poloze. Při statické zátěži dochází k rychlejšímu nástupu únavy.

Jedním z příkladů statické zátěže může být práce u počítače či psacím stroji, kde existuje nebezpečí, že dojde k přerušování zásobování svalů krví kvůli jejich neustálému smršťování a uvolňování a hrozí jim proto přetížení. Toto dále může vést k zánětlivému onemocnění. Při převážně statické práci se doporučují časté krátké přestávky. [7]

## 2.2 Psychická zátěž

Do psychické zátěže patří veškeré vlivy, které působí na organismus a psychiku člověka. Tato zátěž přímo ovlivňuje kognitivní a psychické procesy jedince a může tak dojít k poklesu jeho produktivity. Při působení negativních psychických vlivů dochází k zatížení organismu a pro člověka je tak těžší zpracovávat a vykonávat pracovní úkoly. [10]

Jedinec přijde do styku s psychickou zátěží, pokud u něj dojde ke stálé monotónní práci. Dochází k opakování stejných pohybových a úkolových úkonů a pro pracovníka se práce stává nezajímavou. Dále je pracovník vystaven psychické zátěži v té chvíli, kdy mu je vnuceno tempo pracovní činnosti. Každý člověk je individuální a podle toho je také potřeba s pracovníkem pracovat. Dále pokud je vystaven nepřetržitému režimu práce a pokud pracuje pouze v nočních směnách. [11]

Psychických zátěží je několik forem [10]:

- **Senzorická zátěž** je zátěž smyslových orgánů. Dochází k ní, pokud se pracovník nachází v příliš hlučném prostředí nebo pokud jsou pro práci především využívány a namáhány oči (například vizuální kontrola výrobků).
- **Mentální zátěž**, které ovlivňuje především pozornost, paměť, rozhodování a myšlení jedince. Pokud dojde k mentální zátěži, může jedinec působit nesoustředěně a zároveň musí věnovat větší pozornost na zpracování přijímaných informací. Může dojít i ke zpomalení pracovních činností nebo k větší chybovosti.
- **Emoční zátěž** se projevuje v situacích, kdy je u jedince vyvolána určitá emoční odezva. Při této zátěži se člověk nejčastěji dostává do stresového napětí.

Každý jedinec má jinou limitní hranici překročení těchto psychických zátěží. Dokonce může dojít i k jejich kombinaci, kdy se na člověku projeví například napětím svalů či změnou tělesné teploty. [10]

## 2.3 Následky pracovní zátěže

Následky pracovní zátěže se objeví po působení škodlivých vlivů na organismus, které ovlivňují člověka při práci. Můžeme je rozdělit na:

- **Krátkodobé**, které se přestanou projevovat po skončení pracovní směny nebo po odpočinku (např. pocit monotonie, krátkodobé zrakové či sluchové potíže, únava horních končetin).
- **Dlouhodobé**, kterou vedou k nevratným zdravotním následkům (např. bolest hlavy, přetrvávající bolest zad, zápěstí nebo páteře, dále záněty šlach, ramen či horní končetiny).

U dlouhodobých následků je potřeba zmínit také psychosomatické onemocnění, kde se jedná například o syndrom vyhoření či snížená obranyschopnost organismu. [7]

## 2.4 Nemoci z povolání

Nemoci z povolání (NzP) vznikají negativním působením fyzikálních, chemických, biologických či jiných nepříznivých vlivů. Všechny nemoci z povolání jsou uvedeny v seznamu nařízení vlády č. 290/1995 Sb. nemocí z povolání spolu s podmínkami, za kterých mohou vzniknout. Nařízení vlády rozděluje nemoci z povolání do šesti skupin [12]:

- NzP způsobené chemickými látkami.
- NzP, které se týkají onemocnění dýchacích cest.
- Kožní NzP.
- Přenosné a parazitní NzP.
- NzP způsobené fyzikálními vlivy.
- NzP vzniklé působením jiných faktorů, které ale vznikly za podmínek uvedených v seznamu nemocí.

Mezi nejčastější faktory vzniku nemoci z povolání jsou chemické a také fyzikální. Všechny pracovní činnosti jsou poskládány z určitých dílčích úkonů, které jdou za sebou, a které se po čase zase opakují, jsou tzv. cyklické. Při nadměrné fyzické zátěži či jednostranného namáhání těla vede k přetěžování jedince. Pokud tyto nepříznivé aspekty působí dlouhodobě, může se začít projevovat únava organismu, která vede ke snížení produktivity pracovníka a v horším případě k nemoci z povolání. Mezi nejčastější nemoci z povolání způsobené nadměrnou fyzickou zátěží jsou Cumulative Trauma Disorder (CTD) a Repetitive Strain Injury (RSI). K CTD dochází při opakovaném a dlouhotrvajícím přetížení ať už fyzickým či psychickým, který je způsobený stresem. Negativně postihuje části těla při zvedání těžkých břemen. Dále může postihovat psychiku člověka v případě, pokud je například jedinec tlačěn k práci na vyšší úrovni (z hlediska rychlosti či zadání více úkolů), ale nemůže této úrovně dosáhnout. Syndrom RSI je způsoben nadměrnou opakovanou zátěží v nepříjemné pracovní poloze jedince, ve které se nachází kvůli jeho pracovišti, které není ergonomicky přizpůsobeno jedinci. Pokud bude jedinec dlouhodobě vystavován zatížení, může syndrom přejít do chronického onemocnění šlach, svalů a nervů. Z tohoto důvodu je potřeba přizpůsobit pracoviště jedinci pro lepší ergonomii na pracovišti. [10] [45]

### 3. Zdravotní rizika a podmínky ochrany zdraví při práci

Zaměstnavatel má vůči zaměstnancům mnoho povinností, jednou z nich je i stálé vyhledávání nebezpečných faktorů pracovního prostředí a pracovních podmínek a zároveň i řešení jejich příčin vzniku. V zájmu zaměstnavatele je plnění těchto povinností velikou prioritou, jelikož tím chrání svou kvalifikovanou pracovní sílu, kterou potřebuje pro naplňování vlastních cílů a hodnot. Tato kapitola se věnuje zdravotním rizikům jedinců při práci a následnému definování podmínek ochrany zdraví při práci, které stanovuje Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. 361.

#### 3.1 Zdravotní rizika při práci

Obecně je rizikem nazývána pravděpodobnost výskytu nežádoucích událostí, které vedou k nežádoucím následkům. V tomto případě jsou to veškerá rizika, které mohou vést k ohrožení zdraví a bezpečnosti pracovníka. Výskyt rizik u pracovníků ovlivňuje povaha pracovního prostředí, vykonávané činnosti a v neposlední řadě i pracovní podmínky při práci. Pracovní rizika mohou být omezena na minimum jako například u práce v kanceláři. Naproti tomu z hlediska výskytu rizik jsou zde na předních místech výrobní haly, strojírenské, hutnické či jiné výroby, kde lze rizika najít na každém rohu. [13]

#### Rizikové faktory

Jedinec je při práci vystaven různým rizikovým faktorům, které v určité míře ovlivňují negativně jeho zdraví a bezpečnost. Rizikovým faktorem je každá okolnost, podmínka či činitel, který může při svém působení vést k pracovnímu úrazu, nemoci z povolání či k jinému poškození zdraví. Tyto negativní faktory je potřeba vyhledávat a eliminovat je. Pokud je nelze zcela odstranit, je potřeba alespoň učinit taková opatření, která budou vést k minimalizaci jejich působení. K těmto opatřením lze zařadit například i uspořádání pracoviště. Tomuto přístupu se jinými slovy říká prevence rizik. [14]

Rizikovými faktory z hlediska podmínek při práci podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. jsou [14]:

- **Mikroklimatické podmínky**, mezi které se řadí zátěž teplem a chladem.
- **Chemické faktory** (např. působení karcinogenů, olova, azbestu).
- **Biologické činitelé**, mezi které se řadí fyzická zátěž (celková a lokální svalová zátěž, pracovní polohy, manipulace s břemeny) a fyzikální faktory (vibrace, hluk a ionizující či neionizující záření).

Mezi další rizikové faktory, které je nutné u práce hodnotit a zařadit tak jednotlivé práce do kategorií, podle vyhlášky č. 432/2003 Sb. se řadí [14]:

- **Psychická zátěž** (např. napětí a stres, které narušují psychickou pohodu jedince na pracovišti).
- **Zraková zátěž** (např. práce vykonávaná při neobvyklých světelných podmínkách, práce spojená s osvětlováním, sledování obrazovek, používání zvětšovací pomůcek).
- Práce, při které je **zvýšený tlak** vzduchu.
- **Prach**, při kterém se rozlišuje prostředí s fibrogenním účinkem, s dráždivým účinkem, s minerálním vláknitým prachem či nespecifickým účinkem.

## Identifikace a hodnocení zdravotních rizik při práci

Hodnocení rizik je proces, při kterém se určují rizika při práci pro zdraví a bezpečnost jedince z kvantitativního a kvalitativního hlediska. Využívají se různé metody pro určení míry poškození zdraví pracovníka.

Management rizik se skládá ze 3 základních částí – vyhledávání rizik, hodnocení rizik a stanovení případného opatření. Základem managementu rizik je sledovat veškeré rizikové faktory na pracovišti a pracovních podmínkách z hlediska fyzické i psychické zátěže jedince, vyhledávání možností vzniku pracovního zranění či nemoci z povolání či jiného poškození při vykonávání pracovní činnosti. [15]

Zdravotní rizika se analyzují v následujících krocích [15]:

- Identifikace potencionálního nebezpečí,
- identifikace jedinců, kteří jsou danému nebezpečí vystaveni,
- zhodnocení zdravotního rizika,
- zhodnocení, zda může být riziko odstraněno či nikoli,
- rozhodnutí, zda je nutné uplatnit další opatření k eliminaci rizika,
- plán prevence rizik.

Pokud jsou vytvořeny změny na pracovišti pro odstranění rizik, musí být pracoviště po změnách znovu zhodnoceno z hlediska pracovních rizik pro ujištění, že daná eliminace rizika byla úspěšná. Mezi tyto změny na pracovištích patří změna technologie, použití jiných strojů, zařízení, změna pracovního místa či změny v organizaci práce. [15]

Vyhláška č. 432/2003 Sb. zavedla v ČR systém kategorizace prací, který umožňuje hodnotit level zátěže jedinců. Při kategorizaci se hodnotí faktory, které rozhodují o kvalitě pracovních podmínek míře zabezpečení ochrany zdraví jedinců. Pro měření jednotlivých faktorů jsou vypracovány metody a kritéria pro zařazení jednotlivých prací do kategorií. [15]

## 3.2 Podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. 361 stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží. Hlava IV z tohoto nařízení vlády tak hodnotí fyzickou zátěž z hlediska [16] [17]:

- **Celkové fyzické zátěže**, která se posuzuje z hlediska energetické náročnosti pracovní činnosti.
- **Lokální svalové zátěže**, při které se posuzují vynakládané svalové síly, pracovní polohy a počty pracovních pohybů.
- **Pracovních poloh při práci**, kde je hlavním kritériem hodnocení úhlových parametrů sklonu hlavy, trupu a končetin
- **Ruční manipulace s břemeny** při přemísťování i nošení.

Při posuzování fyzické zátěže při práci je hlavním cílem zjistit, zda zátěž jedince při provádění práce nepřekračuje jeho fyziologické možnosti a nemůže tak dojít poškození zdraví. [17]

### 3.2.1 Celková fyzická zátěž

Celková fyzická zátěž je zátěž, ke které dochází při dynamické práci, která je vykonávána velkými svalovými skupinami, kde dochází k zatěžování více než 50% svalové hmoty. Posuzuje se z pohledu energetické náročnosti vykonávané práce. Hlavními hodnotami energetické náročnosti jsou hodnota energetického výdeje, která se vyjadřuje v netto



jednotkách a hodnota srdeční frekvence. Měření energetického výdeje jedince je realizováno buď posouzením tabulkovou metodou nebo monitorováním srdeční frekvence.

Nariadení vlády tak určuje povinné hygienické limity pro energetickou náročnost práce, které musí být podle zákona dodržovány. Hygienické limity jsou stanoveny pro hodnoty energetického výdeje i pro hodnoty srdeční frekvence při vykonávání fyzické zátěže, které jsou rozlišovány jak podle pohlaví, tak i věku jedince. [16] [45]

### Hodnocení energetického výdeje při pracovní činnosti

Hygienické limity definují hodnoty ergonomického výdeje pro průměrné směnové, přípustné směnové, přípustné minutové a roční. Hodnoty, které se během osmihodinové směny nenavysují se definují jako přípustné hodnoty. Aby bylo měření co nejpřesnější je potřeba pracovníkovi poskytnout běžné podmínky při práci a vystavit ho běžné míře zátěže, které je pracovník vystaven během běžné pracovní směny. Obdobně to platí i pro dobu, kterou pracovník stráví v jednotlivých činnostech. [16]

Tabulka 3-1: Tabulka 3 1: Hygienické limity energetického výdeje při s celkovou fyzickou zátěží podle pohlaví [16]

Energetický výdej	Jednotky	Muži	Ženy
Směnový průměrný	MJ	6,8	4,5
Směnový přípustný	MJ	8	5,4
Roční	MJ	1 600	1 060
Minutový přípustný	$\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$	34,5	23,7

### Hodnocení srdeční tepové frekvence

Hygienické limity pro hodnocení srdeční tepové frekvence jsou určeny v tabulce níže. Pro minutovou hodnotu srdeční frekvence je stanoven hygienický limit maximálně 150 tepů/min. Důležitá část hodnocení je změření klidové tepové frekvence. U každého jedince se tato hodnota liší. V tabulce je ukázková hodnota průměrné naměřené klidové tepové frekvence 102 tepů za minutu. Dále se od této hodnoty odvíjí nejvyšší přípustná hodnota tepové frekvence. Pro pravdivost a přesnost výsledků je potřeba klidovou tepovou frekvenci individuálně změřit a podle ní dále postupovat v hodnocení. [45]

Tabulka 3-2: Tabulka 3 2: Hygienické limity pro hodnoty srdeční frekvence [16]

Průměrná klidová tepová frekvence <sup>a)</sup>	102
Nejvyšší přípustná <sup>b)</sup>	110
Zvýšení nad výchozí hodnotu <sup>c)</sup>	+ 28

- Průměrná klidová tepová frekvence tzv. výchozí hodnota používaná k posouzení. Pro přesnost měření je doporučeno změřit individuálně.
- Hodnota, která je pro vyšetřovaného jedince dlouhodobě únosná.
- Nejvyšší přípustná hodnota frekvence nad výchozí hodnotu, která je z dlouhodobého hlediska pro jedince neúnosná. [16]

### 3.2.2 Lokální svalová zátěž

Lokální svalová zátěž je definována jako zátěž malých svalových skupin horních končetin. Při hodnocení se posuzují vynakládané svalové síly, pracovní polohy horních končetin a počty pohybů horních končetin. Součástí hodnocení je i detailní analýza pracovních podmínek jedince.

Hygienické limity zahrnují hodnoty vynakládaných svalových sil, hodnoty počtu pohybů horních končetin za směnu, které se vztahují k průměrné směnové hodnotě vynakládaných svalových sil a k průměrné hodnotě minutových počtů pohybů svalů ruky a prstů v průměrné pracovní době.

Hygienický limit lokální svalové zátěže udává přípustné hodnoty v procentech maximální svalové síly ( $F_{max}$ ), která je přepočtena na průměrnou pracovní dobu. K hodnotám  $F_{max}$  je dále určen tabulkový limitní počet (viz Tabulka 3-4: Hygienické limity pro počty pohybů jednostranných pohybů, který se týká drobných svalů levé i pravé horní končetiny. Tento počet je také převeden na osmihodinovou pracovní směnu. Z hygienického hlediska lokální svalová zátěž řeší svalovou sílu a četnost pohybů pracovníka. [16] [45]

U posuzování lokální svalové zátěže je nejprve důležité určení, zda se jedná o převážně dynamickou či převážně statickou práci, jelikož tímto určením je dále ovlivněno hodnocení lokální svalové zátěže. Od toho se odvíjejí přípustné a nepřípustné limity  $F_{max}$ , které jsou zobrazeny v tabulce níže. [18] [45]

Tabulka 3-3: Hygienické limity  $F_{max}$  pro přípustné celosměnové hodnoty [18]

Typ práce	Přípustný limit	Nepřípustný limit
Dynamická	30 % $F_{max}$	> 70 % $F_{max}$
Statická	10 % $F_{max}$	> 70 % $F_{max}$

Při vynakládání sil 3 %  $F_{max}$  je průměrný počet pohybů drobných svalů horních končetin 110 pohybů za minutu, u 6 %  $F_{max}$  je to 90 pohybů za minutu.

U práce s převažující dynamickou složkou je přípustný limit pro používanou sílu, která je pravidelnou součástí výkonu práce, 70 %  $F_{max}$ , S převažující statickou silou je to 45 %  $F_{max}$ .

Pro vynakládané svalové síly od 55–70 %  $F_{max}$ , které jsou pravidelnou součástí pracovní činnosti, je pro práci s převažující dynamickou složkou určen hygienický limit hodnotou výskytu těchto sil 600krát za průměrnou pracovní směnu.

Pokud se jedná o směny delší než osmihodinové, musí být dané hygienické limity sníženy o 20 % a průměrné počty pohybů naopak nesmí být zvýšeny o více než 20 %. [16]

Tabulka 3-4: Hygienické limity pro počty pohybů [16]

<b>% Fmax</b>	<b>Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu</b>	<b>Průměrný minutový počet pohybů za osmihodinovou směnu</b>
7	27600	56
8	24300	50
9	21800	44
10	19800	41
11	18100	37
12	16700	34
13	15500	32
14	14 000	28
15	13 500	27
16	12 700	26
17	12 000	25
18	11 400	24
19	10 900	23
20	10 400	22
21	10 000	21
22	9 600	21
23	9 300	20
24	9 000	19
25	8 700	18
26	8 400	18
27	8 100	17
28	7 800	17
29	7 500	16
30	7 200	15
31	6 900	15
32	6 600	14
33	6 300	14
34	6 000	13
35	5 800	12

### 3.2.3 Hodnocení pracovní polohy

Nadměrná fyzická zátěž jedince může být i doprovázena nepříznivou pracovní polohou horních a dolních končetin, trupu a hlavy. Nepříznivá pracovní poloha je způsobena nevhodným uspořádáním pracovního místa, které nevyhovuje požadavkům ergonomie. [19]

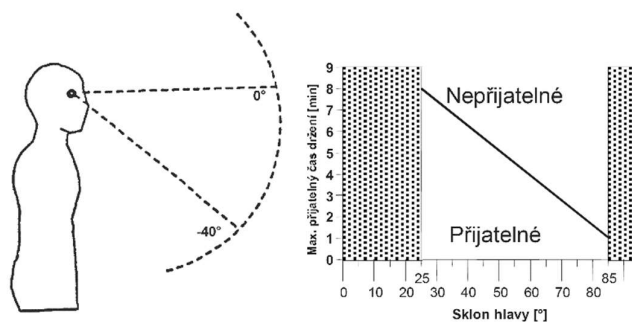
Pracovní poloha se hodnotí v případě vykonávání trvalé práce jedincem především, když si jedinec nemůže volit pracovní polohu sám, ale musí svoji polohu přizpůsobit konstrukci stroje, charakteru provádění práce či přizpůsobit se pracovnímu místu.

Při hodnocení se jednotlivé pracovní polohy zařazují do jednotlivých skupin – přijatelné, podmíněně přijatelné a nepříjemné pracovní polohy. Pracovní poloha se hodnotí ve dvou krocích. Prvním krokem je zhodnotit pracovní polohy jednotlivých částí těla podle úhlů. Druhým krokem je potřeba určit podmínky práce, při kterých by bylo možné práci zařadit do lepší skupiny. Pokud pracovní poloha bude zařazena v prvotním kroku do nepříjemných poloh, stanoví se podmínky práce tak, aby se poloha mohla zařadit do podmíněně přijatelných či dokonce přijatelných poloh. [16]

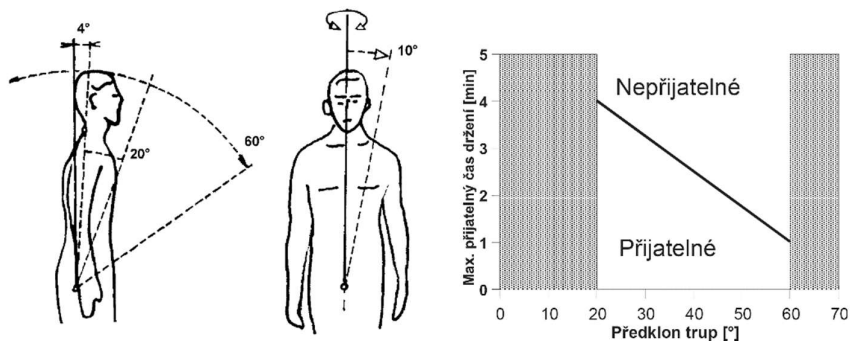
Nařízení určuje limity pracovních poloh tímto způsobem:

- Hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých nepříjemných polohách je 30 min za osmihodinovou směnu.
- Doba trvání jednotlivých nepříjemných poloh nesmí překračovat 8 minut.
- Hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých podmíněně přijatelných polohách je 160 minut za osmihodinovou směnu.
- Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných poloh nesmí překročit 8 minut.

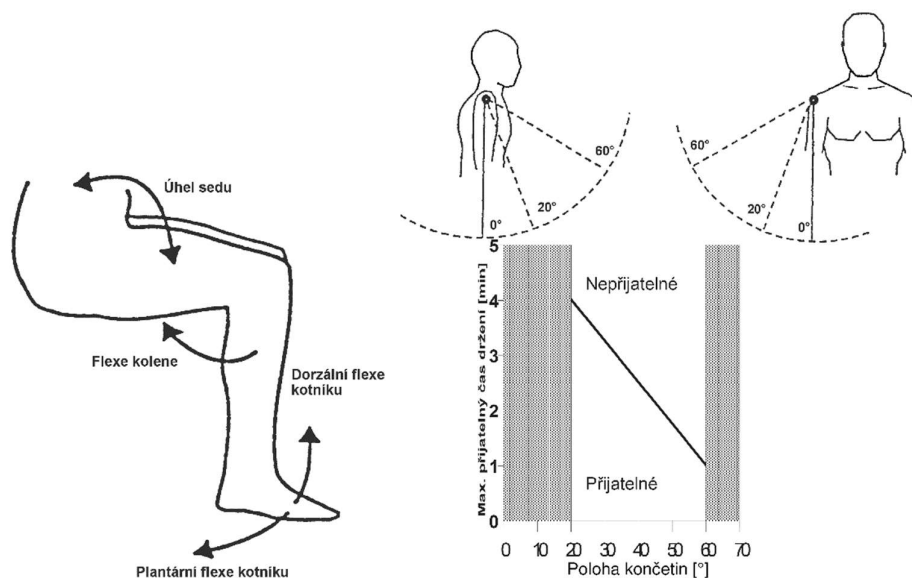
Hygienické limity pro jednotlivé části těla především pro trup, hlava-krk, horní a dolní končetiny jsou specifikované v Nařízení vlády 361/2007 Sb. v příloze části C, obrázek 1 až 4. [16]



Obrázek 3-1: Hygienické limity pro pracovní polohy sklonu hlavy [16]



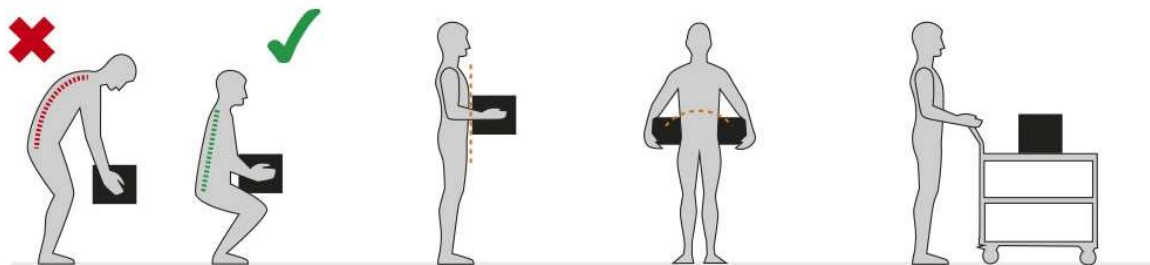
Obrázek 3-2: Hygienické limity pro pracovní polohy trupu [16]



Obrázek 3-3: Hygienické limity pracovní polohy horních a dolních končetin [16]

### 3.2.4 Ruční manipulace s břemeny

Do ruční manipulace s břemeny se řadí přepravování a nošení jedním či vícero jedinci najednou. Zároveň do manipulace řadíme také zvedání, strkání, pokládání, posouvání, a i přemisťování určitých břemen. Patří sem veškerá manipulace s břemeny, kdy je pracovník vystaven fyzické zátěži. Během těchto manipulací břemen nastávají nepříznivé podmínky, které mohou jedince negativně ovlivnit zdravotně ale i psychicky a mohou mu tak způsobit různá poškození páteře či jiné onemocnění z jednostranné zátěže těla. [16]



Obrázek 3-4: Zvedání a nošení břemen [20]

Primárním úkolem je hodnocení zdravotních rizik při ruční manipulaci s břemeny a posouzení hmotnosti břemene, se kterým je ručně manipulováno a stanovení hygienických limitů pro hmotnost břemene. Nedílnou součástí je také hodnocení kumulativní hmotnosti, srdeční frekvence, vynakládaného energetického výdeje nebo i pracovních podmínek pracovního prostředí jedince.

Nařízení vlády stanovuje hygienické limity pro hmotnost ručně manipulovaného břemene zvlášť pro muže a ženy, které jsou sepsány v tabulce níže. [16]

Tabulka 3-5: Hygienické limity pro ruční manipulaci s břemeny [16]

	Ruční manipulování břemeny			
	Občasné [kg]	Časté [kg]	Vsedě [kg]	Ve směně [kg]
Muž	50	30	5	10 000
Žena	20	15	3	6 500

### 3.3 Kategorizace práce

V české republice je zákonnou povinností každou práci zařadit do jedné ze čtyř kategorií. Vyhláška č. 432/2003 Sb. tyto kategorie definuje a zároveň určuje pravidla, podle kterých probíhá zařazení. Právě pomocí těchto kategorií zhodnotíme pracovní pozici a určíme její vliv na bezpečnost a zdraví jedince při práci. Jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, existují určité hygienické limity pro rizikové faktory, jejichž mírou překročení jsou definovány jednotlivé kategorie práce. Zařadit práci do 3. a 4. kategorie nemůže provést sám zaměstnavatel, ale musí tak rozhodnout oprávněná osoba s osvědčením či autorizací. Tato osoba je oprávněna provádět měření a vyšetření na pracovištích a ohodnotit tak veškerá jeho rizika. [21]

Vyhláška rozděluje práce do 4 kategorií podle rizikovosti faktorů [21][45]:

Tabulka 3-6: Kategorizace prací podle Nařízení vlády [21]

1. Kategorie	2. Kategorie	3. Kategorie	4. Kategorie
Bez nepříznivého vlivu na zdraví pro jedince	Nepříznivé vlivy na zdraví jedince ve výjimkách	Nedodržování hygienických limitů na pracovišti	Vysoké riziko ohrožení zdraví jedince při práci

**1. kategorie** zahrnuje práce, které nemají pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví jedince u práce. Pracovníci zde nejsou vystaveni zátěži, proto není potřeba zavádět opatření a obávat se o nedodržování hygienických limitů na pracovišti. Do této kategorie se řadí většina administrativních pracovních pozic.

Do **2. kategorie** se řadí práce, které mají negativní vliv na zdraví, zejména u citlivých jedinců, u práce pouze v ojedinělých případech. V tomto případě nedochází k trvalému překračování hygienických limitů a podle zhodnocení dalších rizikových kritérií je tak možno zařadit práci do 2. kategorie. Pokud je práce zařazena do 2. kategorie je nutné zaslat oznámení o zařazení orgánu ochrany zdraví při práci (tj. krajská hygienická stanice), který posoudí správnost zařazení. V tomto případě není nařízeno zavádět určitá opatření, ale doporučuje se hledat alespoň potenciály pro zlepšení.

**3. kategorie** zahrnuje práce, při kterých jsou trvale překračovány hygienické limity či práce, kdy je jedinec vystaven působení chemických či biologických látek bez možnosti snížení jejich působení technickým opatřením. U těchto prací je potřeba zavést používání osobních ochranných pracovních prostředků, díky kterým dochází ke snížení rizika zdraví při práci. Nicméně v některých případech nejde zcela eliminovat osobními ochrannými prostředky riziko poškození zdraví. Zařazení práce do 3. kategorie vyžaduje zaslání návrhu tohoto zařazení na

krajskou hygienickou stanicí, kde se tento návrh musí nejprve schválit. Je potřeba hledat nová technická či technologická opatření pro zlepšení pracovních podmínek na pracovišti.

**4. kategorie** je tou nejzávažnější kategorií. Řadí se sem práce, u kterých je vysoké riziko ohrožení zdraví jedince. V tomto případě nelze eliminovat riziko ani s použitím bezpečnostních ochranných prostředků. Zařazení práce do 4. kategorie vyžaduje zaslání návrhu tohoto zařazení na krajskou hygienickou stanicí, kde se tento návrh musí nejprve schválit.

### **Zařazení do 3. kategorie**

Kategorizovat pracovní místa je zákonnou povinností zaměstnavatele. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci je jednou z priorit zaměstnavatelů, státu, zdravotníků, a i samotných pracovníků. Statisticky je známo, že pokud práce spadá do 3. kategorie, je u ní vyšší riziko výskytu nemoci z povolání či jiného poškození zdraví. Je proto potřeba zavést určitou ochranu před možným poškozením zdraví, analyzovat a sledovat rizikové faktory a také kontrolovat a sledovat způsobené následky (zdravotní stav pracovníků a jeho ohrožení). [16]

Po zařazení práce do 3. kategorie dochází k:

- Automatickému zvýšení nákladů zaměstnavatele způsobené náklady na pojištění a náklady na pravidelné roční prohlídky u lékaře,
- Přetížení administrativy, kdy se musí nově evidovat docházka daného pracoviště a musí být zarchivovaná po dobu 10 let (s tím jsou spjaty náklady na elektrickou evidenci či papírovou),
- Reorganizaci práce, kdy musí být zavedeny pravidelné přestávky každé 2 hodiny po dobu alespoň 5 minut a rotace pracovníků,
- Zaplacení odškodnění zaměstnance v hodnotě 12měsíčního odstupného či zaplacení bolestného, pokud dojde k uznání nemoci z povolání. [16]

## 4. Nástroje pro hodnocení ergonomie

Pro urychlení hodnocení ergonomických analýz na pracovištích v rámci prevence rizik lze využít několik možností. Základním nástrojem je samotné pozorování, které je ale ve většině případech zdlouhavé a příliš pracné. Dalším problémem je, že sice samotným pozorováním lze analyzovat současný stav, ale už není možné provést simulaci a analýzu nápravného opatření, zda opatření mělo smysl či nikoli.

V dnešní době se stala vysokým trendem digitalizace, která se dostala i do oboru ergonomie. V oblasti ergonomie tak vznikly softwarové nástroje, které obsahují modely člověka a ergonomické metody pro různé analýzy. Pomocí softwarů lze vymodelovat pohyby reálného člověka v digitálním modelu, kde je ale potřeba vytvořit digitální model pracoviště. Další oblast, kterou digitalizace přinesla je virtuální realita, pomocí které lze zachycovat reálný pohyb za využití moderních nástrojů pro snímání pohybů. [22] [23]

U hodnocení pracovních poloh lze například využít [22]:

- Digitální softwarový nástroj Tecnomatix s modulem Jack pro podporu ergonomických analýz od společnosti Siemens.
- Virtuální realitu a Motion Capture, kde je přenesen reálný pohyb člověka pomocí obleku s technologií Motion Capture.

Pro-aktivní přístup k ergonomii nabízí využití digitálních simulačních nástrojů pro analýzu lidského chování při práci. Mezi výhody pro-aktivního přístupu patří jednoduchá vizualizace budoucího pracovního prostředí, možnosti porovnat navržené varianty a nalezení té nejuvhodnější, eliminace ergonomických nedostatků na pracovištích a také menší náklady pro změny provedené v prostředí CADu. [24]

V případě měření lokální svalové zátěže jsou tři možnosti [18]:

- Použití měřidel pro tah, tlak a páky u stále opakujících se činností jako například tenzometry či dynamometry.
- Měření pomocí tenzometrické aparatury s kontinuálním záznamem.
- Nejpreciznějším nástrojem je však integrovaná elektromyografie (iEMG) pro měření zátěže horních končetin.

### 4.1 Tecnomatix Jack

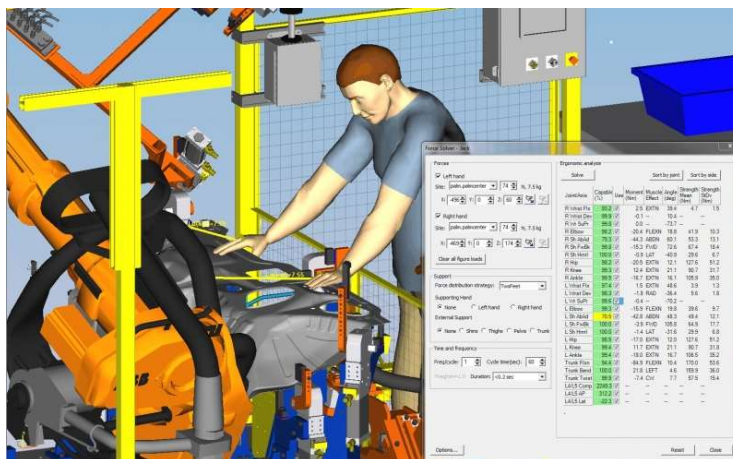
Jednou ze společností, která se zabývá digitalizací a ergonomickým modelováním je Siemens. Pro ergonomickou analýzu hodnocení pracovních poloh se využívá modul Jack. Jedná se o 3D nástroj, kde je možné provádět simulaci a ergonomické zhodnocení jedince při pracovní činnosti. Pomocí tohoto softwaru lze provádět simulaci, kontroly, hodnocení ale i optimalizace pracovního prostředí a pracovní činnosti jedince.

Tecnomatix nabízí pro práci biomechanický digitální model člověka Jacka nebo Jilly. Tento digitální model má reálné rozsahy pohybů všech částí těla. Model je možné si nakonfigurovat podle libovolných proporcí těla nebo je možné využít 77 předdefinovaných postav. Jacka je možné si nastavit do libovolné pracovní polohy manuálně ve dvou až třech osách nebo je možné využít 30 předdefinovaných základních pracovních poloh z databáze.

Po namodelování prostředí a digitálního modelu člověka je možné provádět různé ergonomické analýzy a jejich vyhodnocení. Mezi jednoduché analýzy prováděné v tomto digitálním prostředí patří vyhodnocení dosahových vzdáleností člověka a zobrazení zorného pole. Tyto analýzy odhalí, kam až člověk dosáhne, kam ve skutečnosti vidí a nevidí a jestli je v jeho pracovním prostředí dostatek místa na práci a pohodlí. Mezi ty komplikovanější analýzy



patří například Low Back Spinal Force Analysis, která vyšetřuje síly působící na bedra a páteř v různých pracovních polohách. Složitější analýzy jsou tak součástí doplňkových aplikací tohoto nástroje. Analýza Fatigue Analysis vypočítává odpočinkové práce pro jedince. Dále je tu analýza NIOSH, která se zabývá manipulací s břemeny při práci. Doplňkovou ergonomickou analýzou je i RULA (Rapid Upper Limb Assessment) pomocí které lze zhodnotit pracovní polohy při manipulaci s břemeny. Nová verze Tecnomatixu obsahuje modul, který hodnotí pracovní polohy při práci podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. [25] [26]



Obrázek 4-1: Ukázka analýzy v softwaru Tecnomatix Jack [27]

Pomocí softwaru a jeho digitálního prostředí lze [28]:

- Vytvořit pracovní či jiné prostředí pro analyzování,
- Vytvořit digitálního modelu člověka,
- Definovat přesnou velikost lidského těla pro přesnější analýzu,
- Vložit digitální model člověka do jeho pracovního prostředí,
- Vytvořit pracovní polohu člověka,
- Provést různé ergonomické analýzy a zjistit tak výkon a zátěž jedince.

## Analýza RULA

Rapid Upper Limb Assessment tzv. RULA je jedna z ergonomických metod, která se zabývá pracovními polohami při manipulaci břemen. Metoda RULA se zabývá problematickou zátěží především horních končetin (paže, předloktí, zápěstí) v určitých pracovních polohách. V menší míře se pak věnuje trupu a krku a vůbec nezohledňuje dolní končetiny, což může být bráno jako její nevýhodou. Naopak je analýza jednoduchá, rychlá, činí poměrně nízké náklady na její realizaci a má dobrou metodiku analýzy.

Před začátkem analýzy je nejprve potřeba pozorovat pracovníka při práci, určit jeho pracovní cyklus, identifikovat jednotlivé pracovní polohy a výběr rizikových pracovních poloh pro pracovníka. Dále je potřeba určení rozsahu hodnocení – zda se bude jednat jen o pravou/levou ruku nebo obě končetiny. Následuje bodové hodnocení jednotlivých částí těla, kde se bodují různé rozsahy flexe a extenze od neutrální polohy těla pracovníka. Analýza může být jednoduše provedena pomocí pracovních listů, kde jsou už předem nadefinované obrázky poloh. Přesnější analýza je však pomocí digitálního softwaru Tecnomatix Jack, kde je možné namodelovat různé pracovní polohy a modul RULA vypočítá jednotlivé i celkové skóre, které nám určí úroveň potřeby provedení určitých změn v pracovním prostředí. Zde je uvedena tabulka pro vyhodnocení analýzy RULA. [25]

Tabulka 4-1: Vyhodnocení analýzy RULA [25]

Kategorie	Skóre	Vyhodnocení
1.	1-2 body	Přijatelná poloha těla
2.	3-4 body	Potřeba dalších analýz a hodnocení, požadavky na změny
3.	5-6 bodů	Změna v nejbližší době
4.	7 bodů	Nutná okamžitá změna

Analýza se tedy skládá ze 3 kroků [25]:

- Pozorování pracovníka při práci a určení rizikových pracovních poloh pro analýzu.
- Zhodnocení a zaznamenávání jednotlivých pracovních pohybů (poloh).
- Výpočet skóre pro jednotlivé polohy, určit opatření a jejich naléhavost.

## 4.2 Motion Capture a virtuální realita

Virtuální realita je technologie, která uživateli umožňuje interagovat s virtuálním (simulovaným) prostředím. Tato technologie byla do nedávné doby cenově náročná a samotná technologie měla také svá určitá omezení, kdy použití přímo v provozu nebylo úplně vhodné. Umožňuje nám totiž vytvořit obraz skutečného světa, kde je možné trénovat jedince v určité činnosti. Tato technologie se využívá v mnoha oblastech jako je armáda, lékařství či v podnicích pro zaučení či trénink dělníků. Nejprve je však důležité vytvoření modelu pracoviště například pomocí platformy Unity pro vytvoření určité simulace. Pro přenos reálného pohybu člověka se využívá například oblek s technologií Motion Capture, který umožňuje přiřadit pohyb reálného člověka virtuálnímu modelu. Tento virtuální model člověka je promítán v modulu Process Simulate Human v softwaru Tecnomatix. Oblek napomůže k vyhodnocení či testování pracoviště podle ergonomických limitů určených legislativou a následně je provedeno vyhodnocení sesbíraných dat respektující parametry legislativy ČR. Využitím virtuální reality a kinetického obleku je možné optimalizovat kritické pracoviště a jejich procesy. [22]



Obrázek 4-2: Využití Motion Capture v ergonomii [29]

Oblek s technologií Motion Capture obsahuje malé senzory umístěné na elastickém obleku, které umožňují snímat pohyby lidského těla. Senzory pomocí měření rychlosti, intenzity magnetického pole a orientace v prostoru napomáhají zachytit polohu a orientace

jednotlivých částí těla. Virtuální realita společně s technologií Motion Capture jsou užitečnými nástroji pro rychlou a přesnou ergonomickou analýzu, kdy je výhodou tvorba simulace v reálném čase, jednoduchost používání a žádné zdlouhavé vyhodnocování a modelování poloh člověka. [30]

Virtuální realita umožňuje vyzkoušet pracoviště již ve fázi vývoje díky simulaci reálných činností a vytvořeného modelu pracoviště. Tato inovace napomáhá k rychlému vyhodnocení pracovních poloh krku, trupu, a především horních končetin při provádění pracovní činnosti. Ve vyhodnocovacím programu jsou již nastavené limity podle legislativy a mohou tak být jednotlivé polohy pracovníků zhodnoceny a rozděleny do přijatelných, podmíněně přijatelných a nepřijatelných poloh. [31]

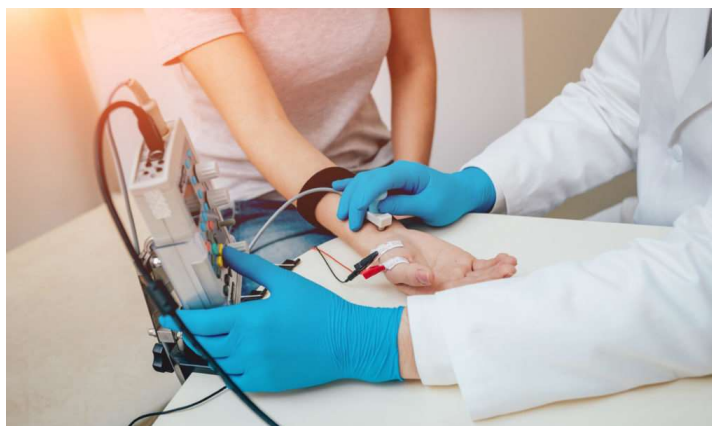
### 4.3 Elektromyografie

Elektromyografie patří mezi elektrofyziologický zdravotní vyšetření, pomocí kterého lze snímat svalovou aktivitu pomocí elektromyografu. Používá se především ve zdravotnictví. Elektromyografii lze provést invazivně či neinvazivně. Pro měření lokální svalové zátěže je vhodné měření neinvazivní tzv. povrchové kdy je snímán svazek svalů. Jedná se o diagnostickou metodu, pomocí které je vyšetřován sval. Při měření dochází k zaznamenávání aktivity svalu, ke které dochází změnou elektrického potenciálu při aktivování svau. [32]

Snímání svalové aktivity se dá uskutečnit pomocí dvou metod [33] [34][45]:

#### Povrchová elektromyografie

Povrchová elektromyografie se měří pomocí nalepených elektrod na povrchu těla. Povrchová EMG zaznamenává rychlost vzruchu ve stimulovaném nervu a velikost jeho odpovědi, kterou způsobí zmíněný stimul ve svalu a nervu. Elektrody snímající elektrický potenciál jsou nalepené na povrchu kůže nad testovaným svalem a jsou připojeny k přístroji, který signály zaznamenává. Pro měření povrchové elektromyografie mohou být využity plovoucí nebo suché elektrody. Při povrchové EMG dochází ke snímání většího počtu svalů či větší oblasti svalové tkáně, jelikož jsou pomocí elektrod měřeny z povrchu těla. Měření může ovlivnit mnoho ovlivnitelných faktorů, kterými jsou například umístění elektrod na kůži, velikost suchých či plovoucích elektrod a jejich vzdálenost od sebe na kůži. Je možné i rušení signálu kvůli externímu šumu. Naopak mezi neovlivnitelné faktory patří aktivita okolních svalů, které mohou být snímány namísto svalů žádaných, vlastnosti měřené tkáně či svalů, a i aktivita zkoumaného svalu.



Obrázek 4-3: Povrchová elektromyografie [35]

## Jehlová elektromyografie

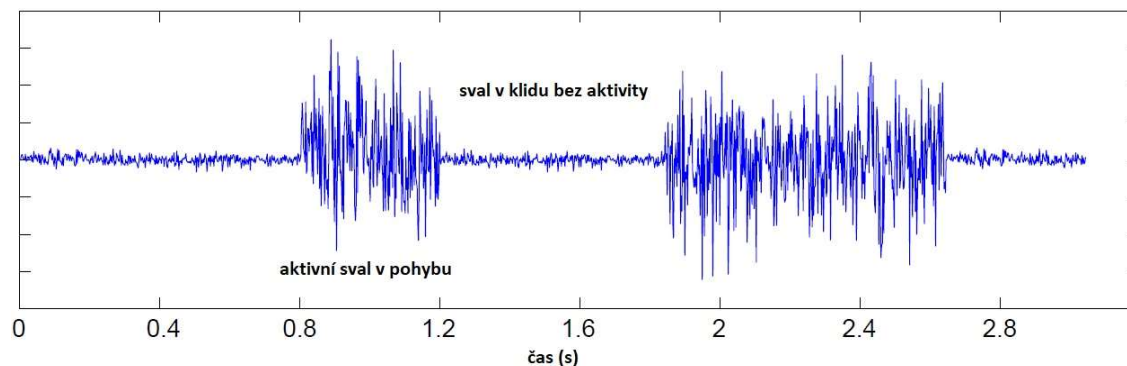
Při jehlové elektromyografii je využívána jehlová elektroda, která je umístěna přímo v měřeném svalu s jedním nervovým vláknem. Tuto metodu je potřeba provádět při klidném měření, kdy je tělo v klidu, a proto se jehlové elektromyografie využívá především pro diagnostikování nervových onemocnění týkající se poškození svalů. Pro měření lokální svalové zátěže není tato metoda vhodná, jelikož při práci dochází k pohybu analyzovaného pracovníka. Jehla měří akční potenciál skupiny svalových vláken, které jsou zásobeny od jednoho nervového vlákna. Jehlová elektromyografie patří do podpovrchových měření. Při tomto měření se hodnotí charakteristika inzerční (vzruch při podráždění svalu jehlou), volné (aktivita během stahu) a spontánní aktivity v klidu.



Obrázek 4-4: Jehlové elektromyografie [36]

## Měření lokální svalové zátěže pomocí EMG

Pro ergonomii je nejvíce podstatné využití povrchové elektromyografie, které se více hodí pro pohybovou analýzu. EMG se tak často využívá pro měření lokální svalové zátěže během pracovních činností. Naměřený signál (tj. elektrický potenciál svalu) určuje přesnou velikost svalové zátěže. Během pracovní činnosti jedince přístroj EMG zaznamenává průběžné signály měřeného svalu. Záznam z měření se později využívá pro ergonomickou analýzu daného pracovníka. EMG tak pomáhá ke zhodnocení svalových skupin při určitých pracovních polohách. Zhodnocením pracoviště může dojít k prevenci možných vzniklých problémů, k lepšímu uspořádání pracovního místa a tím i ke zvýšení produktivity jedince. [37]



Obrázek 4-5: Ukázka EMG signálu [38]

Jediným povoleným přístrojem v České republice pro měření lokální svalové zátěže je EMG Holter patřící do přístrojů, které zaznamenávají aktivitu svalů při povrchové

elektromyografii. Záznam, který zaznamenal Holter, je dále analyzován ve speciálním softwaru zvaný Analyzer, který vyhodnotí veškeré aspekty v rámci nařízení vlády a jejich daných hygienických limitů. V nainstalovaném programu se tak dají zobrazit databáze měření, křivky svalových vzruchů, základní statistické výpočty, které nabízejí například výpočet Fmax atd. Program nabízí veškeré analýzy, které jsou potřeba pro hodnocení lokální svalové zátěže.

Snímání elektrického potenciálu vyšetřovaných svalových skupin probíhá pomocí elektrod, které jsou přilepené na předloktí pravé i levé ruky. Jedná se o čtyři elektrody snímající elektrický potenciál a dvou referenčních zemních elektrod, které jsou umístěné v místě žádného vzruchu. EMG Holter má dost velkou paměť, která může ukládat záznam až 17 hodin, proto může měření probíhat během celé pracovní směny pracovníka. [37]



Obrázek 4-6: Přístroj Holter pro měření EMG [37]

## 5. Úvod do praktické části

Pátá kapitola nejprve představí společnost, ve které je praktická část diplomové práce realizována. Dále budou představeny jednotlivé pracovní pozice, které budou analyzovány. Další část bude věnována samotným analýzám jednotlivých pracovišť a jednotlivé pracovní pozice budou zařazeny do pracovních kategorií. V poslední závěrečné části budou navrženy jak organizační, tak i technické opatření pro optimalizaci pracovního místa.

### 5.1 Představení společnosti

Kion Group je německý nadnárodní výrobce manipulační techniky se sídlem ve Frankfurtu nad Mohanem. Jejími hlavními produkty jsou intralogistika, zařízení pro automatizaci skladů a průmyslové (vysokozdvížené) vozíky. Skupina KION vznikla v roce 2006 rozdělením aktivit skupiny The Linde Group v oblasti zařízení pro manipulaci s materiálem. Je druhým největším výrobcem vysokozdvížných vozíků na světě měřeno podle tržeb (po společnosti Toyota Industries).

Ergonomická analýza je provedena v závodu společnosti KION u Stříbra, která vyrábí výsuvné a ručně vedené vozíky pro společnost Linde Material Handling a dopravníky, systémy třídění, skladování a vyhledávání pro společnost Dematic, která přispívá řešením automatizované manipulace s materiálem. Závod ve Stříbře má více než 280 zaměstnanců a je vybaven nejmodernější technologií, které vytvářejí vynikající podmínky pro zaměstnance.

Společnost Kion spolu s jeho mezinárodními značkami Linde Material Handling, STILL a Baoli patří mezi společnosti, který mají nejvyšší znalosti v úrovni technologie a servisu v produkci skladové technologie a vysokozdvížných vozíků. [40]

**KION**  
GROUP



Obrázek 5-1: KION Group [40]

### 5.2 Popis vybraných pracovních pozic

V rámci diplomové práce jsou řešeny 4 pracoviště DPS ve společnosti KION Group u Stříbra. Jedná se o pracoviště, kde probíhá montáž částí inteligentních automatizovaných dopravníků a balení výrobků. Pracoviště jsou umístěna za sebou a probíhá zde postupná montáž. Každé montážní pracoviště má za úkol smontovat určitou část dopravníku. Po

smontování na prvním pracovišti je rozpracovaná část dopravníku přesunuta na druhý montážní pracoviště. Postupně tak kus dopravníku prochází všemi pracovišti. Po smontování na pracovištích CL09, CL10, CL11 a CL12 je dopravník přesunut na pracoviště balení a finální kontroly již hotové části dopravníku. Probíhá zde montáž několika druhů kusů dopravníkových křížovatek a odboček nepoháněných bez montáže motoru. V plném provozu má každé pracoviště přiřazeno jednoho pracovníka na celou směnu. Výrobní norma je pro pracoviště DPS 18 kusů za směnu. Norma je dána časově nejnáročnějším pracovním postupem na posledním pracovišti CL12. Jednotlivé pracoviště mají nevyrovnaný pracovní takt, ale i přes to splňují danou normu produktivity. V případě potřeby zvýšení produktivity se zde nachází potenciál ke zlešení.

### Pracoviště CL09

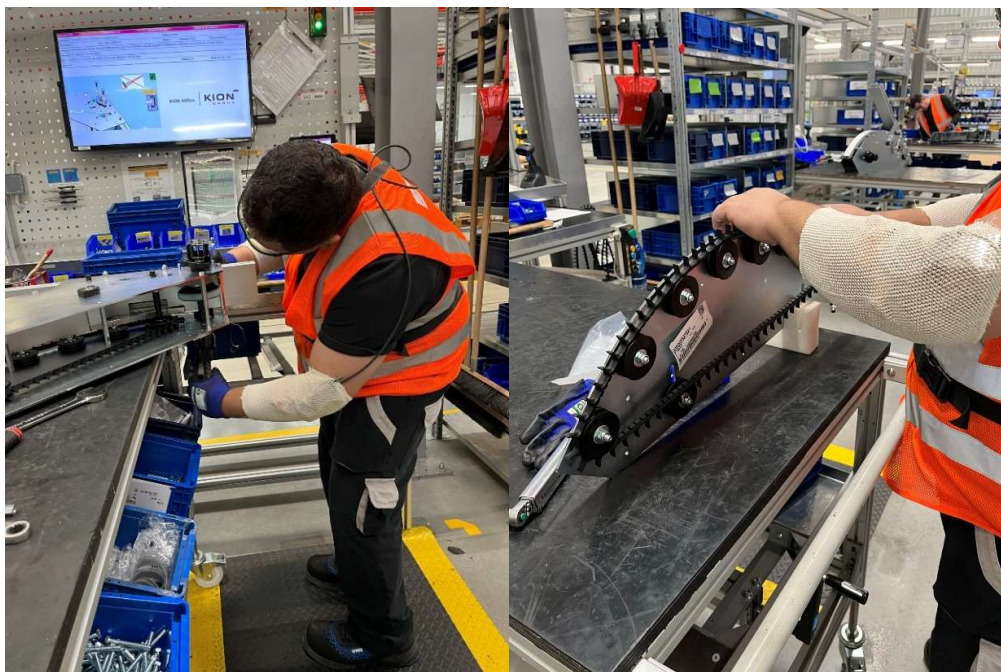
Na prvním analyzovaném pracovišti dochází k montáži prvního profilu dopravníku s rozdvojkou tzv. šípkou dopravníku. Pracovník zde používá standardní nářadí jako například sadu inbusových klíčů, kladívko a očkoploché klíče. Dále zde probíhá kontrola průchodnosti drah dopravníku. Na tomto pracovišti výrobek váží necelých 5 kilogramů. Pracovní cyklus má dobu trvání 20 minut.



Obrázek 5-2: Montážní pracoviště CL09 [autor]

### Pracoviště CL10

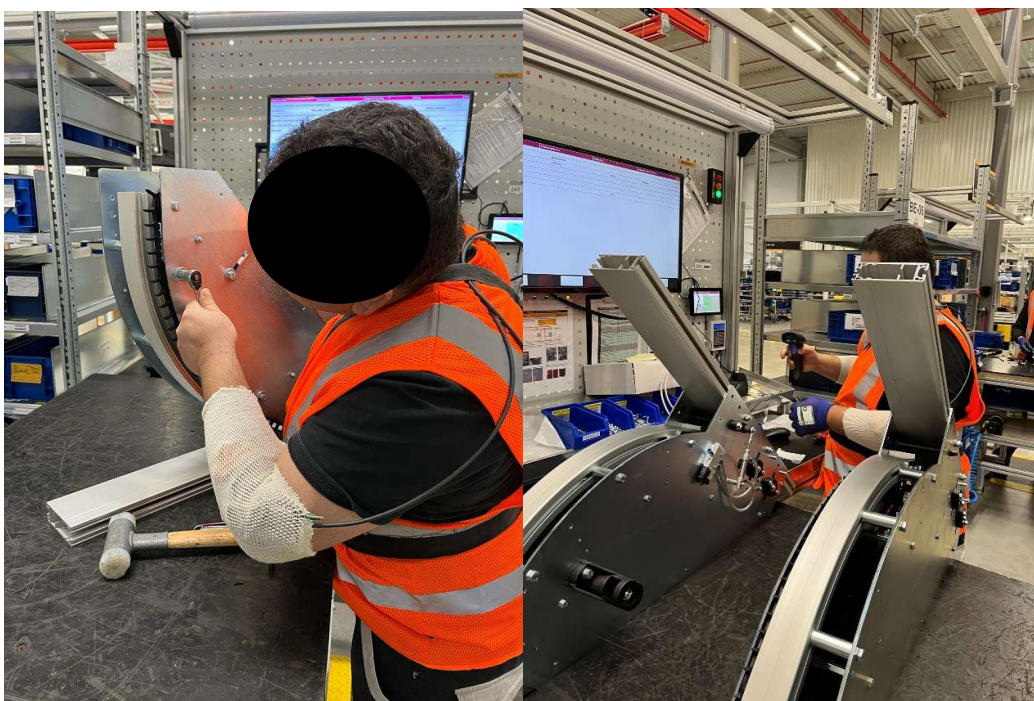
Na dalším pracovišti probíhá montáž stěn dopravníků. Dále zde pracovník provádí lisování ložisek a celkové osazení dopravníku. Opět je zde potřeba zkontrolovat průchodnost drah dopravníku. Obdobně používá standardní nářadí jako na prvním pracovišti. Na tomto pracovišti pracovník manipuluje s výrobkem o váze 16,4 kilogramů. Pracovní cyklus má dobu trvání 25 minut.



Obrázek 5-3: Montážní pracoviště CL10 [autor]

### Pracoviště CL11

Na třetím pracovišti probíhá osazení zbytků částí dopravníku. Součástí je montáž pístů a senzorů. Pracovník zde dokončuje montážní práce a kontroluje také napnutí řemene. Nedílnou součástí je i opětovná kontrola průchodnosti drah dopravníku. V této fázi dopravník váží 21,1 kilogramů. Pracovní cyklus má dobu trvání 12 minut.

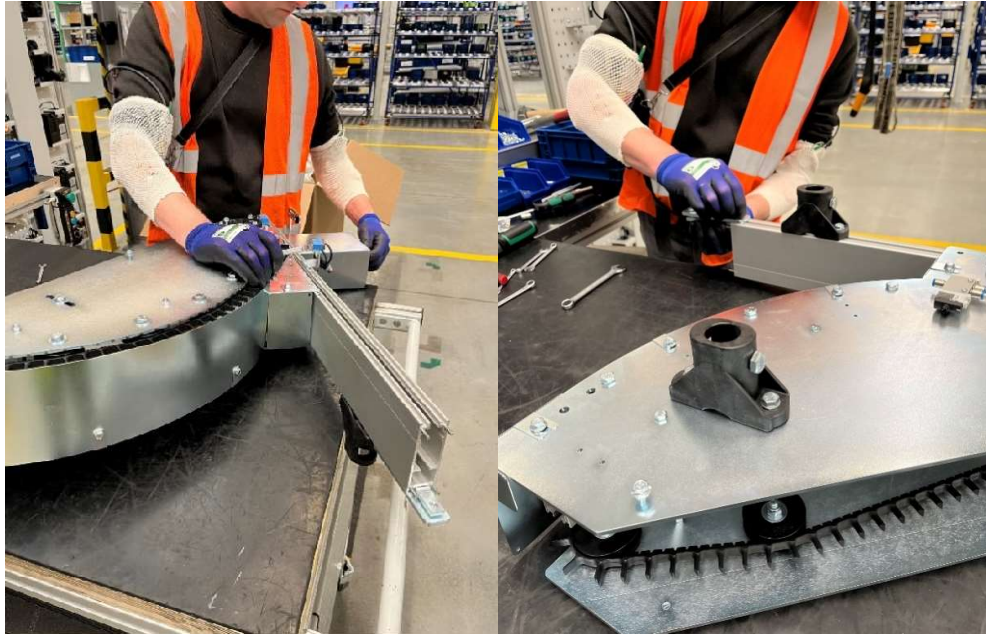


Obrázek 5-4: Montážní pracoviště CL11 [autor]



## Pracoviště CL12

Na posledním montážním pracovišti probíhá finální montáž včetně nýtování držáků. Probíhá zde finální dotažení spojovacích materiálů. V neposlední řadě probíhá montáž rolleru – tlačného kotouče. Dále je k dopravníku přibalen sáček s náhradními díly. Na tomto finálním pracovišti se používá standardní nářadí, a navíc je zde využívána nýtovací pistol. Před přemístění na kontrolní a balicí pracoviště má dopravník hmotnost 22,1 kilogramů. Pracovní cyklus má dobu trvání 25 minut.



Obrázek 5-5: Montážní pracoviště CL12 [autor]

## 6. Ergonomická analýza jednotlivých pracovních pozic

Jednotlivé pracovní pozice jsou podrobeny třem analýzám, které určí zařazení práce do jednotlivých kategorií. Jednou z analýz bude zhodnocení ruční manipulace s břemeny, kde se zjistí, zda nejsou pracovníci na jednotlivých pracovních pozicích přetížení. Podle výsledků se tak práce zařadí do kategorie v rámci celkové fyzické zátěže.

Druhou analýzou bude zhodnocení lokální svalové zátěže. Zde bude práce zařazena do kategorie podle hygienických limitů počtu pohybů svalů ruky a prstů v průměrné pracovní době a podle hygienických limitů  $F_{max}$  pro přípustné celosměnové hodnoty.

Třetí analýzou je tak zhodnocení pracovních poloh pracovníků. Pro analýzu pracovních poloh bude použit digitální software s nástrojem Tecnomatix s modulem Jack, kdy bude nejprve potřeba vymodelovat pracoviště a následně pomocí digitálního modelu člověka Jack vytvořit polohy, které se zdají být při práci kritické. Dále provést analýzu RULA a zhodnotit pracovní polohy podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Pro analýzu pracovních poloh je platné pouze hodnocení podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb..

Podstatou zhodnocení jednotlivých pracovišť z hlediska hodnocení ruční manipulace s břemeny a lokální svalové zátěže a pracovních poloh je v případě zařazení práce do 3. kategorie navrhnout vhodné opatření pro eliminaci nepříznivých podmínek při práci, které negativně ovlivňují práci. V případě zařazení práce do 3. kategorie budou navrženy technické a organizační opatření.

### 6.1 Analýza pracoviště CL09

Pro ergonomické hodnocení pracoviště byl vybrán dostatečně zaučený pracovník, který na této pozici pracuje již 12 měsíců. Pro analýzu je pozorován pouze jeden pracovník, jelikož na tomto pracovišti nedochází ke střídání pracovníků. Pracovní cyklus činí 20 minut a výrobní norma je 18 kusů za osmihodinovou pracovní směnu, která trvá 450 minut. Nejprve je provedeno měření lokální svalové zátěže a jeho vyhodnocení. Při měření byl pořízen videozáznam pro propojení s křivkami, které jsou zaznamenávány v průběhu měření pomocí EMG Holteru. Zároveň tento záznam slouží i pro rozbor pracovních poloh a jejich modelování v programu Tecnomatix Jack. Záznam je využit i pro pozorování manipulace s břemeny, kde pracovník manipuluje s výrobkem o hmotnosti 5 kilogramů.

#### 6.1.1 Hodnocení lokální svalové zátěže

V prvotní fázi bylo potřeba nastavit měřicí přístroj EMG Holter a připojit elektrody na pracovníka. Důležité je také seznámení pracovníka s průběhem měření. Byl použit standardní postup měření lokální svalové zátěže pomocí EMG Holteru. Měření probíhalo 20 minut, při kterém byl smontován jeden výrobek.

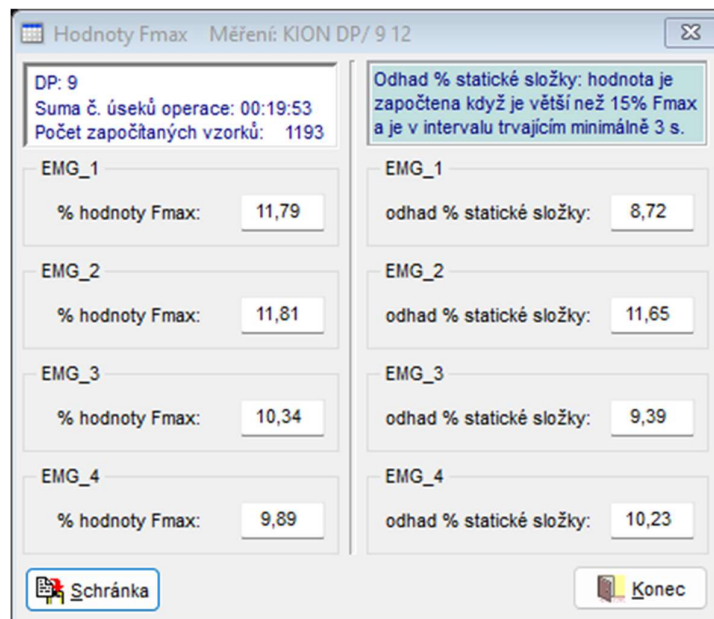
Tabulka 6-1: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL09 [autor]

Profese	Dominantní horní končetina	Věk	Výška	Váha
Montáž CL09	Pravá	43	185 cm	86 kg

#### Průměrné hodnoty $F_{max}$

Náplň práce je v tomto případě staticko-dynamická s převahou dynamické složky, což nás informuje o tom, že průměrné hodnoty  $F_{max}$  nemohou být vyšší než 30 %. Program pro hodnocení EMG měření vypočítá průměr hodnot měření a získá čísla potřebná pro

vyhodnocení. Tato čísla je třeba přepočítat také s použitím průměrné pracovní doby (450 minut) a se započtením bezpečnostních přestávek, které představují 5 % Fmax.



Obrázek 6-1: Naměřené hodnoty Fmax – CL09 [autor]

U extenzorů svalové skupiny pravého předloktí činí průměrné hodnoty Fmax 11,79 % Fmax a u levého předloktí 10,34 % Fmax. U flexorů svalové skupiny pravého předloktí jsou naměřeny hodnoty Fmax 11,81 % a u levého předloktí 9,89 % Fmax. Z této analýzy je patrné, že průměrné hodnoty Fmax svalových skupin levého a pravého předloktí nepřekračují ani se nepřibližují k maximální povolené hodnotě 30 % při staticko-dynamické práci s převahou dynamické složky.

### Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil

Výsledky frekvenční analýzy jsou dalšími hodnotami k hodnocení lokální svalové zátěže. Klíčovými hodnotami v této části jsou hodnoty mezi 57 % a 70 % Fmax, které nemohou být překročeny 600krát během typické osmihodinové pracovní směny. Z tabulky lze vyčíst, že při práci nedochází k vynakládání velkých svalových sil a nebyl tak překročen limit výskytu 600x za směnu. Výsledkem je, že měřené svalové skupiny nepřekračují hygienické limity dané vládním nařízením a výše výskytu velkých svalových sil je tak v normě.

V tabulce frekvenční analýzy je důležité zaznamenat případy nadlimitních svalových sil, mezi které patří ty, které jsou větší než 70 % Fmax. Zde je důležité vyhodnotit, zda tyto síly souvisejí s každodenním aspektem práce a jsou tak nedílnou součástí pracovních činností. Na pracovišti CL09 jsou nadlimitní svalové síly (ty nad 70 %) přerušované a vyskytují se ojediněle. Obě skupiny flexorů a extenzorů pravé i levé horní končetiny vykazují tyto sporadické nadměrné síly nad 70 % Fmax v menším množství.

Frekvenční analýza Měření KION DP/ 9 12

Měření: KION DP/ 9 12 OPERACE: DP 9 - Souhrnná délka: 00:19:53 Počet vzorků: 1193

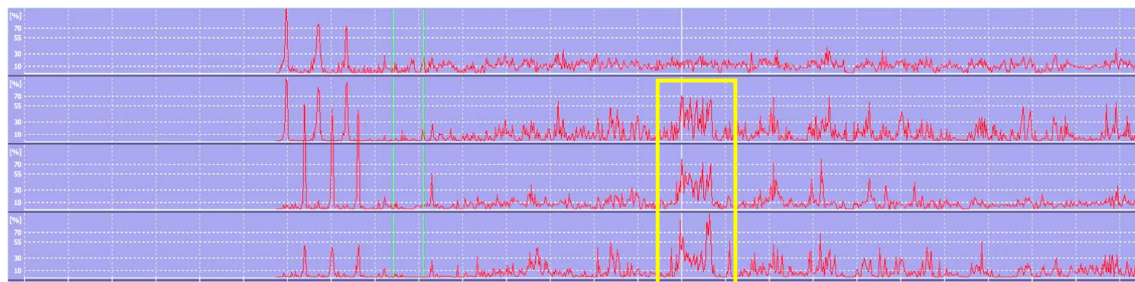
	EMG_1			EMG_2			EMG_3			EMG_4		
	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas	%	Počet	Poč./čas
0 - 5	12,57	150	3395	42,58	508	11497	30,09	359	8125	45,18	539	12199
0 - 10	39,90	476	10773	60,85	726	16431	64,79	773	17495	65,38	780	17653
0 - 15	73,34	875	19803	72,51	865	19577	83,07	991	22428	78,21	933	21116
0 - 20	90,61	1081	24465	80,05	955	21614	89,86	1072	24262	85,75	1023	23153
0 - 25	97,57	1164	26344	85,33	1018	23039	93,29	1113	25189	90,36	1078	24397
0 - 30	99,16	1183	26774	90,44	1079	24420	94,97	1133	25642	93,71	1118	25303
0 - 35	99,58	1188	26887	93,38	1114	25212	95,81	1143	25868	95,73	1142	25846
0 - 40	99,92	1192	26977	95,14	1135	25687	96,73	1154	26117	97,07	1158	26208
0 - 45	100,00	1193	27000	96,40	1150	26027	98,16	1171	26502	98,16	1171	26502
0 - 50	100,00	1193	27000	97,57	1164	26344	98,74	1178	26661	98,74	1178	26661
0 - 55	100,00	1193	27000	97,90	1168	26434	99,08	1182	26751	98,91	1180	26706
55 - 70	0,00	0	0	1,68	20	453	0,50	6	136	0,59	7	158
> 70	0,00	0	0	0,42	5	113	0,42	5	113	0,50	6	136
Nový úkol 1:	19,73	19,73	450	19,73	19,73	450	19,73	19,73	450	19,73	19,73	450

Volby tabulky: 450 Čas přepočtu (min)  
Způsob zobrazení údajů:  Kumulativní součty  Absolutní hodnoty  
Zobrazit sloupce:  Procenta  Počet  Počet za čas přepočtu  Hodnoty času v patičce

Obrázek 6-2: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL09 [autor]

Po rozboru videa a propojených křivek z měření bylo zjištěno, že pracovník používá nadlimitní svalové síly nad 70 % Fmax při používání kladiva. V této pracovní činnosti pracovník využívá nadlimitní pracovní síly pravou končetinou na přitlučení dvou částí dopravníku k sobě. Levou horní končetinu používá pracovník jako lidský upínák a tlačí tak proti síle kladiva. Tímto vynakládá opět nadlimitní svalové síly (viz. a nedodržují se tak stanovené hygienické limity. V tomto případě se tedy jedná o pravidelnou činnost a z tohoto důvodu by mělo být pracoviště zařazeno do 3. kategorie.





Obrázek 6-3: Analýza nadlimitních svalových sil – CL09 [autor]

### Stanovení počtu pohybů horních končetin

Počet celosměnových jednostranných pohybů horní končetiny slouží k výpočtu lokální svalové zátěže v závislosti na frekvenci pohybů. Během měření byl také vyroben videozáznam, který byl následně analyzován a porovnán s křivkami naměřenými EMG Holterem. Toto spojení nám napomůže zjistit, při jaké činnosti bylo naměřeno nadměrné svalové zatížení, a případně nám pomůže spočítat počet pohybů horní končetiny pomocí zpomalení záznamu. Spočítaný počet pohybů pravé a levé horní končetiny zvlášť se pak musí přepočítat pomocí standardního počtu kusů za průměrnou pracovní dobu (v tomto případě 18 kusů za směnu).

Během standardní pracovní osmihodinové směny se hodnota celosměnového počtu jednostranných pohybů pravé horní končetiny pohybuje kolem **16 614 pohybů/směnu**, a to odpovídá 923 pohybů/kus. U levé horní končetiny se hodnota počtu pohybů okolo **8 136 pohybů/směnu**, a to odpovídá 452 pohybů/kus.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje průměrné hygienické limity pro počet pohybů horní končetiny za typickou osmihodinovou směnu. Při posuzování a porovnávání s předem stanovenými hodnotami pro maximální počet pohybů za osmihodinovou směnu se využívá naměřená hodnota  $F_{max}$ . V podkapitole 3.2.2 *Lokální svalová zátěž* jsou uvedeny hodnoty, které se používají pro hodnocení lokální svalové zátěže z hlediska počtu pohybů. Z údajů v tabulce lze vyčíst, že s rostoucí hodnotou %  $F_{max}$  klesá maximální limitní počet pohybů povolených během standardní osmihodinové směny.

Pro vyhodnocení se tedy použijí naměřené maximální svalové síly  $F_{max}$ . V tabulce 6-2: *Hygienické limity pro počty pohybů* se podle našich hodnot  $F_{max}$  vybere přiřazený maximální počet pohybů za osmihodinovou směnu a porovná se s našimi naměřenými počty pohybů. Průměrné hygienické limity pro počty pohybů jsou stanoveny pro hodnocené  $F_{max}$  (maximální svalové síly) extenzorů a flexorů levé a pravé ruky pro pracoviště CL09 takto:

Tabulka 6-2: Hygienické limity pro počty pohybů – CL09 [autor]

	% $F_{max}$	Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu
EMG 1	11,79 (12)	16 700
EMG 2	11,81 (12)	16 700
EMG 3	10,34 (10)	19 800
EMG 4	9,89 (10)	19 800

Pokud je hodnota  $F_{max}$  desetinné číslo, výsledek se zaokrouhlí na nejbližší celé číslo. Například pro vypočtenou hodnotu  $F_{max}$  pro extenzor pravé ruky 11,79 %  $F_{max}$  zaokrouhlí

na vyšší hodnotu v tabulce, která je 12 %  $F_{max}$ , přičemž během osmihodinové směny je povoleno maximálně 16 700 pohybů. Naproti tomu vypočtená hodnota  $F_{max}$  pro extenzor levé ruky je 10,34 %  $F_{max}$  a je zaokrouhlena dolů na 10 %  $F_{max}$ , což znamená, že za osmihodinovou směnu je povoleno maximálně 19 800 pohybů.

Výsledkem analýzy počtu pohybů je, že celosměnový počet jednostranných pohybů pravé i levé horní končetiny pracoviště CL09 s ohledem na  $F_{max}$  splňují hygienické limity u všech sledovaných skupin svalů. Pravá horní končetina se hraničně k hygienickému limitu 16 700 počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu přibližuje, ale stále je v toleranci.

### Výsledky analýzy lokální svalové zátěže

Vynakládané procentuální maximální svalové síly  $F_{max}$  jsou v mezích pro extenzory i flexory pravé i levé ruku v rámci průměrné osmihodinové směně. Při měření nebyla překročena hodnota výskytu 600x pro velké svalové síly (55-70 %  $F_{max}$ ). K nadměrným svalovým silám (nad 70 %  $F_{max}$ ) docházelo občasně. Po důkladném přezkoumání videozáznamu, který byl pořízen v průběhu pracovní činnosti a později propojen s EMG křivkami, se dospělo k závěru, že nadměrné vynaložené síly jsou součástí typické pracovní činnosti – práce s kladivem. U všech sledovaných skupin svalů byl celkový počet jednostranných pohybů horní končetiny vyhodnocen pozitivně a nebyl tak překročen hygienický limit.

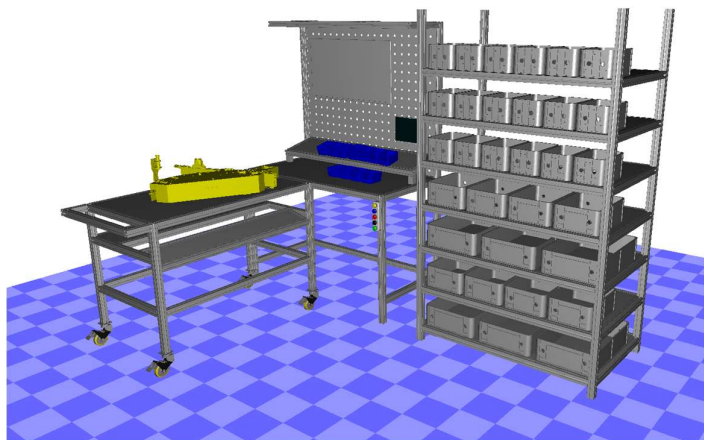
Z důvodu výskytu nadlimitních svalových sil nad 70 %  $F_{max}$  je práce zařazena do 3. kategorie, v další fázi bude navrženo opatření.

#### 6.1.2 Hodnocení pracovních poloh

Tato podkapitola se bude věnovat hodnocením pracovních poloh u pracoviště CL09. Pracovních polohy jsou vyhodnoceny v první řadě podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. Polohy jsou při hodnocení zařazeny do přijatelných, podmíněně přijatelných či nepřijatelných. Dále je zde uplatněna i metoda RULA, která sice není v rámci České republiky platným měřítkem hodnocení, ale je dobré vědět její výsledky. U metody RULA je pracovní poloha ohodnocena pomocí tzv. skóre. Bodově ohodnoceny jsou polohy horních končetin, trupu a nohou. Celkové skóre potom zařadí práci do:

- 1. kategorie: skóre 1-2, kdy není potřeba provádět na pracovišti změny.
- 2. kategorie: skóre 3-4, kdy je možné provádět změny, jelikož se jedná o lehce rizikovou práci.
- 3. kategorie: skóre 5-6, kdy je velice žádoucí provést změny ke zlepšení pracovní pozice.
- 4. kategorie: skóre 7, kdy je nutná okamžitá změna pracoviště.

Před úplným začátkem analýzy pracovních poloh bylo nejprve potřeba vymodelovat pracoviště podle skutečných parametrů (viz. Obrázek 6-4: Model pracoviště ).



Obrázek 6-4: Model pracoviště [autor]

Pro ergonomickou analýzu byly využity modely člověka Jack mužského pohlaví v 5., 50. a 90. percentilu. Analýze jsou podrobeny všechny tři percentily, jelikož tím lze dosáhnout přesnějšího hodnocení pracoviště. Jak lze vyčíst z tabulky, jednotlivé percentily mají široký intervaly výšky a šířky modelu člověka, a tím lze podchytit nepříjemné pracovní polohy ve všech možných variantách.

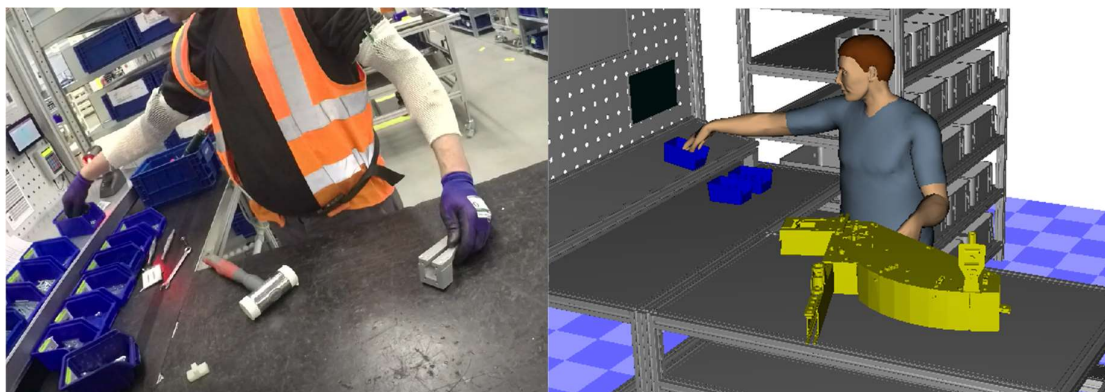
Tabulka 6-3: Charakteristika populace [autor]

Pohlaví	Percentil	Výška	Váha
Muž	5	165 cm	63,5 kg
	50	175 cm	79 kg
	95	195 cm	100 kg

Při pozorování videozáznamu byly vybrány kritické polohy, při kterých pravděpodobně dochází k překročení daných hygienických limitů nařízením vlády č. 361/2007 Sb.. Jedná se o tři vybrané polohy, které jsou podrobené analýze pracovních poloh.

#### 6.1.2.1 Poloha č. 1 – Výběr komponent ze zásobníků

Z montážního pracoviště CL09 byla vybrána poloha, při které pracovník vybírá pravou horní končetinou komponenty z připravených zásobníků na pracovním stole. Pro analýzu je vybraná poloha, kdy se již pracovník musí lehce natočit trupem, aby na vzdálenější zásobník dosáhl. Levou horní končetinou pracovník přidržuje výrobek pro další proces montáže – poloha levé horní končetiny není předmětem zkoumání. Pracovní činnosti jsou na tomto pracovišti prováděny vždy vestoje. Proces výběru komponent ze zásobníků trvá přibližně 3 sekundy a je opakovaný celkem 216x za celou osmihodinovou směnu. Na obrázku níže je zobrazena skutečná poloha a poloha vymodelovaná výběr komponent ze zásobníku.

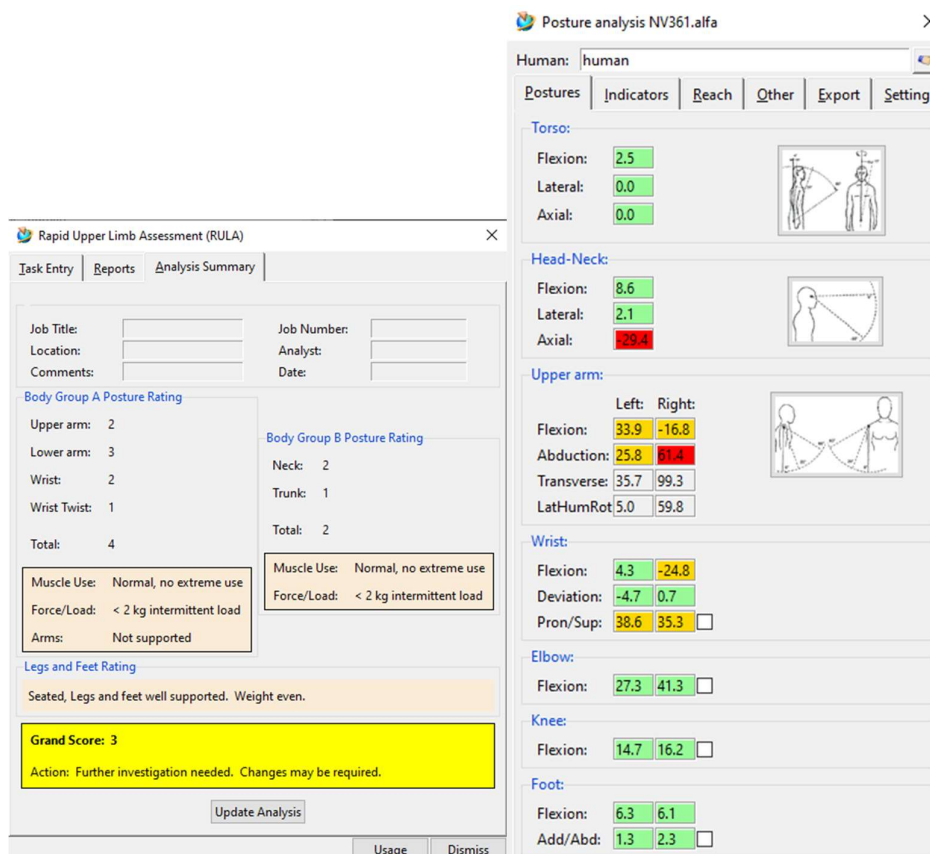


Obrázek 6-5: CL09 – Poloha č. 1 – Výběr komponent ze zásobníků [autor]

Jako první byl vytvořen model polohy pro pracovníka s 50. percentilem. Po vytvoření modelové situace jsou spuštěny analýzy. Nejprve analýza RULA, která pracovní polohu pro 50. percentil ohodnotila celkovým skóre 3 (viz Obrázek 6-6: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády). Výsledkem je zařazení pracovní polohy pro tuto analýzu do 2. kategorie. Pracovní činnost je tedy podle metody RULA lehce rizikové, ale není potřebné navrhovat změny ke zlepšení pracovních podmínek.

Druhým hodnocením se tak stává hodnocení pracovní polohy podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. Z analýzy je patrné, že zde dochází k výskytům nepříjemných poloh (znázorněny červenou barvou) pro hlavu-krk v axiálním směru a pravou horní končetinu z hlediska abdukce (pohybu od těla). Žlutou barvou jsou na obrázku vyhodnoceny polohy jako podmíněně přijatelné například u levé i pravé horní končetiny u flexe a také u zkoumaného pravého zápěstí.





Obrázek 6-6: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Jako další byly vytvořeny modely poloh pro pracovníka s 5. a 95. percentilem. Tyto polohy pro hraniční percentily byly podrobeny analýzám. U hodnocení pracovní polohy v rámci metody RULA nedošlo ke změnám a pracovní polohy byly opět bodově ohodnoceny číslem 3.

V rámci hodnocení pracovní polohy podle nařízení vlády se v analýze objevují odlišné hodnoty pro 50., 95. a 5. percentil. Pro 95. percentil nastala změna u abdukce levé horní končetiny, kdy se z nepřijatelné polohy stala podmíněně přijatelná. Stále se zde ale nachází podmíněně přijatelná poloha pro polohu hlavy. Pro 5. percentil došlo naopak ke zvětšení úhlu abdukce a flexe u pravé horní končetiny a poloha tak zůstává v nepřijatelných. Je zde změna i u polohy lokte, který se již u tohoto menšího percentilu dostává do podmíněně přijatelných poloh. Výsledné hodnocení pracovní polohy podle nařízení vlády je na Obrázek 6-7: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády .



Obrázek 6-7: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové vyhodnocení pracovní polohy

V rámci první analyzované pracovní polohy pracovník vybírá komponenty z připravených zásobníků na pracovním stole. Pro analýzu byl vybrán nejvzdálenější zásobník pro zkoumání časté a kritické polohy pracovníka. V rámci všech analyzovaných percentilů – 5., 50. a 95. percentil – dochází k výskytu nepříjemných pracovních poloh. Nejproblematictější se z výsledků zdá axiální naklonění hlavy, který se objevuje ve všech percentilech. Dále zde z výsledků vyčíst, že dochází k nepříjemným polohám při zvedání pravé ruky do zásobníku, který je vysoko položený. Pracovník v této poloze tráví okolo 11 minut za osmihodinovou pracovní směnu, a proto nejsou překračovány dané hygienické limity.

### 6.1.2.2 Poloha č. 2 – Uchopení výrobku z regálu

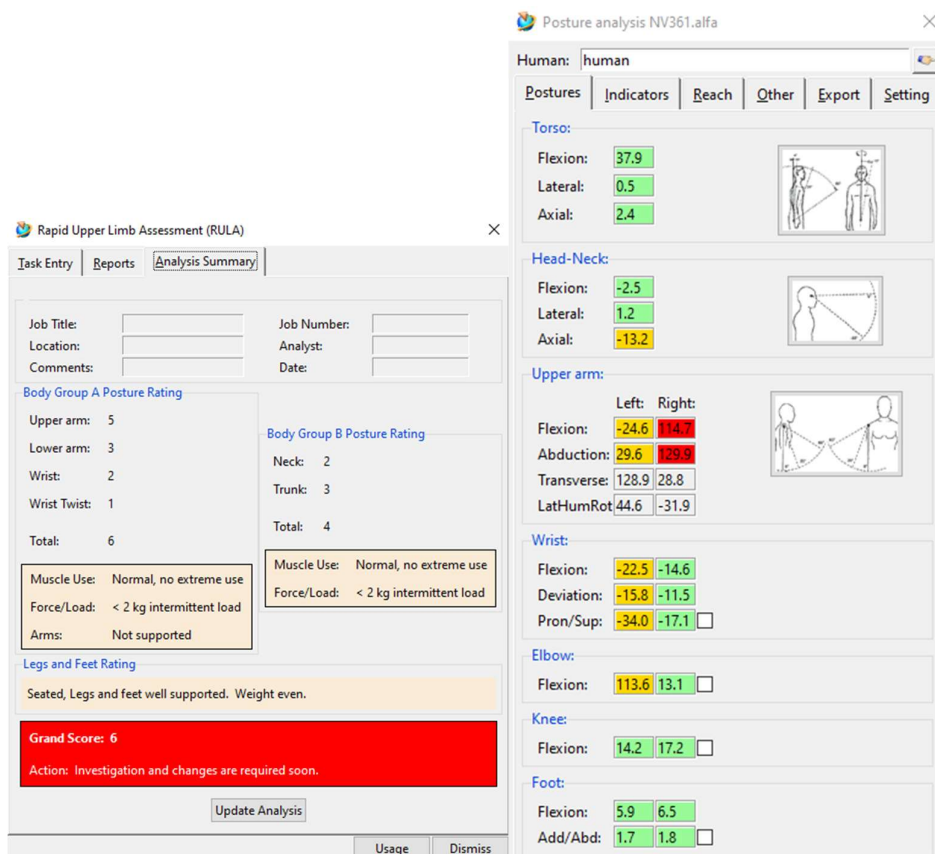
Jako druhá kritická poloha byla u pracovníka na pracovišti CL09 vybraná na základě pozorování pracovní činnosti. Jedná se o polohu, kdy pracovník nahnutý přes pracovní stůl uchopí výrobek z regálu a přendá ho na pracovní stůl. Tato poloha nahnutí přes stůl a uchopení výrobků ze vzdáleného regálu byla vyhodnocena jako kritická, a proto je potřeba ji zanalyzovat a vyhodnotit. U této polohy je předmětem zkoumání především pravá horní končetina. Pracovní činnosti jsou na tomto pracovišti prováděny vždy vestoje. Proces výběru komponent ze zásobníků trvá přibližně 4 sekundy a je opakovaný celkem 36x za pracovní směnu. Na obrázku níže je zobrazena skutečná poloha a poloha vymodelovaná výběr komponent ze zásobníku.



Obrázek 6-8: CL09 – Poloha č. 2 – Uchopení výrobku z regálu [autor]

Po modelování pracovní polohy pro 50. percentil proběhlo vyhodnocení. V první řadě je vyhodnocena pracovní poloha pomocí metody RULA. Po vyhodnocení bylo zjištěno, že pracovní poloha byla ohodnocena celkovým skórem 6 body. V rámci vyhodnocení metody RULA je práce zařazena do 3. kategorie a je tudíž velice žádoucí provést změny ke zlepšení pracovní pozice. Výsledky jsou zobrazeny na Obrázek 6-9: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády .

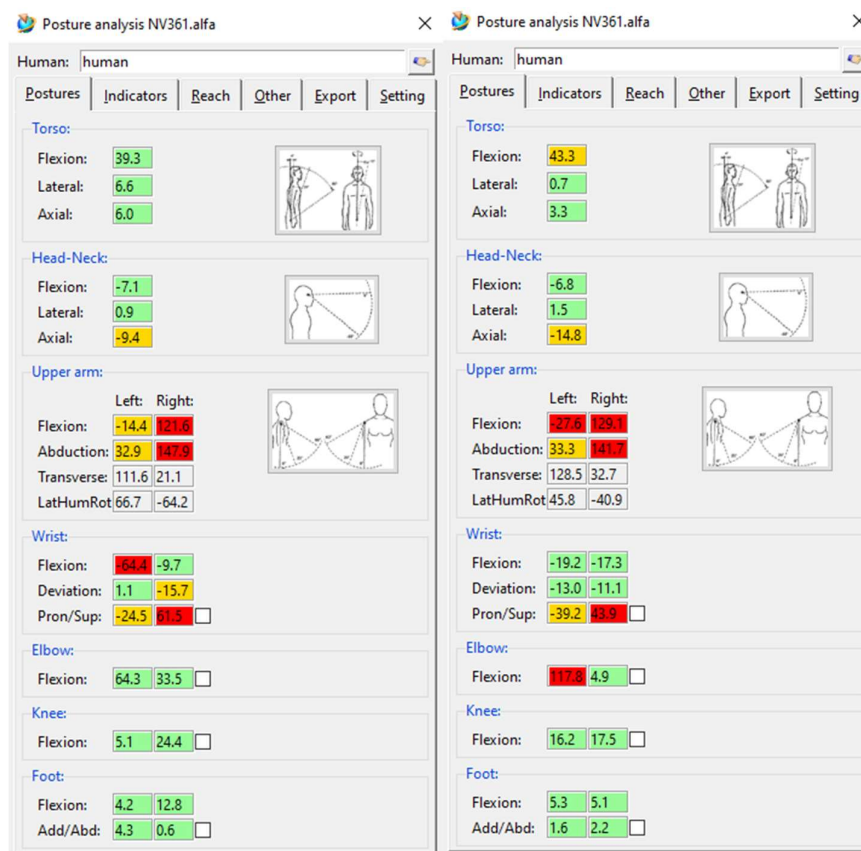
V České republice je potřeba zařadit práci do kategorie podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. Pro 50. percentil jsou hodnoty pro flexi a abdukcí pravé horní končetiny velmi vysoké. Tyto hodnoty řadí pracovní polohu do nepříjemných a jsou označeny červenou barvou. Levá horní končetina se nachází v podmíněně přijatelných hodnotách, ale tyto hodnoty nejsou předmětem zkoumání.



Obrázek 6-9: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Pro další analýzu byla vytvořena modelová situace pracovní polohy pro 5. a 95. percentil. V rámci hodnocení metodou RULA byla tato poloha ohodnocena 6 celkovými body pro 95. percentil a pro 5. percentil 7 body. Výsledkem tedy je, že práce je kvůli této nepříznivé poloze zařazena do 3. kategorie pro percentil 95. a pro 5. percentil do 4. kategorie, kdy je nutná okamžitá změna pracoviště pro zlepšení podmínek při práci.

Pracovní poloha č. 2 je vyhodnocena i podle Nařízení vlády. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny na Obrázek 6-10: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády. Z analýzy pravého nadloktí jsou opět zaznamenány červené hodnoty, které jsou pro práci nepřijatelné. Hodnoty jsou velice vysoké, jak hodnoty flexe, tak i abdukce. Jsou zde zaznamenány i nepřijatelné hodnoty pro zápěstí. Z analýz lze vyčíst, že se zde nachází i podmíněně přijatelný i nepřijatelný hodnoty pro levou horní končetinu. V této poloze ale není levá ruka předmětem zkoumání, proto na ně nebude brán zřetel. Při modelování polohy 5. percentilu pracovník nedosáhl přes stůl do regálu pro výrobek.



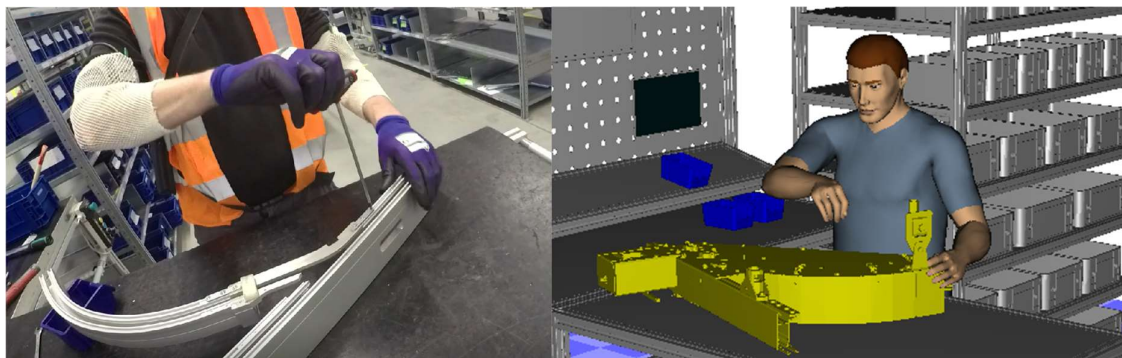
Obrázek 6-10: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové vyhodnocení pracovní polohy

V rámci druhé analyzované pracovní polohy se pracovník naklání přes stůl do regálu pro výrobek. V rámci všech analyzovaných percentilů – 5., 50. a 95. percentil – dochází k výskytu nepřijatelných pracovních poloh. Nejproblematictější se z výsledků zdá flexe a abdukce pravé horní končetiny. Problém nastal při modelování 5. percentilu, jelikož poloha pracovníka nešla namodelovat tak, aby do regálu přes stůl dosáhl. Pracovník v této poloze tráví okolo 2,5 minut za osmihodinovou pracovní směnu, a proto zde nedochází k překročení hygienických limitů.

### 6.1.2.3 Poloha č. 3 – Utažení šroubku šroubovákem s T rukojetí

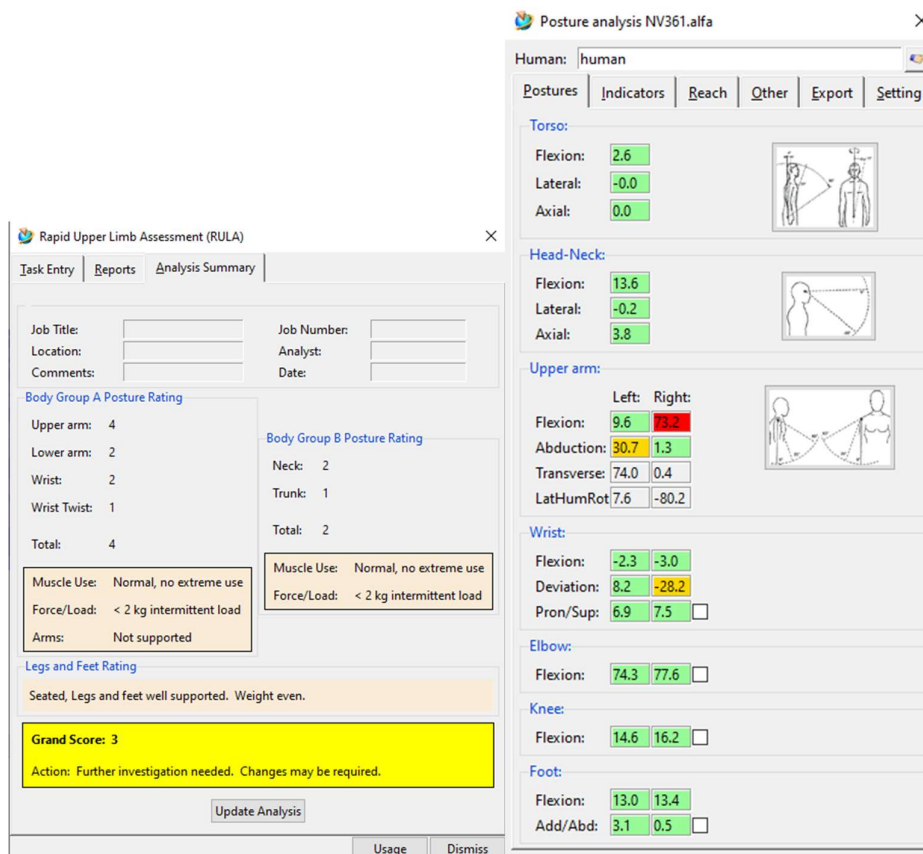
Pro analýzu byla vybraná třetí pozice, kdy pracovník utahuje šroubky pomocí šroubováku s T rukojetí. Tato pozice byla odpozorovaná jako kritická z hlediska zvednutého pravého nadloktí. Levou horní končetinou pracovník přidržuje výrobek při utažení šroubků. Pracovní činnost je prováděna vždy ve stoje. Tato poloha je v následujících krocích podrobena analýze RULA a analýze vyhodnocení podle nařízení vlády. Pracovník stráví v této poloze při utažení šroubku pomocí šroubováku přibližně 3 až 6 sekund a pracovní činnost se opakuje 432x za osmihodinovou směnu. Na obrázku níže je zobrazena skutečná poloha, podle které byla namodelovaná poloha v softwaru Tecnomatix Jack.



Obrázek 6-11: CL09 – Poloha č. 3 - Utažení šroubků šroubovákem s T rukojetí [autor]

V první fázi probíhalo namodelování třetí vybrané pracovní polohy pro 50. percentil. Dále byly spuštěny analýzy pro vyhodnocení polohy. Jako první byla poloha podrobena analýze RULA, která ohodnotila pracoviště celkovým skóre 3. Nejvyšším skóre je ohodnoceno nadloktí, který pracovník musí zvednout do výšky pro uchopení T rukojeti šroubováku. Tato poloha práci řadí do 2. kategorie a jedná se tím o lehce rizikovou.

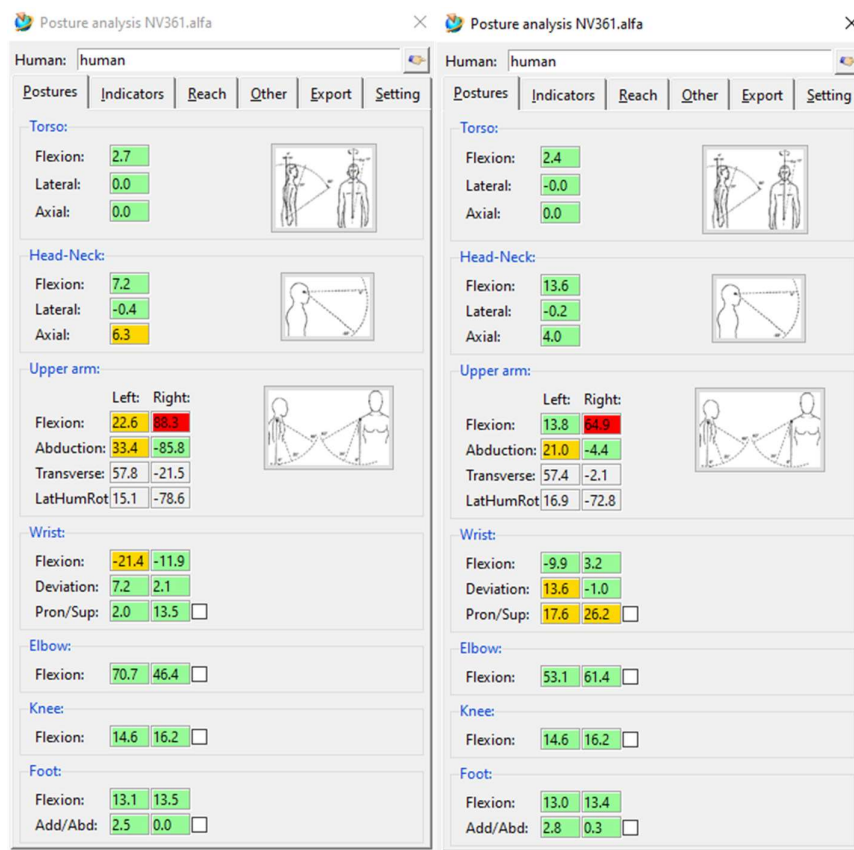
Druhé hodnocení proběhlo pomocí Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. V rámci hodnocení jsou z tabulky vyzorovány červené hodnoty polohy nadloktí. Tato poloha nadloktí je tady vyhodnocena jako nepřijatelná. Jako další jsou zde zobrazeny i žluté hodnoty pro abdukci levé horní končetiny a u zápěstí pravé ruky. Hodnoty pro oblast trupu, krku, loktů a ostatních částí jsou v rámci hodnocení označeny zeleně a jsou tak přijatelné. Výsledné hodnocení metody RULA a Nařízení vlády jsou pro 50. percentil zobrazeny na Obrázek 6-12: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády .



Obrázek 6-12: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Pro úplné vyhodnocení je potřeba zanalyzovat třetí polohu i z hlediska 5. a 95. percentilu. Po namodelování polohy pro nižší i vyšší percentil byla provedena analýza RULA. Oba percentily byly ohodnoceny celkovým skóre 3, stejným jako pro 50. percentil. V rámci hodnocení RULA je tedy pracoviště označeno jako lehce kritické a změny jsou pouze doporučené.

Důležitější je však hodnocení podle Nařízení vlády, jejichž výsledky jsou zobrazeny na Obrázek 6-13: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády . Tyto hodnoty se týkají hodnocení třetí polohy pro 5. i 95. percentil. Z analýzy pravého nadloktí jsou i pro další dva percentily zaznamenány červené hodnoty. Dochází tedy i zde k výskytu nepřijatelných poloh. Jsou zde zaznamenány hodnoty podmíněně přijatelných poloh pro 95. percentil zápěstí levé i pravé ruky, dále pro abdukci levého nadloktí. U 5. nižšího percentilu se zde objevují podmíněně přijatelné polohy v rámci oblasti levého nadloktí, zápěstí i dokonce hlavy v axiálním směru.



Obrázek 6-13: CL09 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové vyhodnocení pracovní polohy

Byly provedeny analýzy pro 5., 50. a 95. percentil pracovní pozice, kdy pracovník utahuje šroubky pomocí T šroubováku. Nejvíce rizikovou oblastí se v rámci hodnocení pracovní polohy č. 3 zdá pravé nadloktí. Pracovník v poloze musí zvednout pravou ruku do úrovně úchopu T rukojeti šroubováku. Dále se zdá problematickým úchop výrobku levou horní končetinou, kterou pracovník přidržuje výrobek. Nacházejí se zde podmíněně přijatelné hodnoty pro držení zápěstí i nadloktí. Pracovní pozice se při výrobě dopravníku často opakuje a pracovník v ní celkově stráví necelých 29 minut v osmihodinové směně. Čas strávený v této poloze se limitně blíží k maximální době 30 minut, kterou stanovuje nařízení vlády pro nepřijatelnou polohu. Nabízí se zde provést změny v pracovní činnosti, aby zde došlo ke zlepšení pracovní polohy.

### 6.1.3 Ruční manipulace s břemeny

V této analýze je podle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. 361 vyhodnocena ruční manipulace s břemeny. U pracovníka dochází k občasně manipulaci s výrobkem během montáže a také po ukončení montáže probíhá ruční přesunutí výrobku na další pozici. Na této pracovní pozici CL09 je výrobek o hmotnosti 5 kilogramů. Již podle analýzy a vyhodnocení lokální svalové zátěže je patrné, že na tomto pracovišti nedochází k vynakládání velkých či nadlimitních pracovních sil v rámci manipulace s výrobkem. Na prvním montážním pracovišti se jedná o lehký výrobek (5 kilogramů).

Při posuzování ruční manipulace s břemeny je potřeba vzít v úvahu:

- věk a pohlaví,

- fyzická kondice a zdravotní stav,
- vertikální a horizontální vzdálenost manipulace s břemeny,
- frekvence manipulace s břemeny,
- pracovní poloha při manipulaci,
- tvar manipulovaného břemena a možnosti jeho úchopu,
- Pracovní podmínky.

V rámci analýzy pracoviště bylo zpozorováno, že pracovník dodržuje zásady správné manipulace s břemeny. Při manipulaci pracovník drží těžnici břemena co nejbliže u sebe. Uchopení břemene je pevné a bezpečné a pracovník používá celé dlaně.

Pracovník na pozici CL09 manipuluje s výrobkem při ručním přenosu na další pracovní pozici. Výrobní norma pro osmihodinovou pracovní směnu je na tomto pracovišti 18 kusů za směnu a váha jednoho výrobku je 5 kilogramů.

Z videozáznamu byl spočítán počet manipulací během pracovního procesu. Pracovník za montáž jednoho výrobku manipuloval s břemenem 5x. V tabulce níže jsou vypočtené celkové hodnoty manipulací s břemeny pro pracoviště CL09.

Tabulka 6-4: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL09 [autor]

Sledovaná hodnota	Skutečná váha	Limity pro manipulaci s břemeny	Ve směně
Váha manipulovaného břemene	5 kg	30 kg	Vyhovuje
Kumulativní hmotnost za směnu	115 kg	10 000 kg	Vyhovuje

## 6.2 Analýza pracoviště CL10

Zaměstnanec, který je dostatečně zaškolen a na své současné pozici pracuje již 10 měsíců, byl vybrán, aby podstoupil ergonomickou analýzu pracoviště CL10. Pro analýzu byl pozorován jeden pracovník. Pracovní cyklus trvá 25 minut a výrobní norma pro osmihodinovou pracovní směnu trvající 450 minut, je 18 kusů. Zpočátku byla změřena a vyhodnocena lokální svalová zátěž. Během tohoto měření byl pořízen videozáznam, který byl synchronizován s křivkami zaznamenanými přístrojem EMG Holter během měření. Kromě toho byl stejný videozáznam využit k analýze poloh pracovníka a jejich modelování pomocí softwaru Tecnomatix Jack. Kromě toho byl záznam použit také k pozorování manipulace pracovníka s břemeny, zejména s 16,4 kilogramovým výrobkem.

### 6.2.1 Hodnocení lokální svalové zátěže

V první fázi bylo potřeba nainstalovat EMG Holter a připojit elektrody k zaměstnanci. Kromě toho bylo zásadní seznámit pracovníka s procesem měření. Měření trvalo 25 minut, během kterých pracovník smontoval jeden výrobek.

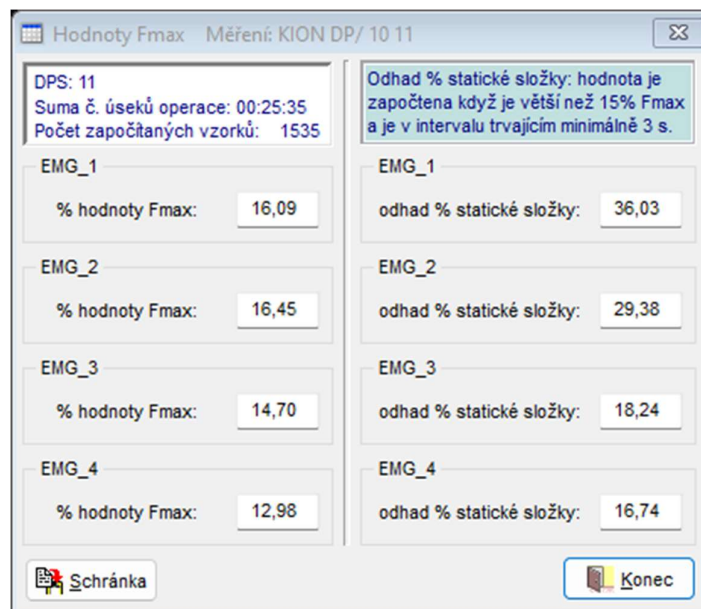
Tabulka 6-5: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL10 [autor]

Profese	Dominantní horní končetina	Věk	Výška	Váha
Montáž CL10	Pravá	40	188 cm	95 kg



## Průměrné hodnoty Fmax

Povaha zátěže je v tomto případě charakterizována převážně jako staticko-dynamická s převahou dynamické složky, to znamená, že průměrné hodnoty Fmax nesmí překročit 30 %. Pro vyhodnocení měření získaných z programu EMG se vypočítá průměr hodnot, který poskytuje potřebné údaje pro vyhodnocení. Tyto výsledky je třeba upravit tak, aby se zohlednily bezpečnostní přestávky, které představují 5 % Fmax, a přepočítat je pomocí průměrné pracovní doby 450 minut.



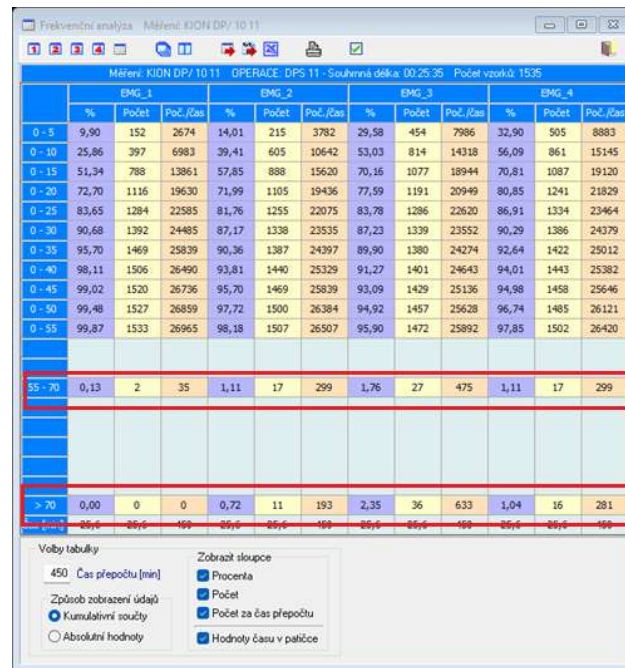
Obrázek 6-14: Naměřené hodnoty Fmax – CL10 [autor]

Průměrné hodnoty Fmax u extenzorů svalové skupiny pro pravou horní končetinu jsou 10,79 % Fmax a pro levou 10,29 % Fmax. U flexorů svalové skupiny na pravé horní končetině jsou naměřeny hodnoty Fmax 8,88 % a na levé 9,38 % Fmax. Z této analýzy vyplývá, že průměrné hodnoty Fmax pro obě svalové skupiny pro pravou i levou horní končetinu nepřesahují a ani se nepřibližují k maximální povolené hodnotě 30 % při staticko-dynamické práci s převahou dynamické složky.

## Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil

Výsledky frekvenční analýzy jsou dalším ukazatelem pro hodnocení lokální svalové zátěže. Klíčové hodnoty v této části jsou mezi 55 % a 70 % Fmax, které by neměly být překročeny více než 600krát během typické osmihodinové pracovní směny. Z tabulky lze vyčíst, že v tomto případě nedochází k vynakládání vysoké svalové síly, a tak limit 600 výskytů za směnu nebyl překročen. Z toho vyplývá, že výskyt vysoké svalové síly je v normě a hygienické limity jsou splněny.

Tabulka frekvenční analýzy také uvádí síly, které překračují 70 % Fmax. Je důležité zjistit, zda tyto síly jsou běžnou součástí práce nebo nikoliv. V tomto konkrétním případě se nadlimitní svalové síly (nad 70 %) objevují a z videozáznamu je zřejmé, že jsou součástí pracovního procesu.



Obrázek 6-15: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL10 [autor]

Z videozáznamu bylo vypořizováno, že k užitím nadlimitních svalových sil dochází při lisování ložisek. Dále i při montáži a utažení vodících kol dopravníku při kompletní instalaci hnaného a hnacího kola na hřídeli. Jedná se tedy o pracovní činnost, která je součástí procesu a tyto síly se musejí brát v potaz při hodnocení.



Obrázek 6-16: Analýza nadlimitních svalových sil – CL10 [autor]

## Stanovení počtu pohybů horních končetin

Tato část analýzy lokální svalové zátěže zahrnuje výpočet počtu jednostranných pohybů horních končetin a jejich následné vyhodnocení. Pomocí videozáznamu lze identifikovat situace, kdy došlo k nadměrné zátěži, a tím přesněji spočítat počet pohybů. Tento počet je třeba následně přepočítat na normu výroby, která stanovuje 18 kusů na směnu.

Během osmihodinové pracovní směny se počet jednostranných pohybů pravé horní končetiny pohybuje kolem **14 670 pohybů na směnu**, což znamená 815 pohybů na každý kus, zatímco u levé horní končetiny se počet pohybů pohybuje kolem **11 178 pohybů na směnu**, což odpovídá 621 pohybům na každý kus.

Vládní nařízení č. 361/2007 Sb. určuje průměrné hygienické limity pro počet pohybů horní končetiny pro osmihodinovou pracovní směnu. Pro porovnání se používá naměřená průměrná hodnota  $F_{max}$  s maximálními počty pohybů. Hodnoty pro hodnocení lokální svalové zátěže jsou stanoveny v závislosti na počtu pohybů a hodnotách %  $F_{max}$ . Maximální počty pohybů za osmihodinovou směnu pro pracoviště CL10 jsou stanoveny v Tabulka 6-6: Hygienické limity pro počty pohybů – CL10 [autor] na základě naměřených hodnot  $F_{max}$  a porovnávají se s naměřenými počty pohybů.

Tabulka 6-6: Hygienické limity pro počty pohybů – CL10 [autor]

	% $F_{max}$	Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu
EMG 1	16,09 (16)	12 700
EMG 2	16,45 (16)	12 700
EMG 3	14,70 (15)	13 500
EMG 4	12,98 (13)	15 500

Po provedení analýzy počtu jednostranných pohybů horních končetin na pracovišti CL10 bylo zjištěno, že celkový počet těchto pohybů není v souladu s hygienickými limity pro všechny sledované skupiny svalů, s ohledem na hodnotu  $F_{max}$ . To znamená, že pracovníci na tomto pracovišti jsou vystaveni nadměrné svalové zátěži během pracovní osmihodinové směny, a tak nejsou dodržována hygienická kritéria pro ochranu jejich zdraví.

## Výsledky analýzy lokální svalové zátěže

Z naměřených hodnot průměrné svalové síly  $F_{max}$  pro extenzory i flexory obou horních končetin vyplývá, že se pohybují v rozmezí přijatelných hodnot během standardní osmihodinové směny. Během měření nebylo zaznamenáno více než 600 případů velkých svalových sil (55-70 %  $F_{max}$ ). V analýze nadlimitních svalových sil (nad 70 %  $F_{max}$ ) docházelo k jejich výskytu a z videozáznamu bylo zjištěno, že se jedná o pravidelnou součást pracovní činnosti. K těmto silám docházelo při montáži a utažení vodících kol dopravníku a při lisování ložisek.

Celkový počet jednostranných pohybů horních končetin levé horní končetiny byl pozitivně hodnocen pro všechny sledované skupiny svalů, a hygienické limity nebyly překročeny. U pravé horní končetiny došlo k překročení limitní hodnoty celkového počtu jednostranných pohybů.

Po komunikaci s pracovníkem bylo zjištěno, že montáž a utažení vodících kol a kompletace hnaného a hnacího kola na hřídeli nebylo součástí standardní práce na tomto

analyzovaném pracovišti. Tato montáž by měla probíhat na jiném přípravném pracovišti, ale jelikož nebyla k dispozici tato potřebná součástka pro montáž, musel si ji pracovník namontovat sám. Standardně se tato situace na pracovišti nestává. K výskytu nadlimitních sil docházelo právě při kompletaci vodičích kol, a proto tato část nebude posuzovaná z hlediska hodnocení lokální svalové zátěže. Dále nám tento fakt sníží i celkový počet jednostranných pohybů horních končetin. Po vynechání 4 minut z videozáznamu, kde pracovník montuje část nesouvisící s jeho pracovním postupem, je napočítán nový a správný počet pohybů horní pravé končetiny, který tak činí 612 pohybů na kus, tj. **11 016 pohybů na směnu**. U levé horní končetiny počet pohybů nově činí 536 pohybů na kus, tj. **9 648 pohybů na směnu**. Celkový počet jednostranných pohybů pravé i levé horní končetiny je již normě a hygienické limity nejsou překračovány.

Stále se zde ale vyskytují nadlimitní svalové síly v rámci činnosti lisování ložisek. Z tohoto důvodu je nutné zařadit práci do 3. kategorie.

## 6.2.2 Hodnocení pracovních poloh

Tato kapitola se zaměří na hodnocení pracovních poloh na pracovišti CL10. Pracovní polohy budou primárně hodnoceny podle Vládního nařízení č. 361/2007 Sb. a budou rozděleny do kategorií přijatelných, podmíněně přijatelných a nepřijatelných poloh. Dále bude použita metoda RULA pro hodnocení pracovních pozic, která není oficiálním měřítkem hodnocení v České republice, ale je potřebné vědět o jejích výsledcích. Metoda RULA hodnotí pracovní pozici na základě tzv. skóre, které zahrnuje ohodnocení pozic horních končetin, trupu a nohou.

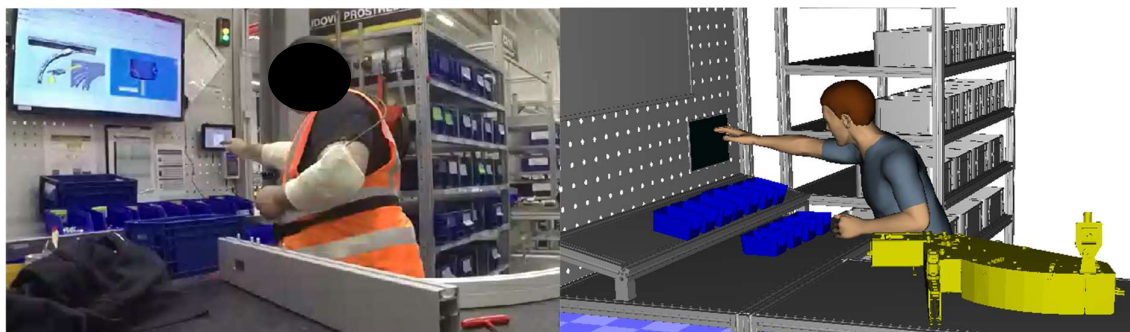
Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. hodnotí pracovní polohy do skupin nepřijatelných, podmíněně přijatelných a přijatelných. Polohy jednotlivých částí těla jsou hodnoceny na základě velikosti úhlů naklonění. Nařízení také definuje časy, ve kterých může pracovník setrvávat v nepřijatelných a podmíněně přijatelných polohách. Jedná se o limity [16] :

- Hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých nepřijatelných polohách je 30 min za osmihodinovou směnu.
- Doba trvání jednotlivých nepřijatelných poloh nesmí překračovat 8 minut.
- Hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých podmíněně přijatelných polohách je 160 minut za osmihodinovou směnu.
- Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných poloh nesmí překročit 8 minut.

V první fázi analýz bylo vymodelováno pracoviště CL10. Jedná se rozměrově a rozložením o stejné pracoviště jako u CL09. Po vymodelování proběhla analýza RULA a Nařízení vlády tří vybraných pozic, které byly odpozorované z videozáznamu jako kritické.

### 6.2.2.1 Poloha č. 1 – Nastavení údajů do tabletu

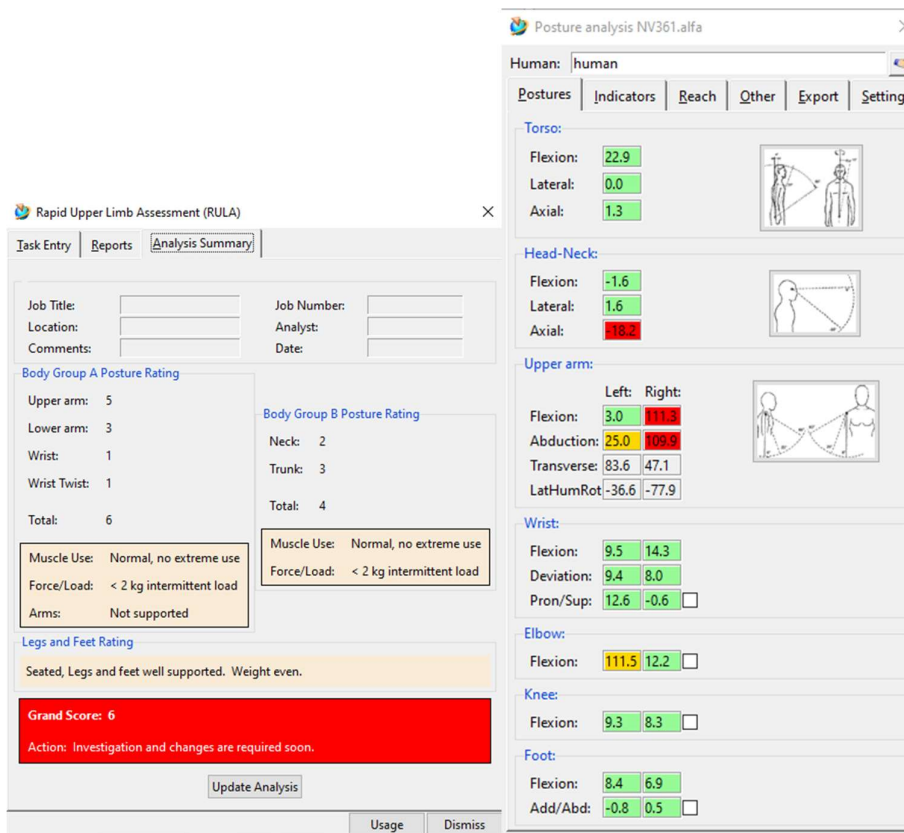
Pro analýzu pracovních poloh byla vybrána jako první poloha, při které pracovník obsluhuje tablet a nahrává do něj informace pro spuštění programu postupu. Po nahrání informací se na televizi objeví pracovní postup, podle kterého má pracovník postupovat. Pozice byla vybrána z důvodu dlouhého setrvání v této pozici a z důvodu zvednutí pravé ruky do vyšší polohy. Pracovní činnost práce s tabletem trvá přibližně 15 sekundy a je opakovaný celkem 18x za celou osmihodinovou směnu, jelikož k práci dochází vždy na začátku montáže každého kusu. Na obrázku níže je zobrazena skutečná poloha a poloha vymodelovaná pro pracovníka, který pracuje a zadává údaje do tabletu.



Obrázek 6-17: CL10 – Poloha č. 1 – Nastavení údajů do tabletu [autor]

V rámci hodnocení vybrané pracovní polohy byla nejprve vymodelována poloha pro 50. percentil. Na Obrázek 6-18: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády jsou zobrazeny výsledky metody RULA i Nařízení vlády. V rámci hodnocení metody RULA byla pracovní poloha ohodnocena celkovým score 6. Červené hodnoty naznačují, že se práce nachází ve 3. kategorii a je nutné zavést opatření pro zlepšení pracovních podmínek. Z výsledků RULA analýzy je patrné, že je vysokými body ohodnocena poloha pravé horní končetiny a trupu. Pracovník se musí při práci s tabletem nahnout a zvednout pravou horní končetinu do výšky tabletu.

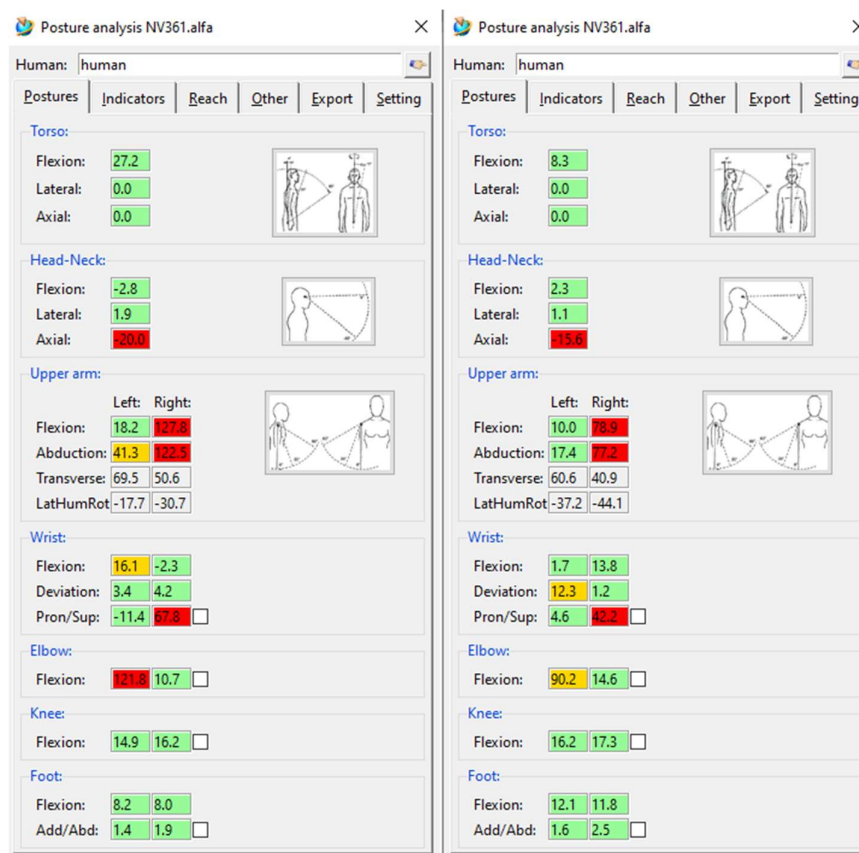
V tabulce s hodnocením pracovní polohy podle Nařízení vlády pro 50. percentil jsou zobrazeny vysoké červené hodnoty. Jedná se o hodnoty pravé horní končetiny, kde se hodnoty flexe a obdukce stávají nepříjemnými. Dále je jako nepříjemná poloha vyhodnocena poloha hlavy krku. Poloha levého lokte a horní končetiny se nachází v podmíněně přijatelné poloze. Polohy jiných analyzovaných částí těla se nacházejí v přijatelných polohách.



Obrázek 6-18: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Dalším krokem je namodelování polohy pro 5. a 95. percentil a provedení analýz. První analýzou je RULA, při které byl 5. percentil ohodnocen celkovým skóre 6. V tomto případě se pracoviště nachází ve 3. kategorii a je potřeba okamžité navržené opatření. Nepříznivé ohodnocení polohy je způsobeno především pravou horní končetinou ve vysoké poloze. V případě 95. percentilu se pracoviště nachází ve žluté barvě a pracovní poloha je tak ohodnocena celkovým skóre 3. Je zde velký rozdíl v hodnocení způsobené výškou pracovníka.

Hodnocení pracovní polohy v rámci Vládního nařízení jsou zobrazeno na Obrázek 6-19: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády. Pomocí analýzy bylo zjištěno, že hodnoty pravé horní končetiny jsou v abdukci a flexi velice vysoké a tato poloha je tak zařazena do nepřijatelných poloh. Dále je pro 95. percentil objevena podmíněně přijatelná poloha pro loket a pro 5. percentil dokonce nepřijatelná poloha. V nepřijatelné poloze se nachází také zápěstí pravé ruky. Také se zde nachází nepřijatelná poloha hlavy a krku pro oba percentily.



Obrázek 6-19: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové vyhodnocení pracovní polohy

Pro pracoviště CL10 byla pro analýzu pracovní polohy vybrána poloha práce s tabletem. Tato poloha se vyskytuje na všech analyzovaných pracovištích. V rámci všech analyzovaných percentilů dochází k výskytu nadlimitních a nepřijatelných pracovních poloh. Nejkritičtější polohou je pravá horní končetina, které se nachází v nepřijatelné poloze ve velmi vysokých hodnotách úhlu. Tablet je umístěn na stěně stolu, a tím se nachází ve vzdálené poloze od pracovníka. U všech percentilů se nachází i hlava-krk v nepřijatelné poloze. Pro 5. percentil jsou problematické i hodnoty levého lokte, jelikož je pracoviště na pracovníka menšího vzrůstu moc vysoké. Nepříznivé polohy jsou i pro zápěstí pravé ruky, které se nachází v červených

zónách. Pracovník v dané pozici tráví lehce přes 4 minuty. V této pracovní poloze nedochází k překročení hygienických limitů, nicméně je zde prostor pro zlepšení pracovních podmínek.

#### 6.2.2.2 Poloha č. 2 – Lisování ložisek

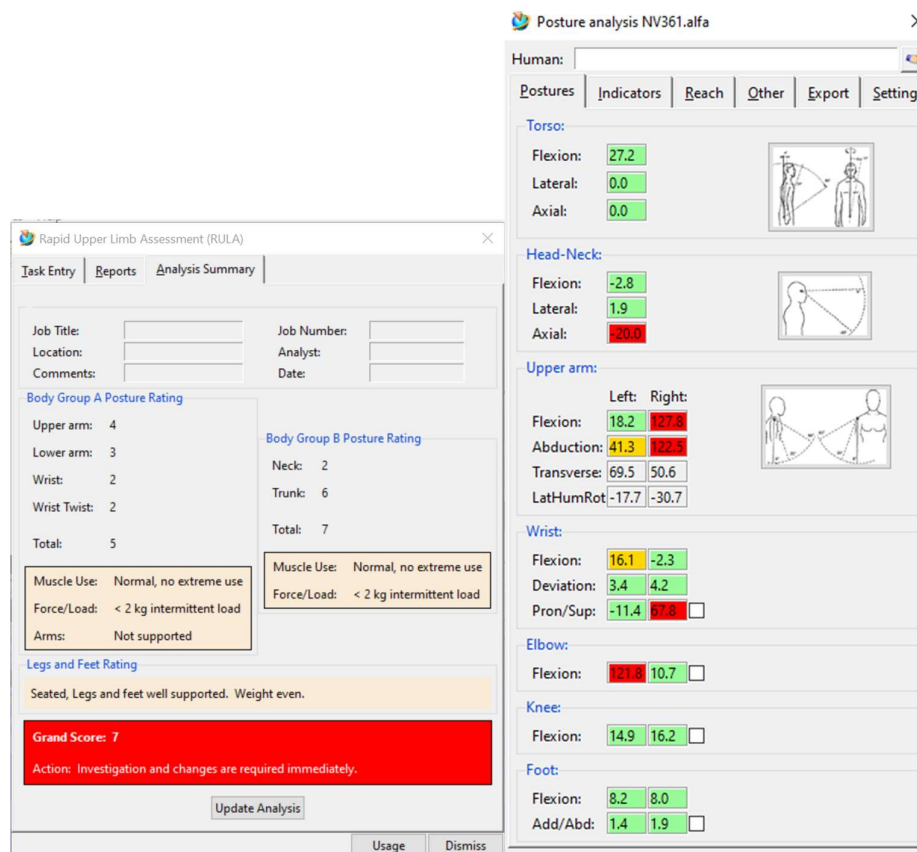
Jako další analyzovaná poloha byla vybrána poloha pracovníka při lisování ložisek. Pracovník se při lisování ložisek ohýbá kvůli viditelnosti ke spodní části dopravníku. Dále má pracovník při této poloze vysoce zvednutý loket levé horní končetiny. Tato poloha je nejprve podrobena analýze RULA a dále Nařízením vlády. Pracovní činnost probíhá přibližně 1 minutu a 5 sekund a pracovní činnost se opakuje 18x za pracovní směnu. Na obrázku níže je zobrazena pozice skutečná, zaznamenaná z videozáznamu a pozice namodelovaná, které je dále analyzována.



Obrázek 6-20: CL10 – Poloha č. 2 – Lisování ložisek [autor]

Pro první analýzu je namodelovaná poloha pro pracovníka s 50. percentilem. V případě analýzy RULA byla pracovní poloha pro 50. percentil ohodnocena celkovým skóre 7. Práce je tímto vysokým skóre zařazena do 4. kategorie a je nutné zavést okamžité změny na pracovišti. Vysoce, a proto negativně jsou ohodnoceny části těla horních končetin a trupu. Výsledky je možné vyčíst z Obrázek 6-21: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády .

Byla provedena i analýza pracovní polohy pro Nařízení vlády. V tomto případě jsou na obrázku vidět nepřijatelné polohy pro hlavu-krk v axiálním směru. Dále je zde velký úhel flexe a abdukce pro pravou horní končetinu a poloha se tak řadí do nepřijatelných. Jsou zde i nepříznivé výsledky hodnot pro zápěstí pravé a loket levé horní končetiny. Dále jsou zde zaznamenány podmíněně přijatelné polohy pro abdukci levého nadloktí a zápěstí.



Obrázek 6-21: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Po namodelování pracovní polohy pro 5. a 95. percentil byla spuštěna analýza RULA. Oba percentily byly ohodnoceny výsledným skóre 6. V těchto případech je práce zařazena do 3. kategorie, kde je velice žádoucí navrhnout opatření.

Dále byla provedena analýza a vyhodnocení podle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. Na Obrázek 6-22: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády jsou vidět výsledky analýz pro 5. a 95. percentil. Při pracovní pozici se objevují podmíněně přijatelné polohy trupu pro oba percentily. Pro 5. percentil jsou naměřeny vysoké úhly flexe a obdukce pro nadloktí levé horní končetiny, které jsou vyhodnoceny jako nepřijatelné polohy a nepříznivé hodnoty pro zápěstí a levý loket jako podmíněně přijatelné hodnoty. Zápěstí pravé ruky se nachází v nepřijatelných polohách a flexe pravé ruky v podmíněně přijatelných. Pro 95. percentil se objevují podmíněně přijatelné polohy pro hlavu-krk, zápěstí levé horní končetiny a loket levé i pravé horní končetiny. Dále dochází k výskytu i nepřijatelných poloh, a to pro nadloktí levé i pravé horní končetiny a zápěstí pravé horní končetiny.





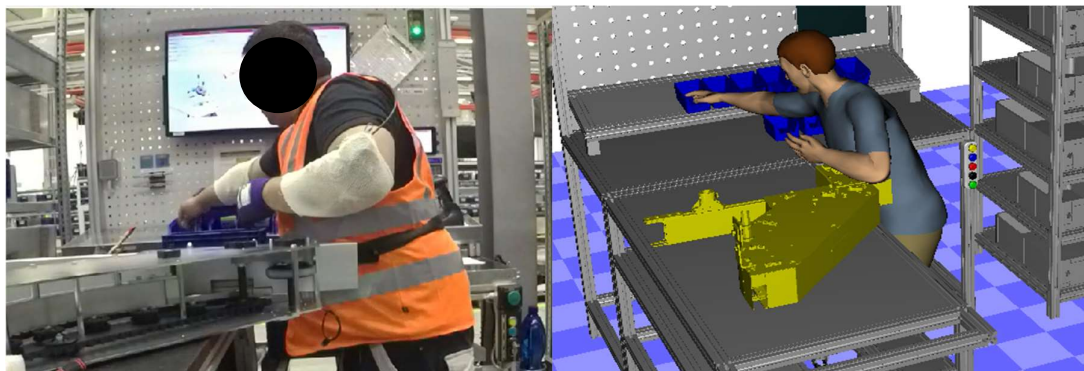
**Obrazek 6-22: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]**

## Celkové vyhodnocení pracovní polohy

Jako druhá poloha byla pro analýzu vybrána poloha při lisování ložisek. Poloha už z pozorování vypadala kriticky jak z pohledu ohnutí trupu, tak z pohledu poloh levé i pravé horní končetiny. V rámci hodnocení RULA bylo pro všechny percentily nařízeno navrhnout opatření pro zlepšení pracovních podmínek. Z hlediska Nařízení vlády se u této polohy nachází velké množství nepřijatelných pracovních poloh i podmíněně přijatelných. Pracovník v této pozici tráví přibližně 19 minut a 30 sekund. Hygienické limity jsou v tomto případě podržovány, nicméně je stejně potřeba navrhnout pro tuto neergonomickou polohu nápravné opatření.

### 6.2.2.3 Poloha č. 3 – Výběr komponent ze zásobníku

Byla zvolena pracovní pozice montážního pracoviště CL10, kde pracovník vybírá komponenty z připravených zásobníků na pracovním stole pravou horní končetinou. Jedná se o podobnou pozici, jako u pracovníka pracoviště CL09 s tím rozdílem, že zásobník je umístěn na druhém konci. Pro analýzu byla vybrána pozice, kdy se pracovník lehce naklání trupem, aby dosáhl na vzdálenější zásobník. Levá horní končetina není předmětem zkoumání této pracovní pozice. Proces výběru komponent ze zásobníků trvá přibližně 3 sekundy a je opakován přibližně 198krát během osmihodinové směny. Níže je zobrazena skutečná pozice a také vymodelovaná pozice pro pracovní pozici výběr komponent ze zásobníku.



**Obrázek 6-23: CL10 – Poloha č. 3 – Výběr komponent ze zásobníku [autor]**

Nejprve byl vytvořen model pracovní polohy pro osobu s průměrnými fyzickými parametry (50. percentil). Poté byly spuštěny analýzy, přičemž první z nich byla analýza RULA. Tato analýza ohodnotila pracovní polohu na základě celkového skóre 4. Výsledkem bylo zařazení pracovní polohy do 2. kategorie, což znamená, že podle metody RULA jde o mírně rizikovou činnost, ale není nutné navrhovat změny ke zlepšení pracovních podmínek. Výsledky metody rula jsou zobrazeny na Obrázek 6-24: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády .

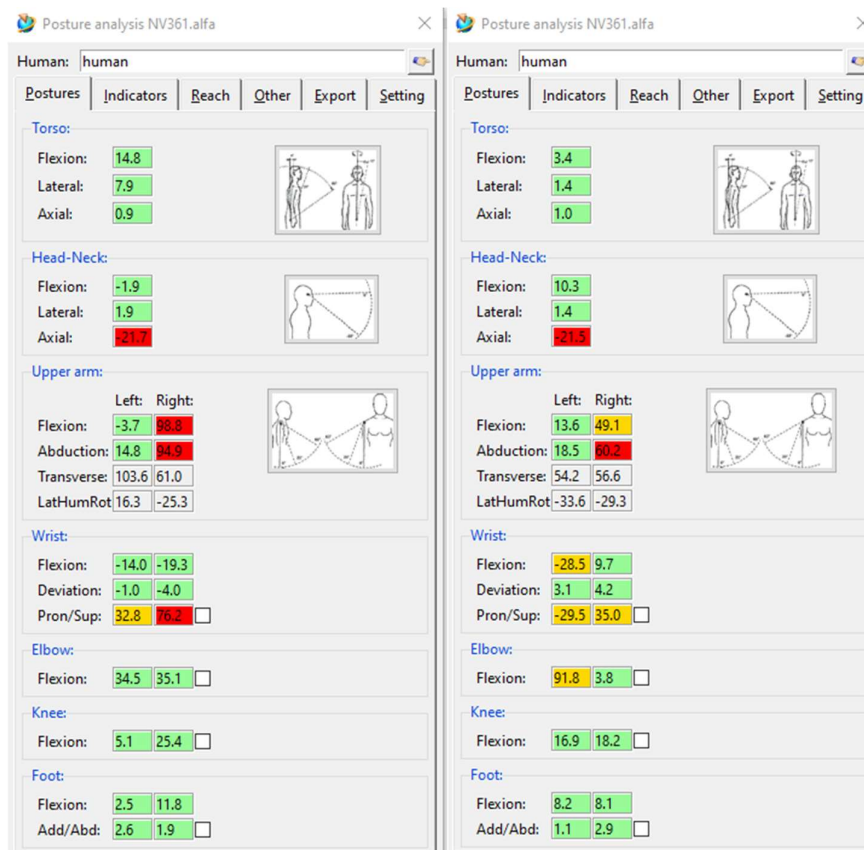
Poté bylo provedeno druhé hodnocení pracovní polohy podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.. Z analýzy vyplynulo, že se v této pozici vyskytují nepříjemné polohy (zobrazené červeně) pro hlavu-krk a pro pravou horní končetinu v abdukci a flexi. Polohy, označeny žlutě jako podmíněně přijatelné, se vyskytují u levého lokte a nadloktí, u pravého a levého zápěstí. V dalším případě se objevují podmíněně přijatelné polohy u trupu a v axiálním směru pohybu hlavy-krk.



Obrázek 6-24: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Po úspěšném vytvoření modelové situace pro pracovníka s 50. percentilem, byly vytvořeny další modely poloh pro pracovníka s extrémními percentily - 5. a 95.. Pro tyto extrémní polohy byly provedeny důkladné analýzy za použití metody RULA. Výsledkem bylo, že pracovní poloha pro 95. percentil byla ohodnocena celkovým skóre 3 a u 5. percentilu skóre 5. U 95. percentilu zůstalo pracoviště ve 2. kategorii, ale pro 5. percentil došlo k zařazení práce do 3. kategorie, kdy už jsou požadovány změny na pracovišti.

Během hodnocení pracovní polohy podle nařízení vlády byly provedeny analýzy pro 5. a 95. percentil. V rámci hodnocení se pro 5. a 95. percentil objevuje hlava-krk v nepřijatelné poloze. Dále je pro 5. percentil jako nepřijatelná poloha vyhodnocena poloha pravé horní končetiny – nadloktí i zápěstí. V případě hodnocení polohy pro 95. percentil zde dochází k nepřijatelným polohám pravého nadloktí. Dále se zde objevují podmíněně přijatelné polohy v oblasti pravého zápěstí a nadloktí. Pro levou horní končetinu se zde také vyskytují podmíněně přijatelné polohy, ale při této analýze nejsou předmětem zkoumání.



Obrázek 6-25: CL10 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové hodnocení pracovní polohy

Během třetí analyzované pracovní polohy pracovník vybírá komponenty, které jsou v připraveném zásobníku umístěných na pracovním stole. Pro účely analýzy byl zvolen nejvzdálenější zásobník, aby byla zkoumána kritická pracovní poloha pracovníka. Výsledky analýzy ukazují, že všechny zkoumané percentily - 5., 50. a 95. percentil – vykazují nepříjemné pracovní polohy. Z výsledků je patrné, že při zvedání pravé ruky do daleko umístěného zásobníku dochází k nepříjemným polohám. Pracovník tráví v této poloze přibližně 10 minut při osmihodinové pracovní směně a i přesto, že tímto nejsou překročeny hygienické limity, je tato poloha kritická a bude navrženo opatření.

### 6.2.3 Ruční manipulace s břemeny

Tato ergonomická analýza se zabývá posouzením fyzické manipulace s břemeny u pracovníka na pracovišti CL10 na základě Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. 361. Zaměstnanec provádí občasnou manipulaci s výrobkem během montáže a dále ruční přesun výrobku na další pozici po dokončení montáže. Na pracovní pozici CL10 se manipuluje s výrobkem o hmotnosti 16,4 kilogramů. Analýza lokální svalové zátěže naznačuje, že na této pracovní pozici není nutné vynakládat velké nebo překročené pracovní síly při manipulaci s výrobkem, nicméně je potřeba ruční manipulaci s břemeny vyhodnotit.

V případě negativních výsledků analýzy ruční manipulace s břemeny lze poskytnout několik možných opatření pro snížení rizika na pracovišti:

- využití manipulačních prostředků,
- školení zaměstnanců pro správnou manipulaci s břemeny,

- použití vhodných ochranných prostředků,
- zavedení mechanizace,
- vhodné uspořádání pracovního místa pro dostatečné prostorové podmínky pro zvedání břemene.

Během analýzy pracoviště bylo zjištěno, že pracovník se řídí správnými postupy při manipulaci s břemeny. Při manipulaci s břemenem pracovník udržuje těžiště břemene co nejbližší u sebe, pevně a bezpečně uchopí břemeno a používá celé dlaně pro manipulaci.

Pracovník na pozici CL10 přenáší ručně výrobek na další pracovní pozici pro pokračování montáže. Výrobní norma pro osmihodinovou pracovní směnu na této pozici je 18 kusů za směnu, přičemž hmotnost jednoho výrobku je 16,4 kilogramů. Počet manipulací během pracovního procesu byl spočítán na základě videozáznamu. Za montáž jednoho výrobku musel pracovník manipulovat s břemenem celkem 7krát.

V následující tabulce jsou uvedeny celkové hodnoty manipulací s břemeny na pracovišti CL09, které byly spočteny na základě naměřených hodnot. Tyto vypočtené hodnoty poskytují informace o zátěži pracovníka při manipulaci s břemeny a pomohou při posuzování, zda se v této oblasti dodržují příslušné normy. Z výsledků je patrné, že pracovník manipuluje s břemeny správným způsobem a že se na pracovišti CL10 dodržují stanovené normy pro fyzickou manipulaci s břemeny.

Tabulka 6-7: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL10 [autor]

Sledovaná hodnota	Skutečná váha	Limity pro manipulaci s břemeny	V pracovní směně
Váha manipulovaného břemene	16,4 kg	30 kg	Vyhovuje
Kumulativní hmotnost za směnu	2 065 kg	10 000 kg	Vyhovuje

### 6.3 Analýza pracoviště CL11

Pro posouzení ergonomie pracovního místa byl vybrán zaměstnanec s dostatečnou kvalifikací, který na této pozici pracuje více jak 1 rok. K tomuto pracovišti je přiřazen jeden pracovník a nedochází zde ke střídání. Pracovní cyklus trvá 12 minut a norma produkce je 18 kusů za osmihodinovou směnu, což je celkově 450 minut. Nejprve se provede měření lokální svalové zátěže a jeho vyhodnocení. Při měření byl pořízen videozáznam, který slouží ke spojení s křivkami zaznamenávanými během měření pomocí EMG Holteru. Tento záznam také slouží k analýze pracovních pozic a jejich modelování v programu Tecnomatix Jack. Záznam je rovněž využíván k pozorování manipulace s břemeny, kdy zaměstnanec manipuluje s výrobkem o hmotnosti 21,1 kilogramů.

#### 6.3.1 Hodnocení lokální svalové zátěže

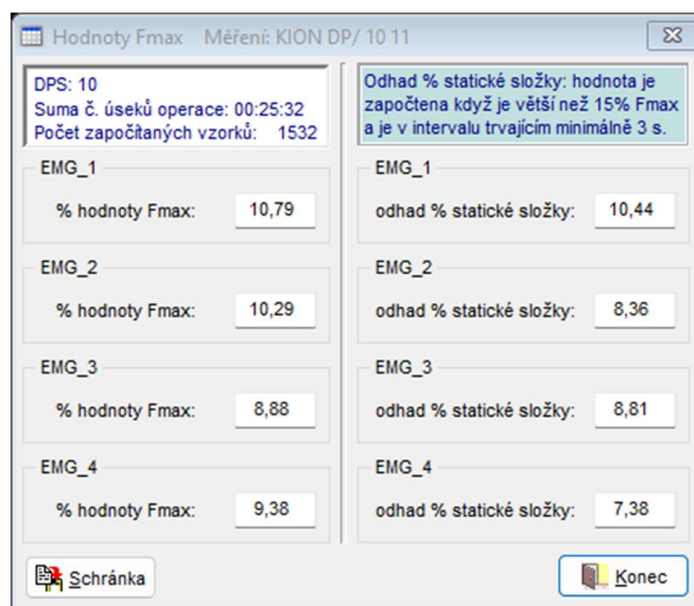
V případě samotného měření lokální svalové zátěže byla použita standardizovaná příprava a standardizovaný postup měření pomocí EMG Holteru. Měření probíhalo 12 minut, při kterém zaměstnanec dokončil výrobu jednoho výrobku, a při kterém byl pořízen videozáznam pro lepší rozhor pracovní činnosti.

Tabulka 6-8: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL11 [autor]

Profese	Dominantní horní končetina	Věk	Výška	Váha
Montáž CL11	Pravá	45	180 cm	105 kg

### Průměrné hodnoty Fmax

V případě pracoviště CL11 je charakteristika zátěže převážně staticko-dynamická, s převahou dynamické složky, což znamená, že průměrné hodnoty Fmax nesmí překročit 30 %. Pro vyhodnocení měření získaných z programu EMG se vypočítá průměr hodnot, který poskytuje potřebné údaje pro posouzení. Tyto výsledky musí být upraveny s ohledem na bezpečnostní přestávky, které představují 5 % Fmax, a přepočítány na průměrnou pracovní dobu 450 minut.



Obrázek 6-26: Naměřené hodnoty Fmax – CL11 [autor]

Z provedené analýzy je patrné, že průměrné hodnoty Fmax pro extenzory svalové skupiny jsou pro pravou horní končetinu 10,79 % Fmax a pro levou horní končetinu 8,88 % Fmax. U flexorů svalové skupiny na pravé horní končetině jsou zaznamenány hodnoty Fmax 10,29 % a na levé horní končetině 9,38 % Fmax. Z tohoto vyplývá, že průměrné hodnoty Fmax pro obě svalové skupiny pro pravou i levou horní končetinu jsou v bezpečném rozmezí a nepřekračují maximální povolenou hodnotu 30 % při staticko-dynamické práci s převahou dynamické složky.

### Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil

Dalším důležitým krokem je posoudit výsledky frekvenční analýzy. Klíčové hodnoty v této fázi jsou tedy od 55 % do 70 % Fmax a neměly by být překročeny více než 600krát. Podle tabulky v tomto případě nedochází k nadměrnému namáhání svalů, protože limit 600 výskytů za směnu nebyl překročen. Z toho lze usoudit, že jsou na tomto pracovišti dodrženy hygienické limity.

V tabulce frekvenční analýzy jsou také zaznamenány síly, které překračují síly 70 % Fmax. Je důležité zjistit, zda tyto síly jsou součástí pravidelné práce nebo ne. V tomto případě

se nadlimitní svalové síly (nad 70 %) vyskytují ojediněle, ale z videozáznamu je patrné, že jsou tyto síly součástí pracovního procesu.

Frekvenční analýza Měření: KION DP/10 11

Měření: KION DP/10 11 OPERACE: DPS 10 - Souhrnná délka: 00:25:32 Počet vzorků: 1532

	EMG_1			EMG_2			EMG_3			EMG_4		
	%	Počet	Počet/Čas	%	Počet	Počet/Čas	%	Počet	Počet/Čas	%	Počet	Počet/Čas
0 - 5	18,28	280	4935	28,52	437	7702	43,99	674	11879	41,12	630	11103
0 - 10	50,52	774	13641	62,60	959	16901	68,54	1050	18505	67,10	1028	18117
0 - 15	78,00	1195	21061	81,14	1243	21907	81,79	1253	22083	82,83	1269	22365
0 - 20	90,21	1382	24356	90,08	1380	24321	90,34	1384	24392	88,90	1362	24004
0 - 25	96,74	1482	26119	94,39	1446	25484	94,45	1447	25502	92,75	1421	25044
0 - 30	98,63	1511	26630	96,61	1480	26084	96,67	1481	26101	95,50	1463	25784
0 - 35	99,74	1528	26930	97,58	1495	26348	97,85	1499	26418	96,87	1484	26154
0 - 40	99,93	1531	26982	98,43	1508	26577	98,24	1505	26524	97,78	1498	26401
0 - 45	99,93	1531	26982	98,83	1514	26683	98,50	1509	26595	98,69	1512	26648
0 - 50	100,00	1532	27000	99,15	1519	26771	98,83	1514	26683	99,28	1521	26806
0 - 55	100,00	1532	27000	99,54	1525	26877	98,96	1516	26718	99,54	1525	26877
55 - 70	0,00	0	0	0,39	6	106	0,52	8	141	0,39	6	106
> 70	0,00	0	0	0,07	1	18	0,52	8	141	0,07	1	18
Čas [min]	25,5	25,5	450	25,5	25,5	450	25,5	25,5	450	25,5	25,5	450

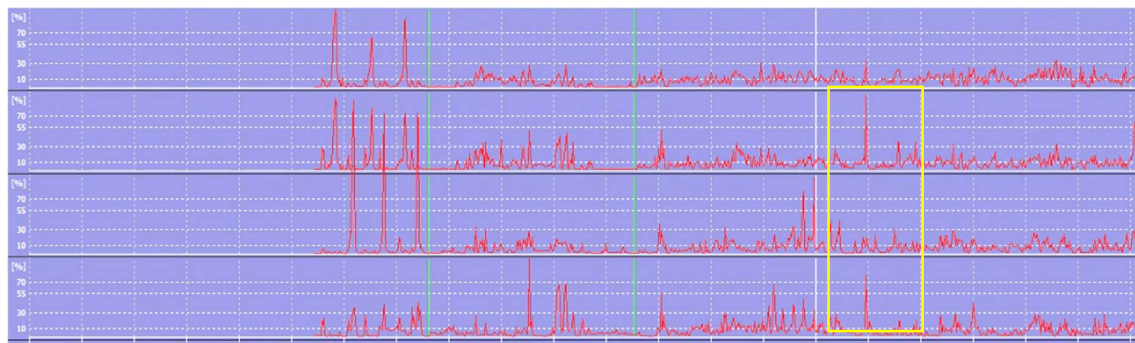
Volby tabulky: 450 Čas přepočtu [min]  
 Způsob zobrazení údajů  
 Kumulační součty  
 Absolutní hodnoty

Zobrazit sloupce:  
 Procenta  
 Počet  
 Počet za čas přepočtu  
 Hodnoty času v patičce

Obrázek 6-27: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL11 [autor]

Tyto síly se objevily při utažení šroubu ráčnou na dopravníku. Těchto šroubů pro utažení bylo několik, ale pouze u dvou utažení došlo k využití těchto nadlimitních sil. Z toho lze usoudit, že nebylo potřeba vynaložit tak vysoké nadlimitní svalové síly k tomuto utažení. Dále pracovník vynaložil tyto síly, když jedenkrát za celý proces manipuloval s dopravníkem.





Obrázek 6-28: Analýza nadlimitních svalových sil – CL12 [autor]

### Stanovení počtu pohybů horních končetin

Hodnocení lokální svalové zátěže zahrnuje výpočet počtu jednostranných pohybů horních končetin. Pomocí videozáznamu, který se pořídil během měření, lze identifikovat situace, kdy došlo k nadměrné svalové zátěži, a umožňuje přesněji spočítat počet pohybů. Videozáznam se pak kombinuje s naměřenými křivkami pro vyhodnocení svalové zátěže. Počet pohybů horních končetin jednoho výrobku je potřeba přepočítat s výrobní normou 18 kusů na směnu.

Během běžné osmihodinové pracovní směny se počet jednostranných pohybů pravé horní končetiny pohybuje kolem **9 972 pohybů na směnu**, což znamená 554 pohybů na každý kus. U levé horní končetiny se počet pohybů pohybuje kolem **6 552 pohybů na směnu**, což odpovídá 364 pohybům na každý kus.

Vládní nařízení č. 361/2007 Sb. určuje průměrné hygienické limity pro počet pohybů horní končetiny během typické osmihodinové pracovní směny. Při porovnávání s maximálními počty pohybů stanovenými pro osmihodinovou směnu se používá naměřená průměrná hodnota Fmax. V podkapitole 3.2.2 se uvádějí hodnoty pro hodnocení lokální svalové zátěže v závislosti na počtu pohybů a hodnotách % Fmax. K posouzení se tedy používají naměřené maximální svalové síly Fmax. V Tabulka 6-9: Hygienické limity pro počty pohybů – CL11 [autor] jsou stanoveny maximální počty pohybů za osmihodinovou směnu pro pracoviště CL11 na základě naměřených hodnot Fmax, které se porovnávají s naměřenými počty pohybů.

Tabulka 6-9: Hygienické limity pro počty pohybů – CL11 [autor]

	% Fmax	Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu
EMG 1	10,79 (11)	18 100
EMG 2	10,29 (10)	19 800
EMG 3	8,88 (9)	21 800
EMG 4	9,38 (9)	21 800

Po analýze počtu pohybů bylo zjištěno, že celkový počet jednostranných pohybů horních končetin na pracovišti CL11 v souladu s hygienickými limity pro všechny sledované skupiny svalů s ohledem na hodnotu Fmax.

### Výsledky analýzy lokální svalové zátěže



Naměřené průměrné hodnoty síly  $F_{max}$  pro extenzory i flexory obou horních končetin se ve standardní osmihodinové směně pohybovaly v přijatelných mezích. Při měření nebyla překročena hodnota 600 výskytů velkých svalových sil (55-70 %  $F_{max}$ ), přestože se občas vyskytovaly síly nadměrné (nad 70 %  $F_{max}$ ). Po podrobném prozkoumání videozáznamu bylo zjištěno, že nadměrné vynaložené síly jsou běžnou součástí pracovní činnosti. Přesto tyto síly nebudou brány v potaz u hodnocení pracovní pozice, jelikož v případě dodržování standardního pracovního postupu by těchto nadlimitních sil nedosahoval. Celkový počet jednostranných pohybů horních končetin byl u všech sledovaných skupin svalů hodnocen pozitivně a hygienické limity tak nebyly překročeny. Z hlediska lokální svalové zátěže je pracoviště zařazeno do 2. kategorie.

### 6.3.2 Hodnocení pracovních poloh

Pracoviště CL11 je dále podrobeno analýze pracovních poloh podle metody RULA a Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Hodnocení pracovních poloh na pracovišti je klíčovým prvkem prevence pracovních úrazů a onemocnění z povolání. Správná pracovní poloha může přispět k efektivitě práce a zlepšení výkonu, zatímco špatná pracovní poloha může vést k různým zdravotním problémům, jako jsou bolesti zad, svalové napětí, únava a další. Proto je důležité provést důkladné hodnocení pracovních poloh a navrhnout opatření, která pomohou minimalizovat riziko zdravotních problémů a zlepšit pohodu a výkon pracovníků.

Na pracovišti CL11 byly odpozorovány a vybrány kritické polohy pracovníka. Byly vybrány dvě polohy. Při první poloze pracovník pravou rukou dotahuje šroubek klíčem a levou rukou přidržuje zespoda dopravníku hlavu šroubku ráčnou. Při druhé vybrané poloze se pracovník sklání do nejnižšího patra regálu pro komponent. Obě polohy budou vyhodnoceny pro pracovníka 5., 50. a 95. percentilu.

#### 6.3.2.1 Poloha č. 1 – Utažení šroubku pomocí klíče a ráčny

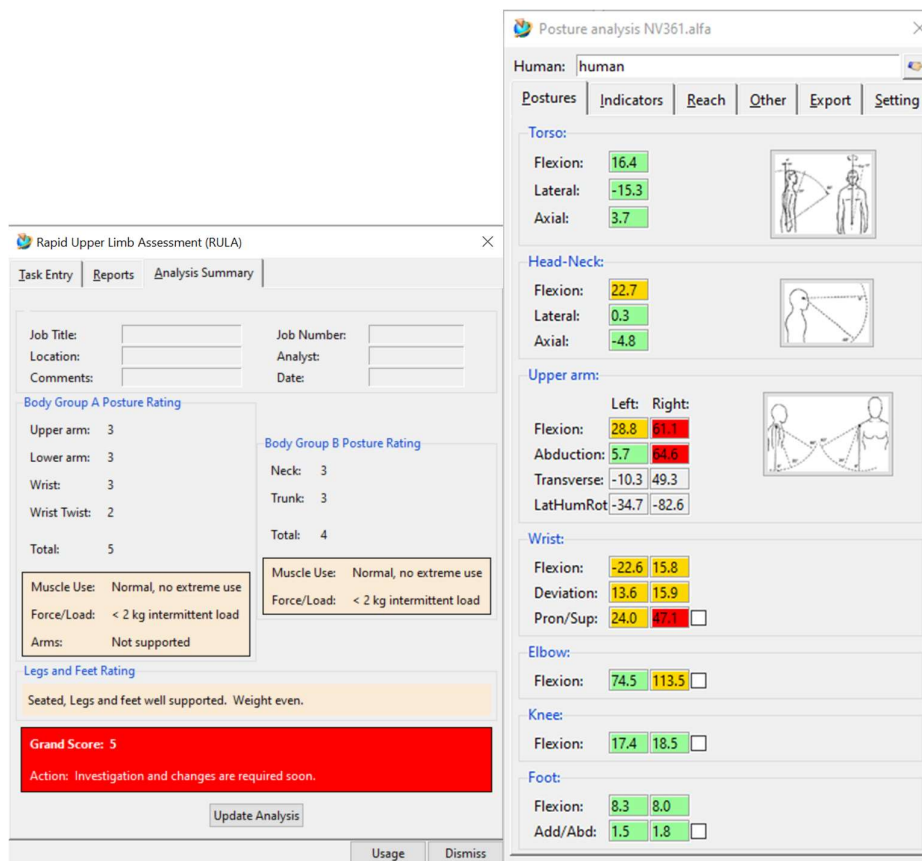
Pro analýzu byla zvolena první pracovní pozice, při které pracovník používá klíč a ráčnu k utahování šroubků. Tato poloha byla identifikována jako kritická kvůli vysokému zvednutí pravého lokte. Pracovník pravou rukou utahuje klíčem šroubek a levou rukou ho přidržuje ráčnou zespoda dopravníku. Pracovní činnost trvá přibližně 13 sekund. Tato poloha byla podrobena analýze RULA a také vyhodnocení podle nařízení vlády. V průběhu osmihodinové směny se tato činnost opakuje celkem 36krát. Na obrázku níže je zobrazena skutečná poloha pracovníka a následně namodelovaná poloha.



Obrázek 6-29: CL11 – Poloha č. 1 – Utažení šroubku pomocí klíče a ráčny [autor]

V první fázi byla vytvořena modelová situace první pracovní polohy pro 50. percentil. Následně byly spuštěny analýzy ke zhodnocení této polohy. První analýzou byla RULA, která vyhodnotila pracoviště celkovým skóre 5. Tato poloha byla zařazena do 3. kategorie a na pracovišti je potřeba zavést opatření.

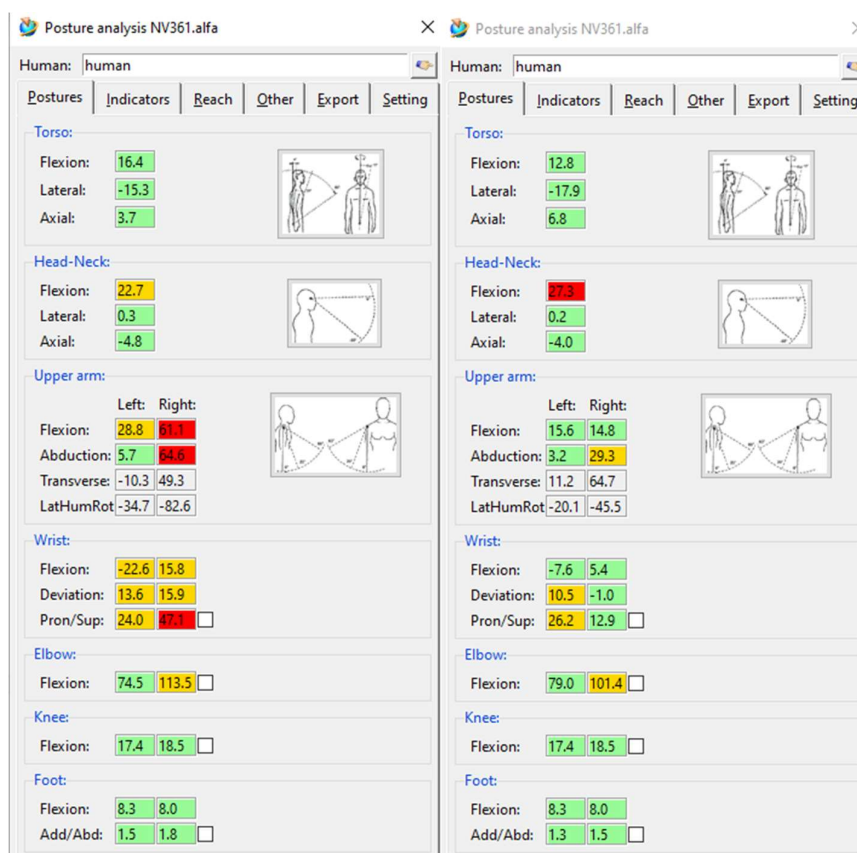
Druhé hodnocení bylo provedeno v souladu s Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. Při této analýze byly identifikovány červené hodnoty jako nepříjemné, a i žluté hodnoty jako podmíněně přijatelné. V podmíněně přijatelné poloze se nachází hlava-krk, levé nadloktí a zápěstí levé i pravé horní končetiny. Dále je v podmíněně přijatelné poloze i loket levé horní končetiny. Pravé nadloktí se nachází v nepříjemné poloze z hlediska flexe a obdukce. Dále se pravé zápěstí vyskytuje jak v podmíněně přijatelné poloze, tak zároveň v nepříjemné. Výsledky obou analýz jsou zobrazeny na Obrázek 6-30: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády .



Obrázek 6-30: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Pro kompletní vyhodnocení byla první poloha analyzována z hlediska 5. a 95. percentilu. Po namodelování poloh pro jednotlivé percentily proběhla analýza RULA. 5. percentil byl ohodnocen celkovým skóre 5, stejně jako pro 50. percentil je pracoviště zařazeno do 3. kategorie. Pro 95. percentil hodnocení metody RULA dopadla pozitivněji a celkové skóre činí 4 body. Z tohoto pohledu by pracoviště bylo jen lehce kritické a zařazeno do 2. kategorie.

Důležitější je však hodnocení podle nařízení vlády, jehož výsledky ukazuje Obrázek 6-31: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády . Tyto hodnoty se týkají hodnocení první pozice pro 5. i 95. percentil. Pro 5. percentil se objevují nepříjemné polohy v oblastech pravého nadloktí a zápěstí. V podmíněně přijatelné poloze se nachází hlava-krk, levé nadloktí a zápěstí i pravé zápěstí a loket. Pro 95. percentil se některé hodnoty poloh zlepšily a zároveň i zhoršily. Zhoršení nastalo u hlavy a krku, kde se poloha flexe přesunula do nepříjemné polohy. U ostatních částí těla došlo ke zlepšení a jediné podmíněně přijatelné polohy se nachází u abdukce pravého nadloktí, u levého zápěstí a pravého lokte.



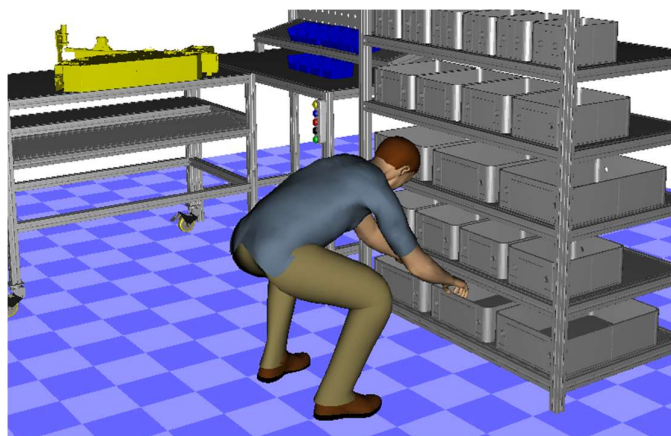
Obrázek 6-31: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové vyhodnocení pracovní polohy

Bylo provedeno hodnocení první pracovní polohy pro pracoviště CL11 a to pro 5., 50. a 95. percentil. Podle výsledků hodnocení se zdá, že nejrizikovější oblastí pro pracovníka je pravé nadloktí a loket. Dále jsou problematické polohy levého a pravého zápěstí. Pracovník v této poloze stráví téměř 8 minut v pracovní směně. Hygienické limity jsou pro podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy dodržovány, nicméně se nabízí navrzení opatření pro zlepšení pracovní polohy.

### 6.3.2.2 Poloha č. 2 – Výběr komponent z nejnižší police regálu

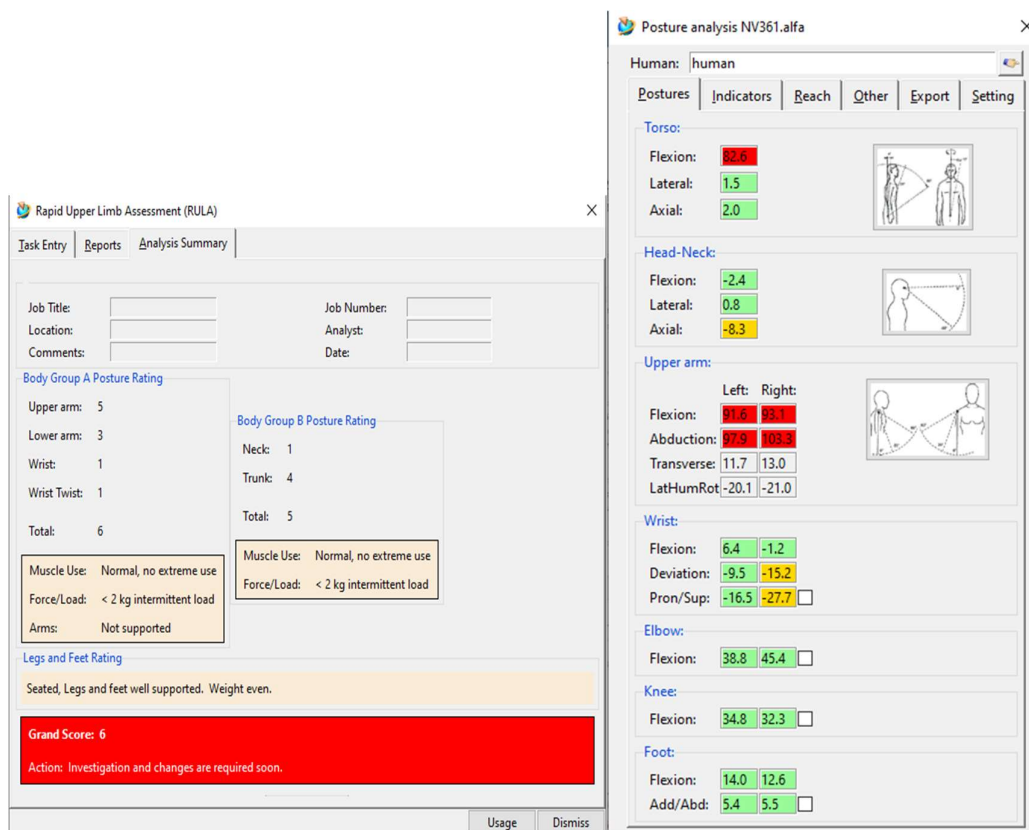
Jako další byla pro ergonomickou analýzu na pracovišti CL11 vybrána poloha, kdy se pracovník ohýbá do nejnižší police regálu pro komponent. Tato pozice byla identifikována jako kritická kvůli ohnutí trupu a natažení horních končetin. Tento proces trvá zhruba 4 sekundy a v průběhu osmihodinové směny se opakuje celkem 32krát. Tato pozice byla podrobena analýze metodou RULA a byla také hodnocena podle Vládního nařízení. Následně byla namodelována poloha pracovníka na obrázku níže. Na videozáznamu tato poloha nebyla zaznamenána, jelikož pracovník byl nahráván pouze u pracovního stolu a ne, když se vzdálil k jiným regálům.



Obrázek 6-32: CL11 – Poloha č. 2 – Výběr komponent z nejnižší police regálu [autor]

Při hodnocení vybrané pracovní polohy byla nejprve namodelována poloha pro 50. percentil. Na Obrázek 6-33: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády jsou zobrazeny výsledky metody RULA i Nařízení vlády. V rámci RULA hodnocení byla pracovní polohة ohodnocena celkovým skóre 6. Červené hodnoty naznačují, že práce spadá do 3. kategorie a je třeba zavést opatření pro zlepšení pracovních podmínek. Nejhuř ohodnocena je oblast horních končetin a trupu.

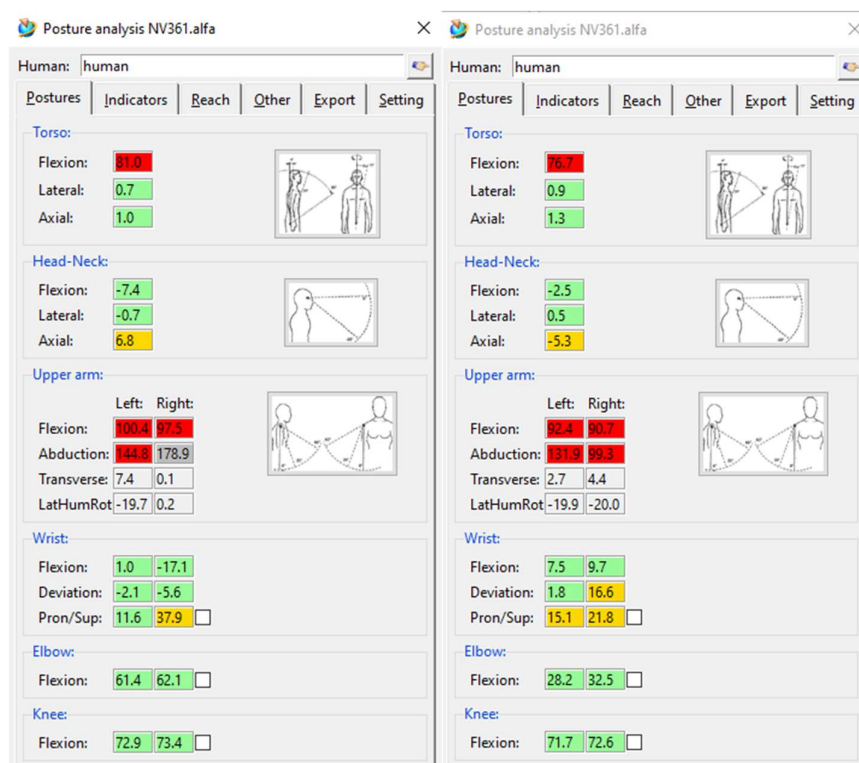
Na obrázku níže je zobrazeno i hodnocení analýzy podle Nařízení vlády. Trup pracovníka se při poloze nachází v nepříjemné poloze. V nepříjemné poloze se také nachází pravé i levé nadloktí v abdukci a flexi. Hlava-krk a pravé zápěstí se nachází v podmíněně přijatelných polohách. Polohy ostatních analyzovaných částí těla jsou v přijatelných polohách.



Obrázek 6-33: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Po úspěšném vytvoření modelové situace pro pracovníka s průměrným 50. percentilem byly vytvořeny další modely poloh pro pracovníka s extrémními percentily - 5. a 95.. Pro tyto extrémní polohy byly provedeny detailní analýzy pomocí metody RULA. Výsledkem bylo, že pracovní poloha pro 95. percentil byla ohodnocena celkovým skóre 7 a u 5. percentilu skóre 6. U 95. percentilu zůstalo pracoviště ve 3. kategorii, ale pro 5. percentil došlo k zařazení práce do 4. kategorie, kdy už je nutná okamžitá změna.

Dále je poloha hodnocena podle Nařízení vlády. Výsledky analýzy jsou zobrazeny na Obrázek 6-34: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády . U 5. percentilu oblast trupu a pravé a levé horní končetiny jsou v nepříjemné poloze. Dále se zde objevují podmíněně přijatelné polohy pro hlavu-krk a zápěstí pravé ruky. U 95. percentilu jsou hodnoty podobné. V nepříjemných polohách se nachází trup a horní končetiny v nadloktí. Podmíněně přijatelné u hlavy-krku v axiální směru a u pravého i levého zápěstí.



Obrázek 6-34: CL11 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

### Celkové hodnocení pracovní polohy

Bylo provedeno komplexní hodnocení druhé pracovní polohy na pracovišti CL11 pro různé percentily pracovníků - 5., 50. a 95. percentil. Z výsledků hodnocení plyne, že existují rizikové oblasti pro pracovníka, zejména v oblasti pravého nadloktí a trupu. Pracovník v této poloze tráví přibližně 2 minuty. I když jsou hygienické limity pro podmíněně přijatelné a nepříjemné polohy dodržovány, je třeba zvážit navržené opatření pro zlepšení pracovní polohy.

### 6.3.3 Ruční manipulace s břemeny

Tato ergonomická studie se soustředí na hodnocení fyzické manipulace s břemeny u pracovníka na pracovišti CL11 v souladu s Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. 361. Pracovník provádí občasnou manipulaci s výrobkem během montáže a poté ruční přesun výrobku na další pozici. Na pracovní pozici CL11 se manipuluje s výrobkem vážícím 21,1 kilogramů. Podle analýzy lokální svalové zátěže se zdá, že na této pracovní pozici není třeba vynakládat velké nebo nadlimitní pracovní síly při manipulaci s výrobkem, nicméně je nutné provést hodnocení ruční manipulace s břemeny.

Během ergonomické analýzy pracoviště bylo zjištěno, že pracovník dodržuje správné postupy při manipulaci s břemeny. Při manipulaci s břemenem pracovník udržuje těžiště břemene co nejbližší u sebe, pevně a bezpečně uchopí břemeno a používá celé dlaně pro manipulaci. Výrobní norma pro osmihodinovou pracovní směnu na této pozici je 18 kusů za směnu a váha jednoho výrobku je 21,1 kilogramů. Počet manipulací během pracovního procesu byl spočítán na základě videozáznamu. Za montáž jednoho výrobku musel pracovník manipulovat s břemenem celkem 4krát.

Podrobné hodnoty manipulací s břemeny na pracovišti CL12 jsou uvedeny v tabulce níže, která byla sestavena na základě odpozorování videozáznamu.

Tabulka 6-10: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL11 [autor]

Sledovaná hodnota	Skutečná váha	Limity pro manipulaci s břemeny	V pracovní směně
Váha manipulovaného břemene	21,1 kg	30 kg	Vyhovuje
Kumulativní hmotnost za směnu	1 520 kg	10 000 kg	Vyhovuje

## 6.4 Analýza pracoviště CL12

Pro hodnocení ergonomie pracovního místa byl vybrán kvalifikovaný zaměstnanec, který na této pozici pracuje více než dva roky. K této pozici je přidělen pouze jeden pracovník a nedochází k jeho střídání. Pracovní cyklus trvá 25 minut a norma produkce je 18 kusů za osmihodinovou směnu. Nejprve se provede měření lokální svalové zátěže a jeho vyhodnocení. K měření byl pořízen videozáznam, který slouží k propojení s křivkami zaznamenávanými během měření s pomocí EMG Holteru. Tento záznam také poskytuje informace pro analýzu pracovních pozic a jejich modelování. Záznam je rovněž využíván ke sledování manipulace s břemeny, kdy zaměstnanec manipuluje s výrobkem o váze 22,1 kilogramu.

### 6.4.1 Hodnocení lokální svalové zátěže

Při samotném měření lokální svalové zátěže byla použita standardizovaná příprava a postup měření s využitím EMG Holteru. Měření trvalo 25 minut, během kterých zaměstnanec dokončil výrobu jednoho výrobku. Záznam této činnosti byl pořízen na videu pro lepší porozumění pracovní činnosti.

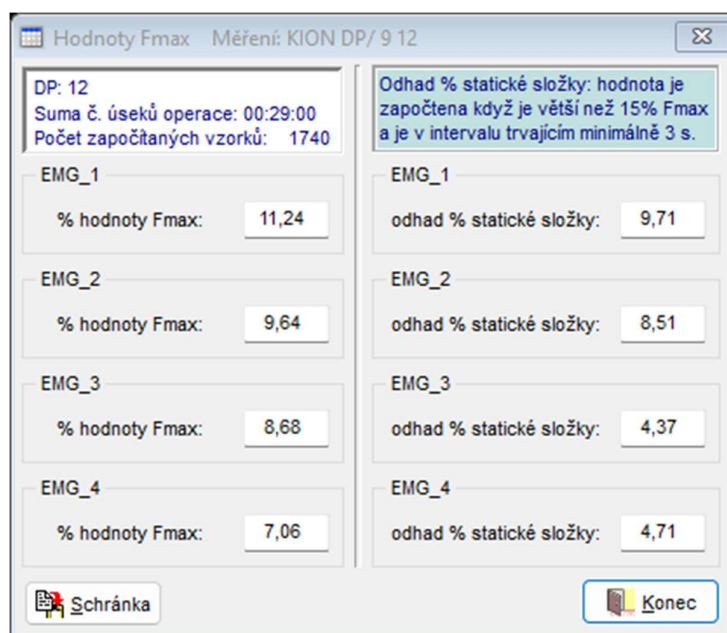
Tabulka 6-11: Údaje o vybrané osobě – pracoviště CL12 [autor]

Profese	Dominantní horní končetina	Věk	Výška	Váha
Montáž CL12	Pravá	39	188 cm	98 kg

## Průměrné hodnoty Fmax

U pracoviště CL12 se převážně vyskytuje staticko-dynamická zátěž, s převahou dynamické složky, což znamená, že průměrné hodnoty Fmax nesmí překročit 30 %. K vyhodnocení měření se vypočítá průměrná hodnota, která poskytuje relevantní informace pro posouzení. Tyto výsledky musí být upraveny s ohledem na bezpečnostní přestávky, které představují 5 % Fmax, a přepočítány na průměrnou pracovní dobu 450 minut.

Z analýzy průměrných hodnot Fmax vyplývá, že pro extenzory svalové skupiny jsou pro pravou horní končetinu 11,24 % Fmax a pro levou horní končetinu 8,68 % Fmax. U flexorů svalové skupiny na pravé horní končetině jsou zaznamenány hodnoty Fmax 9,64 % a na levé horní končetině 7,06 % Fmax. Tyto výsledky ukazují, že průměrné hodnoty Fmax pro obě svalové skupiny pro pravou i levou horní končetinu jsou v bezpečném rozmezí a nepřekračují maximální povolenou hodnotu 30 % Fmax pro staticko-dynamickou práci s převahou dynamické složky.

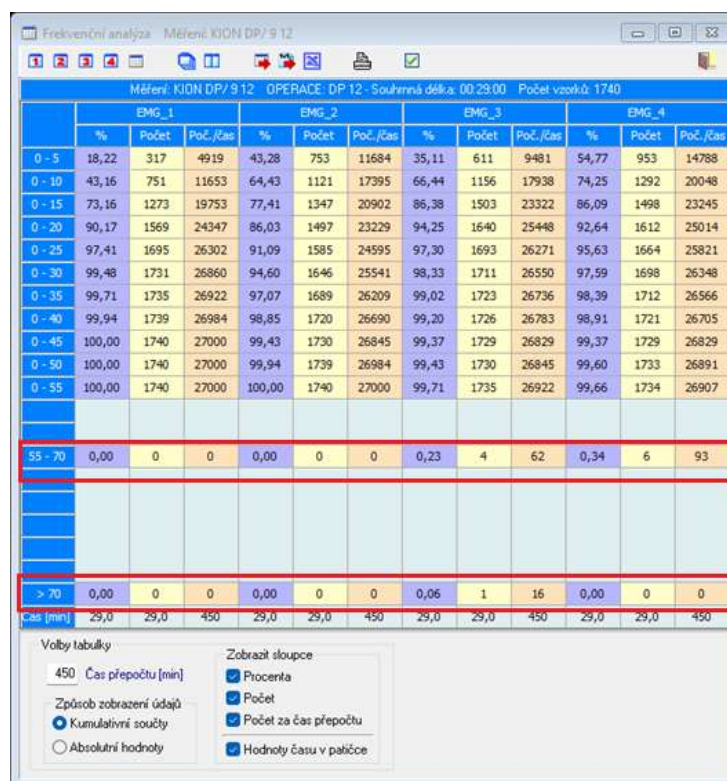


Obrázek 6-35: Naměřené hodnoty Fmax – CL12 [autor]

## Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil

Dalším důležitým krokem je zhodnotit výsledky frekvenční analýzy, která se zaměřuje na klíčové hodnoty v rozmezí 55 % až 70 % Fmax. Tyto hodnoty by neměly být překročeny více než 600krát za osmihodinovou pracovní dobu. V tomto případě se tyto svaly nevyskytují více než 600x a můžeme tak říct, že jsou splněny hygienické limity.

V tabulce frekvenční analýzy jsou také zaznamenány nadlimitní svalové síly, které překračují 70 % Fmax. Je důležité zjistit, zda jsou tyto síly součástí pravidelného pracovního procesu nebo ne. Na této pracovní pozici se nadlimitní svalové síly téměř nevyskytují, proto jsou i z tohoto hlediska hygienické limity splňovány.



Obrázek 6-36: Frekvenční analýza vynakládaných svalových sil – CL12 [autor]

### Stanovení počtu pohybů horních končetin

Pro hodnocení lokální svalové zátěže je potřeba spočítat počet jednostranných pohybů horních končetin z pořízeného videozáznamu. Počet pohybů se přepočítává s výrobní normou pro 18 kusů za směnu. V typické osmihodinové pracovní směně se počet pohybů pravé horní končetiny pohybuje kolem 17 748 pohybů na směnu (986 pohybů na kus) a počet pohybů levé horní končetiny se pohybuje kolem 13 752 pohybů na směnu (764 pohybů na kus).

Vládní nařízení č. 361/2007 Sb. stanovuje hygienické limity pro počet pohybů horních končetin během osmihodinové pracovní směny. Tyto hodnoty se vztahují k naměřené průměrné hodnotě Fmax. V tabulce 6-8 jsou uvedeny maximální počty pohybů za směnu pro pracoviště CL12 na základě naměřených hodnot Fmax. S těmito limitními hodnotami jsou porovnány spočítané celkové počty jednostranných pohybů horních končetin.

Tabulka 6-12: Hygienické limity pro počty pohybů – CL12 [autor]

	% Fmax	Počet pohybů za osmihodinovou pracovní směnu
EMG 1	11,24 (11)	18 100
EMG 2	9,64 (10)	19 800
EMG 3	8,68 (9)	21 800
EMG 4	7,06 (7)	27 600

Po detailní analýze počtu jednostranných pohybů horních končetin bylo zjištěno, že pracoviště CL12 splňuje hygienické limity pro všechny sledované skupiny svalů s ohledem na



hodnotu  $F_{max}$ . Naměřené hodnoty počtu pohybů pro obě horní končetiny byly porovnány s limitními hodnotami stanovenými vládním nařízením č. 361/2007 Sb. pro hodnocení lokální svalové zátěže během typické osmihodinové pracovní směny. Zjištěno bylo, že počet pohybů jsou v souladu s těmito limity. Tento výsledek naznačuje, že na pracovišti CL12 neexistuje nadměrná svalová zátěž, která by mohla ohrozit zdraví zaměstnanců, a že jsou dodržovány hygienické limity.

### Výsledky analýzy lokální svalové zátěže

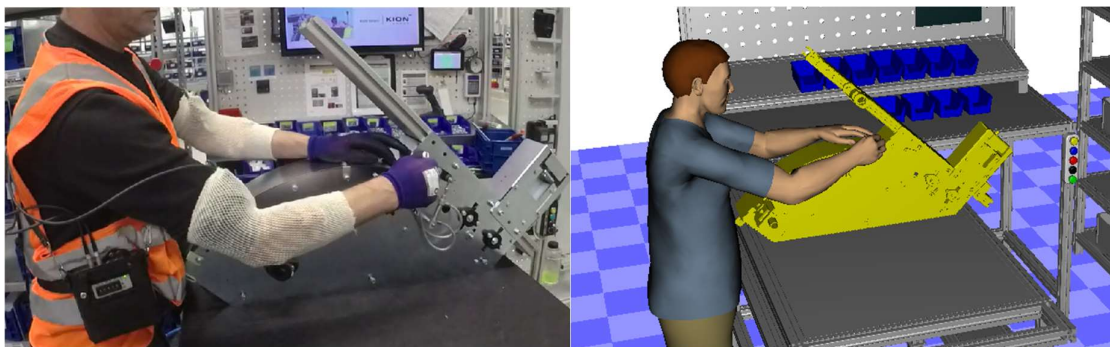
Po provedení analýzy kompletní lokální svalové zátěže horních končetin na pracovišti CL12 bylo zjištěno, že naměřené průměrné hodnoty maximální svalové síly  $F_{max}$  pro extenzory a flexory obou horních končetin se pohybovaly v rámci přijatelných mezí v průběhu standardní osmihodinové pracovní směny. Během měření nebyla zaznamenána hodnota přesahující 600 výskytů velkých svalových sil (55-70 %  $F_{max}$ ) a nedošlo ani k výskytu nadlimitních svalových sil (nad 70 %  $F_{max}$ ). Celkový počet jednostranných pohybů horních končetin byl hodnocen kladně pro všechny sledované skupiny svalů a v souladu s hygienickými limity. Z hlediska všech analýz v rámci hodnocení lokální svalové zátěže bylo pracoviště zařazeno do 2. kategorie.

#### 6.4.2 Hodnocení pracovních poloh

Pracoviště CL12 se podrobilo detailní analýze pracovních poloh s využitím metody RULA a Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Toto hodnocení je klíčové pro prevenci pracovních úrazů a onemocnění z povolání. Na pracovišti CL12 byly identifikovány kritické pracovní polohy pracovníka. Tři z nich byly vybrány pro podrobnou ergonomickou analýzu. Obě polohy budou ohodnoceny pro pracovníka 5., 50. a 95. percentilu, aby bylo možné přesně určit rizika spjata s těmito pracovními polohami a navrhnout účinná opatření na minimalizaci těchto rizik.

##### 6.4.2.1 Poloha č. 1 – Montáž postranní části dopravníku

Pro účely analýzy byla vybrána první pracovní pozice, kterou pracovník vykonává při montáži postranní části dopravníku. Dopravník je při této činnosti postaven na výšku. Tato poloha byla identifikována jako riziková kvůli poloze dopravníku, jelikož by pracovník menšího vzrůstu nemusel na horní část dosáhnout. Tato pracovní činnost trvá zhruba 15 sekund a během osmihodinové směny se opakuje celkem 18krát. Tato poloha byla podrobena analýze metodou RULA a byla i zhodnocena v souladu s nařízením vlády. Skutečná poloha pracovníka byla zaznamenána a následně byla vytvořena modelová situace.

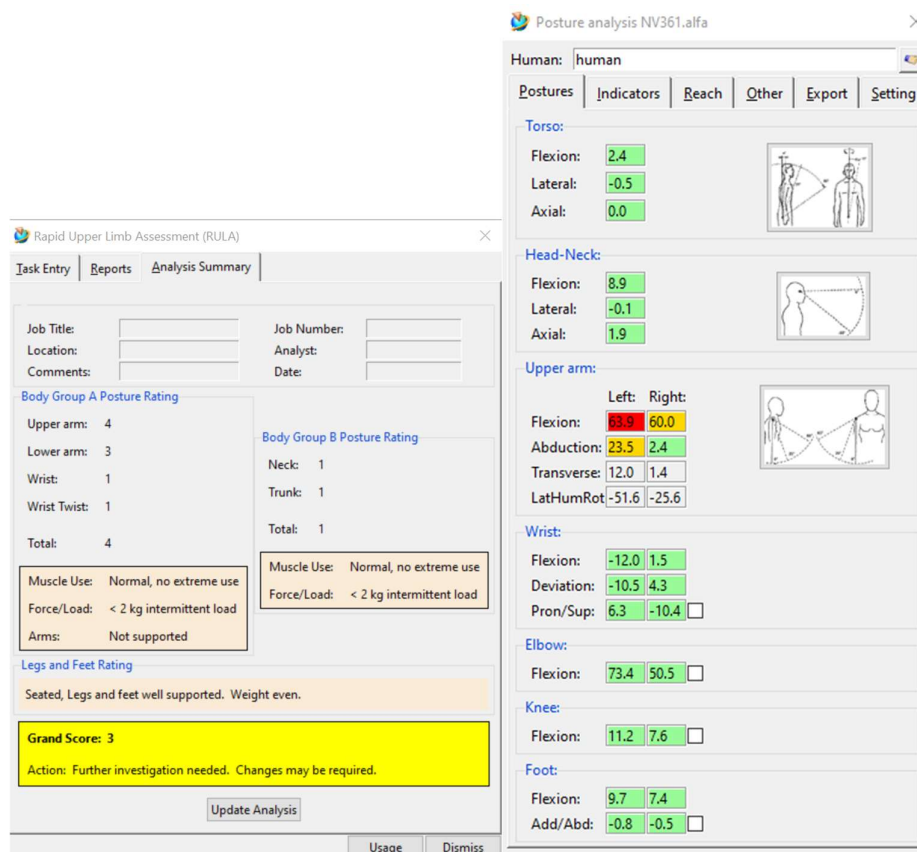


Obrázek 6-37: CL12 – Poloha č. 1 – Montáž horní částí dopravníku [autor]

V první fázi byla vytvořena modelové situace polohy pro 50. percentil. Následně byly spuštěny analýzy s cílem zhodnotit tuto polohu. První analýzou byla RULA, která ohodnotila

polohu celkovým skóre 3. Tato práce je lehce riziková a je zařazena do 2. kategorie, kdy je možné provádět změny na pracovišti.

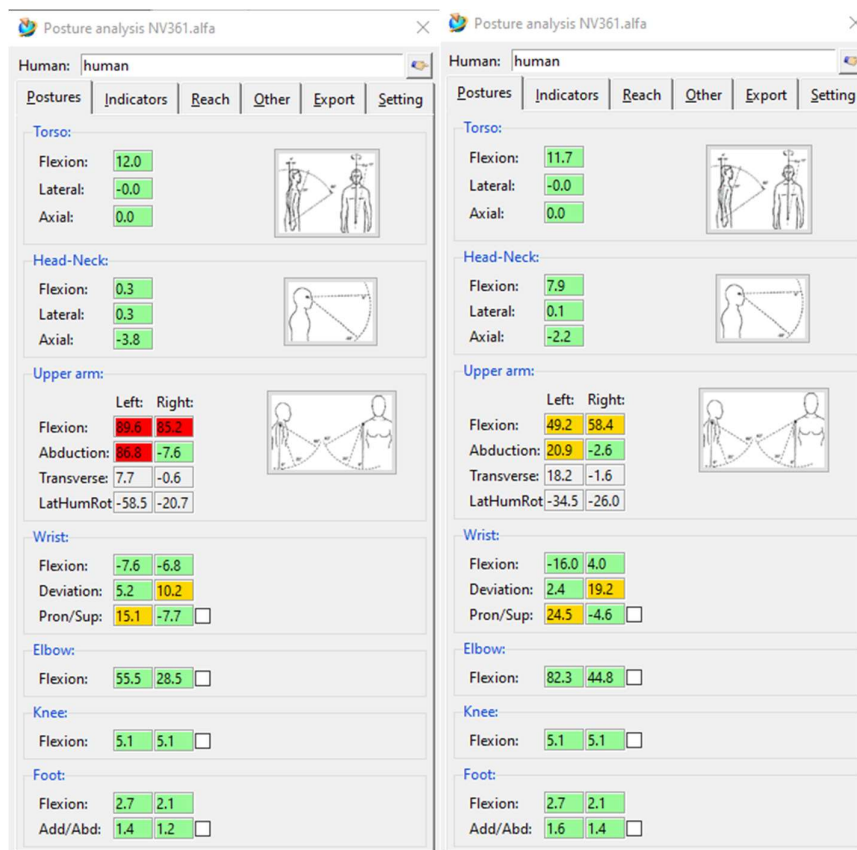
V případě hodnocení podle Nařízení vlády se zde objevuje malé množství nepřijatelných a podmíněně přijatelných poloh. V nepřijatelné poloze se nachází levé nadloktí ve flexi. V podmíněně přijatelných polohách se nachází pravé nadloktí ve flexi i levé nadloktí v abdukci. Ostatní oblasti těla jsou podle hodnot analýzy v zelené oblasti a jsou ohodnoceny jako polohy přijatelné.



Obrázek 6-38: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Pro úplné vyhodnocení byla první poloha zkoumána i s ohledem na 5. a 95. percentil. Po vytvoření modelu polohy pro každý z těchto percentilů byla provedena analýza pomocí metody RULA. Výsledky ukázaly, že 5. i 95. percentil obdržel celkové skóre 3, což znamená, že pracoviště spadá do 2. kategorie, stejně jako u 50. percentilu.

Výsledky analýzy podle Nařízení vlády jsou zobrazeny na Obrázek 6-39: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády. Pro 95. percentil nedošlo k tak výrazným změnám ve výsledcích. Došlo ke zmišení nepřijatelné polohy a vyskytují se zde polohy přijatelné a podmíněně přijatelné. V podmíněně přijatelné poloze se nachází pravé i levé zápěstí a nadloktí. Ostatní polohy se vyskytují v přijatelných hodnotách. Pro 5. percentil došlo ke zhoršení hodnot analýzy. Polohy nadloktí pro levou i pravou horní končetinu se přesunuly do nepřijatelných poloh. Objevují se zde i podmíněně přijatelné polohy u zápěstí levé i pravé ruky.



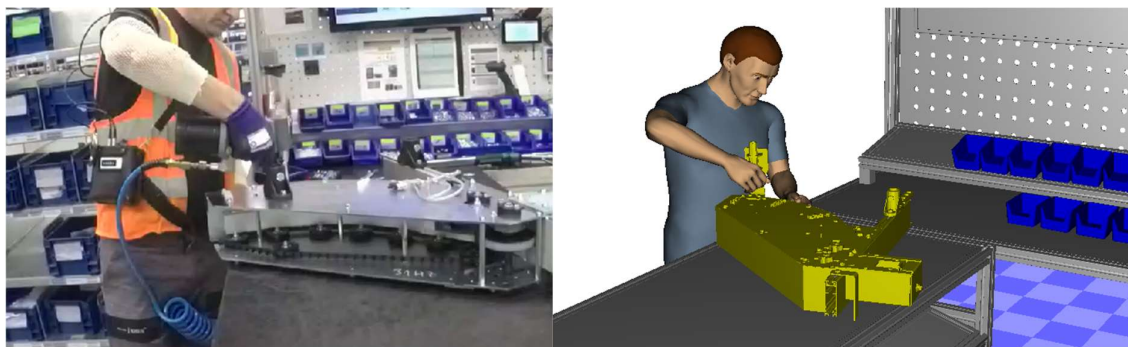
Obrázek 6-39: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 1 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

## Celkové hodnocení pracovní polohy

Na pracovišti CL12 bylo provedeno podrobné hodnocení první pracovní polohy pro různé percentily pracovníků – konkrétně pro 5., 50. a 95. percentil. Z výsledků hodnocení vyplývá, že jsou v této poloze pro pracovníka 5. percentilu existují rizikové oblasti, zejména v oblasti pravého i levého nadloktí. Pracovník v této poloze stráví přibližně 4 a půl minuty. I když jsou hygienické limity pro přijatelné a nepřijatelné polohy dodržovány, je potřeba zvážit, jaká opatření by mohla být navržena pro zlepšení této pracovní polohy.

### 6.4.2.2 Poloha č. 2 – Nýtování

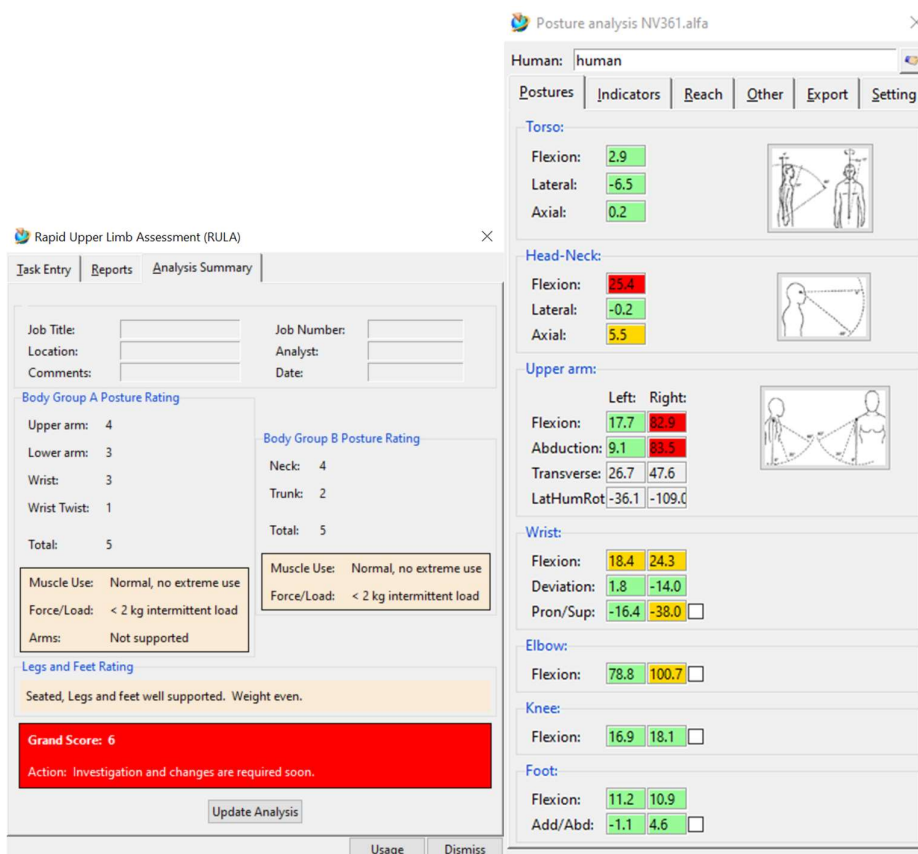
Pro analýzu byla zvolena druhá pracovní pozice, při které pracovník nýtuje pneumatickou nýtovačkou části dopravníku. Tato poloha byla vybrána kvůli zvednutého pravé horní končetině. Tuto činnost pracovník vykonává zhruba 5 sekund a opakuje ji celkem 108krát během osmihodinové směny. Tato poloha byla následně podrobena analýze pomocí metody RULA a byla zhodnocena v souladu Nařízením vlády. Skutečná poloha pracovníka byla zaznamenána a následně byla vytvořena modelová situace pro další hodnocení.



Obrázek 6-40: CL12 – Poloha č. 2 – Nýtování [autor]

V první fázi byla vytvořena modelová situace pracovní polohy pro pracovníka s 50. percentilu a následně byly spuštěny analýzy pro zhodnocení této polohy. První analýzou byla RULA, která vyhodnotila pracoviště celkovým skóre 6. Tato poloha byla zařazena do 3. kategorie a na pracovišti je potřeba navrhnout opatření.

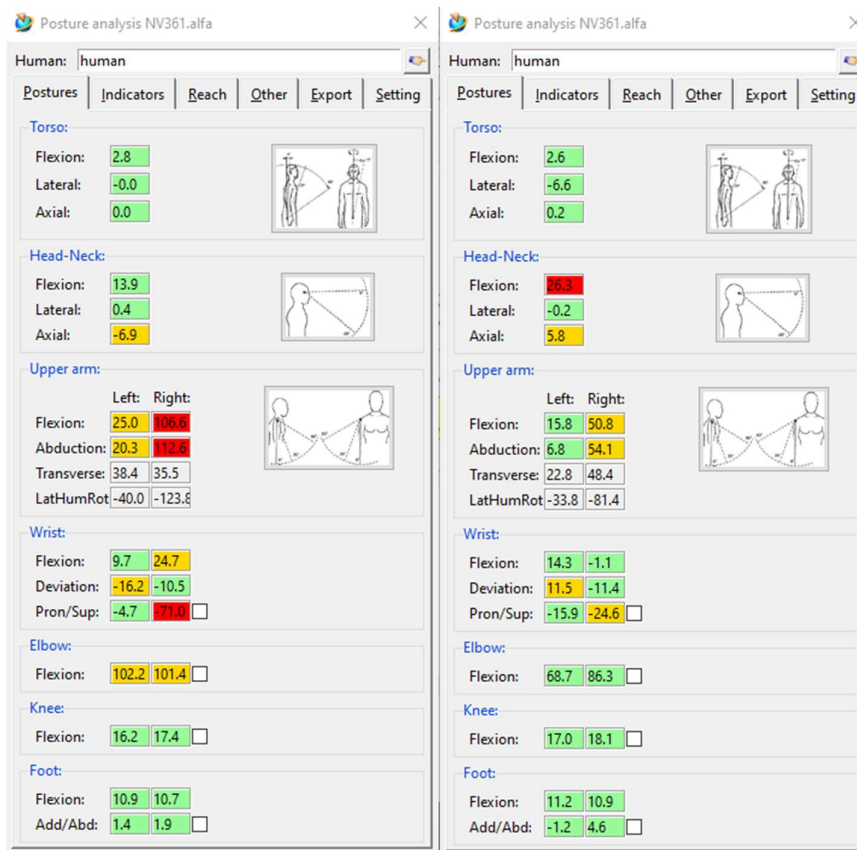
Druhé hodnocení bylo provedeno podle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Při této analýze byly identifikovány hodnoty označené jako nepřijatelné (červené) a hodnoty označené jako podmíněně přijatelné (žluté). V podmíněně přijatelné poloze byly identifikovány oblasti jako hlava-krk, pravé i levé zápěstí a pravý loket. Oblasti Hlava-krk ve flexi a pravé nadloktí byly identifikovány jako nepřijatelné polohy. Výsledky obou analýz jsou zobrazeny na Obrázek 6-41: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády .



Obrázek 6-41: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Po úspěšném vytvoření modelové situace pro pracovníka s průměrným 50. percentilem byly vytvořeny další modely poloh pro pracovníka s extrémními percentily. Tyto extrémní polohy byly podrobeny detailním analýzám metodou RULA. Výsledkem bylo, že pracovní poloha pro 95. percentil byla ohodnocena celkovým skóre 5 a u 5. percentilu skóre 4. Pracoviště pro 95. percentil zůstalo ve 3. kategorii, ale pro 5. percentil bylo zařazeno do 2. kategorie.

Hodnocení pracovní polohy podle Nařízení vlády je zobrazeno na Obrázek 6-42: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády . Pro 5. percentil se objevily nepřijatelné polohy pro pravé nadloktí a zápěstí. V Podmíněně přijatelné poloze se nachází hlava-krk, levé nadloktí, pravé i levé zápěstí a oba lokty. Pro 95. percentil se objevuje nepřijatelná poloha pro hlavu-krk ve flexi. Dále se zde objevují podmíněně přijatelné polohy v rámci axiálního směru hlavy-krku, pravého nadloktí a obou zápěstí.



Obrázek 6-42: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 2 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

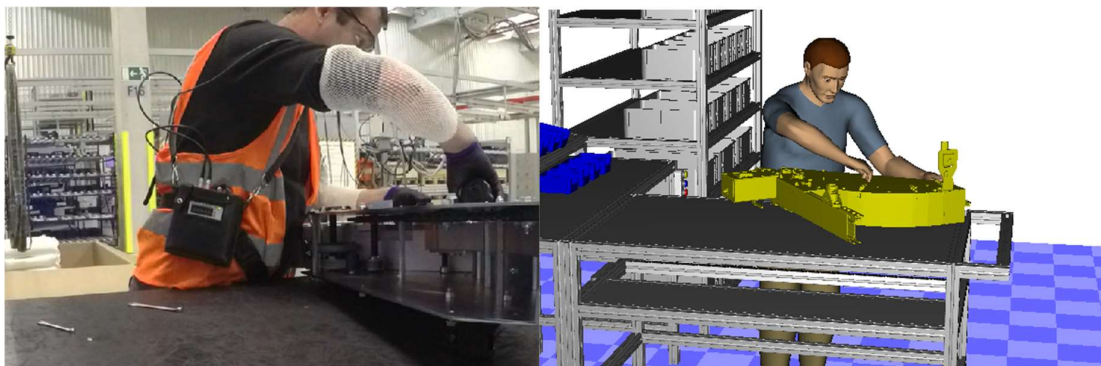
### Celkové hodnocení pracovní polohy

Hodnocení druhé pracovní polohy pro pracoviště CL12 bylo provedeno pro 5., 50. a 95. percentil. Výsledky ukazují, že pravé nadloktí a loket jsou nejrizikovějšími oblastmi pro pracovníka. Také jsou problematické polohy levého a pravého zápěstí. Pracovník stráví v této poloze 9 minut v pracovní směně. I když jsou hygienické limity pro podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy dodržovány, je možné zvážit opatření pro zlepšení pracovní polohy.

#### 6.4.2.3 Poloha č. 3 – utažení šroubů klíčem

Byla vybrána třetí pracovní pozice, ve které pracovník používá klíč k utažení šroubů. Tato pozice byla identifikována jako kritická kvůli vysokému zvednutí pravého lokte. Během

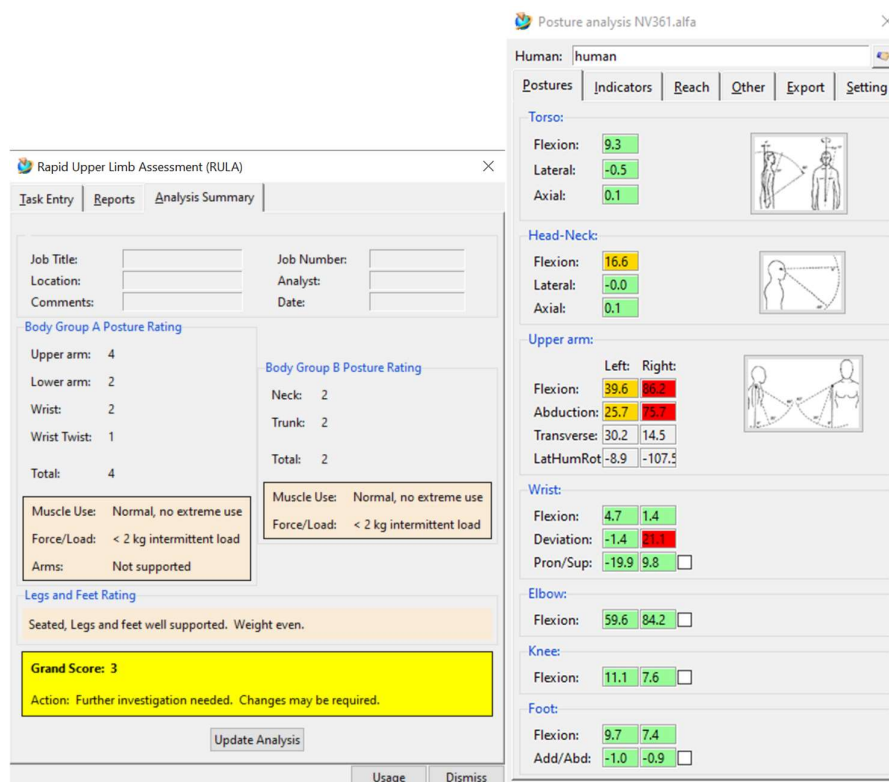
této činnosti pracovník pracuje s klíčem v pravé ruce a dotahuje šrouby. Tato pracovní pozice trvá zhruba 5 sekund a v průběhu osmihodinové směny se opakuje 90krát. Rovněž byla podrobena analýze RULA a vyhodnocení podle nařízení vlády. Obrázek níže ukazuje skutečnou polohu pracovníka a namodelovanou polohu.



Obrázek 6-43: CL12 – Poloha č. 3 – Utažení šroubů klíčem [autor]

V první fázi byla vytvořena modelová situace pro třetí pracovní polohu pro 50. percentil a poté byly provedeny analýzy k posouzení této polohy. První analýzou byla RULA, která ohodnotila pracovní pozici celkovým skóre 3 a zařadila tak práci do 2. kategorie. Na pracovišti je možné provádět změny, jelikož se jedná o lehce rizikovou práci.

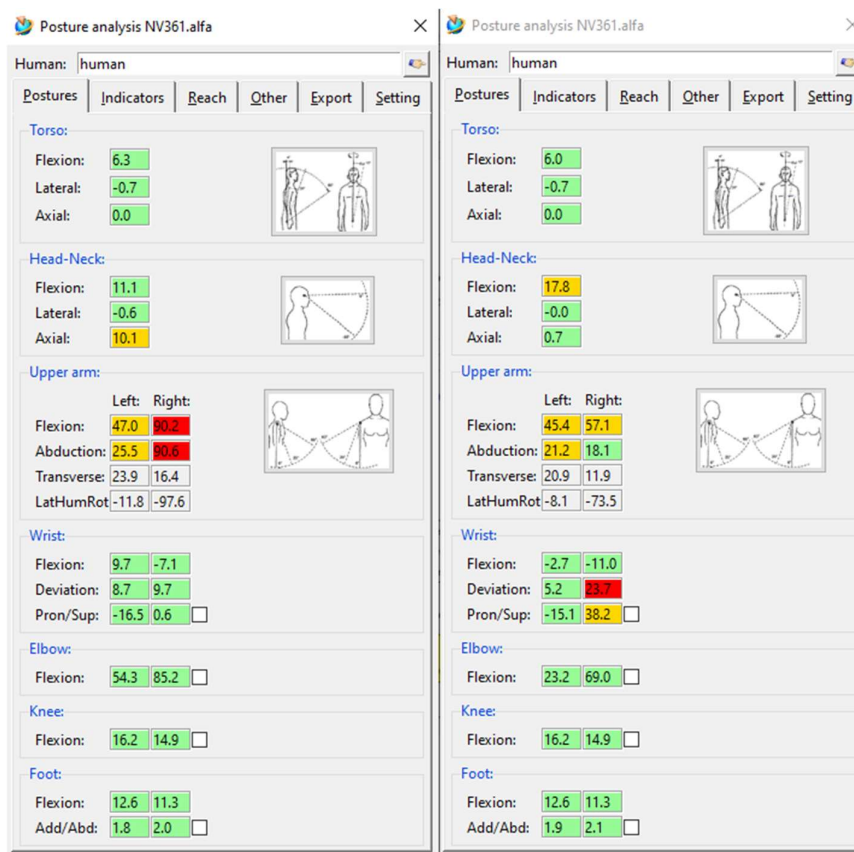
Výsledek analýzy RULA a hodnocení podle Nařízení vlády je zobrazeno na Obrázek 6-44: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády . Při hodnocení polohy podle Nařízení vlády byly identifikovány červené hodnoty jako nepřijatelné a také žluté hodnoty jako podmíněně přijatelné. Hlava-krk, levé nadloktí se nachází v podmíněně přijatelné pozici. Naopak pravé nadloktí a zápěstí se vyskytuje v nepřijatelné pozici.



Obrázek 6-44: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 50. percentil – RULA a Nařízení vlády [autor]

Pro úplné zhodnocení byla třetí pracovní poloha analyzována z hlediska 5. a 95. percentilu. Poté byly vytvořeny modelové pozice pro jednotlivé percentily a provedena analýza RULA. Pro 5. i 95. percentil byla tato poloha ohodnocena celkovým skóre 3, což znamená, že pracoviště bylo zařazeno do 2. kategorie, stejně jako pro 50. percentil.

Hodnocení podle nařízení vlády je klíčové a na Obrázek 6-45: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády jsou zobrazeny jeho výsledky. Tyto hodnoty se vztahují k hodnocení třetí pozice pro oba percentily. Pro 5. percentil jsou zaznamenány nepříjemné polohy v oblastech pravého nadloktí. Hlava-krk, levé nadloktí se nacházejí v podmíněně přijatelných polohách. Hodnocení pro 95. percentil ukazuje zlepšení některých hodnot. V podmíněně přijatelných polohách se nachází hlava-krk a pravé i levé nadloktí. Pravé zápěstí se nachází jak v nepříjemné, tak v podmíněně přijatelné poloze. Ostatní oblasti se nacházejí v přijatelných polohách.



Obrázek 6-45: CL12 – Vyhodnocení polohy č. 3 pro 5. a 95. percentil – Nařízení vlády [autor]

### Velkové vyhodnocení pracovní polohy

V rámci hodnocení pracoviště CL12 byla analyzována třetí pracovní poloha pro 5., 50. a 95. percentil. Z výsledků hodnocení vyplývá, že pro pracovníka představují největší riziko polohy pravého nadloktí a v některých případech i pravé zápěstí. V této pozici pracovník stráví přibližně 7 a půl minuty během pracovní směny. I když jsou hygienické limity pro podmíněně přijatelné a nepříjemné polohy dodržovány, mohly by být navržena opatření ke zlepšení pracovní polohy.

### 6.4.3 Ruční manipulace s břemeny

Tato ergonomická analýza se zaměřuje na posouzení fyzické manipulace s břemeny pracovníka na pracovišti CL12, přičemž se řídí Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. 361. Na této pracovní pozici se s výrobky manipulují během montáže a dále se ručně přemísťují na další pozici. Váha výrobků, se kterými se pracovník manipuluje, je 22,1 kilogramů. Z analýzy lokální svalové zátěže vyplývá, že manipulace s výrobky na této pozici nevyžaduje překročené pracovní síly, ale i přesto je důležité zhodnotit manuální manipulaci s břemeny.

Během ergonomické analýzy na pracovišti bylo zjištěno, že pracovník manipuluje s břemeny správným způsobem. Při manipulaci s břemeny pracovník dbá na udržení těžiště břemene co nejbližší u sebe, správně a bezpečně uchopí břemeno a používá celé dlaně pro manipulaci. Na pracovní pozici CL12, kde pracovník manipuluje s výrobkem o hmotnosti 22,1 kilogramů, byla stanovena výrobní norma pro osmihodinovou pracovní směnu 18 kusů za směnu. Počet manipulací během montážního procesu byl spočítán pomocí videozáznamu. Pracovník manipuloval s břemenem celkem 2krát při montáži jednoho výrobku. V tabulce níže jsou zaznamenány hodnoty manipulace s břemeny na tomto pracovišti a jsou vyhodnoceny s pomocí limitů Nařízení vlády.

Tabulka 6-13: Vyhodnocení manipulace s břemeny – CL12 [autor]

Sledovaná hodnota	Skutečná váha	Limity pro manipulaci s břemeny	V pracovní směně
Váha manipulovaného břemene	22,1 kg	30 kg	Vyhovuje
Kumulativní hmotnost za směnu	796 kg	10 000 kg	Vyhovuje



## 7. Návrhy nápravných opatření

V této kapitole jsou navržena opatření pro optimalizaci analyzovaných pracovišť. Po analýze pracovišť v rámci 6. kapitoly byly rozpoznány kritické pracovní činnosti. V rámci hodnocení lokální svalové zátěže se na pracovištích nachází činnosti, při kterých dochází k nedodržování stanovených hygienických limitů v rámci Nařízení vlády. V rámci hodnocení pracovních poloh se na pracovištích také vyskytují nedostatky a je tak potřeba z hlediska ergonomie lepší přizpůsobení pracovního prostředí pro montáž dopravníku. Z hlediska manipulace s břemeny nejsou překračovány hygienické limity, a proto této analýze nebude věnována pozornost při navrhování opatření. Cílem této kapitoly je poskytnout organizační a technické nápravné opatření pro zlepšení pracovní pohody na pracovišti a eliminovat tak negativní dopady na pracovníka.

### 7.1 Organizační opatření

Pokud z některých důvodů nelze aplikovat technická či technologická opatření na pracovišti, je možné uvažovat o navržení organizačního. Organizační opatření pouze eliminuje daný problém na pracovišti, ale zcela ho neodstraní. Proto je organizační opatření až jako poslední možnost pro optimalizaci analyzovaných pracovišť. Jako organizační opatření je možné navrhnout:

- změnu pracovní doby zaměstnance,
- změnu režimu práce, kdy je možné prodloužení odpočinkového času,
- střídání zaměstnanců na problémovém pracovišti,
- využití osobních ochranných pracovních prostředků.

Pokud ani organizační opatření nesníží rizikovost pracoviště a hygienické limity jsou stále nedodržovány, je potřeba zaměstnanci poskytnout pravidelné preventivní prohlídky u lékaře či biologické monitorování. Závodní lékař je zvolený zaměstnavatelem a měl by být obeznámen s pracovní činností pracovníka, a tím znát možná rizika ohrožení jeho zdravotního stavu. U práce, která je zařazena do 2. kategorie není nově potřeba zajišťovat pravidelné prohlídky u lékaře. Pro 3. kategorii jsou lékařské prohlídky již každý rok. Návštěvy lékaře a dále pojištění odpovědnosti zaměstnavatele za nemoci z povolání jsou spojeny s navýšením nákladů pro zaměstnavatele, tím dochází i navýšení nákladů na chod pracoviště. Tyto pravidelné dodatečné náklady je snaha eliminovat, a proto se dává přednost navržení technického či organizačního opatření.

Při analýze lokální svalové zátěže docházelo k výskytu nadlimitních svalových sil při určitých činnostech v procesu montáže. Jednotlivá pracoviště nejsou časově ani zátěžově vyvážená. Nejdelší montáž dopravníku probíhá na posledním pracovišti (tj. 25 minut) a podle této doby je určena výrobní norma. Z hlediska efektivity na těchto pracovních pozicích je potřeba zvážit lepší rozvržení pracovních procesů. Při vyrovnání výrobních časů jednoho kusu na pracovištích by tak mohlo dojít ke zvýšení produktivity práce a k navýšení vyrobených kusů za směnu. Došlo by tak i k vyvážení zátěže pracovníků, a tím by došlo k eliminaci vynaložených velkých a nadlimitních pracovních sil.

V případě zavedení rotace pracovníků na pracovištích nedojde pro výskyt nadlimitních pracovních sil ke změně. Ani při zavedení bezpečnostních přestávek nedojde k odstranění problému s výskytem nadlimitních pracovních sil. Nadlimitní svalové síly by se totiž neměly při pracovním procesu vyskytnout vůbec, a tudíž je potřeba využít technické či technologické opatření pro jejich odstranění.

## 7.2 Technické opatření

V případě navržení technického řešení pro zkvalitnění pracovního prostředí se aplikují zlepšení technickými prostředky. Technickým opatřením je myšleno například výměna hlučných strojů za méně hlučné či zavedení vzduchotechniky pro odvod prachu v příliš prašném prostředí. V rámci výsledků analýzy pracovních poloh na pracovištích se nabízí provést změny pracovního prostředí, mezi které patří změna rozměrů pracovních stolů, změna uspořádání pracovního místa či zavedení výškově nastavitelných a polohovacích stolů.

V rámci výsledků analýzy lokální svalové zátěže na pracovištích jsou zde také prostory pro zlepšení a potřeba navrhnout technické opatření. Byly zde identifikovány dvě kritické pracovní procesy, při kterých pracovník vynakládá nadlimitní svalové síly – použití levé horní končetiny jako lidský upínák a lisování ložisek.



Obrázek 7-1: Kritické procesy s nadlimitními svalovými silami [autor]

Při prvním procesu pracovník používá levou horní končetinu jako lidský upínák a tlačí tak proti síle kladiva. Kvůli této síle zde vznikají nadlimitní svalové síly, které by se při pracovních činnostech neměly vůbec vyskytovat. Jako technické opatření lze v tomto případě navrhnout použití upínacího nástroje při pracovním procesu. Pokud by byl výrobek upnut a pracovník by tak nemusel vynakládat sílu proti rázům kladiva, došlo by tak k odstranění nadlimitních svalových sil. Upínací nástroj v tomto případě musí obsahovat opatření proti odření či jiného poškození výrobku. Při druhé pracovní činnosti pracovník lisuje ložiska dopravníku. Vynaložení nadlimitních svalových sil může být spojeno i s nepříjemnou polohou, ve které se pracovník při lisování nachází. Tato nepříjemná poloha se zlepší změnou polohy dopravníku při montáži, kdy se dopravník postaví na pracovní stůl. Pracovník by tak lisoval ložisko nastojato a tlačil by z obou stran dopravníku. Tím dojde ke zlepšení pracovní polohy a zároveň i k odstranění nadlimitních svalových sil. Je možné i využití lepšího lisovacího nástroje, který se nachází na vzdálenějším pracovišti.

V rámci hodnocení pracovních poloh na pracovních pozicích bylo zjištěno, že všechny pracovní polohy jsou v souladu s Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. a nedochází tak k nedodržování hygienických limitů. Nicméně téměř všechny vyhodnocené polohy jsou kritické a při hodnocení zde byly polohy některých částí těla zařazeny mezi nepříjemné či podmíněně přijatelné polohy. Po celkovém zhodnocení poloh, kdy pracovník tráví v jednotlivých polohách méně času, než jsou limitní časy dané Nařízením vlády pro nepříjemné a podmíněně přijatelné polohy, jsou pracoviště z hlediska pracovních poloh zařazeny do 2. kategorie. Při těchto analýzách pracovních poloh došlo k nálezům potenciálních zlepšení ergonomie, které je možné aplikovat na pracoviště za účelem zkvalitnění pracovního místa.

Pro snížení rizik při pracovních procesech budou v první řadě navrženy změny pracovního místa:

- Změna šířky bočního pracovního stolu.

- Zavedení výškově nastavitelných a polohovacích stolů.
- Naklonění roviny pro uložení zásobníků na pracovním stole.
- Vymezení určitých míst pro zásobníky na pracovním stole.
- Vymezení míst pro nástroje používaných při montáži pro lepší přehlednost.
- Změna používaných nástrojů při montáži

Na Obrázek 7-2: Kritická poloha při výběru ze zásobníku jsou vidět kritické polohy pracovníka při výběru komponent ze zásobníků. Tyto polohy se nacházejí na všech čtyřech pracovištích. Právě změnou šířky bočního stolu, přesného vymezení prostoru pro zásobníky a naklonění roviny pro uložení zásobníků na pracovním stole docílíme přijatelnější polohy při výběru komponent ze zásobníků. Zásobníky se tím přiblíží k pracovníkovi a zmenší se tak dosahová vzdálenost. Dále se zásobníky více nakloní pro lepší úchop komponent a polohu zápěstí. Vymezení prostoru pro polohu zásobníků na pracovním stole se zamezí nepříjemné poloze v případě příliš vzdáleného zásobníku či natočení trupu. Dále se i přiblížením stěny pracovního stolu přiblíží i tablet, se kterým pracovník pracuje, a tím dojde ke zlepšení pracovní polohy.



Obrázek 7-2: Kritická poloha při výběru ze zásobníku [autor]

Na Obrázek 7-3: Kritická poloha při montáži jsou zobrazeny některé polohy, při kterých pracovník zvedá loket do nepříjemné polohy. V tomto případě dojde ke zlepšení při použití výškově nastavitelných a polohovacích stolů. Tím si pracovník může přizpůsobit stůl svojí výšce a zároveň i procesům, které právě vykonává. Nejlepší variantou je využití elektronicky výškově nastavitelné pracovní stoly s memory funkcí, která by ukládala jednotlivé polohy pro kritické procesy. Pracovník by tak neztrácel čas při nastavování stolu do přijatelné polohy pro pracovní proces. Tyto stoly je potřeba využít na všech čtyřech pracovištích, jelikož k těmto nepříjemným polohám, kde by pomohla úprava výšky stolu, dochází u všech pracovníků.



Obrázek 7-3: Kritická poloha při montáži [autor]

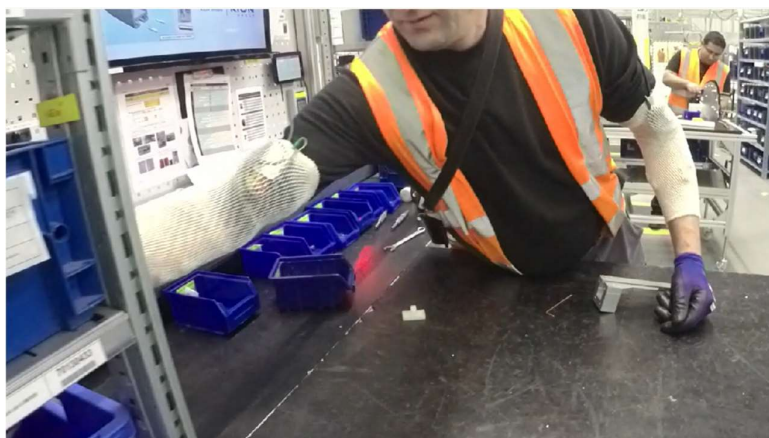
V případě pracovní polohy, která je zobrazena na Obrázek 7-4: Kritická poloha při utažení šroubů dochází k nepříjemné poloze pravé horní končetiny. Pracovník utahuje šroubky pomocí šroubováku s T rukojetí. Při změně a použití jiných nástrojů při montáži by mohlo dojít ke zlepšení pracovní polohy. Pracovník by tak nemusel zvedat pravý loket do velké výšky, aby

dosáhl na T rukojeť. Další variantou pro zlepšení této nepříjemné polohy je použití výškově nastavitelných stolů.



**Obrázek 7-4: Kritická poloha při utažení šroubů [autor]**

Byly zde vyhodnoceny polohy, které je možné zlepšit pouze změnou pracovního postupu. Například u pracoviště CL09 se pracovník naklání přes pracovní stůl za účelem vybrat výrobek ze vzdáleného regálu. Tato kritická poloha není akceptována a je možné ji odstranit tím, že by pracovník stůl obešel a nezkracoval si tak cestu do regálu s výrobkem viz Obrázek 7-5: Kritická poloha pro pracoviště CL09 .



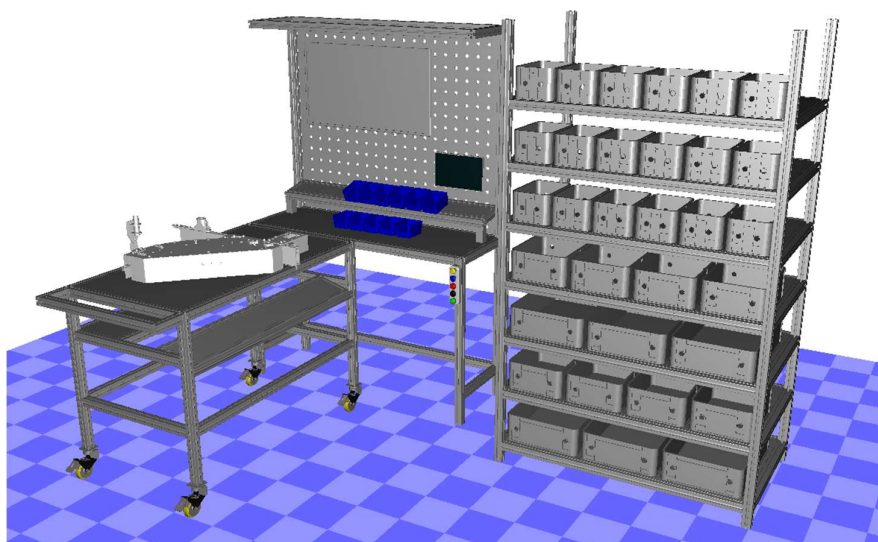
**Obrázek 7-5: Kritická poloha pro pracoviště CL09 [autor]**

## 8. Ergonomická analýza po aplikaci navržených opatření

Následující kapitola je věnována ergonomické analýze pracovních pozic po aplikaci technických opatření, které byly navrženy v předchozí kapitole. Po analýze a vyhodnocení pracovních poloh v šesté kapitole bylo zjištěno, že jednotlivá pracoviště sice jsou zařazeny do 2. kategorie práce, nicméně zde byly identifikovány potenciály, pomocí kterých se může docílit zlepšení pracovního prostředí.

Po aplikaci technického opatření došlo ke změně rozměrů pracovních ploch. Po analýze pracovních procesů bylo zjištěno, že pouze jeden stůl je využit jako pracovní plocha pro montáž výrobku. Pracovník využívá pro montáž a umístění výrobku pouze jeden pracovní stůl, druhý je využit pouze jako odkládací prostor pro nástroje a umístění zásobníků. Z tohoto důvodu je na pracovištích odkládací pracovní stůl zmenšen na šířku pro zlepšení dosahové vzdálenosti do zásobníků. Šířka stolu byla sice zmenšena, ale stejně se zde nachází dostatečný prostor pro umístění zásobníků a pohodlné odkládání nástrojů. Také je zmenšena šířka vyvýšeného prostoru pro zásobníky a rovina se zásobníky je zde více nakloněna. Zmenšení celkové šířky odkládacího stolu pomůže dosahu pro práci s tabletem, který je umístěn na stěně pracovního stolu. Dále je na pracovišti vyhrazeno určité místo, kde se zásobníky mohou vyskytovat. Tento prostor napomůže k eliminaci nepříjemných pracovních poloh, kdy by se pracovník musel k zásobníku natáčet trupem či by do zásobníku nemohl vůbec dosáhnout.

Na Obrázek 8-1: Model pracoviště po aplikaci změn je zobrazeno pracoviště po realizaci změn. V rámci podkapitol jsou provedeny nové analýzy pracovních poloh pro 5., 50. a 95. percentil po zavedení těchto změn na pracovištích a jsou tak prozkoumány jejich pozitivní dopady na ergonomii.



Obrázek 8-1: Model pracoviště po aplikaci změn [autor]

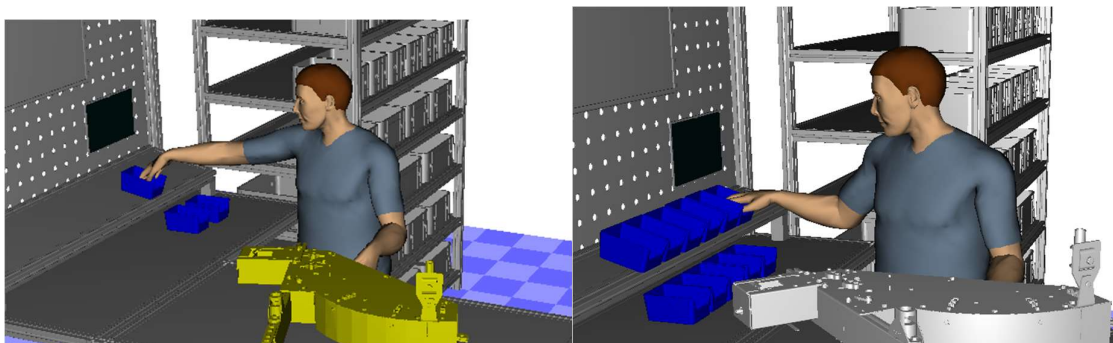
Jako další technické opatření jsou aplikovány na pracovištích výškově nastavitelné stoly. Výškovou nastavitelností tak docílíme přizpůsobení pracovního místa pro jedince podle jeho antropometrických údajů. Dojde tak ke zlepšení všech pracovních poloh při montáži, jelikož si pracovník může přizpůsobit polohu pracovního stolu podle prováděného procesu a své výšky.

Dalším technickým opatřením byla zvolena změna používaných nástrojů při montáži. Pracovník se kvůli nesprávnému zvolení pracovních nástrojů dostává do nepříjemných poloh z hlediska horních končetin. Při použití jiného nástroje s nižší rukojetí nebudeme muset

pracovník zvedat horní končetinu do takové výšky. Díky tomu se eliminují nepříjemné pracovní polohy při používání nástroje pro utahování šroubů.

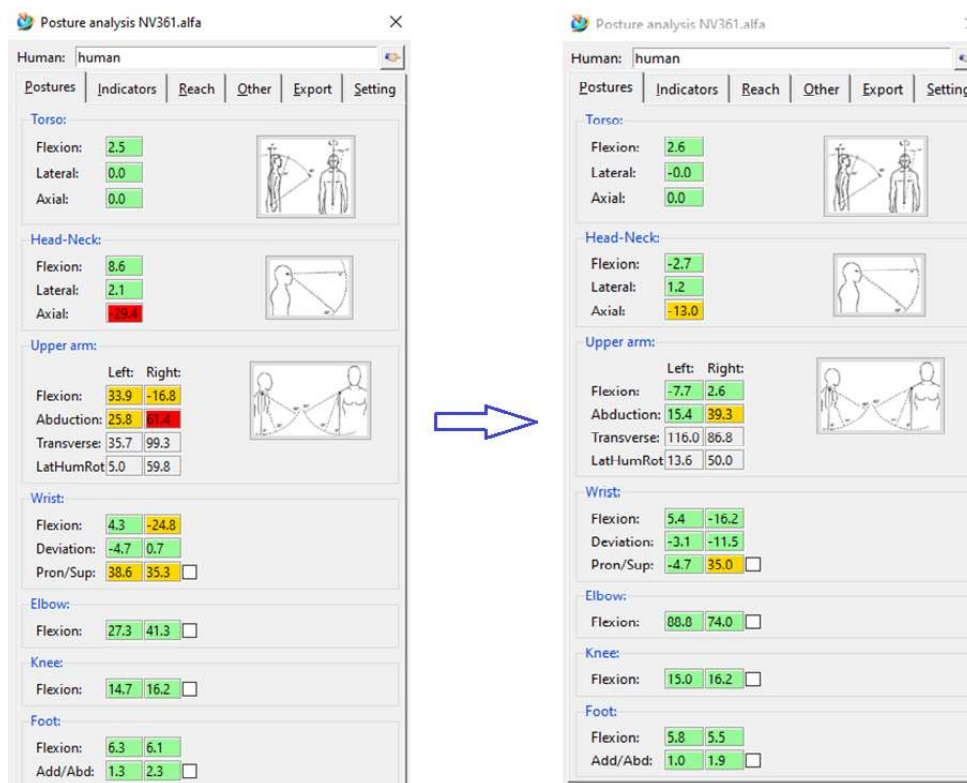
## 8.1 Vyhodnocení pracovní polohy č. 1 po úpravě pracoviště

První polohou pro opětovnou analýzu byla zvolena poloha při výběru komponent ze zásobníku. Pracovník v této poloze vybírá komponenty ze zásobníku. Pro analýzu je vybrána poloha, kdy se již pracovník musí lehce natočit trupem, aby na vzdálenější zásobník dosáhl. Pro aplikované opatření bylo provedeno hodnocení polohy podle Nařízení vlády 361/2007 Sb. a podle metody RULA. Na Obrázek 8-2: 1. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti je vidět namodelovaná poloha před a po aplikaci změn. Již z obrázku lze poznat, že dochází ke zlepšení pracovní pozice. Pracovník nemusí natahovat horní končetinu tak daleko a díky naklonění roviny se zásobníkem dochází ke zlepšení polohy zápěstí.



Obrázek 8-2: 1. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti [autor]

V tabulce níže jsou uvedeny výsledky analýzy podle Nařízení vlády pro 50. percentil před a po aplikaci technických opatření. Z výsledků je patrné, že došlo ke zlepšení pracovní polohy v rámci oblasti hlava-krk, pravého i levého horního nadloktí a zápěstí. Ke změně polohy hlava – krk došlo v axiálním směru díky vymezení místa pro zásobníky. V případě polohy zápěstí a nadloktí došlo ke zlepšení díky přiblížení a naklonění zásobníků.



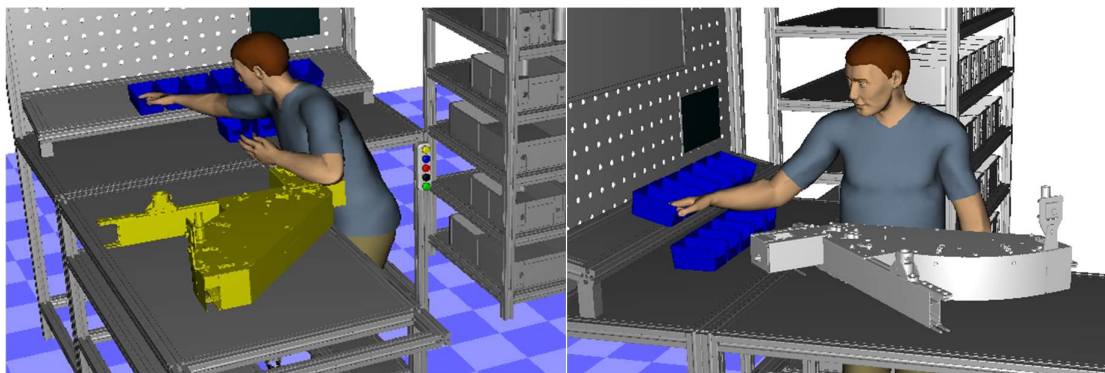
Obrázek 8-3: Hodnocení 1. pracovní polohy před a po zavedení opatření – Nařízení vlády [autor]

V případě hodnocení RULA je práce ohodnocena stejným celkovým skóre 3. Nicméně podle bližšího hodnocení z výsledků došlo ke zlepšení horních končetin o jeden bod.

Pro 95. a 5. percentil došlo nejprve k mírnému zlepšení ve výsledcích. Ke změně šířky stolu a naklonění roviny se zásobníky bylo potřeba na pracoviště zavést výškově nastavitelný stůl kvůli velkým rozdílům ve výškách pracovníků. Po zavedení došlo v hodnocení podle Nařízení vlády i metody RULA ke stejným výsledkům jako u 50. percentilu. Po zavedení změn na pracovišti došlo ke zlepšení 1. pracovní polohy pro 5., 50. i 95. percentil.

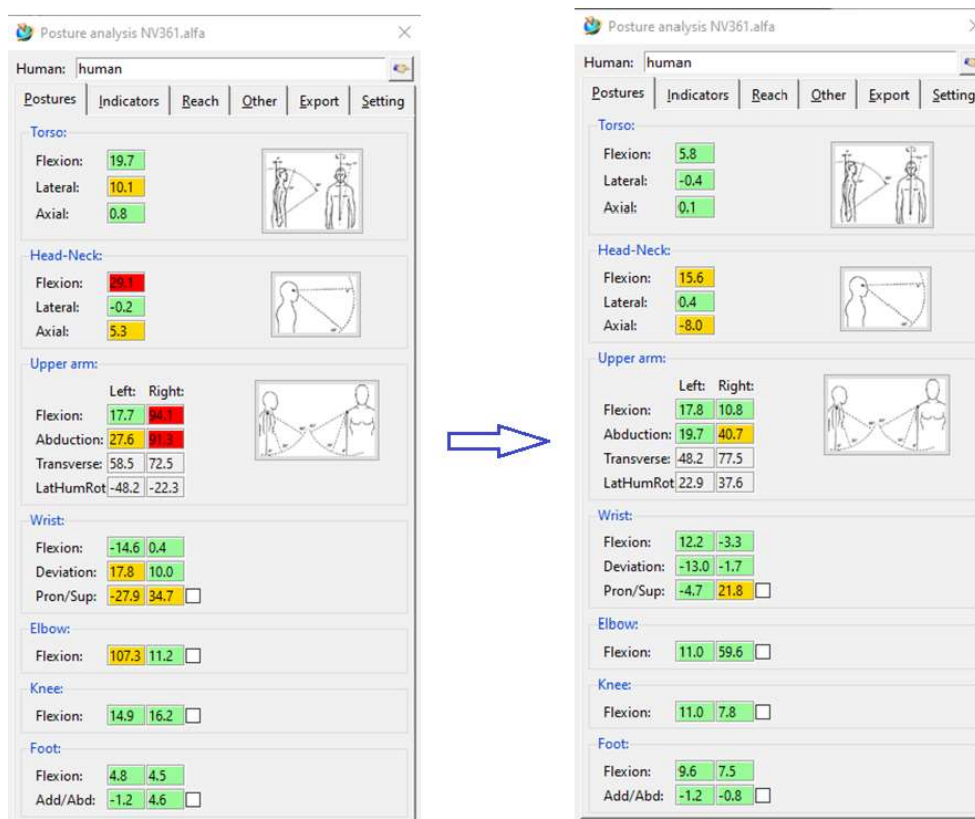
## 8.2 Vyhodnocení pracovní polohy č. 2 po úpravě pracoviště

Druhou polohou pro opětovnou analýzu byla zvolena poloha při výběru komponent ze zásobníku, který je umístěn na nakloněné rovině stejně jako u polohy v podkapitole výše s tím rozdílem, že zásobník je umístěn na druhém konci. Pracovník v této poloze vybírá komponenty ze zásobníku. Po realizaci opatření na pracovišti bylo provedeno hodnocení polohy podle Nařízení vlády 361/2007 Sb. a podle metody RULA. Na Obrázek 8-4: 2. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti je vidět namodelovaná poloha před a po aplikaci změn. Již z obrázku lze poznat, že dochází ke zlepšení pracovní pozice. Pracovník nemusí natahovat horní končetinu tak daleko a ohýbat se a díky naklonění roviny se zásobníkem dochází ke zlepšení polohy zápěstí.



Obrázek 8-4: 2. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti [autor]

V tabulce níže jsou uvedeny výsledky analýzy podle Nařízení vlády pro 50. percentil před a po aplikaci technických opatření. Z výsledků je patrné, že došlo ke zlepšení pracovní polohy v rámci oblasti naklonění trupu, hlava-krk, pravé i levé horní končetiny – nadloktí, zápěstí a loket. V oblasti trupu došlo ke zlepšení díky přiblížení zásobníku do dosahové vzdálenosti. Pro zlepšení polohy horní končetiny došlo také díky přiblížení a naklonění zásobníku. K velkému a pozitivnímu rozdílu hodnot úhlu dochází u lokte pravé horní končetiny, kdy pracovník nemusí zvedat horní končetinu do tak velké výšky.



Obrázek 8-5: Hodnocení 2. pracovní polohy před a po zavedení opatření – Nařízení vlády [autor]

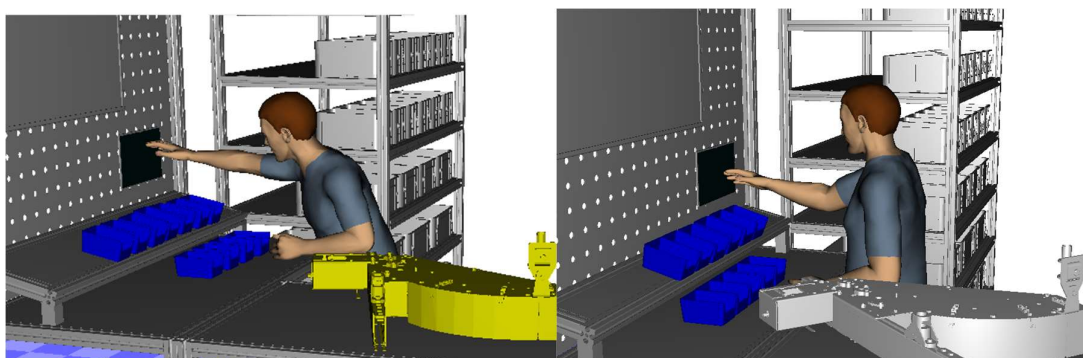
V případě hodnocení RULA je nově práce ohodnocena celkovým skóre 3. Došlo zde ke zlepšení o jeden bod celkového skóre. Důvodem zlepšení je podle detailnějších výsledků poloha horní i dolní paže a trupu.



Pro 95. a 5. percentil došlo v první fázi k mírnému zlepšení ve výsledcích. Ke změně šířky stolu a naklonění roviny se zásobníky bylo potřeba na pracoviště zavést výškově nastavitelný stůl kvůli velkým rozdílům ve výškách pracovníků. Po zavedení došlo v hodnocení podle Nařízení vlády i metody RULA ke stejným výsledkům jako u 50. percentilu. Po zavedení změn na pracovišti došlo ke zlepšení 1. pracovní polohy pro 5., 50. i 95. percentil.

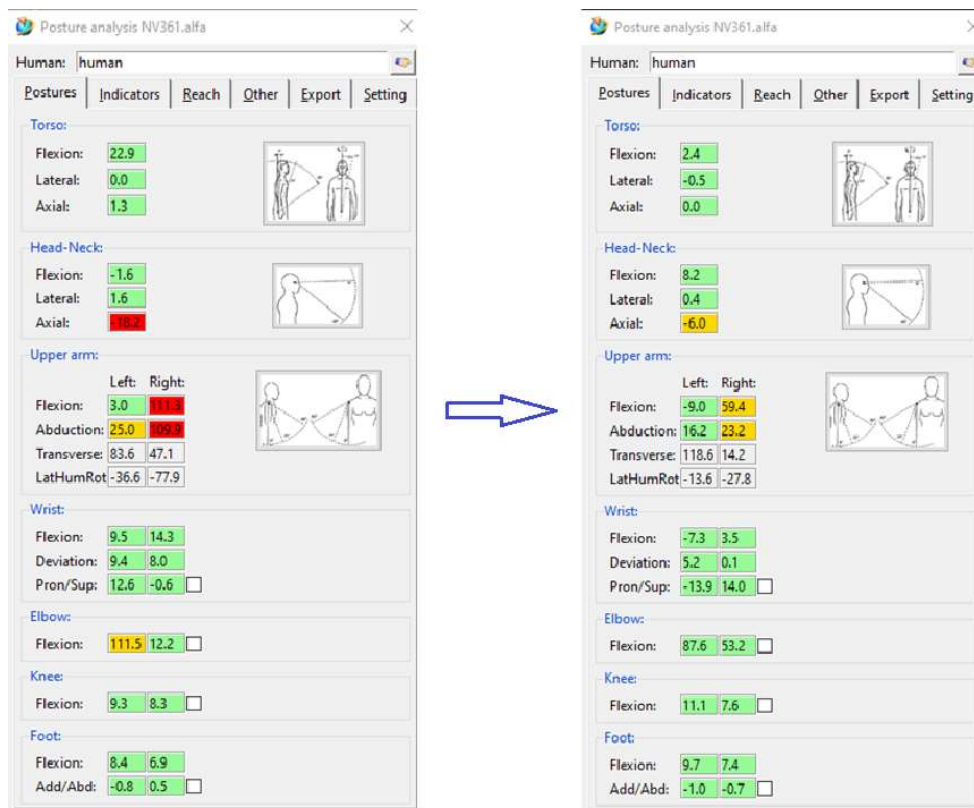
### 8.3 Vyhodnocení pracovní polohy č. 3 po úpravě pracoviště

Pro analýzu pracovní polohy po zavedení opatření byla vybrána poloha, při které pracovník obsluhuje tablet a nahrává do něj informace pro spuštění programu postupu. Po nahrání informací se na televizi objeví pracovní postup, podle kterého má pracovník postupovat. Po realizaci opatření na pracovišti bylo provedeno hodnocení polohy podle Nařízení vlády 361/2007 Sb. a podle metody RULA. Na Obrázek 8-6: 3. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti je zobrazena poloha před a po aplikaci technických opatření na pracovišti.



Obrázek 8-6: 3. poloha před a po aplikaci změn na pracovišti [autor]

V tabulce níže jsou uvedeny výsledky analýzy podle Nařízení vlády pro 50. percentil před a po aplikaci technických opatření. Z výsledků je patrné, že došlo ke zlepšení pracovní polohy v rámci oblasti hlava-krk, a především pravé horní končetiny – nadloktí a loket. Došlo k odstranění nepříjemných pracovních poloh a nahradily je podmíněně přijatelné. Zmenšení šířky odkládacího pracovního stolu způsobilo, že se zadní stěna s tabletem přiblížila do dosahové vzdálenosti pracovníka.



Obrázek 8-7: Hodnocení 3. pracovní polohy před a po zavedení opatření – Nařízení vlády [autor]

V případě hodnocení RULA je nově práce ohodnocena celkovým skóre 3. Došlo zde k velkému zlepšení z původního celkového skóre 6 a práce je podle nového vyhodnocení RULA zařazena do 2. kategorie.

Pro 95. a 5. percentil došlo v první fázi k mírnému zlepšení ve výsledcích. Ke změně šířky stolu pro posunutí tabletu blíže k pracovníkovi bylo potřeba na pracoviště zavést výškově nastavitelný stůl kvůli velkým rozdílům ve výškách pracovníků. Po zavedení došlo v hodnocení podle Nařízení vlády i metody RULA ke stejným výsledkům jako u 50. percentilu. Po zavedení změn na pracovišti došlo ke zlepšení 1. pracovní polohy pro 5., 50. i 95. percentil.

## 9. Ekonomické zhodnocení navržených opatření

Pro pracoviště CL09, C10, CL11 a CL12 bylo navrženo několik technických opatření, které je možné zrealizovat a zavést. Z hlediska hodnocení pracovních poloh a ruční manipulace s břemeny byla pracoviště zařazena do 2. kategorie i přes výskyt podmíněně přijatelných dokonce i nepříjemných poloh. Z hlediska hodnocení lokální svalové zátěže byly nalezeny dvě pracovní činnosti, při kterých dochází u pracovníka k výskytu nadlimitních svalových sil a stávají se tak kritickými.

Pro všechna pracoviště byly především navrženy elektrické výškově nastavitelné stoly. V případě odkládacího stolu pro zásobníky a nástroje byla po internetovém průzkumu vypočtena průměrná cena 28 320 Kč. Vybraný pracovní stůl je možné objednat na zakázku a přizpůsobit ho tak navrženým rozměrům pro zlepšení ergonomie pracoviště.

V případě stolu pro přímou montáž je možné využití dvou variant. První variantou je použití elektrického výškově nastavitelného stolu s memory funkcí, která by ukládala jednotlivé polohy pro kritické procesy, pro kterou je průměrná cena 23 800 Kč. Pro druhou variantu byla vybrána elektrická výškově nastavitelná podnož, do které lze umístit vlastní pracovní desku. Nynější pracoviště je vybaveno dřevěnou deskou pro montáž, proto by stálo za uvažování pořízení pouze stolní podnože a využití již používané dřevěné desky. Stolní podnož lze zcela přizpůsobit rozměrům pracovní desky. Pro elektrickou výškově nastavitelnou podnož je průměrná cena 12 087 Kč.



Obrázek 9-1: Elektrická výškově nastavitelná podnož [46]

Pro další ergonomickou úpravu pracoviště byla navržena úprava odkládacího stolu pro zásobníky a nástroje. Mezi tyto úpravy patří přesné vymezení místa pro zásobníky na odkládacím stole a vizuální přizpůsobení nově pořízeného elektrického stolu tomu původnímu. Dále i pro vymezení pracovního místa pro odkládání a uložení používaných nástrojů.

Při ergonomické analýze byly upozorovány kritické procesy, pro jejich zlepšení bylo navrženo použití nových pracovních nástrojů. Jde například o použití jiného pracovního nástroje místo šroubováku s T-rukojetí. Je možné využití kratšího T šroubováku či šroubováku jiného typu. Dalším pracovním nástrojem je pořízení upínacího přípravku pro pracovní proces,

kdy pracovník použít levou horní končetinu jako lidský upínák. Po cenovém průzkumu byla cena upínacího přípravku odhadnuta průměrně na 4 000 Kč.

V Tabulka 9-1: Náklady na zavedená opatření jsou zobrazeny náklady na zavedená opatření. Jsou zde uvedeny náklady na dvě varianty. První varianta s elektrickým výškově nastavitelným stolem pro montáž a druhá varianta s elektrickou výškově nastavitelnou podnoží.

Tabulka 9-1: Náklady na zavedená opatření [autor]

Zavedená opatření	Počet	Průměrná pořizovací cena/ks	Cena celkem
Elektrický výškově nastavitelný odkládací stůl	4	28.320 Kč	113.280
Elektrický výškově nastavitelný stůl pro montáž		23.800 Kč	95.200
Nebo Elektrická výškově nastavitelná podnož	4	12.087 Kč	48.348
Úprava odkládacího stolu pro zásobníky a nástroje	4	3.000 Kč	12.000
Nové pracovní nástroje	4	300 Kč	1.200
Upínací přípravek	1	4.000 Kč	4.000
<b>Celkem 1. varianta</b>			<b>225.680 Kč</b>
<b>Celkem 2. varianta</b>			<b>178.828 Kč</b>

Pro případná navržená opatření byl předem definován společností KION rozpočet, který činil 500 000 Kč. S ohledem na tento rozpočet a ergonomické analýzy byla navržena opatření pro montážní pracoviště CL09, CL10, CL11 a CL12.

Realizace těchto opatření má přínosy primárně ve zlepšení ergonomie pracoviště, které tím pracovníky ochrání před případnými úrazy či nemocemi z povolání. Tímto jsou i ušetřeny náklady, které jsou spojené s lékařskými prohlídkami již každý rok, které se týkají pracovišť, které jsou zařazeny do 3. kategorie. Díky změně pracovního stolu i jeho uspořádání dojde ke zvýšení produktivity a výkonu na pracovištích. Při těchto změnách vznikne na pracovištích větší pracovní pohoda pro pracovníky a díky uspořádání pracoviště je možné i zvýšení jejich pracovního výkonu.

Jednotlivá opatření byla navržena tak, aby byla účinná vzhledem ke zlepšení ergonomie, ale zároveň aby nebyla finančně náročná na náklady. Na pracovištích je možné uplatnit první či druhou variantu navržených technických opatření a zvýšit tak prevenci pracovních rizik.

## Závěr

Ergonomie jako věda taková zkoumá člověka a vlivy, kterým je při práci vystaven a které ovlivňují jeho zdraví i pracovní výkon. Zdraví zaměstnanců a hygiena práce se tak stává základem pro prosperující průmyslovou či výrobní organizaci. Pracovníci jsou vystaveni pracovním rizikům, při kterých si mohou způsobit pracovní úrazy či dokonce nemoci z povolání. Jedním z rizikových faktorů je pracovní zátěž, které jsou pracovníci dennodenně vystavováni a může negativně ovlivnit zdraví pracovníka a způsobit tak jeho přetěžování. Proto je potřeba neustále analyzovat jednotlivá pracoviště své výrobní organizace a hledat tak skryté hrozby, které mohou negativně ovlivnit výkonnost a v horším případě zdraví pracovníka.

Teoretická část této práce byla věnována samotné ergonomii a oblastem, které s ergonomií souvisejí. Jedna z kapitol definovala podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží, které určují mimo jiné i hygienické limity, které byly potřeba pro ergonomické analýzy z hlediska hodnocení celkové a lokální fyzické zátěže, pracovních poloh a ruční manipulace s břemeny. Další podstatnou část se věnovala nástrojům pro hodnocení ergonomie. Zde byly uvedeny způsoby uskutečnění analýz pro hodnocení lokální svalové zátěže a pracovních poloh. Byly zde popsány dvě možnosti hodnocení pracovních poloh – Tecnomatix Jack a Motion Capture. Dále zde byl popsán způsob měření lokální svalové zátěže pomocí metody EMG.

Praktická část představila společnost Kion a popis vybraných pracovních pozic, které byly následně podrobeny ergonomickým analýzám. V další kapitole byla jednotlivá pracoviště zanalyzována z hlediska ergonomie. Jednotlivé pracovní pozice byly ohodnoceny z hlediska hodnocení lokální svalové zátěže, hodnocení pracovních poloh a hodnocení ruční manipulace s břemeny. Pro analýzu pracovních poloh bylo pro každé pracoviště vybráno několik kritických poloh pro zhodnocení. Po nalezení kritických pracovních procesů bylo v následující kapitole navrženo nápravné opatření. Kapitola poskytuje jak organizační, tak i technická opatření pro ergonomické zlepšení pracovního prostředí. V další kapitole byla technická opatření na pracovištích aplikována a probíhala zde opětovná analýza a vyhodnocení některých pracovních poloh pro zjištění pozitivních výsledků z provedených změn. Jako poslední část práce byla navržena technická opatření podrobena ekonomickému zhodnocení a analýze jejich přínosů.

Cílem této práce byla analýza vybraných montážních pracovišť ve společnosti Kion u Stříbra. Po uskutečnění analýz a jejich zhodnocení byla navržena organizační a technická opatření pro zlepšení ergonomie na pracovištích. Na pracovištích byly identifikovány kritické procesy v rámci hodnocení lokální svalové zátěže, při kterých docházelo k nedodržování hygienických limitů. Při jednotlivých analýzách byly zpozorovány procesy, které sice nebyly vyhodnoceny jako kritické, nicméně u nich byla nalezena potenciální místa pro zlepšení a bylo možné pro ně navrhnout realizovatelná opatření. V další fázi bylo nutné potvrdit pozitivní vliv aplikovaných opatření na pracovištích, kdy byla jednotlivá pracoviště opětovně podrobena analýzám a vyhodnocení. V neposlední řadě byla navržena opatření podrobena ekonomickému zhodnocení jejich nákladů a přínosů. Výsledkem je navržení ekonomicky výhodných technických opatření s pozitivním ergonomickým dopadem na pracovištích, kdy je tak snížen rizikový faktor v podobě pracovní zátěže a tudíž je naplněn cíl této práce.

## Bibliografie

- [1] ZSBOZP. *Ergonomie*. [Online] 2016. [Citace: 25. 10 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/ergonomie>.
- [2] Malý, Stanislav, Král, Miroslav a EVA, Hanáková. *ABC ergonomie*. Praha : Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [3] RUBÍNOVÁ, Dana. *Ergonomie*. Brno : Akademické nakladatelství, 2006. ISBN 80-214-3313-2.
- [4] BUREŠ, Marek. *Ergonomie - Úvod, Přednáška z předmětu ŘOP*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, FST, 2012. Katedra průmyslového inženýrství a managementu.
- [5] Král, Miroslav. ZSBOZP. *Ergonomie -Poznatky ergonomie uplatňované v technické praxi*. [Online] 2018. [Citace: 20. 10 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/poznatky-ergonomie-uplatnovane-v-technicke-praxi>.
- [6] WikiSkripta. *Pracovní zátěž*. [Online] 2014. [Citace: 20. 10 2022.] [https://www.wikiskripta.eu/w/Pracovni%C3%AD\\_z%C3%A1t%C4%9B%C5%BE](https://www.wikiskripta.eu/w/Pracovni%C3%AD_z%C3%A1t%C4%9B%C5%BE).
- [7] ZSBOZP. *Ergonomie - Pracovní výkon a pracovní zátěž člověka*. [Online] 2016. [Citace: 20. 10 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-vykon-a-pracovni-zatez-cloveka>.
- [8] EBOZP. *Fyzická zátěž*. [Online] 2018. [Citace: 20. 10 2022.] [https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Fyzicka%C3%A1\\_z%C3%A1t%C4%9B%C5%BE](https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php?title=Fyzicka%C3%A1_z%C3%A1t%C4%9B%C5%BE).
- [9] Kováč, Jozef a Szombatyová, Edita. *Ergonómia*. Košice : Technická univerzita v Košiciach, Strojnícká fakulta. ISBN 9788055305387.
- [10] SLAMKOVÁ, E., DULINA, L' a TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. Žilina : GEORG, 2010. ISBN 978-80-89401-09-3.
- [11] CIVOP. *PSYCHICKÁ ZÁTĚŽ JAKO RIZIKOVÝ FAKTOR*. [Online] 1. 10 2019. [Citace: 25. 10 2022.] <https://www.civop.cz/psychicka-zatez-jako-rizikovy-faktor/>.
- [12] ZSBOZP. *Nemoci z povolání*. [Online] 2015. [Citace: 20. 10 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/nemoci-z-povolani>.
- [13] ZSBOZP. *Rizika a nebezpečí*. [Online] 2016. [Citace: 11. 10 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/rizika-a-nebezpeci>.
- [14] ZSBOZP. *Rizikové faktory*. [Online] 2016. [Citace: 20. 10 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/rizikove-factory>.
- [15] ZSBOZP. *OCHRANA ZDRAVÍ -Identifikace a hodnocení zdravotních rizik při práci*. [Online] 2016. [Citace: 2. 11 2022.] <https://zsbozp.vubp.cz/identifikace-a-hodnoceni-zdravotnich-rizik-pri-praci>.
- [16] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovující podmínky ochrany zdraví při práci (a jeho aktualizace NV č. 68/2010 Sb.) potažmo dle Vyhlášky č. 432/2003 Sb. stanovující podmínky pro zařazování prací do kategorií.
- [17] Šplíchalová, Anna. BOZPProfí. *Měření a hodnocení fyzické zátěže při práci*. [Online] 18. 5 2020. [Citace: 20. 10 2022.] [https://www.bozpprofi.cz/33/mereni-a-hodnoceni-fyzicke-zateze-pri-praci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIDaKU2cPzBG7jA6h-48WUIZwRYsMFH\\_3w/](https://www.bozpprofi.cz/33/mereni-a-hodnoceni-fyzicke-zateze-pri-praci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIDaKU2cPzBG7jA6h-48WUIZwRYsMFH_3w/).

- [18] WikiSkripta. *Lokální fyzická zátěž (hygienu)*. [Online] 11. 4 2018. [Citace: 6. 11 2022.] [https://www.wikiskripta.eu/w/Lok%C3%A1ln%C3%AD\\_fyzick%C3%A1\\_z%C3%A1t%C4%9B%C5%BE\\_\(hygienu\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Lok%C3%A1ln%C3%AD_fyzick%C3%A1_z%C3%A1t%C4%9B%C5%BE_(hygienu)).
- [19] Šplíchalová, Anna. MEDI profi. *Pracovní poloha – charakteristika*. [Online] 12. 9 2016. [Citace: 10. 9 2022.] <https://www.mediprofi.cz/33/pracovni-polohy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ek2xXHxYVn2g5AnT20o5gvI/>.
- [20] Hoffmann Group. *ERGONOMICKÉ PRACOVNÍŠTĚ – PRO ZDRAVÍ VAŠICH ZAMĚSTNANCŮ*. [Online] Hoffmann SE. [Citace: 10. 10 2022.] <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/know-how/online-pruvodce/pruvodce-zarizenim-provozu/ergonomicke-pracoviste/e/61057/>.
- [21] Kategorizace práce. *BezpečnostPráce.info. Portál o bezpečnosti práce (BOZP) a požární ochraně (PO)*. [Online] Copyright, 11. 03 2013. <https://www.bezpecnostprace.info/dokumentace/kategorizace-praci/>.
- [22] Görner, Tomáš, a další. BOZPinfo. *Možnosti ergonomických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí*. [Online] 11. 1 2013. [Citace: 11. 11 2022.] <https://www.bozpinfo.cz/josra/moznosti-ergonomickych-analyz-pracovnich-poloh-s-vyuzitim-realneho-pohybu-cloveka-v-digitalnim>. ISSN 1801-0334.
- [23] Bureš, Marek, a další. BOZPinfo. *Využití digitálních nástrojů ergonomie v praxi*. [Online] 4. 4 2011. [Citace: 11. 11 2022.] <https://www.bozpinfo.cz/josra/vyuziti-digitalnich-nastroju-ergonomie-v-praxi>. ISSN 1801-0334.
- [24] BAUMRUK, M. Tecnomatix Jack 7.0. *Software pro ergonomii v praxi*. [Online] Siemens, 2010. [Citace: 14. 11 2022.] [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/Images/Tecnomatix\\_Jack\\_7\\_tcm841-117308.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/Images/Tecnomatix_Jack_7_tcm841-117308.pdf).
- [25] BUREŠ, M. ŽIVDIG. *Tvorba a optimalizace pracoviště, e-book*. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.
- [26] AXIOMTECH. *Tecnomatix Jack*. [Online] <https://www.axiomtech.cz/24829-tecnomatix-digitalni-tovarna-jack>.
- [27] system, Dream technology. *Tecnomatix Jack*. [Online] [Citace: 14. 11 2022.] <https://dts-asia.com/products/tecnomatix-jack>.
- [28] JACK 9.0.WIN 64, Training Manual (Návod v programu Tecnomatix Jack v7.1).
- [29] SIEMENS. *Ergonomics & Human Performance*. [Online] SIEMENS. [Citace: 15. 11 2022.] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/cz/products/manufacturing-planning/ergonomics-human-performance.html>.
- [30] MM průmyslové spektrum. *Digitální továrna a ergonomické analýzy v automobilovém průmyslu*. [Online] 17. 10 2012. [Citace: 15. 11 2022.] <https://www.mmspektrum.com/clanek/digitalni-tovarna-a-ergonomicke-analyzy-v-automobilovem-prumyslu>.
- [31] *Návrh ergonomického pracoviště pomocí inovativních technologií*. Rybníkář, F., a další. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2021.
- [32] Keller, Otakar. *Obecná elektromyografie: Fyziologické základy a elektrofyziologická vyšetření*. Praha : Triton, 1999. ISBN 80-725-4047-5.

- [33] Soderberf, G. L a Knutson, L. M. *A guide for use and interpretation of Kinesiologic electromyographic data*. In *Physical Therapy*. 485–498 s. 2000.
- [34] Enoka, R. M. *Neuromechanics of human movement*. místo neznámé : Champaign: Human Kinetics, 2002. ISBN 0-7360-0251-0.
- [35] Hadová, Katarína. Info Pacient. *EMG vyšetření: Je potřebná speciální příprava?* [Online] 3. 10 2019. [Citace: 12. 11 2022.] <https://infopacient.cz/emg-vysetreni-kdy-je-potrebne-musime-se-nan-specialne-pripravit/>.
- [36] Rector Healthcare PCMC. *EMG (Electromyography)*. [Online] Rector Healthcare Pvt. Ltd. All rights reserved, 2019. [Citace: 12. 11 2022.] <https://www.rectorhealth.com/emg-electromyography/>.
- [37] GURRAM R., RAKHEJA S., GOUW GJ. A study of hand grip pressure distribution and EMG of finger flexor muscles under dynamic loads. 1995.
- [38] Hackaday.io. *EMG sensor*. [Online] The world's largest collaborative hardware development community., 2020. [Citace: 11. 10 2022.] <https://hackaday.io/project/113338-publys-an-open-source-biosensing-board/log/143756-emg-sensor>.
- [39] Fyziologie práce. *EMG Holter*. [Online] GETA Centrum s.r.o., 2018. [Citace: 11. 12 2022.] <http://fyziologie.getacentrum.cz/emg-holter>.
- [40] KION GROUP. [Online] [Citace: 18. 11 2022.] <https://www.kiongroup.com/en/>.
- [41] Chundela, Lubor. *Ergonomie*. Praha : ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [42] SHORROCK, Steven a WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World*. místo neznámé : CRC Press, 2017. ISBN 9781472439253.
- [43] SOARES, Marcelo a REBELO, Francisco. *Ergonomics in design: Methods and techniques*. místo neznámé : CRC Press, 2019. ISBN 9781498760706.
- [44] KROEMER-ELBERT, Katrin, KROEMER, Henrike a KROEMER-HOFFMAN, Anne. *Ergonomics-How to design for ease and efficiency*. místo neznámé : Elsevier Science Publishing, 2018. ISBN 978-0-128-13296-8.
- [45] Hřčková, Karolína. *Hodnocení lokální svalové zátěže pomocí metody EMG*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. 2019/2020.
- [46] Elektrická výškově nastavitelná podnož DEF 532 - Delso dětský, kancelářský a bytový nábytek. Delso – zdravé sezení pro děti a dospělé [online]. Dostupné z: <https://delso.cz/produkt/elektricka-vyskove-nastavitelna-podnoz-def-532/>