

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Ergonomická analýza pracoviště na výrobní lince

Autor: Bc. Tomáš KRŇOUL
Vedoucí práce: Ing. Ilona KAČEROVÁ 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. Tomáš KRŇOUL**
Osobní číslo: **S21N0021P**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Ergonomická analýza pracoviště na výrobní lince**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do řešené problematiky
2. Charakteristika výrobního systému
3. Analýza procesů vybraném pracovišti
4. Návrh řešení
5. Zhodnocení a přínosy nového návrhu
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. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
2. SLAMKOVÁ, Eva, DULINA, Ľuboslav a TABAKOVÁ, Michaela. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG, 2010. 261 s. ISBN 978-80-89401-09-3.
3. BUREŠ, Marek. *ŽIVDIG : Tvorba a optimalizace pracoviště*, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.
4. ŠVÁBOVÁ, Květa a kol. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství. Díl 1. Pracovnílékařské služby, pracovní prostředí, nemoci z povolání, ergonomie*. První vydání. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 104 stran. ISBN 978-80-87023-32-7.

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

Konzultant diplomové práce: **Ing. Filip Rybníkář**
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

Tímto bych rád poděkoval vedoucí práce, Ing. Iloně Kačerové, Ph.D., za veškeré rady a doporučení při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Ondřeji Pytlíkovi a Ing. Pavlovi Košťálovi za to, že mi vždy vyšli vstříc při zpracování praktické části v podniku. A v neposlední řadě patří poděkování mé rodině za podporu během celého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Krňoul	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kačerová Ph.D.	Jméno Ilona	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Ergonomická analýza pracoviště na výrobní lince		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	94	TEXTOVÁ ČÁST	92	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce obsahuje posouzení současného stavu ergonomie pracovišť na výrobní lince. Po posouzení byla vybrána pracoviště k bližší analýze a vypracovány návrhy na zlepšení ergonomie pomocí programu Tecnomatix Jack. Navržené změny by výrazně přispěly k zlepšení ergonomie na pracovištích.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	ergonomie, výrobní linka, checklist, RULA analýza,

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Krňoul	Name Tomáš	
STUDY PROGRAMME	N0715A270012 Department of industrial engineering and management		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kačerová Ph.D.	Name Ilona	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Ergonomic analysis of a workstation on a production line.		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	94	TEXT PART	92	GRAPHICAL PART	2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis contains an assessment of the current state of ergonomics in workstations on the production line. After the assessment, specific workstations were selected for further analysis and proposals for improving ergonomics were developed using the Tecnomatix Jack program. The proposed changes would significantly contribute to improving ergonomics in the workstations.
KEY WORDS	ergonomics, production line, checklist, RULA analysis.

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	13
Seznam grafů	13
Seznam zkratk	14
Úvod	15
1 Ergonomie	16
1.1 Historie ergonomie	16
1.2 Cíle ergonomie	17
1.3 Základní oblasti ergonomie	17
1.4 Speciální oblasti ergonomie.....	17
1.5 Přístupy k ergonomii	18
1.6 Legislativa v oblasti ergonomie.....	19
2 Ergonomie pracovišť	20
2.1 Fyziologické vlastnosti osob	20
2.2 Pracovní prostředí.....	21
2.2.1 Osvětlení.....	21
2.2.2 Hluk.....	22
2.2.3 Vibrace	22
2.2.4 Mikroklima.....	23
2.3 Pracovní prostor.....	24
2.4 Pracovní polohy a pohyby	26
2.4.1 Manipulace s břemeny	27
2.4.2 Optimální pracovní polohy.....	28
3 Nemoci z povolání	30
4 Ergonomické metody	33
4.1 Metoda RULA	33
4.2 Checklisty	36
5 Softwarové nástroje pro hodnocení ergonomických rizik.....	37
6 Představení společnosti	39
7 Použité metody a postupy	42
7.1 Videozáznamy	42
7.2 Checklisty	42
8 Analýza výsledků checklistů.....	43
9 Výběr pracovišť pro bližší analýzu	50
9.1 Pracoviště vyžadující standardizaci procesu	51

9.2	Výběr antropometrických rozměrů pracovníků pro ergonomické analýzy	53
10	Analyzovaná pracoviště	55
10.1	Pracoviště 1	55
10.1.1	Současný stav pracoviště 1	56
10.1.2	Návrh opatření na pracovišti 1	59
10.1.3	Přidružené pracoviště	62
10.1.4	Návrh na změnu přidružené pracoviště	67
10.2	Pracoviště 2	71
10.2.1	Současný stav pracoviště 2	71
10.2.2	Návrh na změnu pracoviště 2	74
10.3	Pracoviště 3	76
10.3.1	Současný stav pracoviště 3	77
10.3.2	Návrh na změnu pracoviště 3	78
10.4	Pracoviště 4	78
10.4.1	Současný stav pracoviště 4	79
10.4.2	Návrh na změnu pracoviště 4	82
11	Přínosy práce	86
	Závěr.....	88
	Použité zdroje.....	90
	PŘÍLOHA č. 1.....	93

Seznam obrázků

Obr. 2-1 Statistika lidské populace [11].....	21
Obr. 2-2 Manipulační rovina [18]	24
Obr. 2-3 Dosahové vzdálenosti [18]	25
Obr. 2-4 Zorné podmínky [18].....	26
Obr. 2-5 Pracovní nástroje [18].....	26
Obr. 2-6 Zásady manipulace s břemeny [20]	27
Obr. 4-1 Nadloktí [27].....	33
Obr. 4-2 Předloktí [27].....	34
Obr. 4-3 Zápěstí [27].....	34
Obr. 4-4 Zápěstí – otočení, vytočení [27]	34
Obr. 4-5 Trup a krk [27].....	35
Obr. 4-6 Trup a krk – naklonění, otočení [27]	35
Obr. 4-7 Dolní končetiny [27].....	35
Obr. 5-1 Tecnomatix Jack [31]	37
Obr. 6-1: Logo společnosti Daikin [32]	39
Obr. 6-2: Jednotka BLM-H Multi [32].....	39
Obr. 6-3: Výrobní linka R4	40
Obr. 9-1: Pozice montáže spodní části	51
Obr. 9-2: Pozice montáže monobloku.....	51
Obr. 9-3: Pozice v sedě	52
Obr. 9-4: Pozice montáže vnějšího krytu	52
Obr. 9-5: Pozice nasazení bez využití podpěr	53
Obr. 9-6: Pozice využívající podpěry.....	53
Obr. 9-7: Modely 5. a 95. percentilu DIN33402	54
Obr. 10-1: Pracoviště 1.....	56
Obr. 10-2: Model pozice v programu Jack.....	56
Obr. 10-3: Pozice sahaní pro soustavu	56
Obr. 10-4: RULA skóre pro 95. percentil	57
Obr. 10-5: RULA skóre pro 5. percentil	57
Obr. 10-6: Model pozice v Jack	58
Obr. 10-7: Pozice nasazení soustavy.....	58
Obr. 10-8: RULA skóre pro 95. percentil	58
Obr. 10-9: RULA skóre pro 5. percentil	58
Obr. 10-10: Model pracoviště 1 po změně.....	59
Obr. 10-11: Model pozice v Jack pro 95. percentil.....	60
Obr. 10-12: Model pozice v Jack pro 5. percentil.....	60
Obr. 10-13: RULA skóre pro 95. percentil	60
Obr. 10-14: RULA skóre pro 5. percentil	60
Obr. 10-15: RULA skóre pro 95. percentil	61
Obr. 10-16: RULA skóre pro 5. percentil	61
Obr. 10-17: Model pozice v Jack pro 95. percentil.....	61
Obr. 10-18: Model pozice v Jack pro 5. percentil.....	61
Obr. 10-19: Pozice vkládání soustavy do vozíku	62
Obr. 10-20: Model pozice v Jack pro 5. percentil.....	62
Obr. 10-21: RULA skóre pro 95. percentil	63
Obr. 10-22: RULA skóre pro 5. percentil	63
Obr. 10-23: Model pozice v Jack pro 5. percentil.....	64
Obr. 10-24: Pozice sahaní do horní police regálu	64

Obr. 10-25: RULA skóre pro 95. percentil	64
Obr. 10-26: RULA skóre pro 5. percentil	64
Obr. 10-27: Model pozice v Jack pro 95. percentil	65
Obr. 10-28: Model pozice v Jack pro 5. percentil	65
Obr. 10-29: RULA skóre pro 5. percentil	65
Obr. 10-30: RULA skóre pro 95. percentil	65
Obr. 10-31: Model pozice v Jack pro 95. percentil	66
Obr. 10-32: Model pozice v Jack pro 5. percentil	66
Obr. 10-33: RULA skóre pro 95. percentil	66
Obr. 10-34: RULA skóre pro 5. percentil	66
Obr. 10-35: Výškově stavitelný vozík BeeWaTec [33]	67
Obr. 10-36: Model pozice v Jack pro 95. percentil	68
Obr. 10-37: Model pozice v Jack pro 5. percentil	68
Obr. 10-38: RULA skóre pro 95. percentil	68
Obr. 10-39: RULA skóre pro 5. percentil	68
Obr. 10-40: Model pozice v Jack pro 5. percentil	69
Obr. 10-41: Model pozice v Jack pro 95. percentil	69
Obr. 10-42: RULA skóre pro 95. percentil	70
Obr. 10-43: RULA skóre pro 5. percentil	70
Obr. 10-44: Model pozice v Jack pro 95. percentil	70
Obr. 10-45: Model pozice v Jack pro 5. percentil	70
Obr. 10-46: RULA skóre pro 5. percentil	71
Obr. 10-47: RULA skóre pro 95. percentil	71
Obr. 10-48: Model pracoviště 2	72
Obr. 10-49: Model pozice v Jack pro 95. percentil	72
Obr. 10-50: Pozice pájení (malý výměník)	72
Obr. 10-51: RULA skóre pro 95. percentil	73
Obr. 10-52: RULA skóre pro 5. percentil	73
Obr. 10-53: RULA skóre pro 5. percentil	73
Obr. 10-54: RULA skóre pro 95. percentil	73
Obr. 10-55: Model pracoviště 2 po změně	74
Obr. 10-56: Nožní ovladač	75
Obr. 10-57: Manipulační jeřáb	75
Obr. 10-58: Model pozice v Jack pro 95. percentil	75
Obr. 10-59: Model pozice v Jack pro 5. percentil	75
Obr. 10-60: RULA skóre pro 95. percentil	76
Obr. 10-61: RULA skóre pro 5. percentil	76
Obr. 10-62: Současný layout pracoviště 3	77
Obr. 10-63: Pracoviště 3 a ulička vedoucí na pracoviště	77
Obr. 10-64: Zúžení uličky	77
Obr. 10-65: Layout pracoviště po změně	78
Obr. 10-66: Model pozice v Jack pro 5. percentil	79
Obr. 10-67: Pozice upevnění kabeláže	79
Obr. 10-68: RULA skóre pro 95. percentil	80
Obr. 10-69: RULA skóre pro 5. percentil	80
Obr. 10-70: RULA skóre pro 5. percentil	81
Obr. 10-71: RULA skóre pro 95. percentil	81
Obr. 10-72: Model pozice v Jack pro 95. percentil	81
Obr. 10-73: Pozice montáže ochranného plechu	81
Obr. 10-74: Pneumatické nůžkové zvedáky na lince R4	82

Obr. 10-75: Pneumatický nůžkový zvedák s ochranou sukni [34]	83
Obr. 10-76: Model pozice v Jack pro 95. percentil	83
Obr. 10-77: Model pozice v Jack pro 5. percentil	83
Obr. 10-78: RULA skóre pro 5. percentil	84
Obr. 10-79: RULA skóre pro 95. percentil	84
Obr. 10-80: Model pozice v Jack pro 95. percentil	84
Obr. 10-81: Model pozice v Jack pro 5. percentil	84
Obr. 10-82: RULA skóre pro 95. percentil	85
Obr. 10-83: RULA skóre pro 5. percentil	85

Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Vybrané normativní dokumenty z oblasti ergonomie [10].....	19
Tabulka 2-1 Hygienické hmotnostní limity [22].....	28
Tabulka 2-2 Pracovní polohy [21]	29
Tabulka 4-1 Kategorie RULA metody [21]	36

Seznam grafů

Graf 3-1 Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání v letech 2012–2021 [24]	30
Graf 3-2 Nemoci z povolání – způsobené fyzikálními faktory v roce 2021 [24]	31
Graf 8-1: Otázka checklistu 1.....	43
Graf 8-2: Otázka checklistu 2.....	44
Graf 8-3: Otázka checklistu 3.....	44
Graf 8-4: Otázka checklistu 4.....	45
Graf 8-5: Otázka checklistu 5.....	46
Graf 8-6: Otázka checklistu 6.....	46
Graf 8-7: Otázka checklistu 7.....	47
Graf 8-8: Otázka checklistu 8.....	47
Graf 8-9: Otázka checklistu 9.....	48
Graf 8-10: Otázka checklistu 10.....	48

Seznam zkratek

AGV	Automated Guided Vehicle
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
°C	stupeň Celsia
CAD	computer aided design
cm	centimetr
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
dB	Decibel
EMG	elektromyografie
EN	Evropská norma
Hz	hertz
IEA	International Ergonomics Association
ISO	International Organization for Standardization
kg	kilogram
mm	milimetr
MTM	Methods Time Measurement
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NzP	nemoci z povolání
OWAS	Ovako Working posture Assessment System
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
Sb.	sbírka zákonů

Úvod

V dnešní době úspěch společnosti na trhu určuje mnoho rozdílných faktorů. Tím nejdůležitějším však stále zůstává lidský faktor, který zastupuje duševní vlastnictví společnosti. Česká republika se již mnoho let potýká s velmi nízkou nezaměstnaností, která celoplošně jen mírně přesahuje 3 % a v řadě krajů, včetně Plzeňského, nedosahuje ani této hodnoty [1].

Společnosti se nedostatek pracovní síly snaží vyřešit různými způsoby. Jedním z těchto způsobů je zvýšení automatizace napříč výrobním procesem, jelikož práce vykonávaná pracovníky ve výrobě může například způsobovat nekonzistentní kvalitu výrobků, ale rovněž pracovníci nemusejí být schopni dlouhodobě držet krok se stále se zvětšujícími požadavky na rychlost vykonávané práce. Většinu montážních operací prováděných na běžné výrobní lince však stále nelze automatizovat nebo by tato automatizace byla neúměrně nákladná a složitá na provedení.

Pracovníci zaujímají nezastupitelnou pozici na montážních pracovištích převážně díky jejich velké flexibilitě. Konkurence na trhu většinou vede společnosti k tomu, aby vytvářely produkty v mnoha různých variantách, čímž vznikají zvýšené nároky právě na flexibilitu montážních operací. Společnosti musí získat, a také pokud možno udržet zaměstnance co nejdéle, neboť se zaškolením nových zaměstnanců do výroby vzniká mnoho dalších problémů a zvyšujících se nákladů.

Jedním ze způsobů, jak omezit velkou fluktuaci zaměstnanců, je vhodná ergonomie na pracovišti. Nevhodná ergonomie pracoviště je hlavním důvodem pracovních neschopností a úrazů, které mohou společnosti stát obrovské množství peněz a způsobovat snížení produktivity výroby. Pracovní prostředí by měla vyhovovat požadavkům na komfort zaměstnanců při práci, a taktéž být dostatečně flexibilní či uzpůsobena tak, aby respektovala rozdílné typy postav zaměstnanců. Často se lze ve společnostech setkat se skutečností, že muži i ženy provádí stejné operace na témže pracovišti, tudíž při jeho návrhu je nutné klást na tyto fakta zřetel. Nevhodně uzpůsobené pracovní místo vede ke snížení pracovního výkonu zaměstnanců a v krajních případech jim může přivodit i zdravotní problémy.

Ve fázi plánování jsou veškeré změny na pracovišti méně nákladné a snadněji proveditelné než v pozdějších fázích přípravy výroby. Je tak vhodné využívat různých softwarových programů, které jsou zaměřeny na danou problematiku a jsou schopny aplikovat různé ergonomické analýzy na virtuální biomechanické modely člověka. V několika posledních letech nastal taktéž rozmach ve využívání virtuální reality v souvislosti s ergonomií pracoviště, poněvadž je tak možné dané pracoviště vyzkoušet ještě před jeho samotnou realizací. Ergonomicky vhodně uzpůsobené pracoviště nejenže přispívá k méně častým nemocem z povolání u zaměstnanců, ale také výraznou měrou může ovlivňovat optimalizaci procesů a podnítit u průmyslových podniků zájem o inovace napříč celým výrobním procesem.

Cílem této diplomové práce je posoudit jednotlivé pracovní pozice na montážní lince ve společnosti Daikin Industries Czech Republic s.r.o. z ergonomického hlediska a navrhnout změny, které by přispěly k optimálnějšímu pracovnímu pohybu zaměstnanců. Získané poznatky současně poslouží jako podklad při návrhu pracovních míst a operací u nově plánované linky ve společnosti, která bude disponovat stejnými nebo výrazně podobnými pracovními pozicemi, jako současně zkoumaná výrobní linka.

1 Ergonomie

Ergonomie všeobecně představuje velmi široký pojem, který vznikl při snaze spojit několik vědních disciplín, jež se zabývají fungováním lidského těla a vnějšími vlivy na něj. Mezi humanitní vědy, z nichž ergonomie nejvíce čerpá, lze zařadit anatomii, biomechaniku a například i psychologii. Díky využívání mnoha vědních disciplín, nejen humanitních, ale i technických, je ergonomie často nazývána slovem interdisciplinární a snaží se komplexně řešit jednotlivé prvky systému jako jeden celek. Mezinárodní Ergonomická společnost (IEA) oficiální definici ergonomie často měnila a rozšiřovala, ale v základu lze vycházet z následující definice:

„Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému“ [2].

Pracovní pohodu člověka lze v definici chápat jako optimální fyzickou a psychickou zátěž při vykonávání práce v pracovním prostředí. Pracovní prostředí zahrnuje vše, od uspořádání pracovního prostoru a bezpečnosti práce, až po jednotlivé ovlivňující faktory, mezi něž se nejčastěji řadí hluk, teplota na pracovišti a osvětlení [3]. Termín ergonomie byl navržen KFH Murrellem na konci 40. let minulého století jako spojení řeckých slov "ergon" a "nomos", kde ergon označoval práci a snahu, zatímco nomos znamenal zákon. Využívání ergonomie však sahá až do dávných dob [4].

1.1 Historie ergonomie

K prvnímu využití ergonomie v historii lidstva docházelo již v raném období vývoje, kdy si lidé upravovali své nástroje tak, aby jim lépe padly do ruky a mohli s nimi lépe manipulovat. Tyto dovednosti úpravy materiálů pomohly lidstvu se více a rychleji rozvíjet až do doby, kdy začaly být formulovány jednotlivé vědní obory, jako je například medicína a anatomie ve starém Řecku. Tyto vědní obory se napříč věky stále rozvíjely a postupně byly doplněny o další nové obory. Ve využití těchto oborů v pracovním prostředí se ale začalo mluvit až s příchodem rozšiřující se industrializace. Především v Evropě byly studovány energetické schopnosti pracovníků a jejich pohyb při práci. Na počátku 20. století se v Evropě a Severní Americe rozvíjely dva částečně odlišné přístupy k ergonomii. Evropa, ovlivněna První světovou válkou, se zaměřovala spíše na fyzickou část ergonomie, aby lépe porozuměla potřebám a schopnostem vojáků, zatímco v Americe se kladl větší důraz na sociální a psychologické aspekty [5].

Největším akcelerátorem ergonomie byla však až Druhá světová válka, díky níž byla velká část mužů v produktivním věku vyslána na frontu a jejich práci v továrnách museli nově zastat ženy a starší lidé. Pro zvýšení produktivity bylo nutné zavádět do výroby pomocné nástroje, které nejčastěji pomáhaly při zvedání těžkých dílů, aby lidé byli schopni držet krok se stále se zvyšujícími nároky domácí výroby a také podpořit válečné úsilí napříč celým světem.

V průběhu druhé poloviny 20. století podpořily ergonomii a celkové chápání lidského těla výrazně poznatky ze sportovní medicíny, která se převážně zaměřovala na měření fyzického výkonu a zdraví jednotlivců pomocí přístrojů. Nejznámější využívanou metodou je nejspíše elektromyografie neboli EMG, jež slouží k zachycení elektrické aktivity svalů a nervů. S nástupem moderní doby, kdy více než kdy jindy výroba spoléhá na počítače a práci s nimi, je kladen větší důraz také na duševní pracovní zátěž. K snížení fyzické zátěže při práci nám již

dnes může pomoci mnoho strojů a zařízení. Rovněž jsou často využívány softwarové ergonomické simulační programy k měření a posuzování této zátěže [6].

1.2 Cíle ergonomie

Jedním ze základních cílů ergonomie je humanizace techniky a práce, tudíž se zaměřuje na odstraňování pracovních činností, které jsou pro lidi fyzicky či psychicky náročné. Ergonomie se také snaží odstraňovat opakující se monotónní práce, jež by mohly vést k přetěžování jednotlivých partií a přispívat tak k nepohodlí či dokonce ke zdravotním obtížím. Celkově je vhodné se snažit minimalizovat dopad vnějších vlivů na zdraví člověka při práci, čehož se může docílit i pomocí uzpůsobení pracovních předmětů, pomůcek a strojů takovým způsobem, aby jejich tvar nejvíce odpovídal rozměrům lidského těla a byl vhodný k opakovanému využití. I když primárním cílem ergonomie je ochrana zdraví zaměstnanců a racionalizace pracovních podmínek, přispívá také úspěšně ke zvyšování efektivity práce [7].

1.3 Základní oblasti ergonomie

a) Fyzická ergonomie

Fyzická ergonomie využívá znalosti anatomie, fyziologie a biomechaniky k posouzení vlivu pracovních podmínek a prostředí na zdraví lidí. Nejčastěji řeší problémy spojené s nevhodnými pracovními polohami, manipulací s těžkými břemeny a nemocemi z povolání. Poznatky z anatomie jsou také často využívány ve fyzické ergonomii k uspořádání pracovního místa a hodnocení bezpečnosti práce [8].

b) Kognitivní ergonomie

Kognitivní, neboli psychická ergonomie, se zabývá psychologickými aspekty pracovní činnosti. Do ní lze zařadit například schopnost úsudku, paměť a vše, co souvisí s pracovním stresem a lidskou psychickou výkonností. Nejčastěji se zaměřuje na působení počítače a práci s ním na člověka [8].

c) Organizační ergonomie

Organizační ergonomie je zaměřena na organizační strukturu ve společnosti. Organizační ergonomie řeší, v jakém režimu bude práce prováděna a snaží se zajistit komfortní sociální klima na pracovišti či uvnitř pracovních týmů. Ve vyšších stupních může mít vliv i na optimalizaci firemních strategií a postupů [8].

1.4 Speciální oblasti ergonomie

Speciální oblasti ergonomie vycházejí ze základních oblastí, ale jsou specificky zaměřené na konkrétní části dané oblasti. Tyto oblasti se mohou zaměřovat na určitou profesi nebo konkrétní problém.

a) Myoskeletální ergonomie

Myoskeletální ergonomie se soustředí na prevenci nemocí, které vznikají postupným nepřiměřeným zatížením horních končetin a taktéž páteře. Tato onemocnění tak nemají náhlý charakter jako úrazy, ale vznikají a zhoršují se postupně v průběhu času. Největší vliv na vznik těchto onemocnění má nevhodné pracovní postavení, opakované pohyby a obecné přetížení pohybového aparátu. Velmi často se však pouze léčí samotné obtíže, ale příčina jejich vzniku se již dále neřeší. Jakmile je člověk znovu navrácen do stejného pracovního prostředí, onemocnění se po čase opět objeví. Prevence představuje v současnosti jedinou reálnou naději na eliminaci těchto onemocnění [9].

b) Psychosociální ergonomie

Psychosociální ergonomie zkoumá psychosociální nároky na pracovníky, kteří jsou během své práce vystaveni zvýšenému stresu a různým stresovým faktorům. Je výrazným způsobem propojena s myoskeletální ergonomií, jelikož stres může výrazným způsobem přispívat ke vzniku psychosomatických a myoskeletálních onemocnění. Psychosociální ergonomii lze využívat při výběru vhodných pracovníků na pozice, kde budou s velkou pravděpodobností vystaveni stresu v souvislosti se zvýšenou odpovědností a pravomocemi [9].

c) Participační ergonomie

Participační ergonomie využívá znalostí pracovníků o jejich pracovním prostředí a postupech. Samotní pracovníci tímto způsobem mohou podávat návrhy na zlepšení jejich pracoviště a podílet se tak na realizaci změny [9].

Mnohdy může nastat situace, kdy pracovníci si sami od sebe poupraví pracovní místo nebo pracovní postup tak, aby jim lépe vyhovoval a byl pro ně méně namáhavý. Zapojení pracovníků do návrhu změny pracovního prostředí by tudíž nemělo být nikdy opomíjeno, jelikož jsou to samotní pracovníci, kteří na daném pracovišti tráví nejvíce času a znají pracoviště nejlépe.

d) Rehabilitační ergonomie

Rehabilitační ergonomie řeší konstrukční úpravy pracovního místa, nástrojů, pracovních pomůcek a strojů takovým způsobem, aby byly vhodné pro handicapované osoby. Rehabilitační ergonomie lze také označovat za „ergonomii pro jednoho“, neboť je zapotřebí místo a nástroje uzpůsobit přesně potřebám daného jedince s konkrétním zdravotním postižením [9].

1.5 Přístupy k ergonomii

Reaktivní ergonomie

Lze rozlišovat dva rozdílné přístupy k ergonomii a jedním z nich je ergonomie reaktivní, nebo také někdy nazývána korektivní. Reaktivní ergonomie má za cíl hodnotit již existující pracovní prostředí a jeho vztah s člověkem, a je tak provedena až na základě zjištění konkrétního problému. Tímto problémem nejčastěji bývají mnohdy se opakující zdravotní obtíže zaměstnanců, jejichž příčinou bývají častokrát opakující se jednostranné pohyby či jinak nevhodně uzpůsobené pracovní prostředí. V reaktivním přístupu k ergonomii je využívána účastnická ergonomie, která se do procesu návrhu řešení snaží zapojit samotné pracovníky. Postup návrhu změny probíhá od analýzy daného problému přes návrh řešení až po jeho realizaci. Ve finální fázi jsou následně posuzovány jeho přínosy a účinnost pro daný problém [9].

Proaktivní ergonomie

Proaktivní, neboli preventivní ergonomie a její zásady se uplatňují při návrhu nových pracovišť, produktů a mimo jiné i procesů, kde se veškerá pozornost soustředí na činnosti, které budou lidé vykonávat v budoucnu. Proaktivní ergonomie se tímto způsobem snaží zabránit zrodu nemocí z povolání již před samotným vznikem pracoviště. K tomu je však zapotřebí kooperace všech zúčastněných stran, které se na návrhu podílejí. Proaktivní a reaktivní ergonomie si neodporují, protože opakovaně lze uplatnit poznatky z reaktivní ergonomie při proaktivní ergonomii [9].

1.6 Legislativa v oblasti ergonomie

Právní předpisy zabývající se oblastí ergonomie: [10]

Zákon č. 258/2000 Sb. – Zákon o ochraně veřejného zdraví

Zákon č. 309/2006 Sb. – upravuje požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví v pracovněprávních vztazích.

Zákon č. 262/2006 Sb. – představuje zákoník práce.

Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. – uvádí podrobnější požadavky na pracoviště a pracovní prostředí.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. – stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. – o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. – Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.

Nařízení vlády č. 390/2021 Sb. – Nařízení vlády o bližších podmínkách poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředků

Vyhláška č. 107/2013 Sb. – mění vyhlášku 432/2003 Sb. a stanovuje podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.

Vyhláška č. 180/2015 Sb. – Vyhláška o pracích a pracovištích, které jsou zakázány těhotným zaměstnankyním, zaměstnankyním, které kojí, a zaměstnankyním-matkám do konce devátého měsíce po porodu, o pracích a pracovištích, které jsou zakázány mladistvým zaměstnancům, a o podmínkách, za nichž mohou mladiství zaměstnanci výjimečně tyto práce konat z důvodu přípravy na povolání (vyhláška o zakázaných pracích a pracovištích)

Tabulka 1-1 Vybrané normativní dokumenty z oblasti ergonomie [10]

Norma	Název normy
ČSN EN ISO 12100.	Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika
ČSN EN ISO 13857.	Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných prostor horními a dolními končetinami
ČSN EN 547-1. (547-2, 547-3)	Bezpečnost strojních zařízení - Tělesné rozměry
ČSN EN 614-1+A1. (2+A1)	Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické zásady navrhování
ČSN EN 894-1+A1.	Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů
ČSN EN 1005-1+A1. (2+A1, 3+A1.)	Bezpečnost strojních zařízení - Fyzická výkonnost člověka
ČSN EN ISO 6385.	Ergonomické zásady navrhování pracovních systémů
ČSN EN ISO 7731.	Ergonomie - Výstražné signály pro veřejné a pracovní prostory - Sluchové výstražné signály

2 Ergonomie pracovišť

Pracoviště lze definovat jako určitý ohraničený úsek, na kterém pracuje buď pracovník nebo pracovní skupina. Podle toho, kolik lidí se účastní pracovního procesu, rozlišujeme pracoviště na individuální a skupinová. Ohraničený prostor pracoviště je vybaven pracovními prostředky a je zde zpracováván pracovní předmět. Na základě stupně technické vybavenosti rozlišujeme pracoviště na ruční, mechanizovaná a automatizovaná [9].

Ergonomie pracovišť se zaměřuje na to, aby byly vytvořeny nejlepší podmínky pro práci zaměstnance na daném místě. Pracoviště by tak v první řadě měla být bezpečná pro práci, pohodlná a uspořádaná. Ergonomie pracoviště je ovlivněna i vlivy pracovního prostředí, které v zásadě ovlivňují několik pracovišť najednou, a je tak zapotřebí hledat kompromis v hygienických požadavcích na jednotlivá pracoviště. Do těchto požadavků lze zařadit požadavky na osvětlení, mikroklimatické podmínky či požadavky na minimalizaci vibrací a hluku. Návrh ergonomicky vhodného pracoviště obsahuje řadu faktorů, na které je třeba brát při návrhu zřetel.

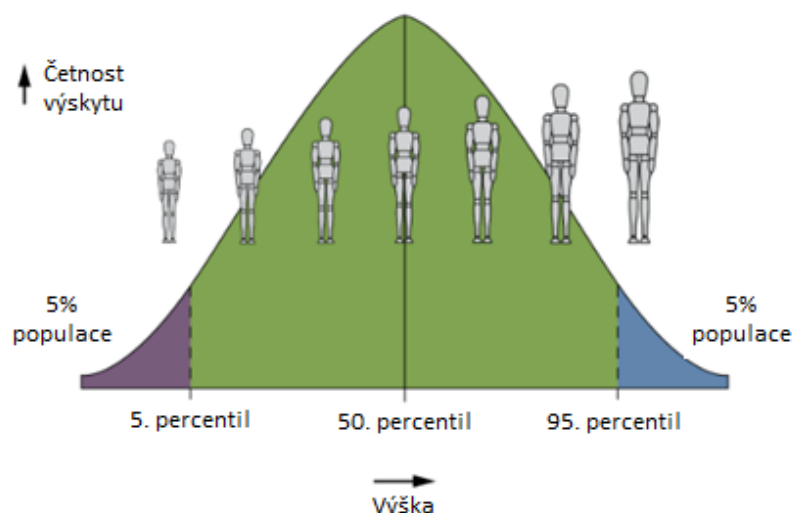
Faktory ovlivňující ergonomii pracovišť zahrnují:

- fyziologické vlastnosti (tělesné rozměry, věk, pohlaví, hmotnost),
- charakter vykonávané práce (fyzicky náročná, psychicky náročná),
- pracovní prostor (jeho uspořádání a rozměry),
- vybavení pracoviště (nářadí, pracovní stůl, obsluhované stroje),
- pracovní polohy a pohyby,
- bezpečností a hygienické zákony, nařízení a vyhlášky,
- doba, po kterou je práce vykonávána (vlivy škodlivin na člověka, tělesná zátěž),
- mikroklimatické podmínky. [3]

2.1 Fyziologické vlastnosti osob

Jedním zásadních faktorů, které ovlivňují návrh ergonomicky vhodných pracovišť, jsou fyziologické vlastnosti lidí. Při návrhu všech pracovních pomůcek, strojů a nářadí je zapotřebí zohlednit jednotlivé rozměry lidského těla a také jeho silové schopnosti. Z tohoto důvodu je vhodné při návrhu těchto věcí prosazovat takzvaný „antropocentrismus“, tedy zaměření se na limity lidí, jak fyzické, tak psychické. Problémem, který je ovšem třeba vyřešit, je velká rozdílnost v lidské anatomii. Většina návrhů se tak opírá o statistický průzkum lidské populace na daném území. Statistické výsledky jsou nadále rozděleny do skupin dle pohlaví a na jejich základě se určí jednotlivé percentily. Percentily jsou využívány zejména k tomu, aby byly respektovány vyšší i menší lidské postavy a nepracovalo se jen s velmi omezeným pohledem na věc, že stačí pouze uvažovat průměrnou naměřenou výšku ze vzorku populace, jelikož navržený předmět by v tomto případě byl pro polovinu populace příliš velký a pro druhou polovinu příliš malý. Na Obr. 2-1 je vyznačen 5. percentil, který vyjadřuje, že pouze 5 % populace má menší výšku než je jeho hodnota. Na druhé straně 95. percentil představuje hodnotu, která popisuje, že pouze horních 5 % populace disponuje větší výškou než je jeho hodnota. Strategie návrhu věcí, aby rozměrově vyhovovaly lidem od 5. percentilu po 95. percentil, je široce využívaná, poněvadž tímto přístupem zajistíme, že daná věc bude vyhovovat 90 % populace [5].

Není měřena a rozdělena na percentily pouze výška populace, nýbrž i jednotlivé části lidského těla. Měřeny jsou například délka ruky, nohy, výška v sedě, šířka ramen a boků a v neposlední řadě obvod hlavy. Všechny tyto rozměry a mnoho dalších jsou stěžejní pro vhodný návrh pracovního prostředí a specifických pomůcek, nástrojů a strojů.



Obr. 2-1 Statistika lidské populace [11]

Podle předpokladů lze identifikovat významné rozdíly mezi biologickými pohlavími. Výška 50. percentilu u mužů má hodnotu 1756 milimetrů, zatímco u žen 1629 milimetrů [12]. Ženy mají menší naměřené hodnoty napříč všemi měřenými aspekty s výjimkou šířky boků, avšak měření anatomie žen vyžaduje mnohdy jiné principy pro měření specifických rozměrů, zejména díky odlišné míře velikosti osvalení a rozdílnému rozložení ukládání tuku v těle. Při návrhu pracovního prostředí je třeba počítat s tím, že ženy zastupují poměrně výraznou část pracujících v průmyslové výrobě [6].

Český statistický úřad eviduje, že ženy v roce 2020 zastupovaly již více než 33 % pracovníků v průmyslové výrobě [13]. Napříč historií měření lze rovněž zaznamenat trend, že lidé jsou většinou vyšší a tím i těžší než jejich předci. Průměrná výška populace se každých 10 let zvětšuje o 10 mm.

Důsledkem stárnoucí populace se věk, jakožto faktor, začíná mnohem častěji promítat do pracovního výkonu zaměstnanců. Od dosažení 30 let věku dochází postupně k zhoršování fyzické síly a zraku a rovněž zvýšené citlivosti na teplo a vibrace. Když k tomu přičteme stále se posouvající hranici pro odchod do důchodu v ČR, nezbyvá nic jiného, než zohledňovat tyto faktory při návrhu pracovního místa, abychom optimalizovali fyzickou zátěž a dosáhli větší efektivity práce při snížení rizika nepohodlí či dokonce zranění [6].

2.2 Pracovní prostředí

K dosažení požadovaných výkonů pracovníků je nutné zajistit optimální podmínky na pracovišti. Do prostředí zahrnujeme nejen fyzikální faktory, jako je osvětlení, hluk, vibrace nebo mikroklima, ale i faktory týkající se sociálního, hygienického a bezpečnostního vlivu.

2.2.1 Osvětlení

Zrak je jeden z nejdůležitějších lidských smyslů vůbec a je zásadní měrou ovlivňován výhradně osvětlením. Osvětlení může mít na zrak a celkově na lidské tělo jak pozitivní, tak

i negativní vliv. Nedostatečné vystavení se slunečnímu svitu přináší mnoho nepříznivých následků pro lidské tělo. Sluneční svit ovlivňuje imunitní systém a metabolické procesy během dne, a tak je jeho dlouhodobý nedostatek považován za hygienický problém. Na druhou stranu mohou být zrakové funkce negativně ovlivněny nejen nedostatkem osvětlení, ale také vystavením se oslňujícímu osvětlení. Vystavení se těmto negativním vlivům posléze často vede k pálení očí, zrakové únavě a bolesti hlavy. Správným osvětlením na pracovišti můžeme zajistit zvýšení kvality a bezpečnosti práce, jelikož pracovníci v naprosté většině kontrolují svoji vykonávanou práci pomocí zraku [14].

Druhy osvětlení:

- denní (okna, světlíky),
- umělé (zářivky, výbojky, diody),
- sdružené (kombinace denního a umělého osvětlení).

V praxi je nejčastěji využíván sdružený druh osvětlení, neboť denní osvětlení má celou řadu nevýhod. Intenzitu přirozeného osvětlení ovlivňuje roční doba i počasí, a je tedy nutné zajistit vhodné světelné podmínky pomocí umělého osvětlení. Způsob zajištění osvětlení na pracovišti je vždy závislý na charakteru vykonávané práce. Pro pracovníky s oční zátěží je vhodné provádět bezpečnostní přestávky každé 2 hodiny přibližně po dobu 5-10 minut. K eliminaci rizik souvisejících s osvětlením na pracovišti lze vycházet z nařízení vlády č. 361/2007 Sb., § 34 a násl. nebo z vyhlášky č. 432/2003 Sb. [15].

2.2.2 Hluk

Hluk, stejně jako nevhodné osvětlení, může vést k nevratným poškozením zdraví. Hluk je označován jako nepříjemný a rušivý zvuk, který má negativní vliv na zdraví pracovníků. Jeho hodnota v pracovním prostředí vlivem mechanizace a automatizace stále roste a za nevhodnou hladinu zvuku se považuje již přesažení 85 dB. Pro administrativní práce v kancelářích by hodnota neměla přesahovat 65 dB. Při hodnotách nad 85 dB mohou nastat problémy s bolestmi hlavy a nespavostí. Jestliže jsou pracovníci vystaveni na pracovišti většímu hluku, je zaměstnavatel povinen poskytnout ochranné pomůcky a lze uplatňovat nárok na pracovní přestávky [14].

Stupně hluku na pracovišti by rovněž měly být přizpůsobeny výstražným signálům, které by měly být dobře rozeznatelné od hluku v pozadí. Při přesažení 140 dB již není dovolen vstup na pracoviště ani s ochrannými pomůckami. Odstranění hluku na pracovišti je mnohdy velmi komplexní proces, který vyžaduje koncepční řešení. V první řadě je nutné najít zdroj a příčinu hluku a následně se snažit snížit hladinu hluku alespoň o 5 dB, což je minimální hodnota pro člověka rozeznatelná [3].

K eliminaci rizik souvisejících s hlukem na pracovišti lze vycházet z nařízení vlády č. 272/2011 Sb., § 2 a násl. nebo z vyhlášky č. 432/2003 Sb. K hluku se vyjadřuje i zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. a řada norem, například ČSN EN řady 352 [15].

2.2.3 Vibrace

Mechanické kmitání a chvění pružného tělesa nebo hmotného prostředí se označuje jako vibrace. Vibrace vznikají při chodu strojů, přístrojů a vozidel a jsou přenášeny na člověka pomocí médií nebo materiálu. Pro lidi jsou zejména kritické vibrace o frekvencích mezi 4-8 Hz při vertikální vibraci, jelikož v této oblasti dochází k rezonanci lidského těla [16]. Vibrace se dále dělí na:

- celkové vibrace, které způsobují intenzivní vibrace celého lidského organismu,
- celkové vibrace v budovách,
- celkové vertikální vibrace, které dosahují frekvence menší než 1 Hz. Tyto vibrace způsobují zdravotní komplikace zejména nevolnost a zvracení,
- místní vibrace, které jsou přenášeny na ruce při práci. Tyto vibrace způsobují poškození kloubů, kostí a šlach. [7]

Vibrace mají výrazný vliv na zdraví pracovníků, zejména při dlouhodobém působení. Pracovníci obsluhující stroje, náradí jsou zejména vystaveni vibracím, a nejčastěji u nich dochází k poškození cév na ruce. Další ohrožené oblasti jsou klouby, kosti a nervy. Vibracím lze jen velmi těžko zabránit, protože není většinou možné odstranit zdroj vibrací v prostředí. K jejich zmírnění se využívají tlumiče, antivibrační podložky, nebo jsou pracovníkům přiděleny ochranné pomůcky, jako jsou antivibrační rukavice. Lze se také setkat s využíváním antivibračních rukojetí. Nejúčinnějším opatřením je však automatizace daného procesu či jeho vzdálená obsluha, při které pracovník není vystaven vibracím stroje [3].

K eliminaci rizik souvisejících s vibracemi na pracovišti lze vycházet z nařízení vlády č. 272/2011 Sb., § 13 a násl. nebo z vyhlášky 180/2015 Sb. K vibracím se vyjadřuje i zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. a řada norem, například ČSN EN ISO 5349-1 [15].

2.2.4 Mikroklima

Do faktorů, které ovlivňují mikroklima, nejčastěji řadíme teplotu, vlhkost, tlak, čistotu a rychlost proudění vzduchu. Na pracovišti je zapotřebí udržovat optimální teplotu pro pracovní výkon a popřípadě zajistit ochranné pomůcky pro zaměstnance. Doporučená teplota v prostorách se může přizpůsobovat druhu vykonávané práce. U více namáhavých prací člověk produkuje více tepla, tudíž není nutné udržovat teplotu vzduchu na takové výši jako u prací méně namáhavých. Při venkovních pracích, zejména v zimě, je zaměstnavatel povinen zajistit bezpečnostní prostředky a přestávky. Je také povinen zajistit místa na ohřátí, neboť největším rizikem v zimních měsících je podchlazení organismu, a v krajních případech může nízká teplota způsobit až vznik omrzlin. Dalším rizikem v zimních měsících je náledí, díky němuž dochází k mnoha úrazům. Naopak v letním období je teplo příčinou nevolnosti, bolesti hlavy a vyčerpanosti z důsledku přehřátí organismu. Vysokým teplotám se zabraňuje klimatizacími nebo ventilátory, které zajišťují proudění vzduchu a snižují tak pocitovou teplotu na pracovišti. Pracovníci musejí mít z uvedených důvodů stálý přístup k dostatečnému množství pitné vody.

Pracovní mikroklima je ovlivňováno mimo jiné i vlhkostí vzduchu, která se udává v procentech. Ideálním rozmezím vlhkosti pro teploty mezi 16-22 °C je hodnota vlhkosti mezi 40-60 %. Při vysokých hodnotách vlhkosti dochází k nadměrnému pocení, a naopak při malých hodnotách může u zaměstnanců nastat vysychání sliznic. Na čistotu vzduchu má především vliv pevné částice ve formě prachu a kouře. Pracovní podmínky z hlediska čistoty vzduchu nařizují několik vyhlášek, které stanovují mezní přípustné koncentrace daných částic ve vzduchu a potřebu nezastavěného prostoru pro pracovníka. Podle druhu místností je rovněž stanovena četnost výměny vzduchu, aby nedocházelo k příliš vysoké koncentraci škodlivin v ovzduší. Tato nařízení tak představují preventivní opatření proti nepříznivým vlivům pevných částic. V určitých případech jsou pracovníkům přidělovány příslušné pracovní ochranné prostředky [3].

K eliminaci rizik souvisejících s mikroklimatem na pracovišti lze vycházet z nařízení vlády č. 361/2007 Sb., § 3 a násl. nebo z vyhlášky 180/2015 Sb. K mikroklimatu na pracovišti se vyjadřuje i řada norem, například ČSN EN ISO 7933 a ČSN EN 481 [15].

2.3 Pracovní prostor

Následující kapitola je zaměřena výhradně na pracovní prostor a jeho uspořádání pro práci vestoje. Práce vsedě jsou opomenuty, jelikož se dále v praktické části nevyskytují.

Ergonomické požadavky na pracovní prostor pro práce ve stoje

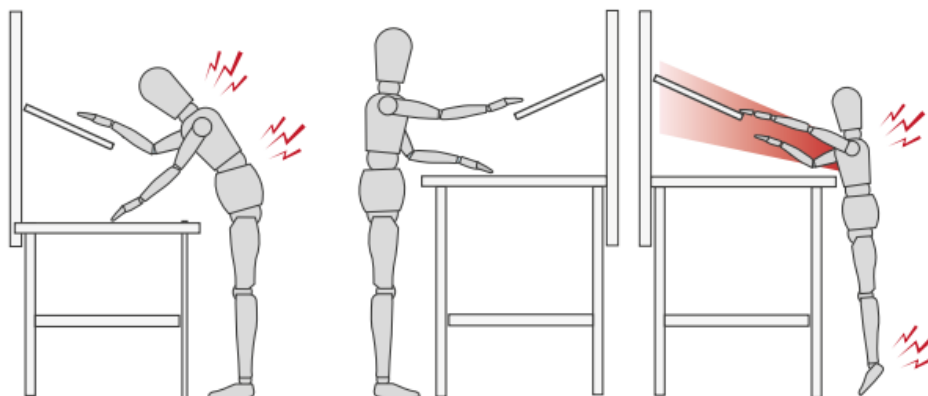
Práce ve stoje klade na pracovníky větší statické zatížení a celkově spotřebovává více jejich energie. Na rozdíl od práce v sedě umožňuje větší rozsah pohybů a také možnost vyvinout větší sílu při manipulaci s předměty. Vlivem dlouhodobého působení statického zatížení se u pracovníků mohou projevit problémy s držetím těla či dolními končetinami [17].

K omezení zdravotních obtíží, které práce vestoje přináší, je nutné přizpůsobit daný pracovní prostor a také poskytnout vhodné pracovní vybavení, zejména vhodnou pracovní obuv. Zaměstnancům mohou být doporučeny i patřičné kompenzační cvičení. Pro ergonomicky vhodně uzpůsobený pracovní prostor pro práci vestoje jsou klíčové následující faktory:

a) Manipulační rovina

Manipulační rovina, například pracovní stůl, by měla v první řadě odpovídat tělesným proporcím pracovníků, charakteru vykonávané práce a využívaným technologiím jak svými rozměry, tak tvarem. Pracovní stůl by neměl obsahovat žádné ostré hrany a měl by být opatřen matným a snadno čistitelným povrchem, aby se zabránilo odrazům světla i znečištění povrchu. Doporučená výška manipulační roviny:

- 5 – 10 cm pod úroveň loktů pro obecné práce,
- 5 – 10 cm nad úroveň loktů pro jemné práce,
- 10 – 15 cm pod úroveň loktů pro manuální práce,
- 15 – 40 cm pod úroveň loktů pro těžké práce. [7]



Obr. 2-2 Manipulační rovina [18]

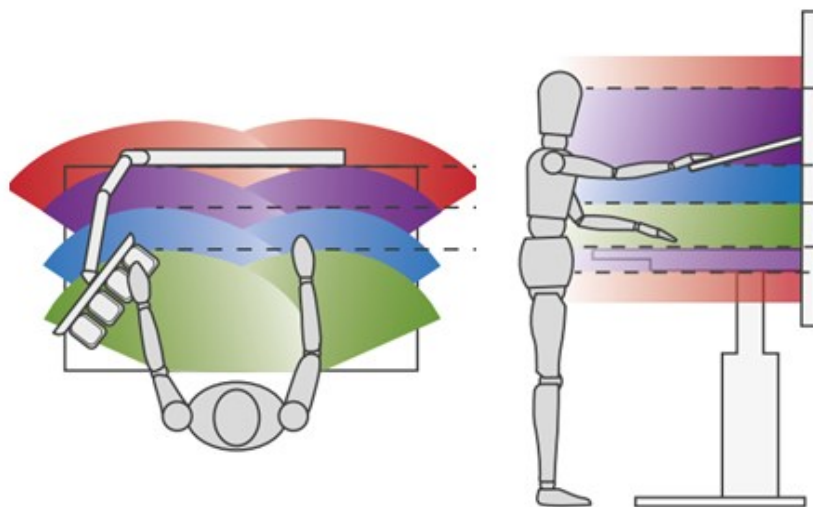
Obecně platí, že doporučená výška manipulační roviny se pohybuje v rozmezí 102 až 118 cm pro muže a 93 až 108 cm pro ženy. Příliš vysoko umístěná manipulační rovina přetěžuje primárně krční páteř a ramenní klouby, zatímco nízko umístěná manipulační rovina má negativní vliv na bederní páteř [17].

V situacích, kdy dochází k rotaci zaměstnanců na daných pracovištích nebo se charakter práce mění v průběhu času, je doporučeno, aby pracovní plochy umožňovaly nastavení podle jejich uživatelů. Systém, kterým se mění výška pracovní plochy, musí být jednoduchý, bezpečný a stabilní, aby nedocházelo k nevyžádaným změnám výšky během pracovní činnosti. Sklon pracovní plochy může být žádoucí v situacích, kdy je potřeba optimalizovat postavení končetin a trupu. Sklonu plochy je obzvláště využíváno při vychystávání materiálu z přepravek, eventuálně při jemných montážních pracích nebo psaní.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovuje pro jednoho pracovníka nejméně 2 m² volné podlahové plochy při trvalé práci a šíře této plochy nesmí být v žádném místě stabilním zařízením zúžena pod 1 metr.

c) Dosahové vzdálenosti horních končetin

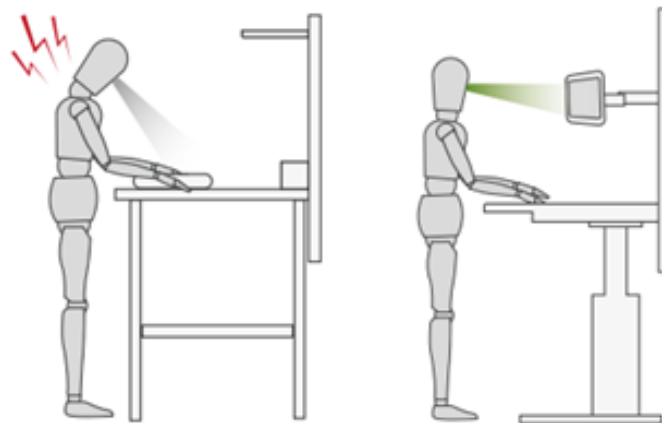
Pro práci ve stoje je příhodné přizpůsobovat pracovní prostor tím způsobem, aby naprostá většina nástrojů, materiálů apod. byla umístěna v optimální vzdálenosti od těla pracovníka. Umístění věcí by nemělo být příliš vysoko ani nízko, jelikož sahání do horních pozic výrazně zatěžuje ramenní klouby a umístění příliš nízko zase nutí pracovníky k nechtěnému předklonu a namáhání zad. S ohledem na individuální antropometrické vlastnosti člověka je vhodné umisťovat věci na horizontálně i vertikálně regulovatelná odložná místa. Jedním z takových řešení mohou být například výsuvná ramena. Při často opakovaných úchopů by poloměr neměl přesáhnout polovinu vzdálenosti mezi ramenem a konečky prstů. Na Obr. 2-3 jsou nepřiměřené vzdálenosti vyznačeny červenou barvou, zatímco přiměřené vzdálenosti zelenou a modrou barvou.



Obr. 2-3 Dosahové vzdálenosti [18]

d) Zorné podmínky

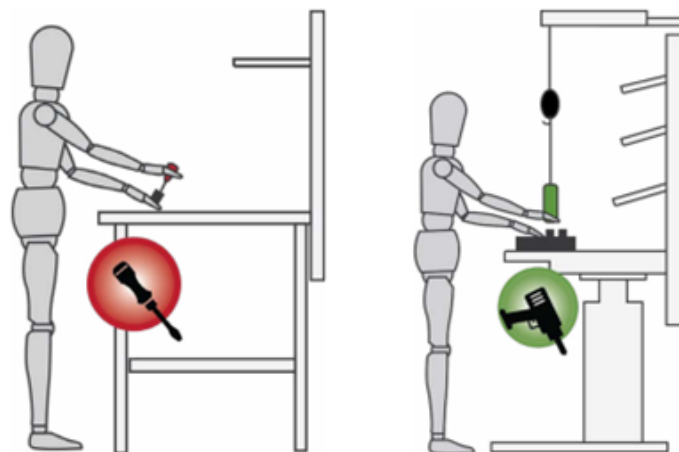
Dalším z aspektů nutných k zajištění správného držení těla při práci ve stoje je vhodné umístění sdělovačů, jenž informují pracovníka o chodu stroje a výrobě, eventuálně o určitých parametrech nutných k správnému provedení pracovního úkonu. Při posuzování vhodných zorných podmínek se přihlíží k zornému úhlu, zorné vzdálenosti a osvětlení. Pokud jde o obrazovku, lze také optimalizovat jas. Sdělovače je účelné seskupovat vedle sebe horizontálně v rovinách kolmých k zorným pohledům. Umístění sdělovačů nízko nebo případně příliš nahoře může opět vést k bolestem v oblasti krku a zad pracovníků.



Obr. 2-4 Zorné podmínky [18]

e) Pracovní nástroje

Uvnitř pracovních prostor hrají významnou roli v ergonomii taktéž pracovní nástroje a předměty, a to především jejich umístění v pracovním prostoru a jejich provedení. Základním předpokladem pro optimální ergonomii je umístění nástrojů v dosahu pracovníků. Dalším faktorem je provedení nástrojů. Elektrické pracovní nástroje mohou minimalizovat vznik zranění rukou a zápěstí pracovníků tím, že omezí opakované pohyby ruky, například při šroubování. Na případné zranění či nepohodlí má rovněž zásadní vliv tvar rukojetí nástrojů a materiál, ze kterého jsou vyrobeny. Na Obr. 2-5 je znázorněno vhodné nahrazení klasického šroubováku šroubovákem elektrickým, který má pracovník umístěn nad pracovní plochou. Uchopení šroubováku, jenž se nachází ve vertikální poloze, také přispívá k lepší pozici zápěstí při montáži. V návrhu a při pořizování pracovního nástroje by měly být zohledněny i další faktory, jako jsou například ostré hrany, hmotnost a vznikající hluk od nástroje [19].



Obr. 2-5 Pracovní nástroje [18]

2.4 Pracovní polohy a pohyby

Mezi další faktory, které ovlivňují ergonomii pracovišť, lze zařadit pracovní polohy a pohyby. Nevhodné pracovní polohy a pohyby, převážně při manipulaci s břemeny, mohou mít za následek vznik poranění. Velkou část těchto poranění tvoří poranění páteře, svalů a kloubů.

2.4.1 Manipulace s břemeny

Manipulace s břemeny představuje jakoukoliv činnost, při které je zapotřebí využít lidské síly k přepravě nebo přemístění břemene. Mezi tyto činnosti řadíme zvedání, pokládání, tlačení, tahání, přenášení a házení. Se zkracujícími se výrobními cykly výrazně narůstá frekvence manipulace s břemeny a tím i riziko poranění v důsledku jednostranné, dlouhodobé a nadměrné zátěže. Ačkoli automatizace přispívá k menší namáhavosti při manipulaci, stále podstatná část muskuloskeletálních poruch v průmyslové výrobě je způsobena nevhodnou manipulací s břemeny. Nesprávná manipulace s břemeny může ohrozit nejen pracovníka, ale také zdraví druhých. Břemena jsou charakteristická svými vlastnostmi, jako je hmotnost, velikost, tvar a úchopové vlastnosti. Vlastnosti břemen jsou určující pro stanovení zásad manipulace s nimi. K ochraně zdraví zaměstnanců byly rovněž stanoveny hmotnostní a silové limity uvedené v nařízení vlády. Při eliminaci rizik souvisejících s manipulací lze vycházet z nařízení vlády č. 361/2007 Sb., § 28 a násl. nebo z vyhlášky č. 180/2015 Sb. [15].



Obr. 2-6 Zásady manipulace s břemeny [20]

Zásady manipulace s břemeny

• Správný postoj

Zásada správného postoje vychází z předpokladu, že člověk musí mít kolem sebe dostatek volného prostoru pro manipulaci s břemeny. Břemeno by v ideálním případě mělo být uchopováno v pozici zvýšené nad zemí a při jeho manipulaci by mělo být minimalizováno otáčení těla.

• Správný postoj, symetrické zatížení od břemene

Rovnoměrné rozložené zatížení od břemene je důležité zejména pro páteř, aby nebyla přetěžována jedna strana těla více než druhá. Důležitou roli pro zásady manipulace s břemeny hraje vzdálenost, na kterou je břemeno přemísťováno. Jestliže se jedná o krátkou vzdálenost, pracovník je schopen přepravit břemeno v ruce. Dobré úchopové možnosti jsou při zvedání a přenášení břemen tehdy, pokud je možné provést úchop podhmatem. Na střední a velké vzdálenosti by si pracovník již měl obstarat například vozík nebo by břemeno eventuálně měl přenášet na ramenou či zádech.

• Zdvihání břemen s rovnými zády

Zásada je zaměřena na způsob, jakým je břemeno zvedáno ze země. Ilustrativní návod lze vidět na Obr. 2-6. Obrázek znázorňuje pohyb zvedání břemene ze země, kde je vhodné nejdříve pokleknout k břemenu a následně ho zvedat ze země s rovnými zády. Tento způsob zvedání předmětů ze země je sice časově náročnější než varianta, kdy se pouze pro daný předmět ohneme, ale výrazně méně zatěžuje meziobratlové ploténky, a tím chrání před potížemi se zády.

• Zásada svislé roviny

Zásada svislé roviny představuje vzdálenost úchopu břemene před tělem. Tato vzdálenost by měla být co nejmenší, aby zatížení od břemeno co nejvíce působilo v těžnici lidského těla.

• Zásada vodorovné roviny

Pokud možno, měla by být břemena přemísťována ve stejné úrovni a výšce. Optimální výška by se měla pohybovat od 70 do 100 cm, záleží na vlastnostech břemena a antropometrických vlastnostech pracovníka.

• Rozložení práce

Množství práce by mělo být rozděleno tak, aby zatížení konkrétních svalových skupin bylo co nejvíce rovnoměrné. Aby nedocházelo k nadměrnému přetížení, je nutné určitým pracovním činnostem věnovat pouze určitou dobu během pracovního dne. Častým opatřením v praxi je rotace zaměstnanců na jednotlivých pozicích.

• Zmenšení hmotnosti nákladu

Nařízení vlády určuje maximálně přípustné hmotnostní limity břemen a také tlačných a tažných sil. Manipulace břemen, které nepřesahují souhrnně 30 minut za osmihodinovou směnu, se považují za občasné zvedání. Pokud doba manipulace přesáhne 30 minut, považuje se za častou. Pokud daná situace umožňuje, je vhodné rozdělit těžký náklad na více jednotlivých částí, které budou posléze přepravovány jednotlivě. Neměl by být zanedbáván vliv hmotnosti obalových materiálů, které mohou výrazně ovlivňovat celkovou hmotnost [21].

Tabulka 2-1 Hygienické hmotnostní limity [22]

Hygienické hmotnostní limity		
	Pro muže	Pro ženy
Limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene – občasné zvedání	50 kg	20 kg
Limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene – časté zvedání	30 kg	15 kg
Hygienický limit pro kumulativní hmotnost za osmi hodinovou směnu	10 000 kg	6 500 kg
Limit pro manipulaci s břemeny vsedě	5 kg	3 kg
Limit pro tlačné síly	310 N	250 N
Limit pro tažné síly	280 N	220 N

• Otáčení s břemeny

Otáčení s břemeny by mělo být prováděno pomocí přešlápnutí celým tělem a ne pouze otočením trupu. Dlouhodobé opakující se otáčení trupem často vede k vzniku dysbalancí a zdravotních problémů.

2.4.2 Optimální pracovní polohy

V nařízení vlády č. 68/2010 jsou předepsány optimální pracovní polohy. Nejčastěji se posuzují oblasti, kde dochází k výraznému zatížení, převážně klouby a často namáhané části těla, například trup. Jednotlivé polohy byly rozděleny do tří kategorií:

- **Příjatelné** – U těchto poloh není vyžadována žádná korekce, nýbrž zdravotní riziko je velmi malé.

- **Podmíněně přijatelné** – U těchto poloh již existuje zvýšené zdravotní riziko a měla by být co nejdříve přijata opatření na snížení zatížení. Hygienický limit v podmíněně přijatelných pracovních polohách je stanoven na 160 minut za osmihodinovou směnu a doba trvání nesmí v závislosti na typu pracovní polohy přesáhnout 1 až 8 minut.
- **Nepřijatelné** – U těchto poloh jsou zdravotní rizika nepřijatelná a je nutné navrhnout vhodná opatření k jejich eliminaci. Hygienický limit v nepřijatelných pracovních polohách je stanoven na 30 minut za osmihodinovou směnu a doba trvání nesmí v závislosti na typu pracovní polohy přesáhnout 1 až 8 minut [21].

Tabulka 2-2 Pracovní polohy [21]

Pracovní polohy				
Část těla	Poloha	Přijatelné	Podmíněně přijatelné	Nepřijatelné
Trup	Předklon/záklon	0° - 20°	20° - 60°	60° a více 0° a méně
	Úklon	0° - 10°	10° a více	10° a více
	Otáčení	0° - 10°	10° a více	10° a více
Ramena	Poloha nadloktí – před tělo	0° - 20°	20° - 60°	60° a více 0° a méně
	Poloha nadloktí – vedle těla	0° - 20°	20° - 60°	60° a více 0° a méně
Hlava a krk	Ohnutí šíje	0° - 10°	10° a více	10° a více
	Otáčení šíje	0° - 45°	45° a více	45° a více
	Směr pohledu	0° - (-40°)	-40° a více	-40° a více
Loket	Flexe - extenze	0° - 60°		60° a více
	Rotace	0° - ±60°		±60° a více
Zápěstí	Dorsální flexe	0° - 45°		45° a více
	Palmární flexe	0° - 45°		45° a více
	Radiální deviace	0° - 15°		15° a více
	Ulnární deviace	0° - 20°		20° a více

Terminologie k Tabulka 2-2.

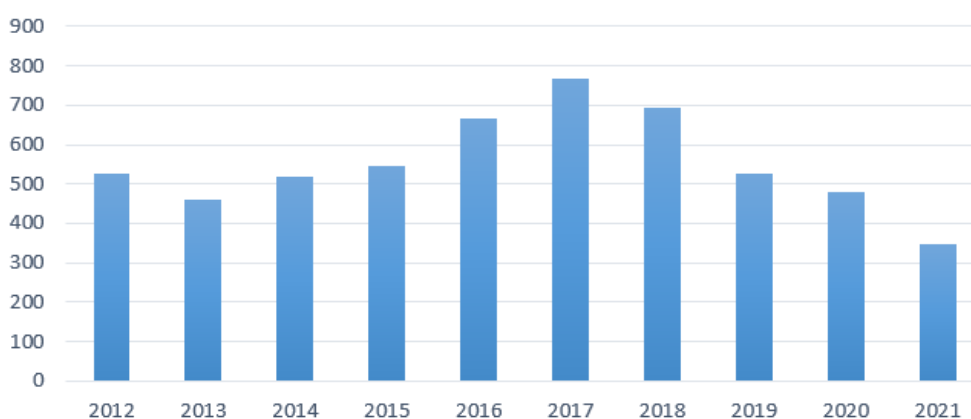
- flexe - ohýbání, pohyb kloubu - zmenšení úhlu mezi dvěma částmi těla.
- extense - natažení, opak flexe, tedy zvětšení úhlu.
- rotace - otáčení kolem vlastní osy.
- dorsální - pohyb zápěstí směrem za hřbetem ruky.
- palmární - ohýbání zápěstí směrem za ploskou dlaní ruky.
- radiální - pohyb v zápěstí směrem za palcem.
- ulnární - pohyb v zápěstí směrem za malíkem.

3 Nemoci z povolání

Častým ukazatelem na nevhodně přizpůsobené pracovního místa či špatně nastavených manipulačních procesů je opakovaný výskyt nemocí z povolání na pracovišti. Nemoci z povolání jsou dle nařízení vlády č. 168/2014 Sb. definovány jako nemoci, které vznikají nepříznivým působením fyzikálních, chemických, biologických nebo jiných škodlivých vlivů. Sem jsou zařazeny i akutní otravy vznikající nepříznivým působením chemických látek. Tyto nemoci musejí být uvedeny v seznamu nemocí z povolání a vzniknout za určitých podmínek, které jsou opět uvedeny v příslušném seznamu. Nařízení vlády č. 168/2014 Sb. novelizovalo původní nařízení vlády č. 290/1995 Sb., kterým se stanoví seznam nemocí z povolání, ve znění nařízení vlády č. 114/2011 Sb. V novele jsou nemoci z povolání rozčleněny na povolání způsobené chemickými látkami, fyzikálními faktory a jinými faktory. Zde jsou uvedeny nemoci týkající se dýchacích cest, kožních onemocnění a onemocnění přenosné a parazitární [23].

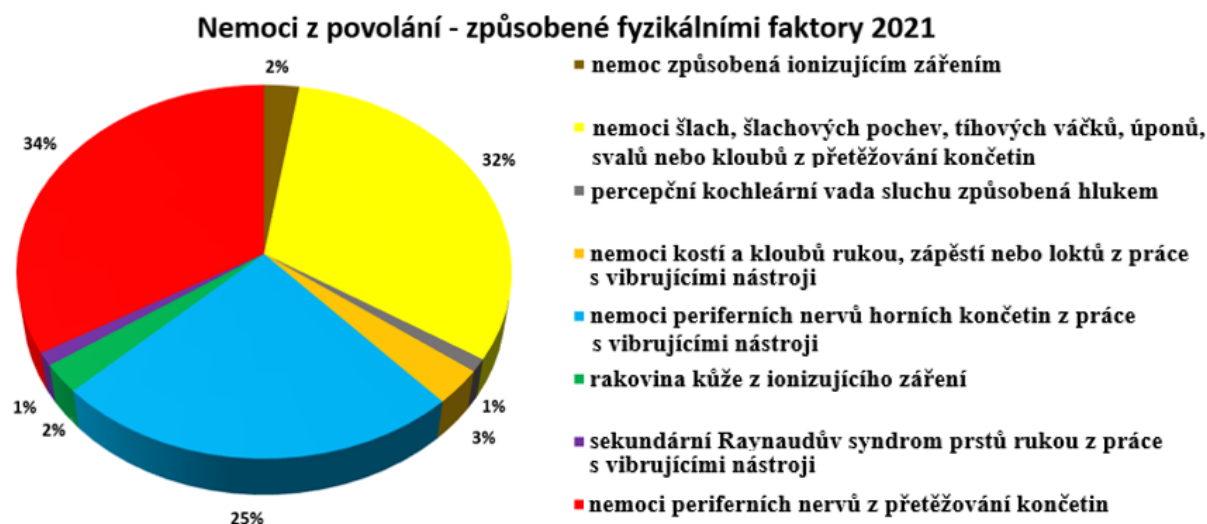
Vzhledem k zaměření diplomové práce je nejdůležitější věnovat pozornost převážně nemocem z povolání způsobenými fyzikálními faktory, které každý rok tvoří 40 až 50 % všech hlášených nemocí z povolání. Do skupiny jsou zařazeny nemoci způsobené působením prostředí, obzvláště pak hlukem, vibracemi a ionizujícím zářením. Nejběžnějším případem diagnózy způsobené hlukem je percepční kochleární porucha sluchu. U vibrací to jsou zejména syndrom karpálního tunelu, artróza lokte a rhizartróza. Vibrace všeobecně mají největší vliv na nemoci kostí, kloubů a mnohdy vyvolávají onemocnění cév či periferních nervů horních končetin. Zastoupeny jsou i nemoci způsobené jednostranným dlouhodobým přetěžováním, kde se onemocnění nejčastěji týkají horních končetin. Stovky případů onemocnění ročně jsou u profesí spojených s manuální činností připisovány právě nadměrnému přetěžování a vibracím. U pracovníků jsou v těchto případech často výrazně omezeny funkce končetin až do míry, kdy nadále nemohou vykonávat své současné povolání, a tím pro zaměstnavatele vytváří i další náklady spojené s rekonvalescencí [17].

NzP způsobené fyzikálními faktory



Graf 3-1 Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání v letech 2012–2021 [24]

Vývoj počtu hlášených případů nemocí z povolání způsobených fyzikálními faktory za posledních 10 let zaznamenal svůj vrchol v roce 2017, kdy bylo podle Státního zdravotního ústavu zaznamenáno více než 760 případů. Od té doby docházelo k poklesu případů každý rok a v roce 2021 byla zaznamenána vůbec nejmenší hodnota za sledované období, a to 349 případů [24].



Graf 3-2 Nemoci z povolání – způsobené fyzikálními faktory v roce 2021 [24]

Státní zdravotní ústav udává, že 34 % všech nemocí z povolání, které jsou způsobeny fyzikálními faktory, tvoří nemoci periferních nervů z přetěžování končetin. Druhým nejčastějším onemocněním jsou nemoci šlach, úponů, svalů nebo kloubů, a opět je na vině především přetěžování končetin. Přetěžování končetin tak za rok 2021 mělo na svědomí více než 66 % všech nemocí, které byly vyvolány fyzikálními faktory. Dalším nejčastějším fyzikálním faktorem vzniku onemocnění jsou vibrace, jež zapříčinily 29 % nemocí z povolání v této sledované oblasti v roce 2021. Pracovníci jsou obzvláště ohroženi prací s vibrujícími nástroji, které mohou mít za následek opět nemoci periferních nervů horních končetin. Nemoci z povolání vyvolané ionizujícím zářením, jako například rakovina kůže, jsou méně časté a během minulého roku jimi onemocnělo pouze 18 pracovníků. Nejméně byli pracovníci postiženi hlukem na pracovišti, který prokazatelně přivodil zdravotní obtíže pouze 4 lidem [24].

Aby pracovníkům byla uznána nemoc z povolání, je však zapotřebí prokázat diagnózu a provedení pracovní činnosti v podmínkách, jejímž důsledkem byl vznik daných onemocnění. Posudek vypracovávají příslušné státní orgány, nejčastěji místní hygienická stanice, nebo v případě ionizujícího záření Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Posudek se zaměřuje na popis pracovního místa, popis činností, režim práce, mikroklimatické podmínky, pracovní nástroje a mnoho dalšího, tak aby bylo možné posoudit příčinu vzniku nemoci [17].

Muskuloskeletální poruchy

Muskuloskeletální poruchy způsobené opakovanou fyzickou aktivitou při práci způsobují onemocnění svalů, šlach, nervů a nejčastěji postihují záda, krk, spodní a horní končetiny, včetně ramen. Vznik muskuloskeletální poruch může začínat pouze v podobě nepříjemného pocitu a postupně přecházet ve vážnější zdravotní rizika. Nejvážnější chronické poruchy mohou vést až k invaliditě jedince. Zrod poruch neovlivňují pouze fyzické rizikové faktory, ale i organizační a psychosociální faktory. Nelze opomenout i vliv rizik spojených s konkrétními jedinci. Každý disponuje jinými fyzickými schopnostmi a jeho zdraví výrazným způsobem ovlivňuje životní styl [25].

Fyzické rizikové faktory:

- Manipulace s břemeny
- Špatné pracovní polohy
- Vlivy prostředí – zejména vibrace
- Opakující se jednostranné pohyby

Organizační a psychosociální rizikové faktory:

- Přehnané pracovní nároky
- Psychický stav – diskriminace na pracovišti, nespokojenost s vykonávanou prací
- Špatná organizace práce – nedostatek potřebných přestávek, dlouhá pracovní doba

K eliminaci rizik spojených se vznikem muskuloskeletální poruch je zapotřebí, jako u jiných nemocí, zaměřit se na identifikaci rizik v oblastech uspořádání pracoviště, vykonávaných úkolech, vybavení a oblasti řízení a organizování práce. K podchycení počátku poruch je nutné provádět pravidelné zdravotní prohlídky. Prohlídky by měly být věnovány oblastem rizik, se kterými daný pracovník přichází do styku a kde je tudíž zvýšené nebezpečí onemocnění [26].

Komplexní řešení problémů s nemocemi z povolání se potýká s mnoha nedostatky. V naší společnosti se často nachází zastaralé výrobní technologie, které nejsou přizpůsobené fyziologickým vlastnostem pracovníků, a je zde také nedostatek odborníků, kteří se zabývají hodnocením rizik pro pracovníky, a lékařů. Progres často brzdí i nejednotná kritéria v jednotlivých státech, což stěžuje práci především nadnárodním společnostem. V českém prostředí, kde výraznou část zaměstnanců na montážních pracovištích zastupují především agenturní pracovníci, chybí rovněž motivace pracovníků, ale i zaměstnavatelů danou problematiku řešit, jelikož dochází k velké fluktuaci pracovní síly v důsledku vypršení víz.

4 Ergonomické metody

Jedním z typů ergonomických analýz jsou kalkulační analýzy, do kterých jsou jako vstupní hodnoty zadávány číselné hodnoty. Na základě těchto číselných hodnot se nadále vyhodnocují výsledky, jež jsou opět ve formě číselných hodnot. Kalkulační analýzy se využívají k optimalizaci rozměrů pracoviště. K této optimalizaci lze například využívat vstupní hodnoty jednotlivých parametrů pracoviště či přiřadit pozicím tělesných partií konkrétní hodnoty. Pozice partií slouží k posouzení pracovního postoje zaměstnanců a na základě zdravotního rizika je daným pozicím přiděleno číselné skóre. Mezi kalkulační analýzy řadíme metody RULA, NIOSH, OWAS a další [21].

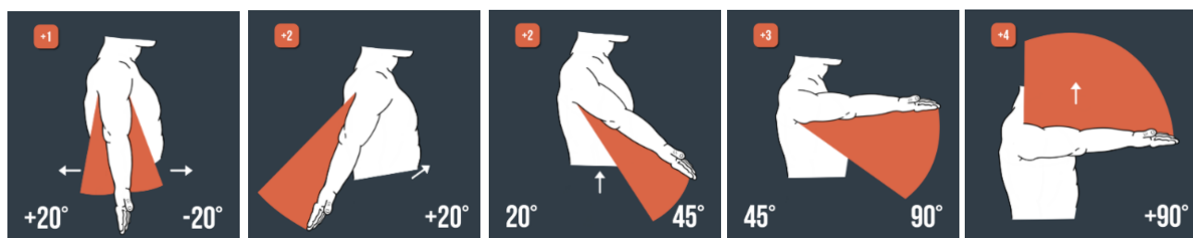
Dalším typem využívaným pro hodnocení pracovních postojů a pracovního místa jsou tzv. checklisty. V checklistech jsou uvedena jednotlivá kritéria, která slouží pro hodnocení již existujících pracovních míst a postojů. Specifickým typem checklistů jsou dotazníky, jež do hodnotícího procesu zapojují samotní zaměstnanci. Zaměstnanci zodpovídají několik otázek týkajících se nepříjemných pohybů při práci, díky čemuž je možno získat nové informace, které by jinak z vnějšího pozorování nebylo možné získat [21].

4.1 Metoda RULA

Metoda byla vytvořena v roce 1993 a její celý název zní Rapid Upper Limb Assessment. Metoda je zejména využívána pro hodnocení ergonomických rizik v oblasti horních končetin, ale jsou zohledněny i pozice krku, trupu a nohou. Konečným výstupem z analýzy je číselné skóre od 1 do 7 podle závažnosti jednotlivých rizikových faktorů. Tato metoda může být provedena jak ručně, tak i pomocí softwarových nástrojů. Mezi největší výhody RULA analýzy patří jednoduchost, rychlost a kombinace různých rizikových faktorů, a to vše při zachování nízkých nákladů na realizaci. Nevýhody jsou především spojeny s nutností disponovat potřebnými znalostmi, jak aplikovat RULA analýzu. V některých případech může být nevýhodou zaměření analýzy přednostně na horní polovinu těla [21].

Postup analýzy RULA

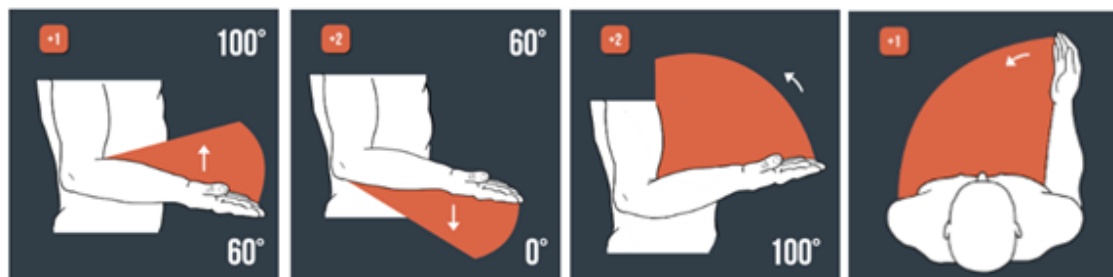
V počátku analýzy je tělo rozděleno na jednotlivé části, kterým se v závislosti na jejich poloze a natočení přiřadí bodové ohodnocení. Toho je docíleno prozkoumáním určitých momentů v průběhu pracovního cyklu. Správná identifikace kritických poloh v pracovním cyklu je nesmírně důležitá pro finální výsledky a jejich interpretaci. Lze aplikovat metodu na nejvíce nepříznivé polohy či na polohy zaujímané pracovníkem po většinu pracovní směny. Bodové hodnocení jednotlivých částí těla se odvíjí od rozsahu flexe a extenze - čím větší odklon od neutrální polohy, tím vyšší bodové skóre pro danou část těla. Uvažováno je i vliv hmotnosti manipulovaného břemena a působení statické polohy při práci [21].



Obr. 4-1 Nadloktí [27]

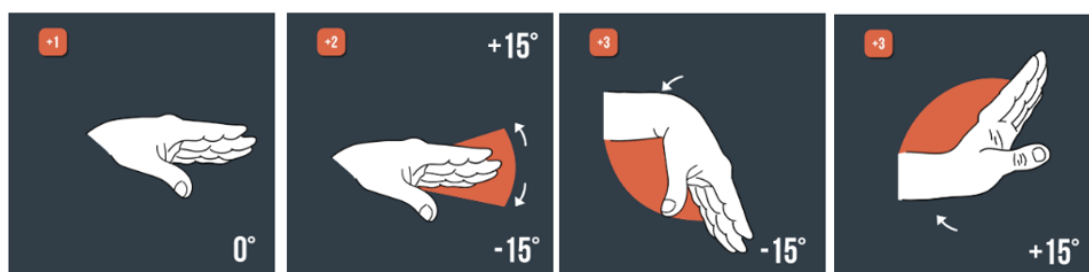
Je také nutné rozhodnout, zda budou hodnoceny obě horní končetiny či pouze levá, popřípadě pravá ruka. U nadloktí je posuzován úhel, ve kterém se daná paže nachází

v kritickém momentu pracovního cyklu. Nachází-li se nadloktí v úhlu $\geq 90^\circ$, jsou do hodnocení připsány 4 body. Menší úhly pozice nadloktí jsou ohodnoceny jedním až třemi body. Další body mohou být přidány nebo naopak odečteny, je-li zvednuté rameno, horní končetina v abdukci, eventuálně nachází-li se nadloktí ve skloněné či podepřené poloze.



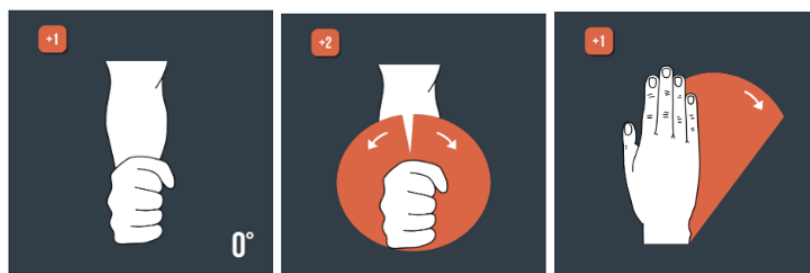
Obr. 4-2 Předloktí [27]

Předloktí je hodnoceno na škále od jednoho po dva body s tím, že dochází-li k činnosti přes středovou část těla nebo na stranu, je přidán jeden bod.



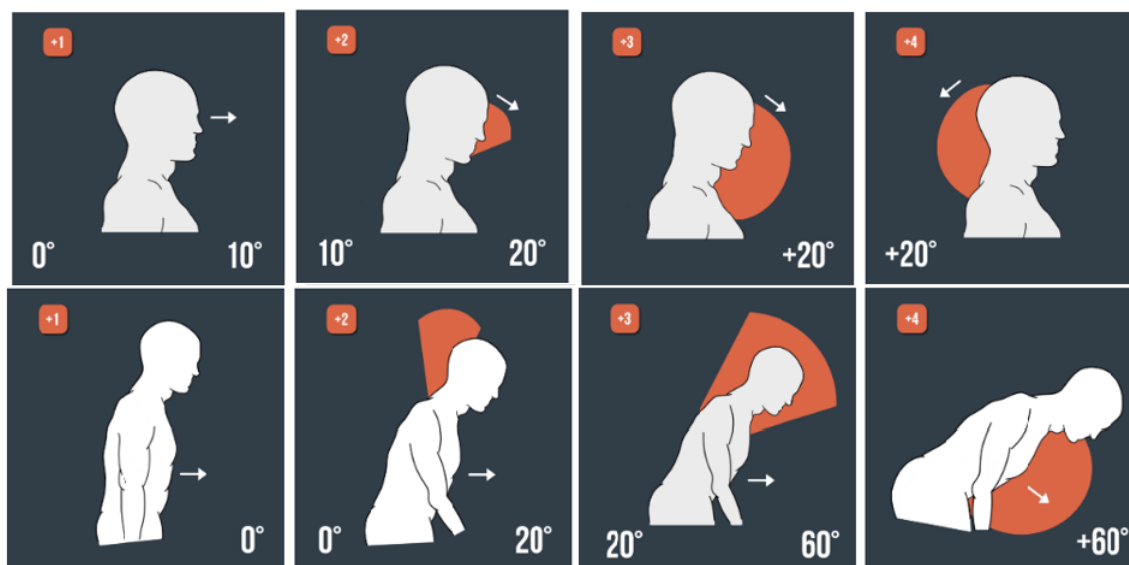
Obr. 4-3 Zápěstí [27]

U zápěstí se za důležitý úhel natočení považuje hranice 15° . Do této hranice jsou polohy ohodnoceny 1 až 2 body, zatímco nad jsou ohodnoceny 3 body. Dodatečné body mohou být připsány za vytočení zápěstí mimo střednici a za jeho otočení, jak lze vidět na Obr. 4-4 Pro každou ruku zvlášť jsou rovněž stanoveny body za zátěž a vynaloženou sílu. Přerušovaná zátěž s 2-10 kg má hodnotu jednoho bodu. Statická zátěž a opakující se zátěž s 2-10 kg má hodnotu 2 bodů, zatímco manipulace s větší zátěží než 10 kg již 3 body.



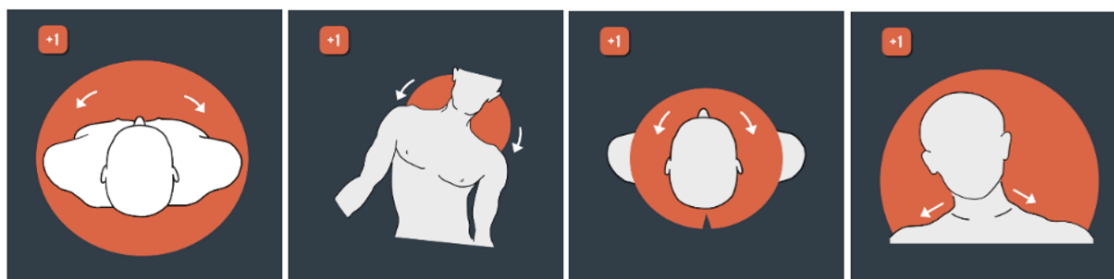
Obr. 4-4 Zápěstí – otočení, vytočení [27]

Stejně probíhá bodové hodnocení i pro krk a trup. Opět je dané bodové ohodnocení odvozeno od úhlu předklonu či záklonu. Krk je především namáhán při záklonu krku o více než 20° a trup předklonem o více než 60° .



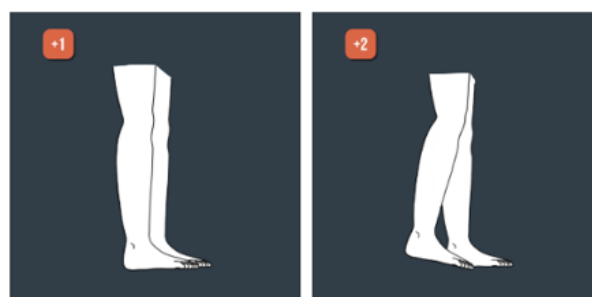
Obr. 4-5 Trup a krk [27]

Dodatečné body pro trup a krk jsou přidávány v důsledku otočení nebo naklonění na stranu, ať už to trupu či krku. Opět je do hodnocení zahrnuta zátěž a síla působící na krk, trup a spodní končetiny. Body se přidělují dle stejných kritérií jako v předešlém případě pro horní končetiny.



Obr. 4-6 Trup a krk – naklonění, otočení [27]

Posledním posuzovaným aspektem jsou spodní končetiny. Zde se uděluje bod za to, když jsou chodidla dobře podepřena a nacházejí se v rovnoměrně vyvážené poloze. Dva body jsou přiděleny v případě, kdy tato podmínka není splněna.



Obr. 4-7 Dolní končetiny [27]

Vyhodnocení analýzy RULA

Na základě bodového ohodnocení konkrétních poloh lze přistoupit k výpočtu celkového bodového hodnocení. V příslušných tabulkách je hledán maticový způsob výsledné polohy pro horní končetiny, trup a krk. K výslednému skóre se přičítají body za zátěž a silové působení a výsledné skóre je získáno sečtením předešlých skóre pro jednotlivé oblasti. Výsledné skóre

je rozděleno do kategorií dle rizika a naléhavosti nápravných opatření. Jsou rozeznávány 4 základní kategorie [21].

Tabulka 4-1 Kategorie RULA metody [21]

Kategorie	Skóre	Popis
1.	1-2	Práce přijatelná
2.	3-4	Potřeba dalšího hodnocení, požadavky na změny
3.	5-6	Urgentní požadavky na změny
4.	7+	Okamžité zastavení práce a zavedení nápravných opatření

V praxi je velmi užitečné fotografovat nebo natáčet vykonávaný úkol z několika úhlů, jelikož je poté možno snímky zobrazit na monitoru počítače a pomocí úhloměru měřit dané úhly jednotlivých částí těla [28].

4.2 Checklisty

Checklisty jsou v zásadě soubor posuzovaných kritérií na daném pracovišti. Ve většině případů jsou využívány pouze pro orientační hodnocení, jelikož jsou naprosto závislé pouze na pozorovateli a neposkytují konkrétní hodnoty a data. Základní principy checklistů vycházejí z principů posuzování ergonomických rizik a lze je aplikovat na následující oblasti:

- Identifikaci rizik na pracovišti
- Subjektivní hodnocení pracovního místa
- Hodnocení subjektivních obtíží
- Hodnocení spokojenosti se změnami

Orientační checklisty jsou především využívány pro rychlé posouzení uspořádání pracovního místa, pracovních poloh zaměstnanců a identifikaci rizik. Při posuzování pracovního místa jsou zodpovídány otázky typu, zda pracovní místo umožňuje individuální uspořádání pro malé i velké postavy, nachází se materiál a potřebné nářadí ve vhodné pozici pro zaměstnance atd. Při posuzování pracovních poloh se vychází z toho, jestli se v pracovní činnosti vyskytují potenciálně škodlivé pohyby typu otáčení, předklánění, natahování a zda se manipuluje s břemeny. Identifikace rizik může obsahovat kromě dříve zmíněných otázek, také otázky zabývající se pracovní dobou a rozložením práce. Ergonomické checklisty eventuálně mohou mít předepsány doporučené rozměry pracoviště, úhly natočení jednotlivých končetin, dobu trvání a hodnotu vynaložené síly. Takovéto checklisty zejména pro rozměry pracoviště nemusejí být příliš vhodné, nýbrž obsahují pouze dané hodnoty nebo rozsah hodnot, který nemusí plně respektovat fyziologické vlastnosti zaměstnanců. Tyto checklisty také přirozeně vyžadují více času na vyhotovení a nejsou tak vhodné pro posuzování velkého množství jednotlivých pracovišť. U subjektivních hodnocení se nejčastěji pracuje se škálou hodnot, například od 0-4, kde zaměstnanec nebo hodnotitel přiřazuje jednotlivým otázkám body na stupnici. Checklisty jsou pouze tak dobré, jak dobře jsou položeny jednotlivé otázky a na schopnostech posuzovatele. Výsledky mohou být často zkresleny subjektivním pohledem na věc a nemusejí mít tak potřebnou vypovídající hodnotu. Poskytují však jednoduchý a rychlý nástroj pro orientační hodnocení, který může sloužit jako podklad pro detailnější analýzu problému [29].

5 Softwarové nástroje pro hodnocení ergonomických rizik

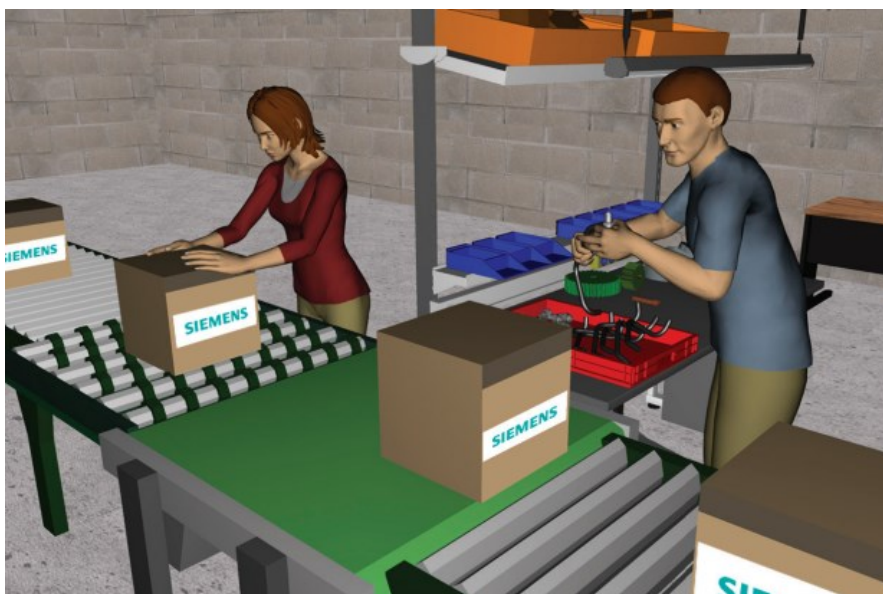
Softwarové nástroje pro ergonomii začaly vznikat v 80. letech minulého století, kdy se na jejich vývoji podílely instituce, jako například NASA. Od té doby neustále roste podpora softwarových nástrojů. Díky rozvoji výpočetní a informační techniky je dnes k dispozici hned několik komplexních softwarových nástrojů pro ergonomii. Mezi společnostmi, které tyto programy vyvíjejí, můžeme především zařadit Dassault Systèmes a Siemens. Siemens rozvíjí ergonomické funkcionality v programu Process Simulate, který nahrazuje předešlý program Tecnomatix Jack [30].

Základem všech softwarových produktů jsou biomechanické modely lidí, kteří interagují s vnějším prostředím. Programy často poskytují zaměření na konkrétní významné průmyslové odvětví, jako je automobilový a letecký průmysl, ale lze je využívat prakticky v jakékoliv společnosti. Tyto programy je možné uplatňovat při návrhu nových prostorů či k analýze již existujících. Rozvoj technologií časem přinesl i další podpůrné nástroje pro tyto programy. Jedním z nich jsou například obleky pro snímání pohybů zaměstnanců, které snímají vykonávané pracovní činnosti. Tyto obleky jsou schopny pomocí senzorů zaznamenávat pohyb pracovníků a následně tyto pohyby přenést na virtuální model člověka. Tím přispívají k rychlejší a přesnější analýze pohybů a poskytují i další cenné informace. Dalším podpůrným nástrojem, který získává v posledních letech na popularitě, je virtuální realita. Ve virtuálním prostoru je možné na vlastní kůži odzkoušet vytvořené návrhy prostředí. Velkou předností je i možnost ve virtuální realitě upravit svoji výšku tak, aby zkouška mohla být provedena pro rozdílné percentily postav jedním člověkem.

V praktické části bude využíván zejména program Tecnomatix Jack, a to hlavně díky jeho snadné dostupnosti a vhodné knihovně ergonomických analýz. Siemens rovněž poskytuje studentům středních a vysokých škol program zdarma.

Tecnomatix Jack

Software Tecnomatix Jack je nástroj pro modelování a simulování biomechanických modelů lidí, který napomáhá při řešení virtuálních ergonomických návrhů pracovišť a výrobků. Program se zabývá vzájemnou interakcí mezi modelem lidí a okolními vlivy. Simulace může probíhat buď staticky, nebo lze zobrazit celou animaci několika operací návazně na sebe.



Obr. 5-1 Tecnomatix Jack [31]

Simulace přispívají ke zvýšení produktivity, optimalizaci pracoviště a k úspoře značných nákladů a času při procesech plánování, návrhu a ověřování. Biomechanický model člověka Jack a Jill umožňují nadefinování velikosti a tvaru pracovníků pomocí databáze populačního průzkumu. Modely lidí disponují reálnými pohyby kloubů a umožňují tak rychle vytvářet potřebné simulace pohybů zaměstnanců. Lze využívat mnoha dalších funkcí, jako je zobrazení dosahové vzdálenosti horních končetin, zorných úhlů a tlačných/tažných sil. Mezi jeho největší přednosti však patří aplikace ergonomických metod na model člověka. Program disponuje velkou škálou jednotlivých ergonomických metod, včetně RULA, NIOSH nebo OWAS. Je tak obzvláště využíván v oblasti BOZP, kde výrazně šetří čas s určováním přijatelných/nepřijatelných pracovních poloh a zatížení. V průmyslovém inženýrství lze také využívat Tecnomatix Jack pro MTM analýzy při návrhu taktu linky. V programu se nachází i více specifických balíčků funkcionalit, které se především využívají při návrhu vnitřních prostorů aut a kokpitů. Posuzován je komfort a výkonnost pasažérů. Digitální modely prostředí se dají importovat z běžných CAD souborů, ale i samotný program disponuje knihovnou základních objektů [30].

6 Představení společnosti

Společnost Daikin Industries Ltd. je světovým výrobcem klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel. Vznikla v roce 1924 v japonském městě Ósaka a posléze se rozšířila do celého světa, Evropy nevyjímaje. Evropská centrální společnost Daikin Europe N.V. se nachází v Oostende v Belgii. Tato dceřiná společnost Daikin Industries Ltd. byla založena v roce 1973 a k roku 2020 zaměstnávala více než 10 600 zaměstnanců ve 14 výrobních závodech v Evropě. V roce 2020 vykázala společnost obrát v hodnotě 3,53 miliardy eur. V Belgii je rovněž situován i centrální sklad, kam jsou přemísťovány veškeré výrobky i z českého výrobního závodu.

Česká odnož firmy s názvem Daikin Industries Czech Republic s.r.o. (DICz) byla založena v roce 2004, a výrobní závod lze nalézt na Borských polích v Plzni a také v Brně. V Plzni probíhá hromadná výroba klimatizací a tepelných čerpadel pro obytné prostory, zatímco v Brně je výrobní závod zaměřen na výrobu kompresorů a hydroboxů pro evropské továrny. V současné době v Plzni probíhá výroba na devíti výrobních linkách, z čehož jsou tři zaměřeny na výrobu venkovních jednotek, a na zbývajících probíhá výroba vnitřních jednotek. S výstavbou nové haly vznikl nový volný prostor, do kterého se plánují umístit nové výrobní linky zaměřené jak na výrobu venkovních jednotek, tak i vnitřních [32].



Obr. 6-1: Logo společnosti Daikin [32]

Výrobní linka R4

Výrobní linka R4 je nejnovější výrobní linkou ve firmě DICz a je zaměřena na výrobu venkovních jednotek typu TBM a BML-H Monoblok. Typ TBM se liší od velikosti používaného výměníku, který je buďto jeden a půl řadý, dvouřadý nebo třířadý. Vzhledem k velikosti venkovních jednotek a jejich částí mají pracovníci k dispozici stroje, jež jim pomáhají s jejich manipulací. Výrobní linka obsahuje kolem 45 jednotlivých pracovních pozic a v současné době funguje na dvousměnný provoz. Plánuje se ovšem navýšení na 3 směny v průběhu roku 2023. Během jedné směny je vyrobeno 260 venkovních jednotek a toto číslo by se také mělo nadále navyšováno až k 350 kusům.



Obr. 6-2: Jednotka BLM-H Multi [32]

Na začátek hlavního montážního dopravníku je spodem přivedena montážní paleta. Na tuto paletu je přemístěna spodní deska jednotky s kompresorem a další měděnou podsestavou. Následuje pájení a kontrola podsestav. Po dokončení těchto procesů se paleta přesune na pozici, kde je na spodní desku jednotky umístěn výměník, jehož příprava začíná v separátní části výrobní linky. Průběh zpracování výměníku v této části začíná, když jsou výměníky přivezeny na linku a buď to ručně přemístěny na pásový dopravník, nebo jsou k jejich přesunu použity sloupové jeřáby. Následně se střídají robotická a lidská pracoviště, kde jsou na výměníky napojeny požadované měděné rozvody a kolínka, která jsou zapájena. Výměník poté vstupuje do automatického ohýbacího stroje, kde je ohnut na požadovaný úhel. Za tímto strojem se nachází montážní pracoviště, kde jsou jednotlivá kolínka výměníků spojena stahovacími páskami a v závislosti na typu výměníku případně namontována plechová ochrana vnitřních dílů. Jakmile je dokončena montáž plechu, je výměník odebrán a umístěn na hlavní montážní dopravník, kde se postupně dokončuje montáž a pájení jednotlivých částí.

Tento proces je ukončen vizuální kontrolou, jenž umožňuje identifikovat a odstranit případné nedostatky v jednotce před testy vzduchotěsnosti. Testy na vzduchotěsnost probíhají víceméně automaticky, pouze testy na únik hélia obstarávají zaměstnanci. Když jsou testy dokončeny, je z jednotky směs vypuštěna a po vizuální kontrole následuje montáž vnitřních dílů jednotky, jako je například ventilátor a jeho motor. Tyto a další díly jako jsou cívky, izolace a termistory jsou odebírány z boxu, který je umístěn vedle dané palety a je společně s ní přepravován dále po montážní lince. Po kontrole vnitřních částí přichází na řadu montáž vnějších plechů. Následně je box, jenž je přepravován vedle palety s jednotkou, přemístěn pomocí výtahu pod dopravník. Box je opět transportován na začátek této části montážní linky, kde je umístěn do vozíku a odvezen k dalšímu naplnění.



Obr. 6-3: Výrobní linka R4

V případě provedení úspěšné kontroly následuje vakuová evakuace a jednotka je naplněna chladivem. Následuje další série testů, včetně testů elektrické bezpečnosti, kde se provádí testy izolace a vysokonapěťové testy. Zkoušky jsou zakončeny provozními testy. V závislosti na typu jednotky může dojít k montáži monobloku k jednotce na speciálním pracovišti před testy elektrické bezpečnosti. Na pracovišti je jednotka přepravována pomocí vozíku a po dokončení montáže monobloku je umístěna zpět na montážní dopravník. Po dokončení provozních testů

následují poslední montážní pozice, kde jsou připevněny další ochranné plechy a příslušné štítky na jednotku. Následuje výstupní kontrola a balení jednotky do kartonového obalu, který je následně ještě přepáskován. Zaměstnanec následně pomocí vakuové zdviže přenesení jednotku na vozík za AGV, který jednotku přepraví na odesílací místo.

7 Použité metody a postupy

V této části práce budou popsány použité metodiky a postupy, které byly využity v rámci řešení daného tématu. Především se jedná o využití videozáznamů a ergonomických checklistů. Popsání těchto metodik a postupů slouží k pochopení procesu, jakým byla práce vypracována.

7.1 Videozáznamy

Jednou z největších výhod videozáznamů pracovních procesů je jejich schopnost přesně zachytit celý průběh pracovního postupu. Tímto způsobem mohou být analyzovány různé aspekty výrobního procesu, jako jsou například časové prodlevy, počet kroků v procesu a dokonce identifikace největších příčin ztrát a úzkých míst v procesu. Hlavním důvodem proč byla technika videozáznamů využita v této práci je jejich schopnost pomoci při vyplňování checklistů. Videozáznamy pomohly zejména při analýze procesů a zaznamenávání poloh horních končetin, zad a krku. Jedná se o další důležité aspekty, které pomáhají při prevenci zranění a ochraně zdraví pracovníků. Pokud jsou polohy horních končetin při práci správně analyzovány, může to pomoci snížit riziko opakovaných poranění a zlepšit ergonomii pracovního místa. S videozáznamem pracovního procesu lze rovněž kontrolovat, zda byly všechny kroky v procesu provedeny správně a tím lépe identifikovat chyby výroby.

Výše uvedené výhody videozáznamů pracovních procesů jsou nesmírně důležité pro zlepšování výroby a ergonomie pracovních míst. Nicméně, pro jejich použití je nutné získat souhlas od vedoucího pracoviště a jednotlivých pracovníků na montážní lince. Souhlas od všech zúčastněných je klíčový pro zajištění ochrany soukromí a dat.

7.2 Checklisty

V jedné z předchozích kapitol byly popsány Checklisty, které slouží ke zjištění, zda jsou splněny určité požadavky nebo jsou vyloučena určitá ergonomická rizika při práci. Pro hodnocení ergonomických rizik byl pro konkrétní práci vybrán checklist Státního zdravotního ústavu s názvem Checklist pro uspořádání pracovního místa. Tento checklist, jak název napovídá, je určen pro posouzení ergonomických aspektů uspořádání pracovního místa.

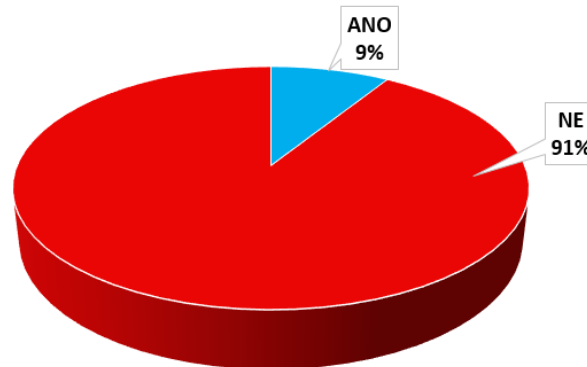
Základem tohoto checklistu je 13 unikátních otázek, které jsou zaměřeny na ergonomická rizika, která mohou při práci nastat. Nicméně vzhledem k tomu, že se jedná o konkrétní výrobní linku, byly některé otázky ze seznamu vyřazeny, protože se nevztahují k danému výrobnímu procesu. Například otázky týkající se práce v sedě byly vynechány, jelikož kromě jedné výjimky, kdy jsi zaměstnanec upravil pracovní místo podle sebe se na výrobní lince pracovní pozice v sedě nevyskytují.

Celkově byl tento checklist vyplněn pro každé ze 45 pracovních míst na lince R4, aby bylo možné zhodnotit, zda jsou ergonomická rizika minimalizována a pracovní prostředí je bezpečné a vhodné pro vykonávání práce.

8 Analýza výsledků checklistů

První otázka checklistu týkajícího se ergonomické uspořádání pracovišť se zaměřuje na to, zda pracovní místo umožňuje individuální uspořádání pro malé i velké postavy. Bohužel, výsledky ukazují, že pouze 9 % pracovišť umožňuje takové individuální přizpůsobení.

Umožňuje pracovní místo individuální uspořádání pro malé i velké zaměstnance?



Graf 8-1: Otázka checklistu 1

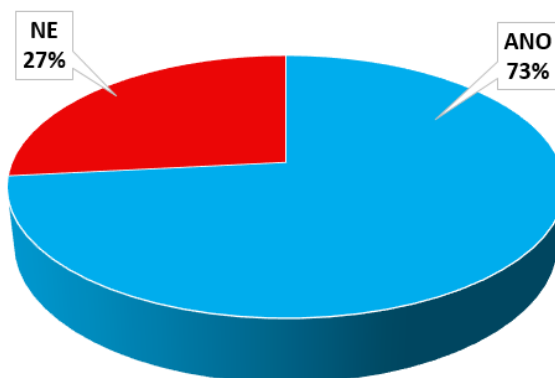
Je to způsobeno zejména tím, že významná část pracovních procesů probíhá u dopravníku, který se v současnosti nijak nepřizpůsobuje co se týče jeho výšky. To znamená, že pracovníci se musejí přizpůsobovat výšce dopravníku a ne naopak, což vede k častému neergonomickému držení těla a potenciálně ke zdravotním problémům v budoucnu. Vyskytuje se zde například i pracoviště, kde namísto přizpůsobení výšky dopravníku byla vedle něho přistavěna platforma, na které operuje pracovník, jenž montuje na jednotku horní ochranný plech. Bez této vyvýšené platformy by toho nebyl schopen.

Na výrobní lince však existuje několik pracovišť, která jsou vybavena vhodnými pomůckami, umožňujícími ergonomické individuální uspořádání. Mezi tato pracoviště patří zejména dvě pracoviště ke konci linky, kde dochází k sundání jednotky z palety a jejímu následnému balení do kartonového obalu. Jedno z těchto pracovišť umožňuje snížení výšky dopravníku, aby se dosáhlo vhodné výšky pro balení, zatímco u druhého pracoviště je možnost nasadit spodní ochranný obal na jednotku pomocí výsuvných podpěr a není tak potřeba se výrazně sklánět při nasazení obalu. Tyto pracoviště ukazují, že existuje možnost řešení problému práce u dopravníku a nabídnout pracovníkům ergonomické pracovní podmínky.

Kromě toho existují další pracoviště, která umožňují přizpůsobení výšky pro různé velikosti pracovníků. Jsou to dvě pracoviště, kde pracovníci manipulují s jednotkami na tlačných vozících. Tyto vozíky mají stavitelnou výšku, což umožňuje pracovníkům nastavit si výšku tak, aby pracovali pohodlně a bez nutnosti vystavovat se nevhodným pracovním polohám. Nicméně pozorování ukazují, že tato možnost není dostatečně využívána, což naznačuje, že je zde prostor pro lepší standardizaci pracovního procesu a zlepšení zaučování pracovníků, jak tuto možnost ergonomického přizpůsobení pracoviště správně využívat. Těmto pracovištím bude věnována další kapitola.

První otázka checklistu, zda pracovní místo umožňuje individuální uspořádání pro malé i velké postavy, je tedy velmi důležitá a ukazuje se, že v současnosti není většina pracovišť schopna takové přizpůsobení zajistit a když jsou již vybavena pomůckami, tak pracovníci je ne vždy dobře využívají. Je třeba si uvědomit, že ergonomické uspořádání pracovišť je klíčové pro prevenci pracovních úrazů a nemocí z povolání, a může také zlepšit efektivitu práce.

**Je materiál a nářadí umístěno před pracovníky, aby byly
redukovány rotační pohyby trupu?**



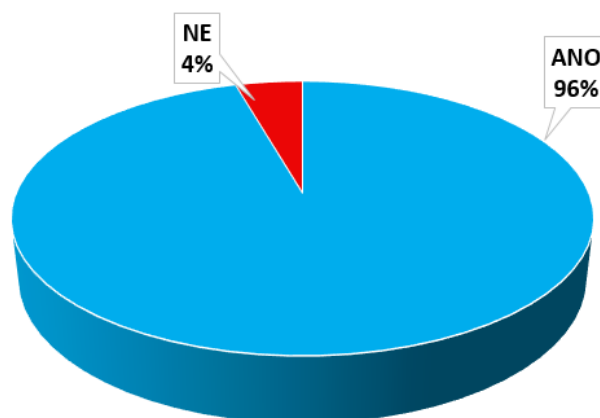
Graf 8-2: Otázka checklistu 2

Druhá otázka v checklistu se zabývá tím, zda je materiál a nářadí umístěno před pracovníky, aby byly redukovány rotační pohyby trupu. Tento prvek ergonomie má za cíl minimalizovat zatížení těla pracovníka, zejména páteře a svalů, které mohou být vystaveny opakujícím se pohybům a způsobovat bolest či dokonce zranění.

Podle získaných dat z checklistu je v 27 % pracovních pozic materiál a nářadí umístěno nevhodně, což znamená, že pracovníci se často otáčejí v trupu, aby získali potřebné nástroje a materiál. V některých případech je materiál umístěn příliš blízko k boku pracovníků, což vede k opakujícím se rotačním pohybům těla. Pokud by byl materiál umístěn o něco dále, pracovníci by byli nuceni udělat krok navíc a nedocházelo by tak k častým rotacím trupu.

Dalším případem, kdy u pracovníků dochází k rotaci trupu, jsou montážní pracoviště u kontinuálně se pohybujícího dopravníku. I když se nářadí nachází před pracovníky, vede tento proces k opakujícím se rotačním pohybům těla, když se pracovníci dostanou příliš daleko od potřebných nástrojů v důsledku pohybujícího se dopravníku s jednotkou.

**Poskytuje pracovní místo dostatek prostoru pro pohyb
těla?**



Graf 8-3: Otázka checklistu 3

Třetí otázka checklistu se týká dostatku prostoru pro pohyb těla pracovníků v pracovním prostředí. Jedná se o důležitý aspekt, který ovlivňuje zdraví a pohodu zaměstnanců a může mít dopad na jejich produktivitu a výkonnost.

Podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. musí být minimální podlahová plocha pro jednoho zaměstnance v prostoru určeném pro trvalou práci nejméně 2 m², s výjimkou spojovacích cest. Dále nesmí být šířka volné plochy pro pohyb v žádném místě zúžena na méně než 1 m stabilním zařízením. V některých případech však pracovníci na lince R4 pracují na hranici těchto požadavků, zejména co se týče šířky volné podlahové plochy. V takových situacích může být pro pracovníky obtížné volně se pohybovat a vykonávat svou práci a v některých případech může být dokonce ohrožena jejich bezpečnost. Na dvou pracovištích je šířka volné podlahové plochy menší než 1 m, což představuje 4 % všech pracovních míst na výrobní lince.

U jednoho z těchto pracovišť navíc vzniká problém s uličkou vedoucí k pracovišti, která je na několika místech výrazně zúžená a mohla by představovat bezpečnostní riziko pro zaměstnance. V závislosti na tom, mezi kterými body měříme šířku uličky lze získat různé výsledky. Pokud měříme pouze horizontálně, dostaneme se běžně na vyhovující hodnoty kolem 600-630 mm. V jednom místě je však ulička zúžena na 510 mm a pokud měříme vzdálenost mezi dvěma body, mezi kterými pracovník prochází, dostaneme se na některých místech i na hodnoty kolem 470 mm, což neodpovídá nařízením vlády, která stanovují, že nejmenší šířka obslužných a montážních průchodů musí být 600 mm a tato šířka nesmí být v žádném místě zúžena zařízením (jedná se např. o uličku mezi strojním zařízením a zdí - nejde o kolizi s požadavkem § 48 nařízení vlády č. 361/2007 Sb., na šíři spojovací cesty, která nesmí být v žádném místě zúžena stabilním zařízením pod 1 m, neboť ta se vztahuje k podlahové ploše pro trvalou práci).



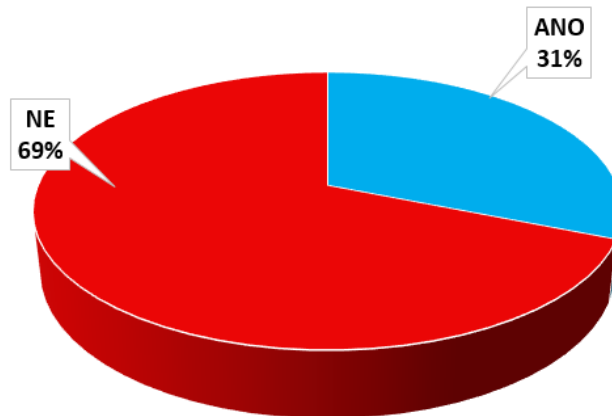
Graf 8-4: Otázka checklistu 4

Čtvrtá otázka checklistu se zaměřuje na to zda je maximální možnou mírou omezena:

- statická zátěž,
- fixní pracovní poloha,
- úkoly, při kterých musí pracovník dlouho nebo dlouhou dobu provádět hluboké předklony nebo úklony trupu,
- dlouhodobě držet horní končetiny ve výrazné flexi nebo extenzi
- předklánět hlavu více než 15°,
- stát na jedné končetině,
- provádět práce ve výšce nebo nad výškou ramen.

Podle zjištění pomocí checklistu se zdá, že 60 % pracovních pozic má alespoň jeden z těchto problémů. Tyto problémy jsou způsobeny zejména prací u dopravníku, kde pracovníci musí často ohýbat záda nebo pracovat nad výškou ramen. Tyto pohyby mohou být velmi náročné na tělo pracovníka a mohou vést k opakujícím se zraněním a bolestem.

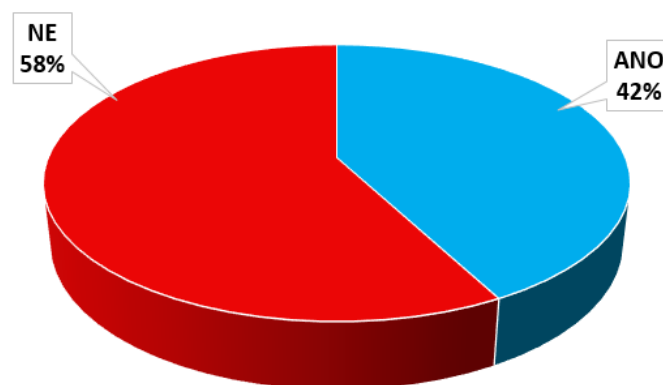
Je vhodná pracovní poloha při práci?



Graf 8-5: Otázka checklistu 5

Pátá otázka checklistu se věnuje tomu, zda je pracovní poloha vhodná pro danou práci, kterou pracovník vykonává. V první řadě je třeba zohlednit otázku číslo čtyři a dvě, které se zabývají tím, zda se pracovník nedostává do nevhodných pracovních pozic. Tyto pozice mohou zahrnovat předklon, rotaci trupu, nadměrnou námahu nebo práci nad úroveň ramen. Tyto pozice mohou vést k bolesti, únavě a zraněním. Výsledkem je, že pouze 31 % pracovníků na lince R4 pracuje ve vhodné pracovní pozici.

Je podlaha opatřena koberci při dlouhodobém statickém stoji?

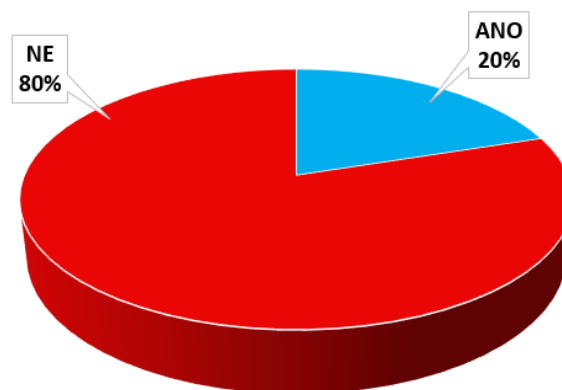


Graf 8-6: Otázka checklistu 6

Jednou z důležitých otázek, které by měl obsahovat pracovní bezpečnostní checklist, je zda jsou podlahy v daném pracovišti opatřeny pedipulačními podložkami. Důvodem pro tuto otázku je fakt, že dlouhodobé statické stání na tvrdé podlaze může způsobit bolest v nohách, páteři a dalších částech těla. Pokud jsou koberce umístěny na podlaze, mohou pracovníkům poskytnout alespoň částečnou ochranu před těmito problémy.

V případě dané linky R4 byla provedena analýza, která ukázala, že koberec jsou přítomny pouze na 42 % pracovišť. Je proto důležité zjistit důvody, proč jsou koberec umístěny pouze na menšině pracovišť. Průzkum ukázal, že pracoviště bez koberců se nacházejí především na začátku linky, kde je pravděpodobně důvodem nedostatek místa pro jejich umístění a také zde často dochází k manipulaci s vozíky. Koberec by tak mohly představovat překážku při manipulaci. S drobnými úpravami by mohlo být možné vybavit většinu pracovišť koberci a tím poskytnout pracovníkům ochranu při statickém stoji. Při aplikaci je však důležité zohlednit specifické podmínky každého pracoviště.

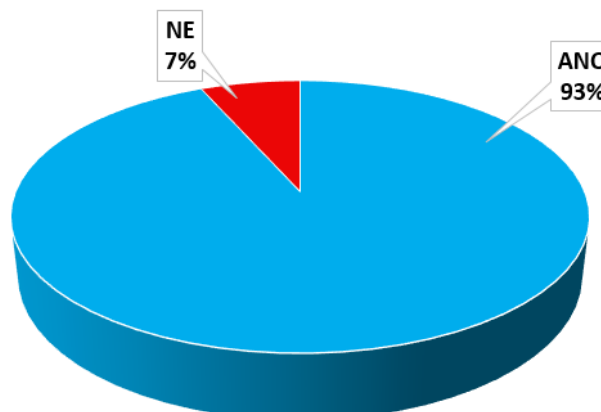
Umožňuje pracovní místo oporu paží alespoň občasnou?



Graf 8-7: Otázka checklistu 7

Další otázka se týká opory paží na pracovišti. Pracovníci, kteří provádějí monotónní a repetitivní práci, jsou častými kandidáty pro poranění způsobená nedostatkem opory paží. Opora paží může pomoci při bolestech v zápěstí a v rameni. Důležitým faktorem je správné nastavení výšky pracovní plochy. Jelikož většina pracovních pozic na lince je situována u dopravníku, je využití například výškově nastavitelných opěrek výrazně limitováno. Není tak náhodou, že 80 % pracovních pozic na lince tuto možnost nemá.

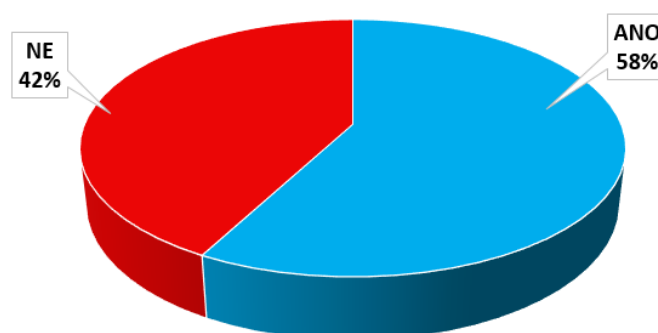
**Jsou pohyby paží vhodně uspořádány
(vyhnutí se trhavým pohybům)?**



Graf 8-8: Otázka checklistu 8

Kontrola pohybů paží je jedním z aspektů, které je třeba zohlednit při hodnocení pracovních poloh. Pohyby paží jsou běžnou součástí mnoha pracovních úkolů a v některých případech mohou být vysoce náročné a často opakovatelné. Pokud nejsou pohyby paží vhodně uspořádány, mohou pracovníci trpět bolestmi paží, ramen, krku nebo zápěstí. Tyto problémy mohou vést k omezení pohyblivosti a ztrátě produktivity. Trhavé pohyby rukou jsou zvláště nebezpečné a mohou způsobit zranění svalů, šlach nebo kloubů. Pozorováním bylo zjištěno, že v 7 % případů dochází k trhavým pohybům rukou, zejména při povolování a utahování šroubů pomocí ráčen. V malém procentu případů je však vynaložená síla zdraví ohrožující. Přesto by bylo vhodné doporučit pravidelné rozcvičky a přestávky, aby se minimalizovala únava a zlepšila se flexibilita a pohyblivost.

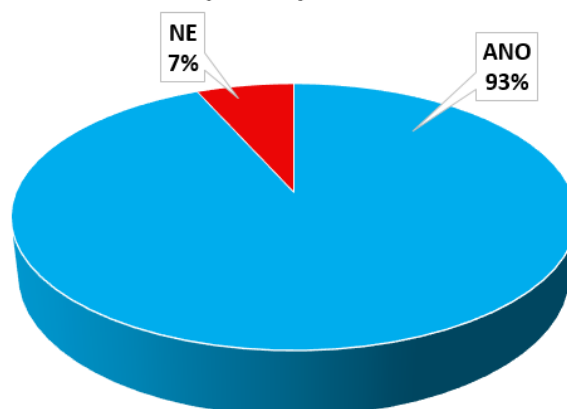
Je práce uspořádána tak, aby byly eliminovány extrémní polohy kloubů horních končetin?



Graf 8-9: Otázka checklistu 9

Následující otázka se zabývá tím, zda je práce uspořádána tak, aby byly eliminovány extrémní polohy kloubů horních končetin. Na výrobní lince R4 dochází v 42 % případů k extrémním polohám kloubů horních končetin. Důvodem je především montáž jednotek na dopravníku, která vyžaduje práci v příliš vysoké pracovní rovině. V důsledku toho jsou horní končetiny vystaveny nevhodným polohám zejména při šroubování a umísťování dílů na jednotku. V některých případech je poloha horních končetin ovlivněna také příliš vysokou výškou regálů, z nichž je vybírán materiál, a rovněž nevhodným umístěním nástrojů.

Je vhodné umístění sdělovačů a ovladačů, jejich snadná dostupnost vynaládané úsilí ?



Graf 8-10: Otázka checklistu 10

Umístění sdělovačů a ovladačů na lince je velmi důležité pro plynulý a bezproblémový chod pracovního procesu. Správné umístění těchto zařízení může ušetřit pracovníkům čas a úsilí a přispět k efektivitě výroby.

Většina sdělovačů na lince je umístěna vhodně, ale v některých případech jsou umístěny příliš vysoko. To může způsobovat problémy pro některé pracovníky, kteří musejí občas zaklonit krk. Ovladače jsou umístěny více méně v pořádku, ale ve výjimečných případech se najde špatné umístění nástrojů, kvůli kterým se pracovníci musejí natáhnout.

Následující text se věnuje dvěma otázkám, které byly součástí daného checklistu, ale na pracovištích se vyskytují spíše výjimečně.

První otázka se zaměřuje na to, zda je možné individuálně nastavit pracovní sedadlo, včetně výšky a bederní opěrky, a zda je židle stabilní. Špatné nastavení pracovního sedadla může vést k bolesti zad, šije a zhoršenému držení těla. Avšak pouze na jednom z pracovišť používá pracovníce židli. Toto pracoviště navíc není na práci v sedě uzpůsobeno a tak se pracovníce dostává do nevhodných pracovních poloh.

Toto pracoviště bude zmíněno v následující části, jelikož spadá do pracovišť, která jsou vybavena vhodnými nástroji na eliminaci rizik. Nicméně tyto pomůcky nejsou dostatečně využívány zaměstnanci a proto je doporučena větší standardizace procesu.

Druhá otázka, která se vyskytuje v checklistu, se zaměřuje na využití zemské přitažlivosti při manipulaci s břemeny. Přestože se s břemeny na lince na některých místech manipuluje, v žádném z případů není zemská přitažlivost využívána. Využití zemské přitažlivosti může minimalizovat rizika pro zaměstnance při manipulaci s břemeny. Avšak zde se manipuluje pouze s lehčími břemeny do několika kilogramů, čímž je využívání zemské přitažlivosti méně důležité, ale při manipulaci s těžšími břemeny by mohlo být využití této metody přínosné. U montáže lehčích dílů na lince občas dochází k nevhodnému postavení horních končetin, což je opět důsledkem pevné výšky dopravníku. S těžšími díly je manipulováno ergonomicky správně v jedné rovině a s rovnými zády. Některá z těchto pracovišť navíc disponují vhodnými pomocnými nástroji na manipulaci s břemeny, které zcela eliminují ergonomická rizika pro zaměstnance.

Poslední otázka checklistu se zabývá eliminací vlivů prostředí, mezi něž řadíme hluk, osvětlení, mikroklima a chlad.

Nedostatečné osvětlení může způsobit únavu očí a dokonce i bolesti hlavy. Proto je důležité zajistit dostatečné umělé osvětlení a přístup denního světla. Všechny pracovní pozice jsou osvětleny umělým světlem a nad pracovní linkou se nachází několik světlíků pro přístup denního světla. Nebyly tak shledány žádné nedostatky v rámci osvětlení pracovišť.

Mikroklima a chlad také mohou ovlivnit pracovní prostředí. Příliš vysoké nebo nízké teploty mohou vést k nepohodlí a dokonce i k onemocnění, avšak zde nejsou pracovníci vystavováni chladu ani příliš vysokým teplotám, takže mohou bez větších překážek vykonávat práci.

Měřením bylo zjištěno, že hladina hluku na pracovišti se pohybuje kolem 60 dB s občasnými výkyvy na 70 dB, což odpovídá hygienickým limitům pro ustálený a proměnný hluk na pracovištích ve stavbách pro výrobu a skladování. Během vyplňování checklistu nebyly zjištěny žádné vážné nedostatky na pracovištích, co by se týkalo nevhodných vlivů prostředí.

9 Výběr pracovišť pro bližší analýzu

Tato kapitola je zaměřena na analýzu výsledků checklistů a výběr pracovišť, která vykazovala nejhorší ergonomické podmínky pro zaměstnance. V první fázi analýzy byly zohledněny výsledky z předchozí kapitoly, na základě kterých byla vybrána pracoviště s nejhoršími výsledky, jež jsou potenciálně ohrožující pro zdraví a pohodu pracovníků. Byla identifikována čtyři pracoviště, která vyžadují bližší analýzu a navržení vhodných opatření.

Na dvou z těchto vybraných pracovišť nebyly splněny základní ergonomické požadavky na pracovní místo dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Konkrétně se jednalo o nedostatečnou šířku volné podlahové plochy, která byla zúžena pod 1 metr stabilním zařízením. Tento nedostatek vyžaduje co nejrychlejší nápravu, a proto byla tato pracoviště vybrána k bližší analýze, aby se zajistilo dodržení ergonomických standardů. Jedno z těchto pracovišť navíc čelilo několika dalším problémům s nevhodnými pracovními polohami, nemožností přizpůsobit pracovní místo pro malé i velké zaměstnance a vystavením pracovníků statickému zatížení. Tato skutečnost naznačuje potřebu detailní analýzy a návrhu vhodných opatření na tomto pracovišti, aby se minimalizovala potenciální zdravotní rizika.

Dalším vybraným pracovištěm na základě výsledků checklistu je pracoviště, na kterém probíhá nasazení měděné soustavy na výměník. Toto pracoviště vyžaduje ergonomická opatření zejména z důvodu nevhodných pracovních poloh horních končetin. Aby mohl být problém na tomto pracovišti řešen komplexně, bude do bližší analýzy také zařazeno přidružené pracoviště, jelikož tato pracoviště sdílejí vozík, do kterého jsou ukládány a následně odebírány měděné soustavy.

Poslední vybrané pracoviště bylo vybráno na základě výsledků, které naznačují, že výrazná část nevhodných pracovních poloh na lince R4 vzniká především u dopravníku. Je tak zapotřebí vyhotovit návrh na změny, které budou aplikovatelné na skupinu pracovišť u dopravníku. Pro konkrétní návrh bylo vybráno pracoviště, kde dochází k montáži vnitřních dílů do jednotky. Na tomto pracovišti i na jemu podobných pozicích byly pozorovány opakující se nevhodné polohy trupu a horních končetin způsobené pevnou výškou dopravníku a proměnlivou výškou klimatizačních jednotek. Tato skupina pracovišť na základě výsledků z checklistů vyžaduje zavedení ergonomických nápravných opatření, aby se předešlo potenciálním zdravotním problémům u pracovníků.

Výběr těchto čtyř pracovišť pro bližší analýzu byl založen na jejich výsledcích z checklistů a identifikaci nejhorších ergonomických podmínek. Cílem následné bližší analýzy je porozumět příčinám a důsledkům problémů spojených s pracovišti a navrhnout účinná opatření, která tyto nedostatky odstraní nebo minimalizují. Bližší analýza těchto pracovišť zahrnuje podrobné pozorování, měření a hodnocení ergonomických faktorů, jako je poloha těla, dosahové vzdálenosti, síla využitá při manipulaci s předměty a další aspekty. Na základě této analýzy bude možné lépe identifikovat konkrétní problémy a navrhnout vhodná opatření, která povedou k vylepšení ergonomických podmínek a zvýšení pohody a produktivity pracovníků. Navrhovaná řešení mohou zahrnovat úpravy pracovních stanic, změny postupů práce, používání ergonomických pomůcek nebo školení zaměstnanců v oblasti správných pracovních postojů a technik.

9.1 Pracoviště vyžadující standardizaci procesu

Jedním ze způsobů, jak zlepšit ergonomii na pracovišti, je standardizovat pracovní procesy. Standardizace procesů zahrnuje například pravidelné školení zaměstnanců ohledně správného držení těla, používání nástrojů a manipulace s materiálem. V této kapitole jsou popsána pracoviště, která vyžadují standardizaci procesu, aby bylo dosaženo ergonomicky vhodných pracovních pozic při pracovních úkonech. Mezi tato pracoviště patří převážně ta na výrobní lince, která jsou vybavena vhodnými pomocnými prostředky, aby umožnily vhodné pracovní pozice, ale pracovníci je nedostatečně využívají. Všechna tato pracoviště tak vyžadují standardizaci procesů, aby se minimalizovalo riziko úrazů a zdravotních problémů. Konkrétně byla vybrána tři pracoviště, u kterých bude nastíněn popis standardizace pracovního procesu. Dvě z nich mají k dispozici stavitelné tlačné vozíky, nicméně pozorování ukazují, že tato možnost není dostatečně využívána. Existuje zde tak prostor pro lepší standardizaci pracovního procesu a zlepšení zaškolování pracovníků. Třetí pracoviště má k dispozici výsuvné podpěry, které jsou ovládány nožním ovladačem. Opět se však ukázalo, že během pracovního procesu nejsou dostatečně využívány pro zlepšení ergonomie na daném pracovišti.

Pracovník na prvním pracovišti by měl během pracovního procesu alespoň dvakrát změnit výšku stavitelného vozíku. Na začátku procesu, kdy je k jednotce přemísťován monoblok pomocí jeřábu, by měl být vozík ve spodní poloze, aby byly omezeny polohy, kdy jsou horní končetiny nad úroveň ramen. V dolní poloze by měl vozík zůstat i při šroubování elektrickým šroubovákem, který je vidět na Obr. 9-2. Dochází zde k nevhodnému postavení horní končetiny, které by mohlo způsobit zdravotní problémy. Pokud by se vozík snížil, horní končetina by se ocitla v pohodlnější poloze, kde by výška lokte byla nižší než ramena, což by výrazně zlepšilo ergonomickou pracovní pozici. Následovat by mělo zvednutí vozíku, aby bylo omezeno ohnutí v zádech při montáži spodní části jednotky, jenž je vidět na Obr. 9-1. Zvednutím vozíku by se zvýšila pracovní rovina a již by nebylo nutné se pro pracovníky tolik předklánět a tak minimalizovat možné zdravotní problémy.

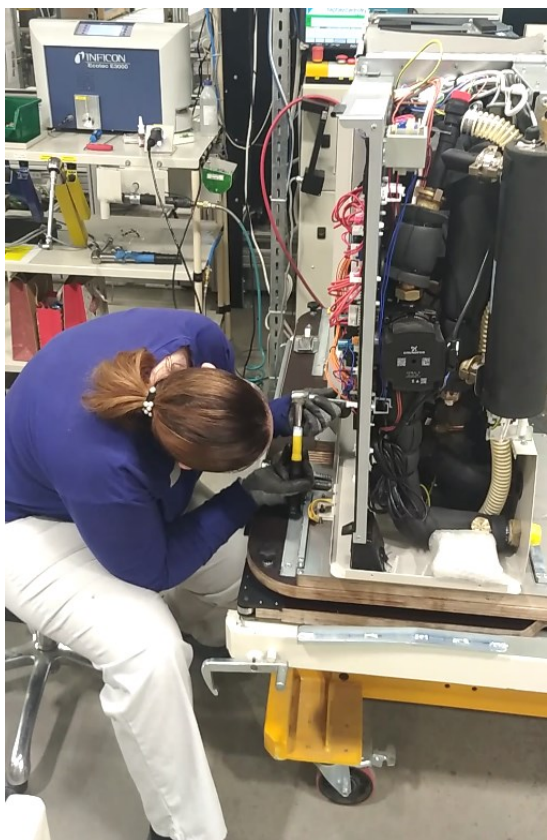


Obr. 9-2: Pozice montáže monobloku

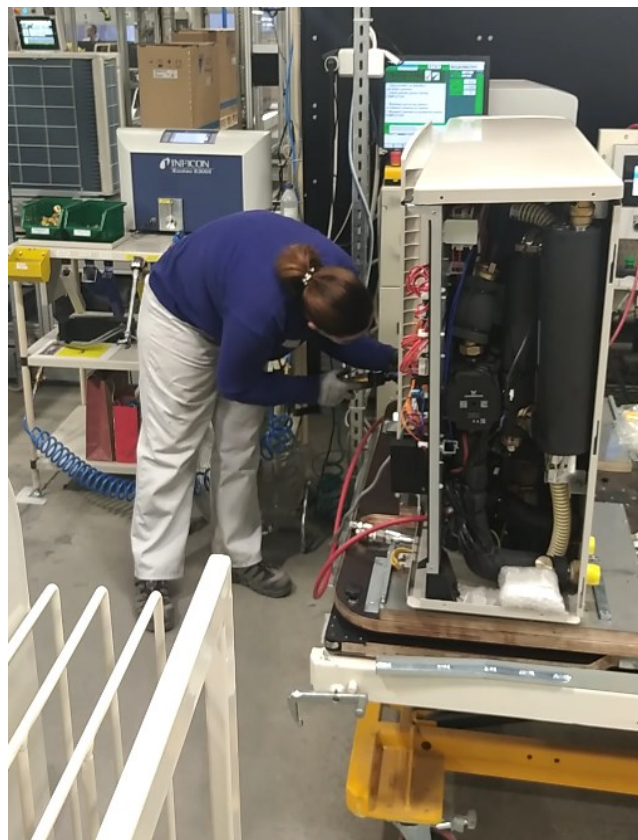


Obr. 9-1: Pozice montáže spodní části

Druhé pracoviště se opět nachází na stejném pracovišti montáže monobloků a následuje za předchozím prvním pracovištěm. Zde pracovníce namísto použití výškově stavitelného vozíku, který by se mohl přizpůsobit její výšce, používá židli. Tento způsob práce ji však vystavuje do nevhodných pracovních poloh, které zahrnují výrazné ohnutí zad a krku. Navíc při utahování šroubů ráčnami musí v těchto polohách vynaložit značné síly a provádět trhavé pohyby. Pracovnice posléze provádí několik dalších pracovních úkonů, mezi které se také řadí montáž horního a bočních ohraných plechů jednotky, což zahrnuje opakované ohýbání zad a příliš vysoké postavení horních končetin. Průměrný pracovní proces na tomto pracovišti trvá čtyři a půl minuty a kvůli nedostatečnému využití výškově stavitelného vozíku pracovníce tráví většinu tohoto času v nevhodných pracovních polohách. I při změnách výšky vozíku nebudou nevhodné pracovní polohy zcela eliminovány, ale mohou být výrazně omezeny, což by přispělo k omezení zdravotních problémů.



Obr. 9-3: Pozice v sedě



Obr. 9-4: Pozice montáže vnějšího krytu

Třetí pracoviště se nachází na konci výrobní linky, kde dochází k sundání jednotky z palety a začíná proces balení jednotky. Problém se standardizací zde nastává v okamžiku, kdy má být na jednotku umístěn spodní díl obalu. Na obrázku lze vidět, že se pracovník často ohýbá, aby nasadil spodní díl, namísto toho aby využíval výsuvné podpěry, které může ovládat nožními ovladači. Ergonomicky vhodnější variantou by bylo umístění spodního dílu obalu jednotky na dopravník a pomocí podpěr jej vyzdvihnout k jednotce, kde by již pouze došlo k ručnímu vycentrování obalu na jednotku. V tomto případě, který je částečně vidět na Obr. 9-6, dochází k menšímu ohnutí zad a krku. Poloha ani v tomto případě není ideální, ale opět by mohla částečně omezit zdravotní obtíže. Tento postup je již uplatňován u velkých jednotek klimatizací, avšak u těchto menších ne. Je proto zapotřebí standardizovat postup pro všechny velikosti jednotek a zajistit vhodné zaškolení pracovníků.



Obr. 9-5: Pozice nasazení bez využití podpěr



Obr. 9-6: Pozice využívající podpěry

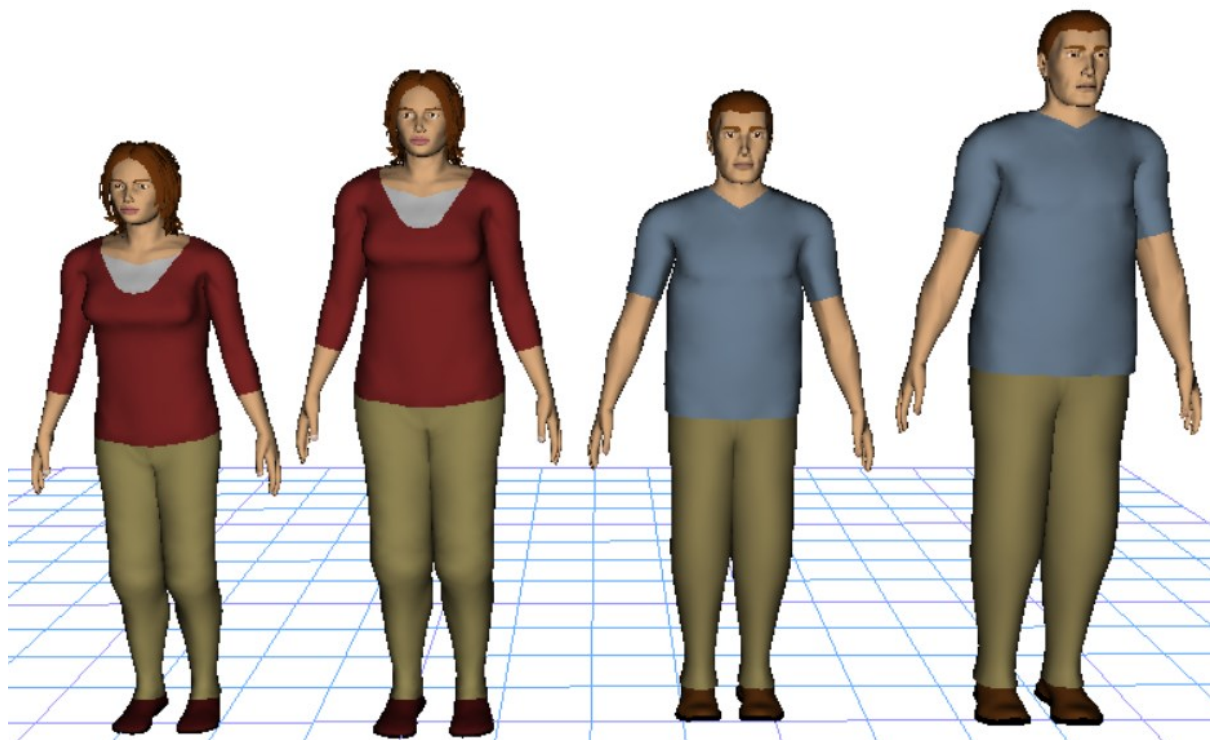
Tato kapitola byla zaměřena na ergonomii na pracovištích a na způsoby, jak ji zlepšit pomocí standardizace pracovních procesů. Byly uvedeny tři příklady, kdy jednoduchá standardizace procesů může minimalizovat riziko úrazů a zdravotních problémů, které jsou často způsobeny nevhodnými pracovními polohami a pohyby. U pracovišť byl popsán postup standardizace pracovního procesu a jak by přispěl k minimalizaci výskytu nevhodných pracovních poloh. Je důležité si uvědomit, že standardizace pracovních procesů není jednorázovým úkonem, ale průběžným procesem, který by měl být neustále aktualizován a vylepšován. Pouze tak můžeme zajistit bezpečné a zdravé pracovní prostředí pro všechny zaměstnance.

9.2 Výběr antropometrických rozměrů pracovníků pro ergonomické analýzy

Při ergonomické analýze se zkoumají vlivy pracovního prostředí a jejich vliv na lidské zdraví a výkon. Cílem ergonomické analýzy je minimalizovat riziko zranění a taktéž snížit přetížení při opakujících se činnostech. Dalším efektem využití ergonomické analýzy může být zvýšení efektivity práce na zkoumaném pracovišti. Jedním z klíčových faktorů, které se při ergonomické analýze řeší, je určení optimálních rozměrů pracoviště, tak aby vyhovovali většině pracovníků, nebo aby je bylo možné přizpůsobit.

Při ergonomické analýze jsou využívána antropometrická data o rozměrech a proporcích lidského těla. Antropometrické databáze obsahují informace o rozměrech lidského těla určité skupiny lidí. Jednou z nejrozšířenějších databází, která je využívána i v této práci je německá antropometrická databáze DIN 33402. Použití německé antropometrické databáze DIN 33402 bylo zvoleno z důvodu její největší podobnosti s antropometrickými rozměry obyvatel České republiky a také z důvodu její aktuálnosti, jelikož byla aktualizována v roce 2008 a obsahuje data z několika tisíc měření. Jsou v ní obsažena data o výšce sedící a stojící osoby, délce paží

či obvod hrudníku a dalších. Využití antropometrické databáze rovněž pomáhá zmenšovat velikost nákladů spojených s výrobou nebo nákupem vybavení.



Obr. 9-7: Modely 5. a 95. percentilu DIN33402

V práci je využíván zejména 5. a 95. percentil. Tyto percentily představují, že 5 % populace má menší hodnotu než je 5. percentil daného rozměru a 95 % populace má menší hodnotu než je 95. percentil daného rozměru. Tudíž navržené pracoviště by takto mělo vyhovovat 90 % populace s tím, že občas byl využit i 50. percentil, jenž představuje medián výšky a váhy lidské populace, aby bylo lépe rozpoznatelné, zda v případech, kdy pracoviště vyhovuje například 5. percentilu, ale nevyhovuje 95. percentilu, došlo ke zlomu. Pracoviště tak může být nevyhovující pouze pro vyšší postavy mezi 50. a 95. percentilem a vhodné pro menší postavy a naopak. Antropometrická databáze DIN 33402 v Tecnomatix Jack udává, že 5. percentil ženské populace měří 153,5 cm při váze 52 kg, zatímco 95. percentil dosahuje výšky 172 cm a váhy 87 kg. U mužské populace 5. percentil měří 165 cm a váží 63,5 kg, kdežto na druhé straně spektra 95. percentil měří 185,5 cm a váží 100kg.

V práci jsou využity jak modely žen, tak i mužů, jelikož v průmyslových podnicích je běžné pozorovat fakt, že poměr mužů a žen je víceméně vyvážený. V práci na 3 ze 4 vybraných pracovišť pracují převážně ženy a na jednom převážně muži. Neexistují však omezující podmínky pro to, aby tomu v budoucnu nemohlo být jinak, avšak pro účely práce byla daná pracoviště nastavena vždy na 5. a 95. percentil pohlaví, jenž je v dominantním zastoupení na těchto pozicích.

10 Analyzovaná pracoviště

Všech 45 pracovních pozic bylo posouzeno pomocí ergonomického checklistu. Na základě výsledků checklistu byla vybrána 4 pracoviště. U dvou z těchto pracovišť nebyly splněny základní ergonomické požadavky na pracovní místo dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Tyto nedostatky se týkaly šíře volné podlahové plochy, která je na obou pracovištích zúžena pod 1 m stabilním zařízením, a musí tak dojít k jejich nápravě. Jedno z těchto pracovišť se navíc potýká s nevhodnými pracovními polohami a tak tyto pracoviště byli jasnými kandidáty na bližší analýzu a návrh opatření.

U dalšího vybraného pracoviště se ukázalo, že pracovnice pracují ve špatných ergonomických polohách, což způsobovalo nepohodlí a pro ženy menšího vzrůstu byly určité dosahové vzdálenosti kritické pro provedení daného pracovního úkolu. Velikost rozměrů vozíku s přepravovaným materiálem navíc výrazně ovlivňuje přidružené pracoviště, kde se materiál vychystává do vozíku, jenž je následně převezen zpět na původní pracoviště. Na základě tohoto zjištění bylo toto pracoviště vybráno z důvodu nevhodných pracovních poloh a také především díky tomu, že ergonomické řešení zde může kladně ovlivnit i navazující pracoviště.

Poslední pracoviště bylo vybráno na základě pozorování a řešení je aplikovatelné pro skupinu pracovišť. Pracoviště je navrženo jako koncept pro ergonomické řešení práce u dopravníku na určitých místech výrobní linky, které to umožňují. Konkrétně se jedná o skupinu pracovních pozic, kde dochází k montáži vnitřních dílů do jednotky a následnému namontování ochranných vnějších plechů. Na těchto pozicích často dochází k nevhodným polohám trupu a horních končetin v důsledku pevné výšky dopravníku a proměnné výšce klimatizačních jednotek.

Na základě výsledků ergonomických analýz byla provedena úprava pracovních postupů a vybavení, aby bylo docíleno vhodnějšího pracovního prostředí a snížilo se riziko zranění a přetížení při opakujících se činnostech.

10.1 Pracoviště 1

Na vybraném pracovišti číslo 1 probíhá nasazení měděné soustavy na tepelný výměník. Nejprve musí pracovnice sáhnout do přistaveného vozíku za dopravníkem, aby z něj vyndala měděnou soustavu, kterou posléze nasadí na tepelný výměník. Musí se ujistit, zda je soustava pevně a správně nasazena. Pokud se vyskytnou problémy s nasazením, má pracovnice k dispozici kladívko, kterým si může pomoci. Problémy na pracovišti nastávají při montáži rozměrnějších tepelných výměníků, jelikož pracovnice musí pracovat nad výškou svých ramen a tak vystavuje horní končetiny a krk nevhodným pracovním polohám. Zároveň se zde také vyskytují problémy s umístěním čtečky čárového kódu, která je umístěna opět nad úroveň ramen pracovnice a je využívána k načtení čárového kódu na výměníku. Informace o typu výměníku a jeho příslušné měděné soustavě se zobrazují na informačních displejích umístěných nad vozíkem. Tyto displeje jsou opět umístěny příliš vysoko, a pracovníci jsou tak nuceni zaklonit hlavu, aby získali potřebné informace.



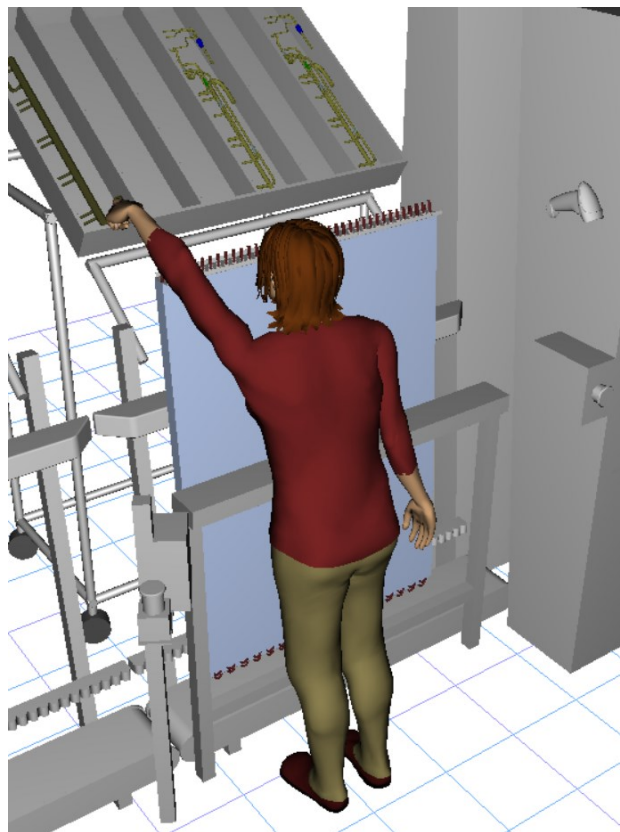
Obr. 10-1: Pracoviště 1

10.1.1 Současný stav pracoviště 1

Nejprve bylo zapotřebí zhodnotit výchozí stav pracoviště a pracovních poloh, které nastávají během pracovního procesu. Následně bylo pracoviště vymodelováno v programu Autodesk Inventor a následovalo postupné zhodnocení kritických pracovních poloh pomocí metody RULA v programu Tecnomatix Jack.



Obr. 10-3: Pozice sahání pro soustavu



Obr. 10-2: Model pozice v programu Jack

První kritickou polohou při práci je natažení do přistavěného vozíku s měděnými soustavami. Zde je často problém umocněn tím, že se pracovnice musejí natahovat přes velký tepelný výměník umístěný na dopravníku. Pracovnice jsou často donuceny postavit se na špičky, aby do vozíku dosáhly, a zaklonit hlavu pro lepší zorný úhel. Také sahají rukou nad úroveň ramen a dochází k rotaci v trupu při snaze se co nejvíce natahnout. Pracovní poloha byla posouzena metodou RULA pro 5. a 95. percentil. Pro menší postavy vyšlo výsledné RULA skóre 7, zatímco pro vyšší postavy vyšlo 4. Ke špatným hodnotám pro malé pracovníky přispělo především postavení krku, jelikož jsou nuceni více zaklánět krk při pohledu na měděné soustavy a tudíž je pro ně pracovní poloha zcela nevyhovující. Pro vysoké postavy pracovníků problémy nejsou tak závažné, ale i zde nastává ne zcela optimální postavení horních končetin. Orientačně byla pracovní poloha aplikována také na 50. percentil postav pracovníků a i zde vyšlo nevyhovující RULA skóre 6. Pracovní pozice je tak vhodná pouze pro pracovníky, kteří spadají do kategorie 95. percentilu.

Job Title:		Job Number:	
Location:		Analyst:	
Comments:		Date:	

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	3
Lower arm:	3
Wrist:	3
Wrist Twist:	2
Total:	5

Body Group B Posture Rating

Neck:	5
Trunk:	2
Total:	7

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Grand Score: 7
Action: Investigation and changes are required immediately.

Obr. 10-5: RULA skóre pro 5. percentil

Job Title:		Job Number:	
Location:		Analyst:	
Comments:		Date:	

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	3
Lower arm:	3
Wrist:	3
Wrist Twist:	2
Total:	5

Body Group B Posture Rating

Neck:	2
Trunk:	2
Total:	2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

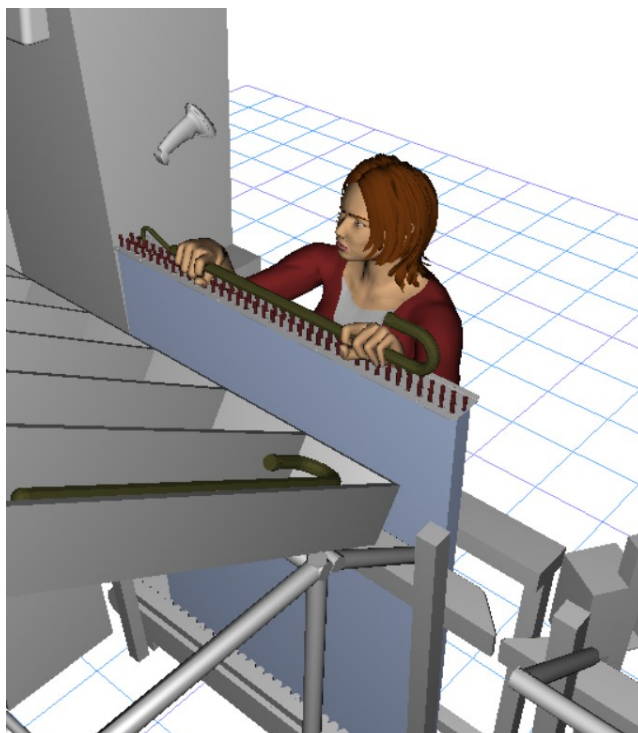
Grand Score: 4
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Obr. 10-4: RULA skóre pro 95. percentil

Další z posuzovaných pracovních poloh na pracovišti bylo upevnění měděné soustavy na výměník, kde pracovnice zatlačí na měděnou soustavu, aby došlo k jejímu úplnému nasazení. Postavení horních končetin opět není ideální, jak lze vidět na Obr. 10-7. Pracovnice na těchto fotkách dosahují výšky okolo 50. percentilu, z čehož vyplývá, že postavení horních končetin pro menší postavy bude ještě extrémnější. V některých případech lze pozorovat, že pracovnice položí své dlaně na výměník a vytváří tlak směrem dolů na sestavu. Tato poloha je nejspíše nejvíce extrémním případem špatného postavení horních končetin v konkrétním pracovním procesu.



Obr. 10-7: Pozice nasazení soustavy



Obr. 10-6: Model pozice v Jack

Opět jsou zde uvedeny RULA skóre pro 5. a 95. percentil. Tato pracovní poloha je opět vhodná pro vysoké typy postav, ale zcela nevhodná pro postavy menšího či průměrného vzrůstu. K RULA skóre 7 pro malé postavy přispělo zejména postavení horních končetin, krku a do výpočtu byl zaznamenán i tlak, který pracovníci vyvíjejí při nasazování sestavy na výměník. U 95. percentilu metoda neodhalila žádné vážné problémy s pracovní polohou.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)		
Task Entry	Reports	Analysis Summary
Job Title:	Job Number:	
Location:	Analyst:	
Comments:	Date:	
Body Group A Posture Rating		
Upper arm: 4		
Lower arm: 2		
Wrist: 2		
Wrist Twist: 2		
Total: 5		
Body Group B Posture Rating		
Neck: 5		
Trunk: 1		
Total: 7		
Muscle Use: Normal, no extreme use	Muscle Use: Normal, no extreme use	
Force/Load: 2-10 kg intermittent load	Force/Load: < 2 kg intermittent load	
Arms: Not supported		
Legs and Feet Rating		
Seated, Legs and feet well supported. Weight even.		
Grand Score: 7		
Action: Investigation and changes are required immediately.		
Update Analysis		
Usage	Dismiss	

Obr. 10-9: RULA skóre pro 5. percentil

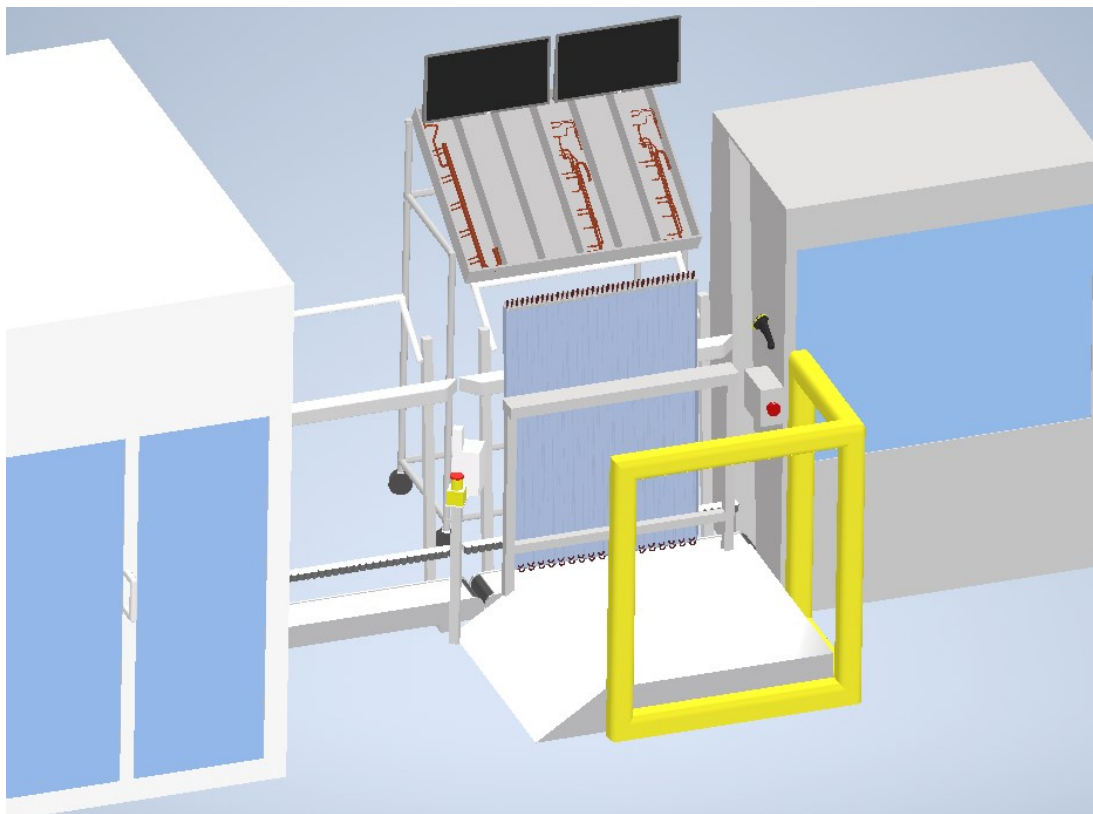
Rapid Upper Limb Assessment (RULA)		
Task Entry	Reports	Analysis Summary
Job Title:	Job Number:	
Location:	Analyst:	
Comments:	Date:	
Body Group A Posture Rating		
Upper arm: 3		
Lower arm: 2		
Wrist: 2		
Wrist Twist: 1		
Total: 5		
Body Group B Posture Rating		
Neck: 1		
Trunk: 1		
Total: 1		
Muscle Use: Normal, no extreme use	Muscle Use: Normal, no extreme use	
Force/Load: 2-10 kg intermittent load	Force/Load: < 2 kg intermittent load	
Arms: Not supported		
Legs and Feet Rating		
Standing, weight even. Room for weight changes.		
Grand Score: 4		
Action: Further investigation needed. Changes may be required.		
Update Analysis		
Usage	Dismiss	

Obr. 10-8: RULA skóre pro 95. percentil

Poslední potenciálně kritickou pozicí na pracovišti bylo sahání pro čtečku čárových kódů, jelikož je umístěna přibližně ve stejné výšce jako výška 5. percentilu žen. U 5. percentilu postav tak mohou vznikat problémy s polohou horních končetin. Hodnocením RULA skóre však nebyli zjištěny žádné velké problémy jak pro 5. tak ani pro 95. percentil postav.

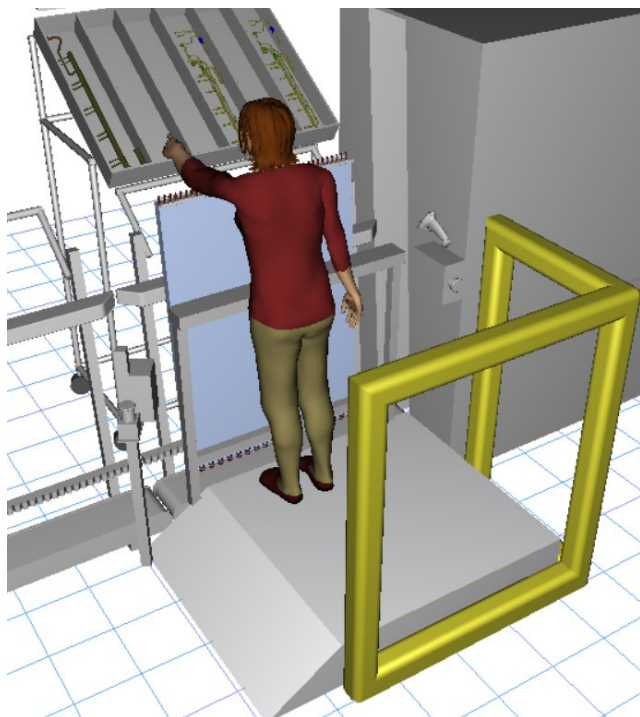
10.1.2 Návrh opatření na pracovišti 1

Na pracovišti 1 vznikala především problém s výškou pracovní roviny pro malé a střední postavy. Tudíž bylo potřeba optimalizovat výšku pracovní roviny tak, aby vyhovovala jak 5. percentilu postav, tak aby byla zachována vhodnost pro vysoké postavy 95. percentilu. Jako jednoduché a již často používané řešení na lince se nabízí vybudování vyvýšené platformy. Na vybudování platformy je zde dostatek místa, a při splnění všech náležitostí, co se týká šíře pracovní plochy. Ohraničení platformy zábradlím slouží k omezení pádu z platformy a případným zraněním. Lze jej občas využít k podpoře rukou v dobách, kdy se například na výrobní lince vyskytuje problém a výroba stojí. Bylo upraveno i umístění čtečky a zobrazovacích displejů. Displeje byly umístěny více před pracovníky, aby nadále nemuselo docházet k rotaci krku, a k lepšímu zornému úhlu přispěla také vyvýšená platforma, protože nyní pracovníci nemusejí výrazným způsobem zaklánět hlavu. Následovalo opětovné zhodnocení pozic v programu Tecnomatix Jack.

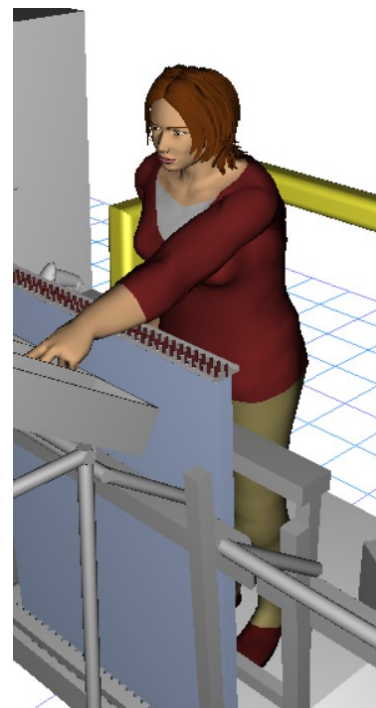


Obr. 10-10: Model pracoviště 1 po změně

Zprvce byla opět zhodnocena pracovní poloha, kdy pracovníci sahají pro měděné soustavy do přistaveného vozíku. Vyvýšená platforma měla kladný vliv na oba zkoumané percentily postav, u kterých se podařilo dosáhnout RULA skóre 3. Pro 95. percentil to představuje zlepšení ze stupně 4 na stupeň 3 a 5. percentil se přesunul z nevyhovujícího stupně 7 také na stupeň 3. Platforma by tak představovala výrazné snížení zátěže pro malé a střední pracovníky.



Obr. 10-12: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-11: Model pozice v Jack pro 95. percentil

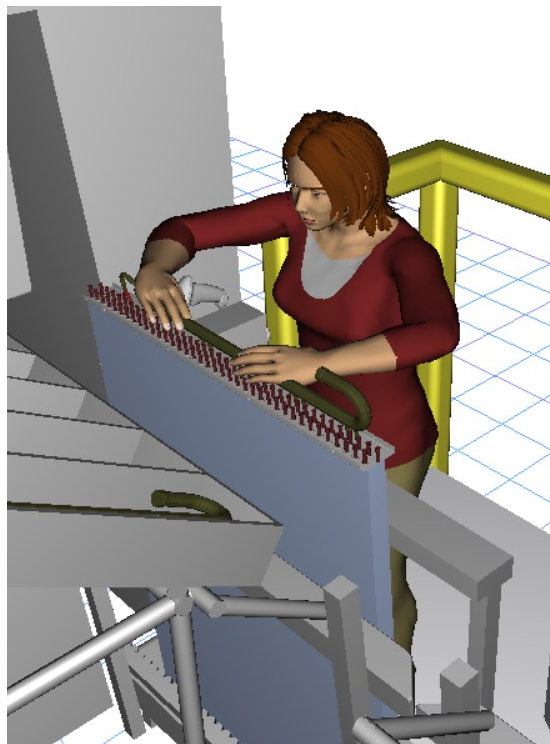
Rapid Upper Limb Assessment (RULA)	
Job Title:	Job Number:
Location:	Analyst:
Comments:	Date:
Body Group A Posture Rating	
Upper arm: 4	
Lower arm: 3	
Wrist: 1	
Wrist Twist: 1	
Total: 4	
Body Group B Posture Rating	
Neck: 2	
Trunk: 2	
Total: 2	
Muscle Use: Normal, no extreme use	Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load	Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported	
Legs and Feet Rating	
Standing, weight even. Room for weight changes.	
Grand Score: 3	
Action: Further investigation needed. Changes may be required.	

Obr. 10-14: RULA skóre pro 5. percentil

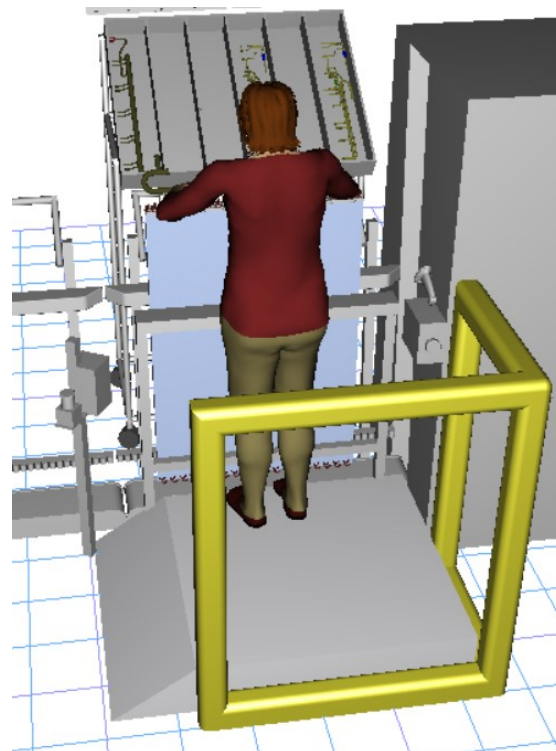
Rapid Upper Limb Assessment (RULA)	
Job Title:	Job Number:
Location:	Analyst:
Comments:	Date:
Body Group A Posture Rating	
Upper arm: 4	
Lower arm: 3	
Wrist: 1	
Wrist Twist: 1	
Total: 4	
Body Group B Posture Rating	
Neck: 1	
Trunk: 2	
Total: 2	
Muscle Use: Normal, no extreme use	Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load	Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported	
Legs and Feet Rating	
Standing, weight even. Room for weight changes.	
Grand Score: 3	
Action: Further investigation needed. Changes may be required.	

Obr. 10-13: RULA skóre pro 95. percentil

Stejný efekt zlepšení nastal i u další zkoumané pracovní polohy, a to umístění mědi na výměník. Jak pro 95. percentil modelu člověka, tak i pro ten 5. bylo dosaženo RULA skóre 4. Pracovníci menšího vzrůstu by se tak mohli přesunout z pracovní polohy, která byla hodnocena skóre 6 na skóre 4, zatímco pro pracovníky vysokého vzrůstu by výrazná změna v pracovní poloze nenastala. Nastavení vyvíjené síly při nandávání soustavy však znemožňuje pro všechny typy postav přesunout tuto pracovní pozici na hodnoty RULA skóre 3.



Obr. 10-18: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-17: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry Reports Analysis Summary

Job Title: Location: Comments: Job Number: Analyst: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 2
Wrist: 2
Wrist Twist: 1
Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
Trunk: 1
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: 2-10 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 4
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis Usage Dismiss

Obr. 10-16: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry Reports Analysis Summary

Job Title: Location: Comments: Job Number: Analyst: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
Lower arm: 2
Wrist: 3
Wrist Twist: 1
Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
Trunk: 1
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: 2-10 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 4
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis Usage Dismiss

Obr. 10-15: RULA skóre pro 95. percentil

Umístění čtečky nebylo na základě původních výsledků nikterak stěžejní, avšak vždy je prostor pro zlepšení. Čtečka umístěná na ochranné bariéře robotického pracoviště vedle zkoumaného pracoviště byla přesunuta níže a nyní již nevyžaduje od menších pracovníků sahat nad úroveň ramen, aby čtečku získali.

Výsledkem provedených úprav na pracovišti 1 je zlepšení pracovních podmínek pro pracovníky všech postav. Díky vybudování vyvýšené platformy se podařilo optimalizovat výšku pracovní roviny tak, aby vyhovovala jak menším, středním, tak i vysokým postavám. Další úpravy zahrnovaly řešení umístění zobrazovacího displeje a čtečky čárových kódů na přívětivější pozice, aby se snížilo zatížení krku a horních končetin. Celkově lze říci, že provedené úpravy na pracovišti 1 vedly k výraznému zlepšení pracovních podmínek a snížení zátěže pro menší a střední pracovníky.

10.1.3 Přidružené pracoviště

Přidružené pracoviště se také nachází na výrobní lince R4 a dochází zde k doplňování vozíku měděnými sestavami. Pracovnice vybírá sestavy z krabic v regálu a umísťuje je na příslušná místa ve vozíku, který posléze převezme na pracoviště 1 a umístí ho za dopravník s tepelnými výměníky. Byly zde posuzovány zejména pozice, kdy pracovnice umísťuje sestavu do vozíku a pozice při výběru z jednotlivých polic regálu. Opět bylo provedeno hodnocení pro 5. a 95. percentil postav žen, jenž v naprosté většině případů vykonávají tuto pracovní pozici.

Zhodnocení současného stavu

Pracovní poloha, kdy pracovnice umísťuje měděnou sestavu do vozíku, je především kritická pro menší postavy. Jak je patrné z Obr. 10-19, pracovnice musí pracovat nad úrovní ramen a zaklánět krk pro lepší výhled při umísťování do vozíku. Často zde také dochází k opakované rotaci trupu, která je způsobena umístěním vozíku příliš blízko vychystávacímu regálu. Pracovnice tak není donucena dělat krok navíc, aby natočila celé své tělo směrem k vozíku, ale pouze se otáčí v trupu, což by v budoucnu mohlo způsobit zdravotní potíže z často opakovaného pohybu.

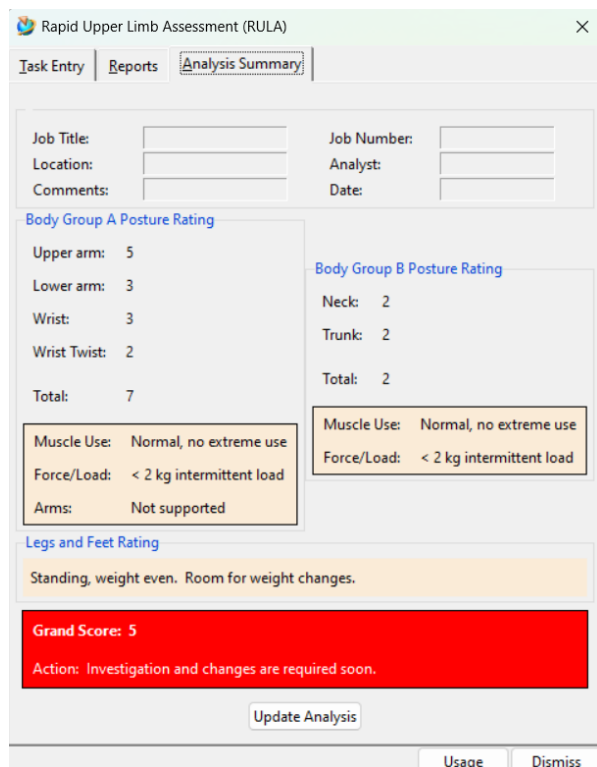


Obr. 10-20: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-19: Pozice vkládání soustavy do vozíku

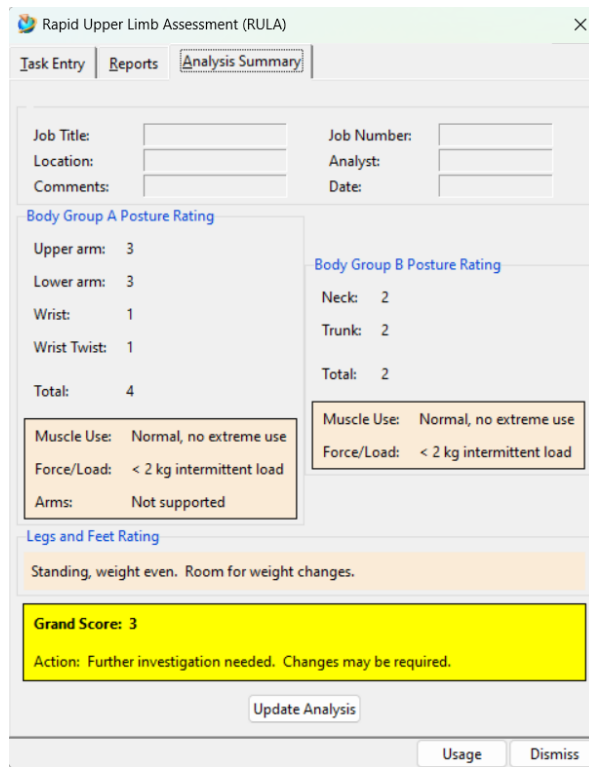
Výsledky analýzy RULA potvrzují fakt, že se jedná o nevhodnou pracovní pozici pro malé a střední postavy, zatímco vyšší postavy tento problém nemají. Konkrétní hodnoty pro 5. percentil dosáhly RULA skóre 5, kde největší obtíží je postavení horní končetiny a postavení trupu a krku. Pracovnice spadající do 95. percentilu by taktéž trpěly rotací trupu, avšak postavení horních končetin je výrazně lepší a tak RULA skóre dosáhlo přívčetně hodnoty 3.



Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	5	Neck:	2
Lower arm:	3	Trunk:	2
Wrist:	3	Total:	2
Wrist Twist:	2		
Total:	7		

Grand Score: 5
Action: Investigation and changes are required soon.

Obr. 10-22: RULA skóre pro 5. percentil



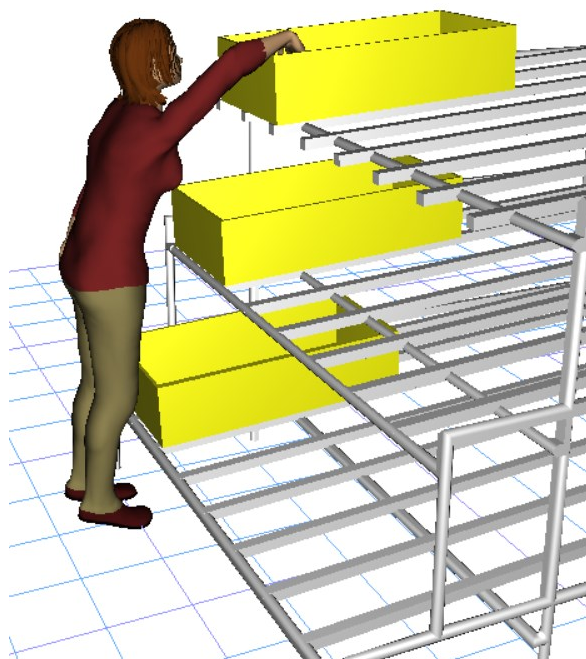
Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	3	Neck:	2
Lower arm:	3	Trunk:	2
Wrist:	1	Total:	2
Wrist Twist:	1		
Total:	4		

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Obr. 10-21: RULA skóre pro 95. percentil

Dále byly posuzovány jednotlivé pozice regálu, ze kterých pracovníci vychystávají materiál. Některé z nich se na první pohled zdály kritické pro nižší pracovníky, zatímco jiné pro ty vysoké. Je tedy zapotřebí zhodnotit současný stav a navrhnout opatření, která by vyhovovala naprosté většině populace.

Mezi prvními byla posuzována horní, nejvýše postavená police regálu. Z pořízených videozáznamů bylo patrné, že pracovnice malého vzrůstu mají s vychystáváním z horního patra výrazné problémy, jelikož se musejí stavět na špičky, aby dosáhly do horní krabice. Toto vysoké postavení navíc způsobuje i další již dříve zmíněné neduhy, jako je špatná pozice krku a horních končetin. Pomocí RULA analýzy byly získány hodnoty, které ukazují, že pro pracovníci v 5. percentilu je tato pracovní pozice zcela nevhodná, přičemž bylo dosaženo RULA skóre 7. Pro 95. percentil postav nepředstavovalo horní patro regálu výrazné omezení a bylo dosaženo skóre 3. Orientačně byla pracovní pozice vymodelována i pro 50. percentil postav z důvodu velkého rozdílu u 5. a 95. percentilu a bylo zjištěno, že i pro medián postav je tato pozice nevyhovující, jelikož získala RULA skóre 6.



Obr. 10-23: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-24: Pozice sahání do horní police regálu

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
 Lower arm: 3
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 2
 Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 4
 Trunk: 3
 Total: 7

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Grand Score: 7
 Action: Investigation and changes are required immediately.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-26: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
 Lower arm: 3
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 1
 Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
 Trunk: 1
 Total: 1

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

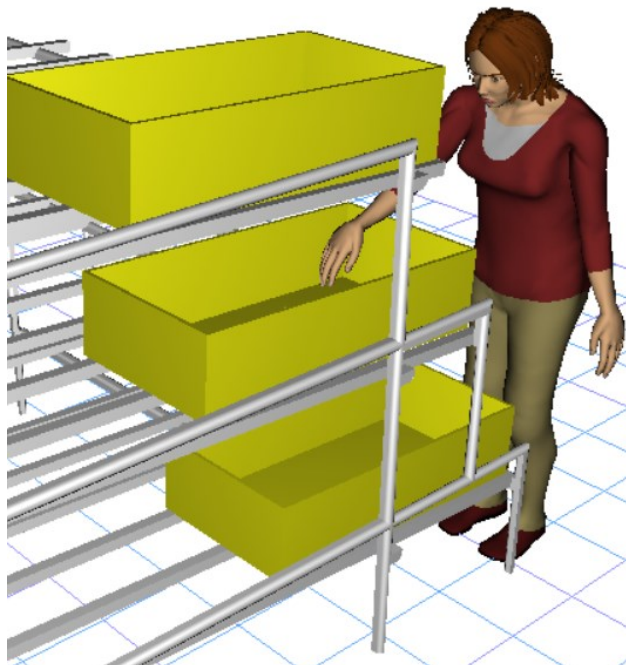
Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.

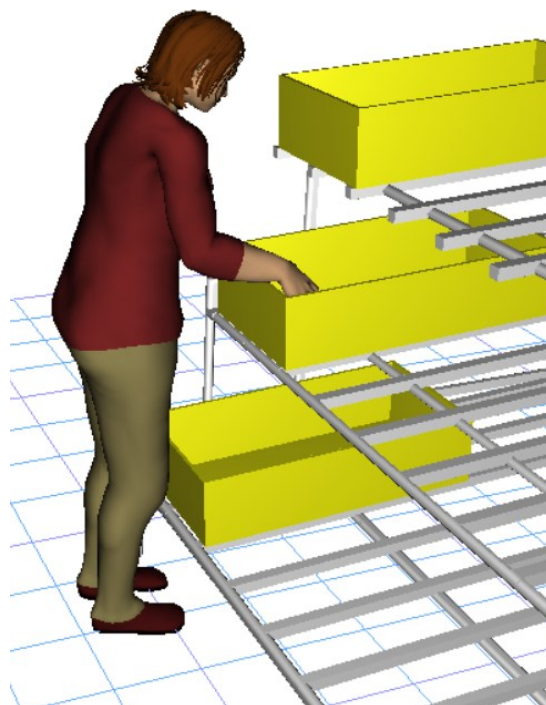
Update Analysis

Obr. 10-25: RULA skóre pro 95. percentil

Následovalo posouzení střední pozice regálu, kde se očekávaly nejmenší potíže s pracovní polohou a také tomu tak bylo. Pro oba percentily bylo dosaženo RULA skóre 3, tudíž je tato výška ideální pro oba typy postav. U vyšších postav docházelo pouze k vyššímu ohnutí krku při pohledu do krabice, ale nejedná se o nic zdraví ohrožujícího.



Obr. 10-28: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-27: Model pozice v Jack pro 95. percentil

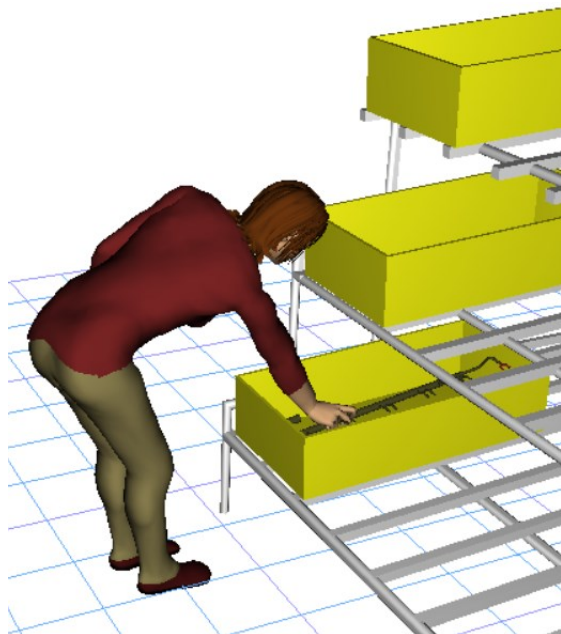
Rapid Upper Limb Assessment (RULA)		
Task Entry	Reports	Analysis Summary
Job Title:	Job Number:	
Location:	Analyst:	
Comments:	Date:	
Body Group A Posture Rating		
Upper arm: 3		
Lower arm: 3		
Wrist: 2		
Wrist Twist: 2		
Total: 4		
Body Group B Posture Rating		
Neck: 2		
Trunk: 2		
Total: 2		
Muscle Use: Normal, no extreme use		
Force/Load: < 2 kg intermittent load		
Arms: Not supported		
Legs and Feet Rating		
Standing, weight even. Room for weight changes.		
Grand Score: 3		
Action: Further investigation needed. Changes may be required.		
Update Analysis		
Usage Dismiss		

Obr. 10-29: RULA skóre pro 5. percentil

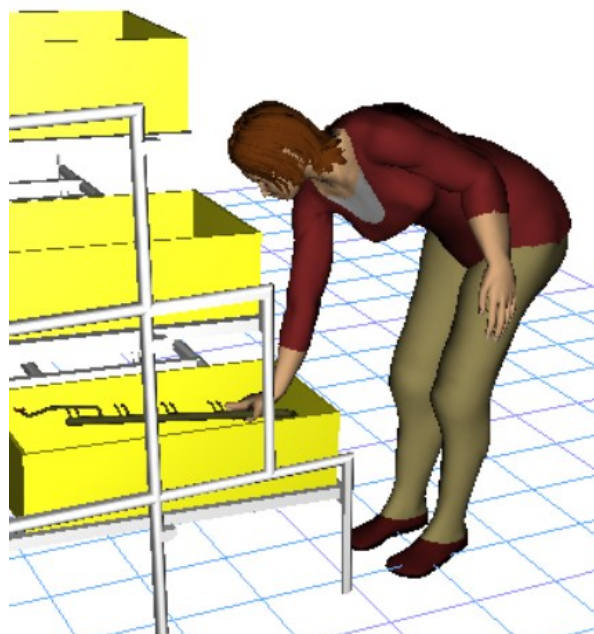
Rapid Upper Limb Assessment (RULA)		
Task Entry	Reports	Analysis Summary
Job Title:	Job Number:	
Location:	Analyst:	
Comments:	Date:	
Body Group A Posture Rating		
Upper arm: 2		
Lower arm: 3		
Wrist: 3		
Wrist Twist: 1		
Total: 4		
Body Group B Posture Rating		
Neck: 3		
Trunk: 2		
Total: 3		
Muscle Use: Normal, no extreme use		
Force/Load: < 2 kg intermittent load		
Arms: Not supported		
Legs and Feet Rating		
Standing, weight even. Room for weight changes.		
Grand Score: 3		
Action: Further investigation needed. Changes may be required.		
Update Analysis		
Usage Dismiss		

Obr. 10-30: RULA skóre pro 95. percentil

Spodní patro regálu už však představovalo výrazný problém pro oba typy postav jelikož pro vyzvednutí sestavy z krabice je zapotřebí výrazného předklonu. RULA skóre vyšlo pro oba typy postav 7 a představuje tak prozatím nejvážnější problém, který ohrožuje zdraví všech velikostí pracovníků.



Obr. 10-32: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-31: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
 Lower arm: 3
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 2
 Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 5
 Trunk: 6
 Total: 8

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 7
 Action: Investigation and changes are required immediately.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-34: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
 Lower arm: 3
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 2
 Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 5
 Trunk: 6
 Total: 8

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 7
 Action: Investigation and changes are required immediately.

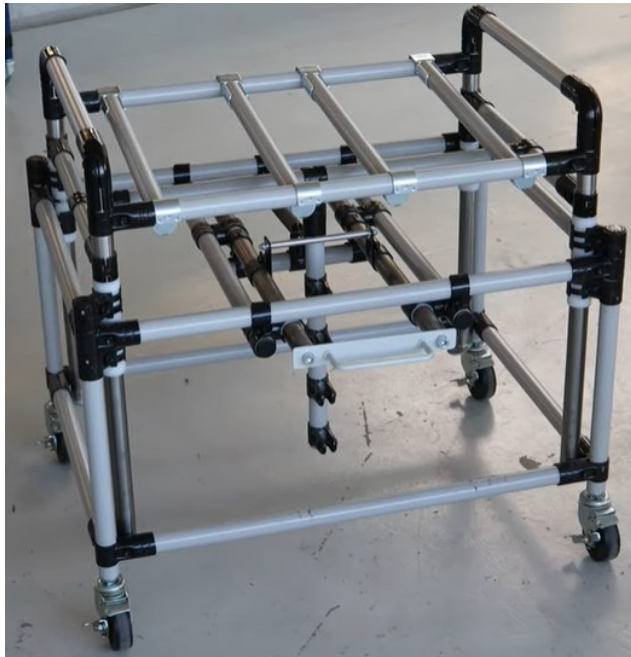
Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-33: RULA skóre pro 95. percentil

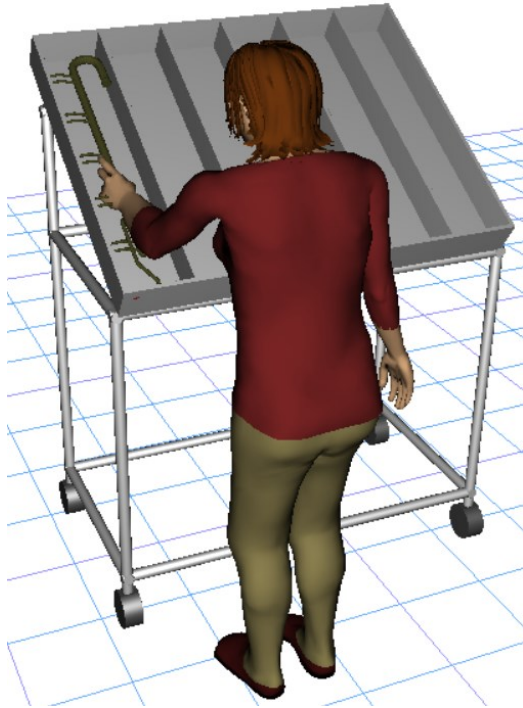
10.1.4 Návrh na změnu přidružené pracoviště

Na přidruženém pracovišti se nachází několik problémových poloh, které je třeba řešit. První z nich je výška vozíku pro umístění sestavy. Zde se nabízí několik řešení, jedním z nich je pevné snížení výšky. Toto řešení by ale znamenalo změnu umístění vozíku na pracovišti 1. Je zde volný prostor na umístění vozíku vedle přidané platformy, ale vedlo by to ke snížení taktu na daném pracovišti, kdyby lidé stále museli dělat několik kroků k vozíku a zpět. Proto se jako řešení nabízí výškově stavitelné vozíky. Těmito řešeními se například zabývá firma BeeWaTec, která nabízí jak ručně výškově stavitelné vozíky, jak lze vidět na Obr. 10-35, ale je také možnost zhotovit elektricky či hydraulicky poháněné systémy.

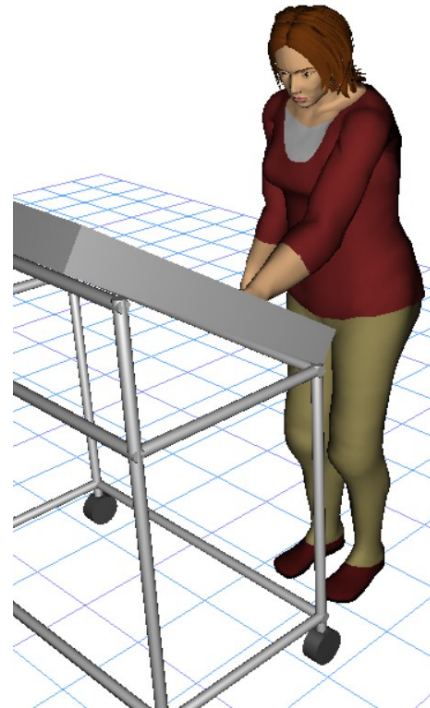


Obr. 10-35: Výškově stavitelný vozík BeeWaTec [33]

Po optimalizaci výšky vozíku byla opětovně provedena kontrola pracovních pozic pro rozdílné výšky postav, která již zohledňuje standardizaci polohy vozíku tak, aby nedocházelo u pracovníků k rotaci trupu, ale aby udělali řádný krok navíc a natočili se čelem k vozíku. Po návrhu opatření již pro oba percentily vychází pracovní pozice v hodnocení 3. Zhodnocení bylo provedeno pro pevnou výšku vozíku, ale stavitelnost do různých pozic by zajistila optimální výšku pro všechny typy postav. U příliš malých výšek by docházelo k velkému ohnutí krku u velkých typů postav a u malých typů postav je zase zapotřebí zajistit vhodné postavení horních končetin při ukládání materiálu.



Obr. 10-37: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-36: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 3
Wrist: 2
Wrist Twist: 1
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
Trunk: 1
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-39: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
Lower arm: 3
Wrist: 3
Wrist Twist: 1
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 3
Trunk: 1
Total: 3

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

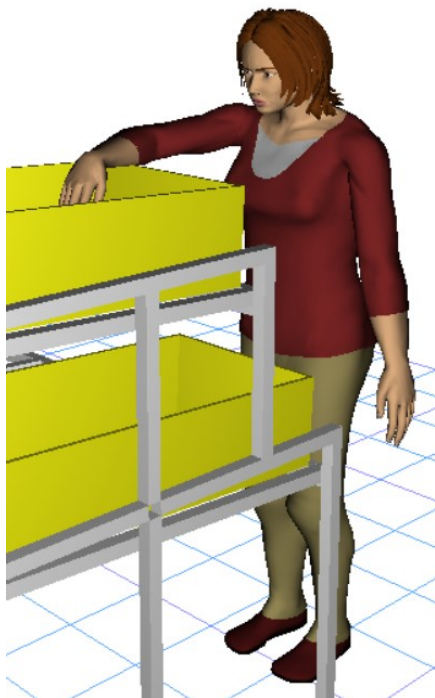
Update Analysis

Usage Dismiss

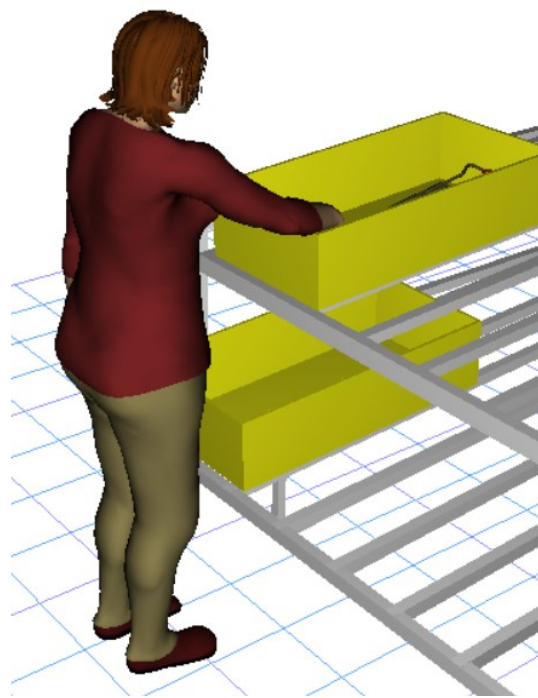
Obr. 10-38: RULA skóre pro 95. percentil

Opatření týkající se pozice regálu vedlo k rozhodnutí, že se z regálu ubere jedno patro a namísto toho bude regál obsahovat pouze dvě patra ve vhodné výšce. Pro zajištění dostatečného místa pro materiál může být přidán další regál, aby se tak vykompenzovalo chybějící úložné místo po odstranění jednoho patra. V návrhu změny bylo první patro umístěno ve výšce 670 mm od země a druhé patro ve výšce 1070 mm. Následně byly pracovní pozice opět podrobeny analýze RULA.

Vyšší patro regálu po nastavení výšky na 1070 mm nepředstavuje pro žádnou z postav žádné zdravotní riziko. U obou typů postav bylo dosaženo RULA skóre 3. I když žádná z hodnot není ideální, tato výška představuje kompromis pro většinu typů postav. Vyšší postavy by mohly mít malý problém s ohýbáním krku, zatímco ty menší s postavením horních končetin. Výsledek analýzy však naznačuje, že je to vzhledem k druhému patru regálu správné řešení.



Obr. 10-40: Model pozice v Jack pro 5. percentil

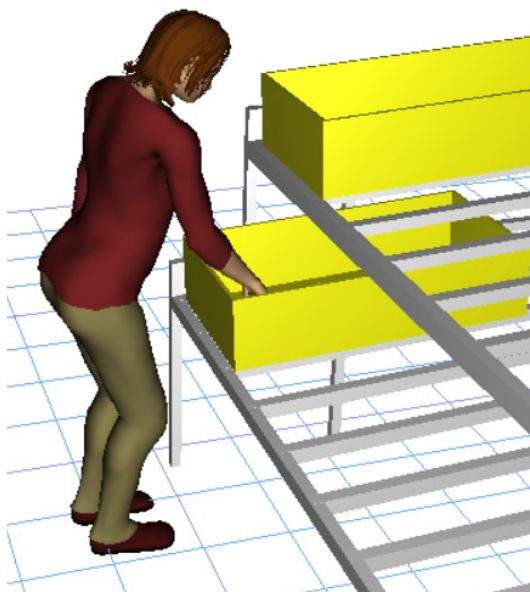


Obr. 10-41: Model pozice v Jack pro 95. percentil

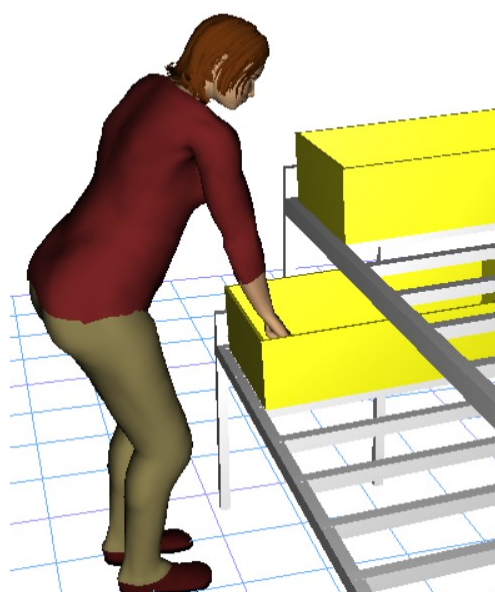
Obr. 10-43: RULA skóre pro 5. percentil

Obr. 10-42: RULA skóre pro 95. percentil

Druhé patro je umístěno níže ve výšce 670 mm od země, tak aby byla zachována požadovaná mezera mezi jednotlivými patry regálu pro umístění krabic. Toto patro přináší horší pracovní pozici pro vysoké typy postav, jelikož se musí více předklánět. Na druhou stranu je předklon méně výrazný, a proto tato poloha stále dosahuje hodnocení 4 v RULA analýze. U menších postav žádný problém nenastává.



Obr. 10-45: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-44: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Obr. 10-47: RULA skóre pro 5. percentil

Obr. 10-46: RULA skóre pro 95. percentil

Analýza RULA potvrdila, že přidružené pracoviště obsahuje několik nevhodných pracovních pozic, z nichž několik není především vhodných pro menší postavy, zatímco vyšší zaměstnanci se s takovým množstvím problémů nepotýkají. Problémem 95. percentilu je však výhradně současná spodní police regálu, jenž představuje nebezpečí poranění.

Vzhledem k výsledkům analýz by bylo vhodné přizpůsobit výšku polic v regálu tak, aby vyhovovala většině zaměstnanců. V ideálním případě by také měl být pořízen výškově stavitelný vozík, který by následně putoval na pracoviště číslo 1. Navrhované změny nepředstavují výrazné finanční náklady a tak nic nebrání jejich brzké realizaci v podniku.

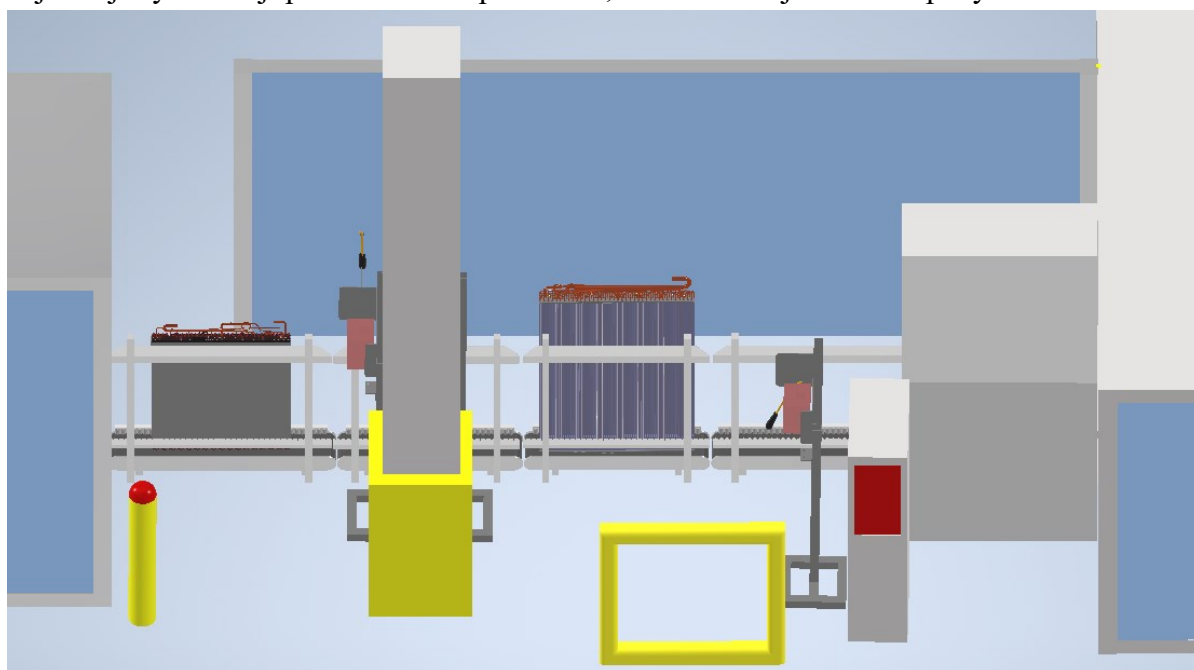
10.2 Pracoviště 2

Druhým pracovištěm, které bylo vybráno na základě výsledků ergonomického checklistu, bylo pracoviště pájení. Pracoviště bylo vybráno z důvodu dvou hlavních příčin, které mohou negativně ovlivnit zdraví a pohodu pracovníků. První příčinou bylo špatné postavení těla při práci, které může vést k bolesti zad a krční páteře. Druhou příčinou byl nedostatek místa pro práci, což může vést k většímu riziku úrazu.

10.2.1 Současný stav pracoviště 2

Na druhém vybraném pracovišti probíhá pájení měděných sestav výměníků. Nejprve je sestava pájena z jedné strany a posléze z druhé. Na tomto pracovišti však vzniká hned několik problémů. Tím nejvýznamnějším je nedodržení nařízení vlády ohledně šířky volné podlahové plochy pro pracovní místo. Pracovníci, kteří pracují v části mezi dopravníkem výměníků a ohýbacím strojem, mají k dispozici pouze 860 mm. Požadavek na 2 m² je ovšem splněn. Druhým problémem nastává při pájení menších výměníků, jelikož se tak pracovníci musí výrazně předklánět v trupu a v této pozici setrávat výraznou dobu, což představuje zvýšené zdravotní riziko. Tato pozice by tak mohla způsobit bolesti zad a krku. U větších výměníků tento problém nenastává. Pracovní místo ke všemu není vybaveno kobercem pro statický

postoj, který by mohl alespoň částečně ulevit pracovníkům. Postup zhodnocení pracovního postoje probíhal stejně jako u předešlého pracoviště, pro vytvoření modelu pracoviště byly jednotlivé pracovní polohy podrobeny RULA analýze pro 5. a 95. percentil postav žen. Ženy nejčastěji vykonávají práci na tomto pracovišti, avšak občas jsou zastoupeny muži.



Obr. 10-48: Model pracoviště 2

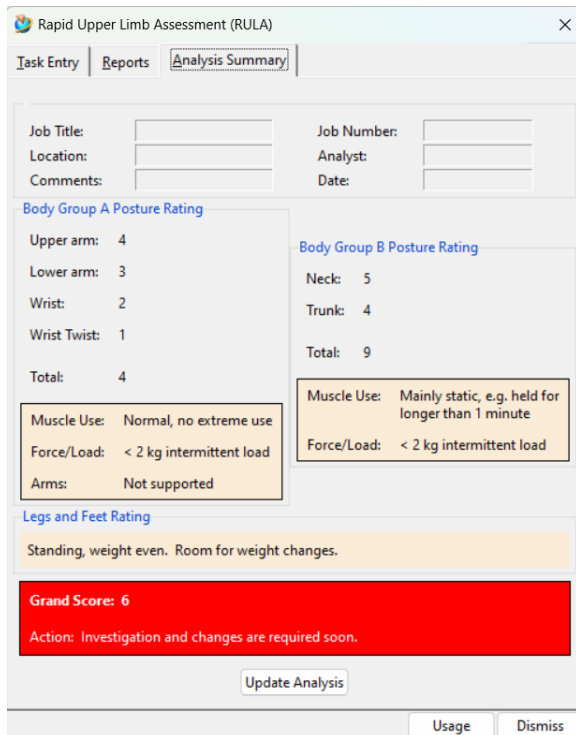
Do výpočtu RULA skóre pro pájení malého tepelného výměníku byl zahrnut fakt, že se jedná o statickou pozici, ve které se pracovnice nachází po značnou dobu, klidně i 1 minutu. RULA skóre vyšlo pro oba percentily postav kriticky, když pro 5. percentil vyšlo skóre 6 a pro 95. percentil skóre 7. Z pořízeného videozáznamu je patrné, že za nepříznivé skóre může především postavení zad a krku u pracovníků.



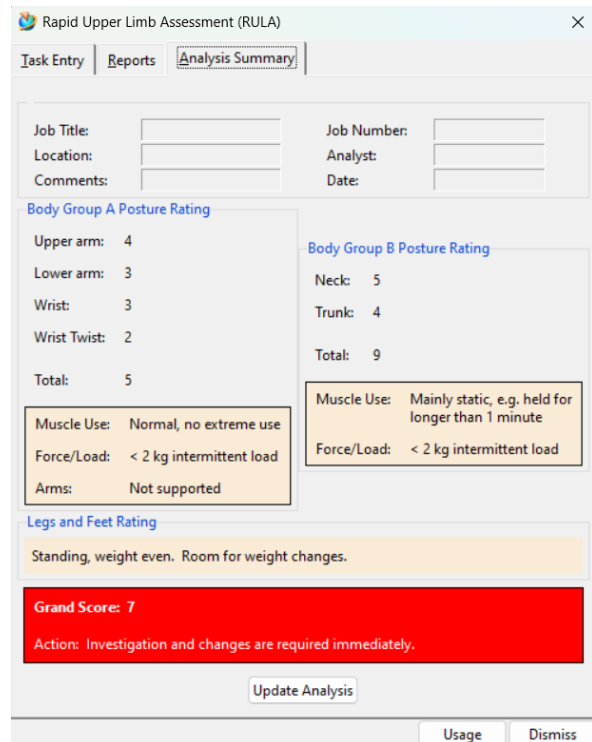
Obr. 10-50: Pozice pájení (malý výměník)



Obr. 10-49: Model pozice v Jack pro 95. percentil



Obr. 10-52: RULA skóre pro 5. percentil

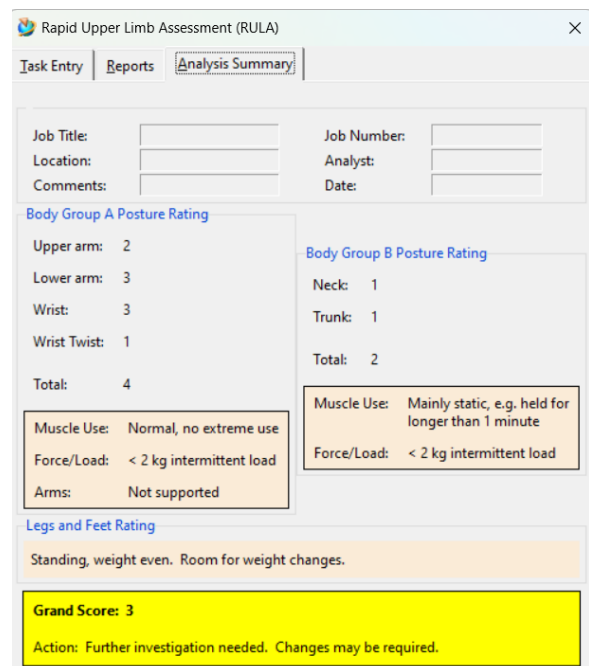


Obr. 10-51: RULA skóre pro 95. percentil

V programu Tecnomatix Jack byla analyzována i pozice pro pájení větších rozměrů výměníků. Tato pozice nepředstavuje žádné zdravotní riziko pro 95. percentil postav, avšak u 5. percentilu jsou výsledky značně nejasné, jelikož pouhé zahnutí krku o úhel $0,1^\circ$ přeneslo hodnocení RULA skóre z hodnoty 3 na hodnotu 6. Orientačně byla proto pracovní poloha aplikována také na 50. percentil, kde výsledek byl již zcela jasně 3. Tudiž tato pracovní poloha je potenciálně nevhodná pouze pro extrémně nízké postavy žen. Na základě výsledků bylo rozhodnuto, že pracovní poloha je vhodná pro naprostou většinu pracovníků a není zapotřebí dalších úprav.



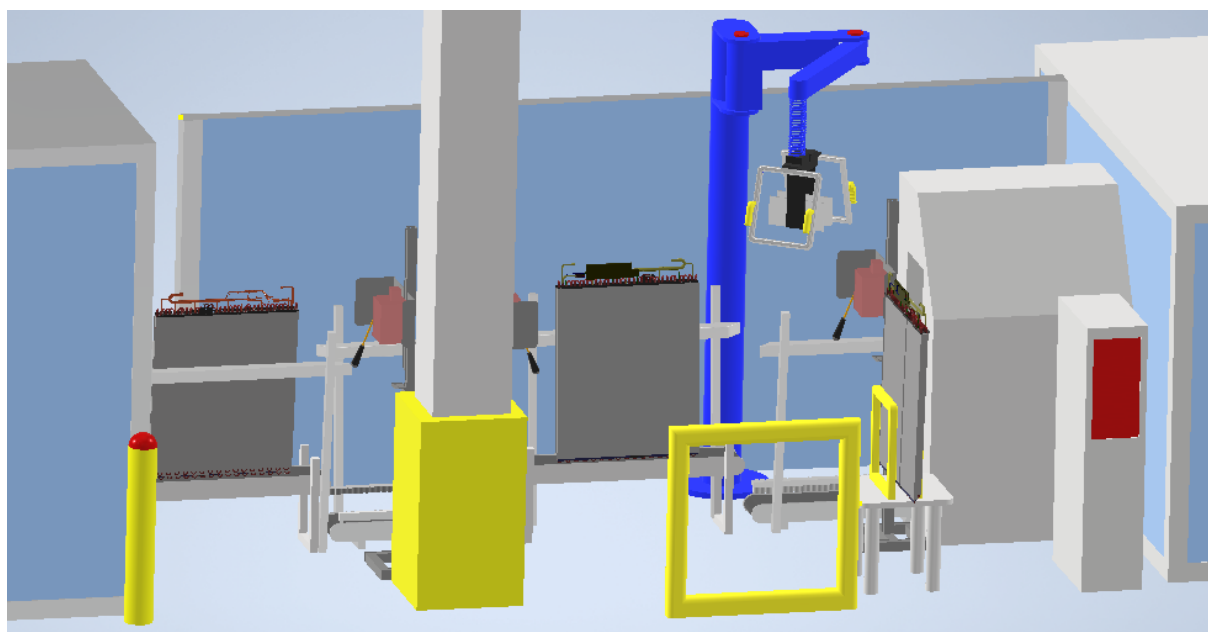
Obr. 10-53: RULA skóre pro 5. percentil



Obr. 10-54: RULA skóre pro 95. percentil

10.2.2 Návrh na změnu pracoviště 2

Pracoviště 2 se potýká s dvěma zásadními problémy. Prvním z nich je fakt, že by pracovníci správně neměli pracovat na straně dopravníku, který je směrem k ohýbacímu stroji za nimi. A druhým problémem je velmi nízká pracovní rovina při pájení malých tepelných výměníků. Problém s umístěním zaměstnanců lze vyřešit jejich přesunem na druhou stranu dopravníku, kde je dostatek místa, a bylo by tak splněno nařízení vlády v úvodní fázi procesu. Vzniká tím však několik problémů. Pracovníci by museli nejprve daný výměník zapájet zezadu, a na dalším pracovním stanovišti na pracovišti 2 by byli pracovníci nuceni si daný tepelný výměník otočit a zapájet zepředu. Díky šířce výměníků je víceméně nemožné je otočit bez položení a přehmatu rukou. Tudíž pro malé výměníky, které váží maximálně 9 kg, by bylo možné na pravou stranu od pracovníků umístit malý otočný stůl s držákem. Do tohoto stolu by pracovníci umístili výměník a otočili by ho stolem, případně by ho po otočení rovnou na místě zapájet a vrátit na místo na dopravníku. Díky poměrně nízké váze by byly dodrženy hygienické limity pro častou manipulaci jak pro muže, tak i ženy. Problém s tímto řešením nastává u velkých výměníků, které váží již okolo 20 kg. U těchto typů výměníků by bylo nutné na stranu, kde dříve operovali pracovníci, přistavět jeřáb na zvedání a otáčení výměníku. Tyto typy jeřábů jsou často používány dál na lince, pouze by musely být modifikovány úchopné body, aby pracovníci mohli jeřáb ovládat i po otočení ramena. Při těchto zvýšených nárocích na pracovní prostor by některá současná zařízení v prostoru musela být přesunuta o kousek dále. Jednalo by se především o nabíjecí stanici pro vozíky, která je v modelu zvýrazněna červenou barvou, a také o sloupek na prvním pracovišti, který by musel být o kousek přesunut, aby bylo zajištěno splnění podmínky 2m² a šíře alespoň 1 metru.



Obr. 10-55: Model pracoviště 2 po změně

Problém s nízkou pracovní rovinou při pájení by mohl být vyřešen pomocí hydraulického systému, který by vždy zvedl dopravník s výměníkem na požadovanou výšku. Tato řešení nejsou vůbec ojedinělá a mnoho firem se jimi zabývá, jako například dříve zmíněná firma BeeWaTec nebo firma Haberkorn, která se specializuje na dopravníky a jejich speciální řešení. Na robotickém pracovišti před zkoumaným pracovištěm se již využívá zvedací systém dopravníku, jelikož je zde umístěn pájecí robot, který vyžaduje stálou výšku výměníků. Zvedání a ovládání dopravníku by mohlo být zajištěno pomocí nožních ovladačů, které se často

používají na celé výrobní lince nebo pomocí tlačítek. Nožní ovladače mají své výhody, ale při jejich zmáčknutí dochází k nerovnoměrnému rozložení sil mezi jednotlivými nohama.

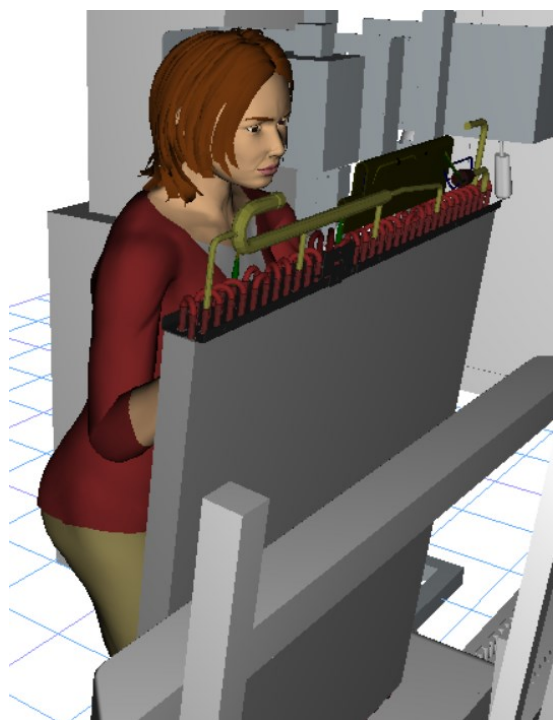


Obr. 10-57: Manipulační jeřáb

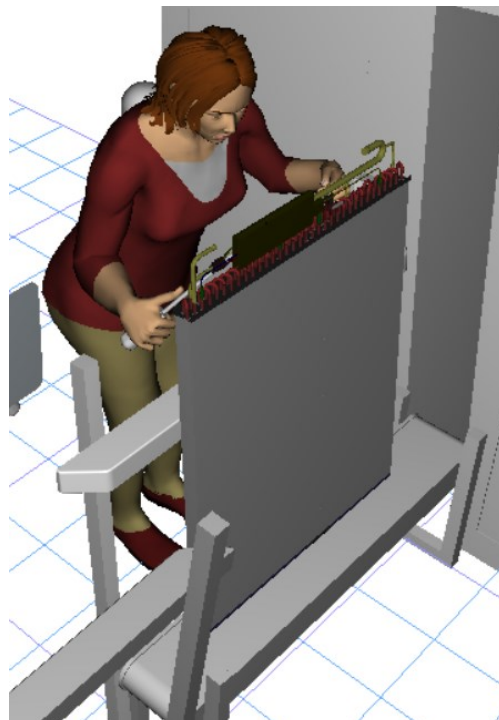


Obr. 10-56: Nožní ovladač

Pro vytvoření modelu zdvihacího systému dopravníku byla opět posouzena pracovní poloha pomocí analýzy RULA pro 5. a 95. percentil postav a díky tomuto řešení by pracovní poloha dosáhla výsledků v hodnotě 3 pro oba typy postav.



Obr. 10-59: Model polovice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-58: Model polovice v Jack pro 95. percentil

The image shows two side-by-side screenshots of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) software interface. Both windows are titled 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' and have tabs for 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active in both.

Left Screenshot (5th Percentile):

- Job Title: [] Job Number: []
- Location: [] Analyst: []
- Comments: [] Date: []
- Body Group A Posture Rating:** Upper arm: 2, Lower arm: 3, Wrist: 2, Wrist Twist: 1, Total: 4
- Body Group B Posture Rating:** Neck: 1, Trunk: 1, Total: 2
- Muscle Use: Normal, no extreme use
- Force/Load: < 2 kg intermittent load
- Arms: Not supported
- Legs and Feet Rating:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Grand Score: 3**
- Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Right Screenshot (95th Percentile):

- Job Title: [] Job Number: []
- Location: [] Analyst: []
- Comments: [] Date: []
- Body Group A Posture Rating:** Upper arm: 2, Lower arm: 3, Wrist: 2, Wrist Twist: 1, Total: 4
- Body Group B Posture Rating:** Neck: 1, Trunk: 2, Total: 3
- Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Force/Load: < 2 kg intermittent load
- Arms: Not supported
- Legs and Feet Rating:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Grand Score: 3**
- Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Obr. 10-61: RULA skóre pro 5. percentil

Obr. 10-60: RULA skóre pro 95. percentil

Po aplikaci změn by pracoviště splňovalo nařízení vlády a obsahovalo by vhodné pracovní polohy při práci. Nicméně, výrobní proces by se do značné míry stal komplikovanější, což by vedlo ke snížení taktu linky. To by mohlo vést k menší produktivitě a nižším ziskům pro firmu. Avšak na pracovišti ohýbání výměníků, které následuje v procesu za pracovištěm 2, dochází k výraznému nedodržování stanoveného taktu. Takt linky byl navrhován na 49 sekund na výměník, ale v současné době je pracoviště v průměru o 26 sekund pomalejší, a tudíž zde výměníky často čekají. Snížení tohoto zdržení navíc bude velmi obtížné, jelikož vzniká na základě montážního pracoviště. Pracovník na tomto pracovišti není schopen dělat svoji práci rychleji a na přidání nového pracoviště zde není prostor. Pokud by tak nedošlo ke snížení časových ztrát, vznikl by zde prostor, kde by se daný čas mohl využít ke zlepšení ergonomie na pracovišti 2.

Je důležité brát zřetel na nařízení vlády již při počátečním návrhu budoucích linek, aby se současné chyby již neopakovaly. V tomto případě je nutné najít rovnováhu mezi dodržováním předpisů a optimalizací výrobního procesu.

10.3 Pracoviště 3

Pracoviště 3 se potýká se stejným problémem jako pracoviště 2, tudíž není splněno nařízení vlády ohledně šířky pracovní plochy. V tomto případě není splněna ani podmínka pro šířku uličky vedoucí na pracoviště. Nařízení vlády uvádí, že šířka uličky by v žádném místě neměla klesnout pod 600 mm. Pracoviště má šířku pouze 840 mm, zatímco ulička vedoucí k pracovišti je na některých místech zúžena na 510 mm. Mezi některými body, mezi kterými se prochází, je dokonce pouze 470 mm. Nicméně při měření by se dal uplatnit fakt, že pokud bychom danou uličku v tomto místě měřili pouze horizontálně, tak v tomto úseku naměříme dostatečných 600 mm. Celkový přístup uličkou na pracoviště je dosti problematický, jelikož pracovník nejprve musí kličkovat mezi jednotlivými sloupy, které podpírají schodiště, a následně prochází mezi dvěma dopravníky, na jejichž boku se nachází elektrické rozvaděče. Z tohoto důvodu je nutné přesunout pracoviště na jiné místo v rámci linky, aby byly dodrženy všechny předpisy. Výhodou tohoto pracoviště je fakt, že se jedná pouze o vizuální kontrolu a nevznikají zde žádné

nevhodné pracovní polohy, které by bylo nutné řešit. Z tohoto důvodu je přemístění pracoviště naznačeno pouze pomocí layoutu v programu AutoCAD, který je využíván v podniku.

10.3.1 Současný stav pracoviště 3

Na Obr. 10-62 je vyznačeno současné rozpoložení v tomto úseku linky. V červeném kruhu je označeno pracoviště 3 pro vizuální kontrolu. Pracovníci na tomto pracovišti nemají žádné speciální vybavení potřebné k práci. Po jejich levici je pouze umístěn malý stoleček, na kterém jsou umístěny malé boxy pro odložení odpadu a dalších věcí a přes jeden elektrický rozvaděč je umístěn ohřívač. Červené šipky znázorňují trasu, po které se v současnosti pohybují jednotky klimatizací na paletě, které putují po testech vzdušnosti k opravě. Potřeba přemístit jednotky na přistavěný vozík nastává jen občas při výskytu chyby v jednotce. Na dalších fotkách je zobrazena ulička vedoucí k pracovišti a jsou vyznačeny jednotlivé kritické rozměry uličky.



Obr. 10-62: Současný layout pracoviště 3



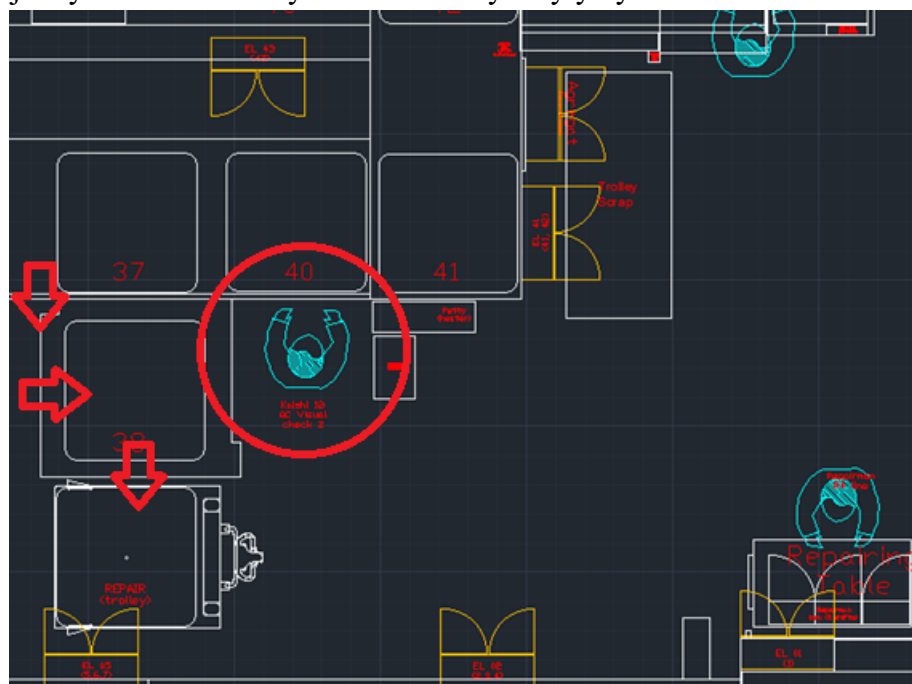
Obr. 10-63: Pracoviště 3 a ulička vedoucí na pracoviště



Obr. 10-64: Zúžení uličky

10.3.2 Návrh na změnu pracoviště 3

Návrh na změnu pracoviště spočívá v přesunu pracoviště o pozici na dopravníku dále a také na druhou stranu, kde dříve stál vozík pro opravu jednotek. Toto řešení by vedlo ke změně toho, jak se jednotky na paletě postupně dostanou na opravný vozík. Na Obr. 10-65 jsou šipkami naznačeny možné nové pohyby palety. Dopravník by musel být modifikován tak, aby byl schopen pohybu směrem doprava a následně na obrázku směrem dolů. Opravný vozík by mohl být zaparkovaný vedle dopravníku dole, avšak toto místo není vhodné, jelikož by tím byla blokována jedna ze spojovacích uliček, do které ovšem vede i jiná cesta. Jak již bylo řečeno, oprava jednotek a přesun na vozík však nenastává často a v době čekání by vozík mohl být umístěn opodál, aby nebyla blokována průchodnost uličky. Nejednalo by se o nijak složité řešení, avšak opět by bylo vhodné s tímto řešením počítat již při návrhu linky. Takto pozdější změny by již výrazně zasahovaly do chodu linky a byly by více finančně náročné na změnu.



Obr. 10-65: Layout pracoviště po změně

Dalším řešením by mohlo být zachování současných dopravníků a pouze v případě přesunu jednotky na vozík by musel pracovník vizuální kontroly opustit své pracoviště. Jakmile by byl vozík s jednotkou odvezen na své pracoviště, mohl by se vrátit. Toto řešení by však vyžadovalo jiné umístění regálu s boxy a ohřívačem. Jako možné místo se nabízí volný prostor za pracovníkem

10.4 Pracoviště 4

Poslední z vybraných pracovišť se zaměřuje na práci u dopravníku, jelikož je to nejčastěji se vyskytující pozice na výrobní lince R4. Ergonomické analýzy byly provedeny na jednom konkrétním případě pracoviště, ale principy návrhu změny jsou uplatnitelné na více pracovišť. Vybrané pracoviště se nachází v oblasti linky, kde jsou na tepelný výměník postupně montovány vnitřní díly jednotky, na kterou jsou následně namontovány ochranné vnější plechy. Tato část dopravníku celkově obsahuje 13 po sobě jdoucích pozic u kontinuálně se pohybujícího se dopravníku. Na některých pozicích tak od času dochází k tomu, že pracovníci nestíhají dané tempo a následně zasahují do pracovního prostoru ostatních. Na jednotlivých pozicích se poměrně často vyskytují nevhodné pracovní polohy způsobené pevnou výškou

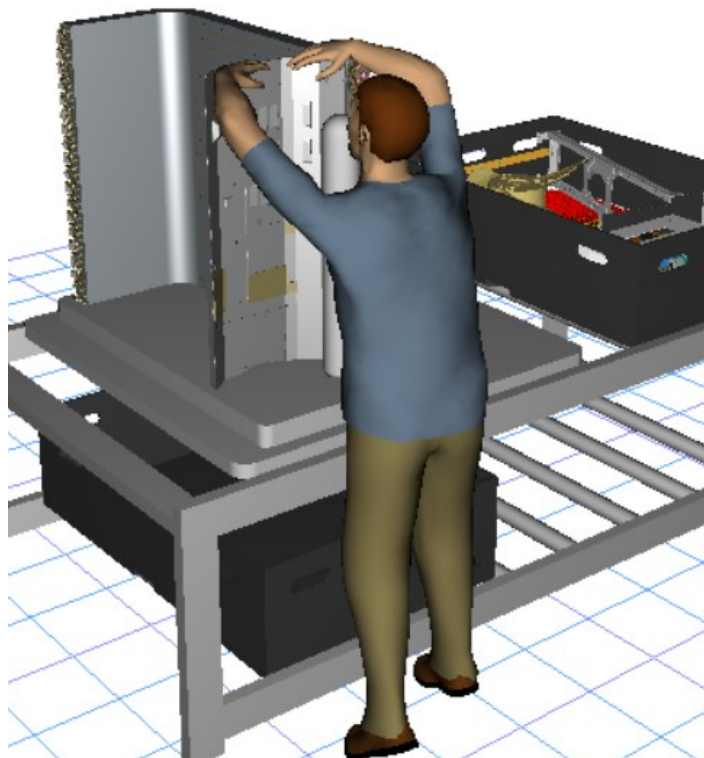
dopravníku a proměnnou výškou klimatizačních jednotek. U palety s jednotkou se pohybuje černý box, v němž jsou umístěny díly, jež se průběžně montují do jednotky. Když box dojede na konec tohoto úseku dopravníku, je pomocí výtahu spuštěn dolů a vrací se pod dopravníkem opět na začátek tohoto úseku, kde je pomocí výtahu opět vyzvednut a umístěn do vozíku a odvezen k dalšímu naplnění.

10.4.1 Současný stav pracoviště 4

První posuzovanou polohou je umísťování kabeláže do velké klimatizační jednotky, avšak k této poloze dochází vícekrát během pracovního procesu, když je vyžadována jakákoliv práce u vrcholu jednotky, ať už se jedná o umísťování jednotlivých dílů nebo jejich případnou montáž.



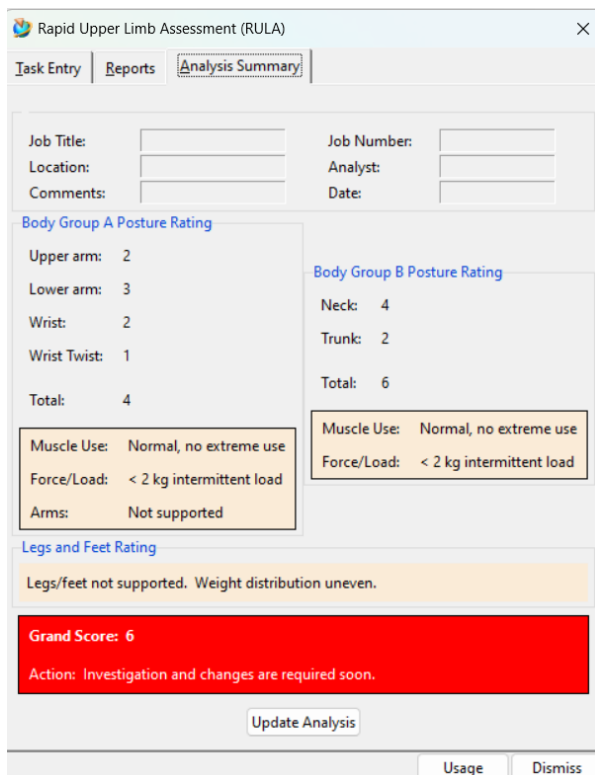
Obr. 10-67: Pozice upevnění kabeláže



Obr. 10-66: Model pozice v Jack pro 5. percentil

Postup posuzování pozice se nikterak nelišil od předchozích pracovišť. Opět byla provedena RULA analýza dané pozice pro 5. a 95. percentil postav, tentokrát mužů. Během této pracovní polohy jsou zaměstnanci opět vystaveni nevhodné pracovní poloze horních končetin a krku. Navíc, aby si co nejvíce pomohli k dobré viditelnosti na vrchol jednotky, často stojí na špičkách a tak nerovnoměrně zatěžují jednotlivé končetiny. K tomuto faktu bylo přihlíženo při vytváření polohy v programu Jack, kdy pro 5. percentil postav bylo nasimulováno postavení na špičkách, které také bylo zaneseno do výpočtu RULA skóre.

Pro 5. percentil postav vyšlo RULA skóre 6, zatímco pro vysoké postavy 95. percentilu tato poloha nepředstavuje výraznější obtíže a dosáhlo se RULA hodnocení 3. Orientačně, jako v jiných případech dříve, tak byla tato pozice posouzena i pro 50. percentil výšky mužů. Hodnocení opět dosáhlo nevyhovujícího skóre 6. Tudíž lze usuzovat, že s touto pracovní pozicí nemají potíže pouze nadprůměrně vysoké postavy.



Job Information	
Job Title:	
Location:	
Job Number:	
Analyst:	
Comments:	
Date:	

Body Group A Posture Rating	
Upper arm:	2
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	1
Total:	4

Body Group B Posture Rating	
Neck:	4
Trunk:	2
Total:	6

Muscle Use	
Muscle Use:	Normal, no extreme use
Force/Load:	< 2 kg intermittent load
Arms:	Not supported

Legs and Feet Rating

Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

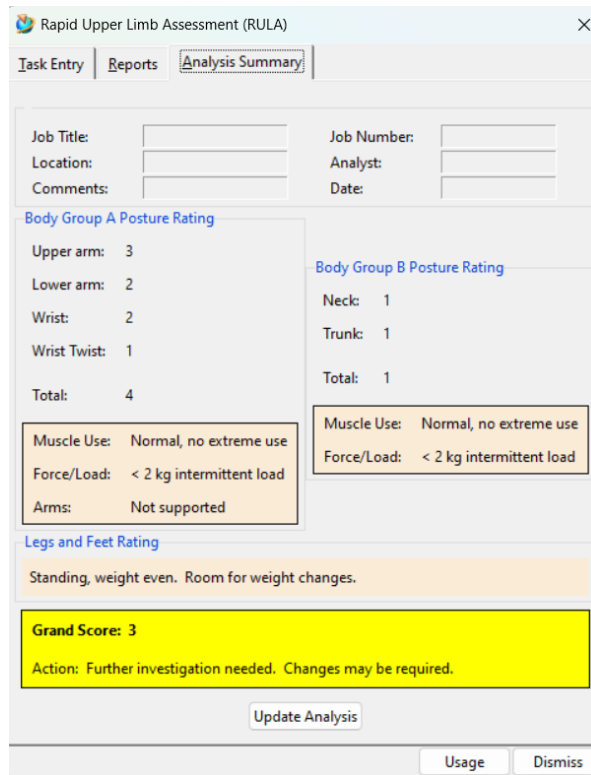
Grand Score: 6

Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-69: RULA skóre pro 5. percentil



Job Information	
Job Title:	
Location:	
Job Number:	
Analyst:	
Comments:	
Date:	

Body Group A Posture Rating	
Upper arm:	3
Lower arm:	2
Wrist:	2
Wrist Twist:	1
Total:	4

Body Group B Posture Rating	
Neck:	1
Trunk:	1
Total:	1

Muscle Use	
Muscle Use:	Normal, no extreme use
Force/Load:	< 2 kg intermittent load
Arms:	Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

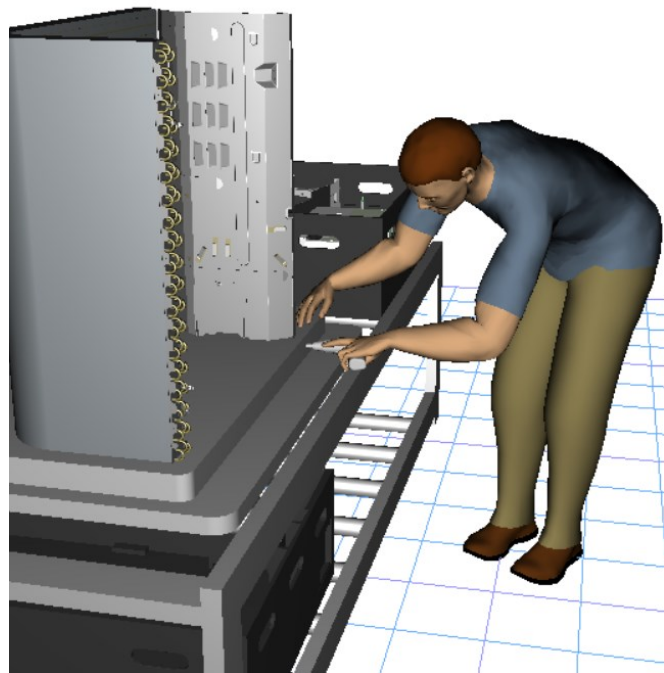
Usage Dismiss

Obr. 10-68: RULA skóre pro 95. percentil

Druhou často se vyskytující pozicí u dopravníku je montáž ve spodní části jednotky. Konkrétně se na fotce jedná o montáž ochranného plechu uvnitř jednotky. Pracovníci zde musí pracovat výrazně předkloněni, což zatěžuje především oblast zad a krku. Tato pracovní pozice je nevhodná jak pro 95. percentil, tak i pro 5. percentil, protože oba dosáhli v RULA analýze hodnocení 6.



Obr. 10-73: Pozice montáže ochranného plechu



Obr. 10-72: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
 Lower arm: 2
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 1
 Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 4
 Trunk: 5
 Total: 7

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 6
 Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-70: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
 Lower arm: 3
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 2
 Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 4
 Trunk: 5
 Total: 7

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 6
 Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-71: RULA skóre pro 95. percentil

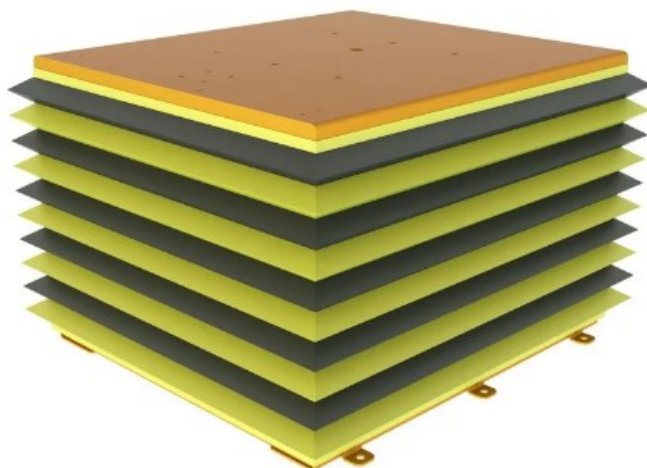
10.4.2 Návrh na změnu pracoviště 4

Pro eliminaci nevhodných poloh by se musela změnit výška pracovní roviny. Na jednom pracovišti na lince již podobná řešení existují. Při procesu balení je dopravník snížen pomocí pneumatických nůžkových zvedáků tak, aby umožnil zabalení jednotky do kartonového obalu. Tento princip by mohl být uplatnitelný i pro tyto pozice, ale musela by dojít ke změně v rámci konceptu této části linky. V současné době se prázdné boxy určené k přepravě vnitřních dílů jednotky přepravují zpět na začátek úseku linky. Při změně by musely být odebírány již na konci úseku, kde by rovnou byly předány do vozíku a odvezeny k naplnění. Tomuto způsobu provedení by nic nebránilo ani z hlediska prostorové náročnosti, jelikož za touto částí linky se nachází poměrně rozlehlé volné místo. Také by zde nemohl existovat kontinuálně se pohybující dopravník. Ten by musel být nahrazen jednotlivými segmenty, které by na sebe navazovaly a umožňovaly by také individuální přizpůsobení výšky dopravníku. Díky výrazným investicím na změnu je tento návrh spíše vhodný jako podnět pro nově vznikající linky v podniku.



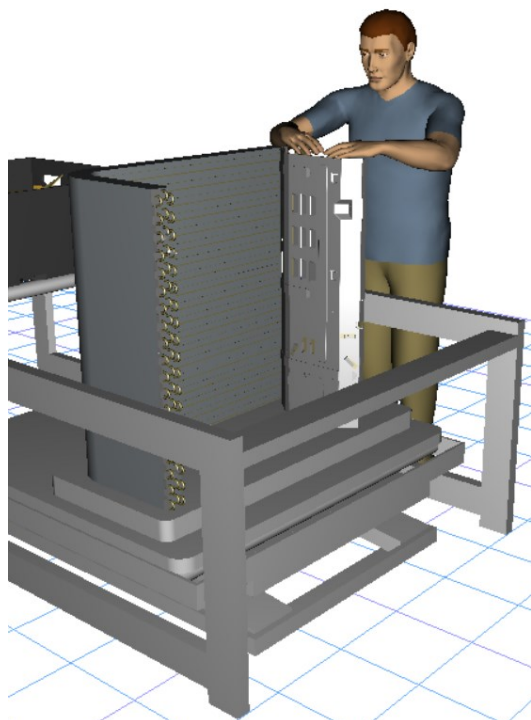
Obr. 10-74: Pneumatické nůžkové zvedáky na lince R4

Pneumatické nůžkové zvedáky by bylo třeba opatřit bezpečnostními prvky, aby nebylo možné strčit ruku k pneumatickým nůžkám, když dojde ke zvednutí palety s jednotkou. Při návratu palety dolů by pak mohlo dojít k zaklínění ruky mezi pohybujícími se nůžkami s paletou a rámem dopravníku. Řešením tohoto problému mohou být takzvané bezpečnostní sukňe zvedáku, které lze vidět na Obr. 10-75. Nebo také varianta, která je znázorněna ve vytvořeném modelu pracoviště, kde se na hranu zvedané platformy umístí ochranný plech, který zabrání vniknutí ruky do nebezpečného prostoru. Uvažované výšky platformy v modelu vycházejí z průzkumu dostupnosti takovýchto zařízení, kde nejnižší poloha složených nůžek může dosahovat 205 mm, zatímco maximální zdvih nůžek je 1000 mm. Předpokládá se, že by dané pneumatické nůžky byly ovládány nožními ovladači, jak je tomu v případě pracoviště číslo 2.

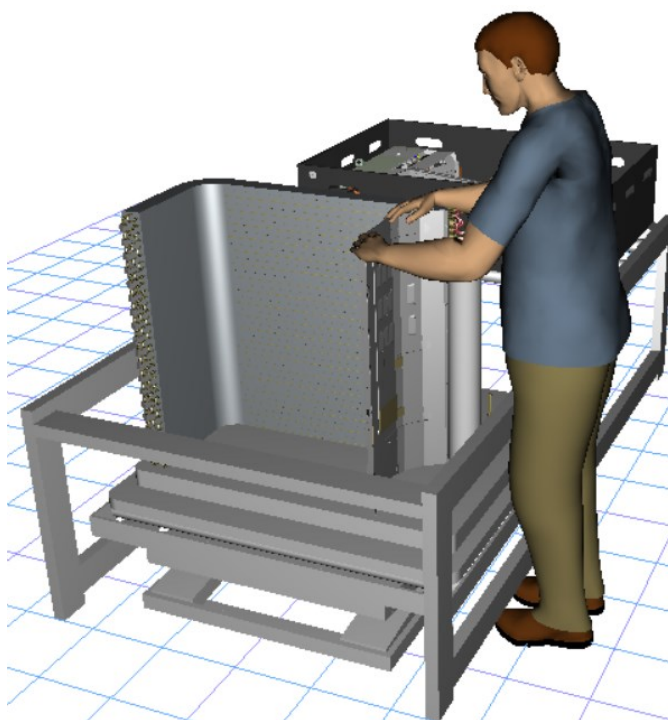


Obr. 10-75: Pneumatický nůžkový zvedák s ochranou sukni [34]

Pro posuzované pracovní polohy bylo aplikováno řešení s využitím pneumatických nůžek. První poloha montáže na vrcholu jednotky předpokládá, že by si pracovníci snížili postavení jednotky co nejvíce. V tomto případě analýza dosáhla hodnoty 3 pro 5. a 95. percentil, což by bylo vhodné pro všechny typy postav a nepředstavovalo by žádné zdravotní riziko z dlouhodobé zátěže. Pro 95. percentil by poloha mohla být až příliš nízká, a pracovníci by museli více sklonit krk. Pracovní poloha by však byla v limitu.



Obr. 10-77: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-76: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) - Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
 Lower arm: 2
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 1
 Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
 Trunk: 1
 Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-78: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) - Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
 Lower arm: 2
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 2
 Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 3
 Trunk: 1
 Total: 3

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

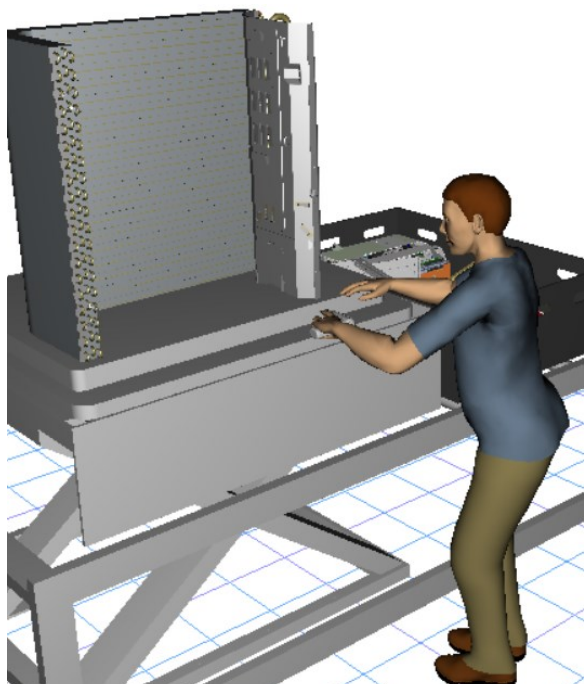
Grand Score: 3
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

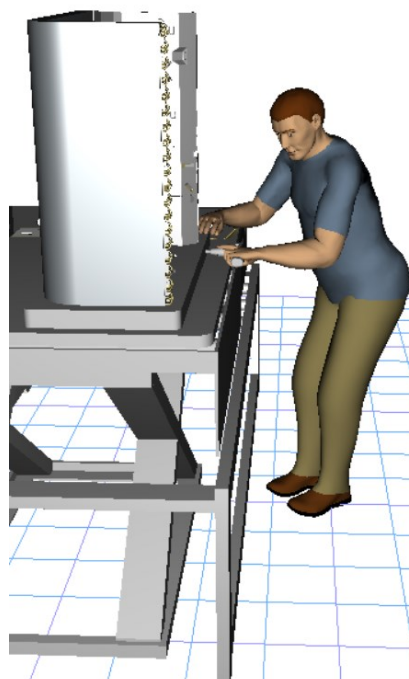
Usage Dismiss

Obr. 10-79: RULA skóre pro 95. percentil

Pozice montáže ochranného plechu pomocí elektrického šroubováku opět počítá s maximální výškou zvednutí pneumatických nůžek do výše 1 m a ochranou pomocí připevnění ochranného plechu na bok zvedající se platformy. Zvednutí dopravníku by umožnilo pracovní polohu s RULA skóre 3 pro oba posuzované typy postav. U vyšších typů postav by docházelo pouze k mírnému předklonu trupu a krku.



Obr. 10-81: Model pozice v Jack pro 5. percentil



Obr. 10-80: Model pozice v Jack pro 95. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 2
Wrist: 2
Wrist Twist: 1
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
Trunk: 1
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-83: RULA skóre pro 5. percentil

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
Lower arm: 2
Wrist: 2
Wrist Twist: 2
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
Trunk: 2
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obr. 10-82: RULA skóre pro 95. percentil

11 Přínosy práce

V případě pracoviště 1 se navržené úpravy ukázaly jako přínosné. Zvýšení pracovní roviny, díky vyvýšené platformě, by umožnilo pracovníkům různých postav pohodlnější práci, což snižuje namáhání zad, ramen a krku. Upravená poloha zobrazovacího displeje a čtečky čárových kódů může snížit namáhání očí a krku. Výhody těchto úprav jsou značné, nejenže zlepšují pracovní podmínky a snižují namáhání pracovníků, ale také mohou přispět ke zvýšení produktivity a kvality práce. Díky ergonomickým změnám se pracovníci mohou lépe soustředit na svou práci a snížit riziko úrazů způsobených namáháním těla. Celkové náklady na provedení těchto úprav nejsou příliš vysoké, pravděpodobně by se pohybovali v rozmezí nižších desítek tisíc korun zejména kvůli výstavbě vyvýšené platformy a instalace zábradlí. Náklady se vrátí v podobě zvýšené produktivity a snížení nákladů na zdravotní péči zaměstnanců.

Navrhované změny v přidruženém pracovišti se zdají být přínosné pro zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců. Vzhledem k přizpůsobení výšky polic v regálu by se minimalizovalo riziko úrazů a bolestí zad u pracovníků. Pořízení výškově stavitelného vozíku by usnadnilo práci menším postavám pracovníků, ale tato změna není tak nutná jako změna výšky polic regálu. Bylo by nutné pořídit jeden nový regál, jehož cena se pohybuje okolo 1000 euro, a přestavět dva stávající. Vzhledem k tomu, že se jedná o malé relativně levné úpravy, lze očekávat, že je lze provést v relativně krátké době. Přínosy pro zdraví a efektivitu zaměstnanců by mohly být patrné téměř okamžitě po provedení úprav. Implementaci navrhovaných změn tak nic nebrání.

Navrhované řešení pro pracoviště 2 by splnilo požadavky nařízení vlády týkající se bezpečnosti práce a pracovního prostředí. Po aplikaci změn by pracoviště obsahovalo vhodné pracovní polohy pro zaměstnance, což by vedlo k lepším pracovním podmínkám a přispělo k jejich zdraví a pohodlí při práci. Zároveň by se tím firma vyhnula možným pokutám za porušování nařízení vlády. Výše pokuty je většinou závislá na závažnosti prohřešku, velikosti firmy a na uvážení daného kontrolního orgánu. Pokuty se však běžně pohybují v řádech statisíců až milionů korun.

Nicméně, tato změna by měla negativní vliv na výrobní proces, což by mohlo vést ke snížení taktu linky. Pokud by však nedošlo k vyřešení problému s taktem na pracovišti, které v pracovním procesu následuje za pracovištěm 2, tak by tyto změny neměly žádný vliv na takt linky. Pokud by se problém na navazujícím pracovišti podařilo vyřešit, pak už by dané změny mohly mít negativní dopad na produktivitu a zisky firmy. Proto je nutné najít rovnováhu mezi dodržováním předpisů a optimalizací výrobního procesu.

Náklady na změnu pracoviště by byly výrazné, zejména kvůli pořízení manipulačního jeřábu a systémů na zvedání jednotlivých částí dopravníku. Náklady na manipulační jeřáb by pravděpodobně přesáhly 10 000 euro na základě cen již v podniku využívaných manipulátorů. Do nákladů by bylo třeba také zahrnout celkové náklady na montáž těchto zařízení. Celková suma by se pravděpodobně pohybovala v rámci nižších desítek tisíc euro. I přes tyto výrazné náklady by však řešení přineslo výhody pro zaměstnance, kteří by měli lepší pracovní podmínky a pro firmu, jenž by splnila požadavky nařízení vlády. V dlouhodobém horizontu by takové řešení mohlo být výhodné i z ekonomického hlediska.

Hlavním poznatkem je tak především to, že je nutné brát v úvahu nařízení vlády již při počátečním návrhu budoucích linek a pracovišť, aby se současné chyby již neopakovaly. Za současného stavu je již náprava velmi nákladná a negativně by ovlivnila chod linky.

Návrh na změnu pracoviště 3 by měl přinést především splnění nařízení vlády, což je základní požadavek, který by měl být splněn. Jak již bylo zmíněno, náklady na realizaci jednotlivých řešení by se výrazně lišily a byly by závislé na konkrétních okolnostech. Důležité je zohlednit jak finanční náklady, tak i náklady na efektivitu výroby a pracovní podmínky zaměstnanců.

V případě prvního navrhovaného řešení, které by zahrnovalo změnu pohybu palety po dopravníku, by byly náklady na realizaci výrazně vyšší. Bylo by nutné upravit dopravník, což by znamenalo výrazné finanční výdaje. Tento způsob by se hodil při navrhování nové výrobní linky, kde by bylo možné s tímto řešením počítat již od začátku.

Druhé navrhované řešení, které by představovalo pouze minimální náklady na přemístění regálu s boxy a ohřívačem, by bylo vhodnější pro již existující výrobní linku, jako je R4. V tomto případě by se náklady na realizaci omezily pouze na přemístění regálu, což by bylo finančně nenáročné, avšak více by se tím komplikoval výrobní proces.

V obou případech by se však jednalo o zlepšení pracovních podmínek pro zaměstnance, jenž by mohli pracovat v bezpečnějším prostředí.

Pro pracoviště 4 byl zhotoven návrh na dopravník s upravovatelnou výškou. Tohoto návrhu by bylo možno využít na vícero pracovištích, což by přineslo výrazné výhody v podobě snížení namáhání pracovníků. Nicméně, taková změna by měla i určité nevýhody. Pneumatické nůžkové systémy jsou poměrně drahé, cena se pohybuje okolo hranice 5000 euro, což by znamenalo výrazné počáteční investice. K tomu by bylo nutné připočítat náklady na změnu dopravníku a náklady na montáž. Tyto náklady by se pravděpodobně pohybovaly v řádu desítek tisíc euro. Dalším aspektem, který by bylo třeba zohlednit, je snížení rychlosti taktu linky. Tato změna by totiž vedla k mírnému snížení produktivity, což by se mohlo projevit nižšími zisky pro firmu. Tento návrh by tedy byl vhodnější pro nově vznikající linky v podniku, které by bylo možné navrhnout již s ohledem na tuto změnu.

Systematickým snižováním ergonomických rizikových faktorů lze předcházet nákladným muskuloskeletálním onemocněním, což přispívá ke snížení nákladů na pracovní úrazové pojištění a také ke snížení počtu dnů, kdy jsou pracovníci v pracovní neschopnosti. Vhodně navržená ergonomická řešení často také zlepšují produktivitu a kvalitu výroby. Zaměstnanci rovněž ocení, že se jejich zaměstnavatel snaží dbát na jejich bezpečnost a zdraví [35].

Závěr

Praktická část diplomové práce byla provedena ve společnosti Daikin Industries Czech Republic a zaměřila se na ergonomii pracovišť výrobní linky R4, která slouží pro výrobu venkovních jednotek tepelných čerpadel a klimatizací.

V počátcích posuzování ergonomie pracovišť byly pořízeny videozáznamy všech 45 pracovišť. Na základě těchto záznamů a měření byl vyplněn ergonomický checklist, jehož výsledky odhalily, že velká část pracovníků pracuje v nevhodných pracovních polohách a některá pracoviště nesplňují požadavky na šíři volné podlahové plochy pracovišť. Velmi malé procento pracovišť také umožňuje určitou přizpůsobivost rozdílným typům postav.

Další část byla věnována potřebě standardizovat některé procesy na pracovištích, která disponují vhodnými prostředky na přizpůsobení pracovního procesu pro různé typy postav, ale pracovníci této možnosti dostatečně nevyužívají.

Na základě výsledků checklistů byla vybrána 4 pracoviště k bližší ergonomické analýze, aby bylo možné identifikovat a řešit ergonomická rizika spojená s prací na těchto pracovištích a zajistit bezpečnost a zdraví zaměstnanců. Důležité je také zdůraznit, že ergonomická analýza a návrh řešení nekončí pouze na úrovni fyzického prostředí, ale zahrnuje také další aspekty, jako jsou pracovní postupy.

Na prvním pracovišti byly zaznamenány nevhodné pracovní polohy, zejména pro malé postavy, které měly problémy dosáhnout na materiál a na některé typy tepelných výměníků, když na ně umísťovali měděné rozvody. Po posouzení jednotlivých pozic metodou RULA bylo navrženo řešení, které by vyhovovalo naprosté většině zaměstnanců. Na pracoviště č. 1 navazovalo další pracoviště, kde byl vozík plněn měděnými soustavami. Zaměstnankyně zde vybírala soustavy z regálu, u kterého byly po provedení analýzy upraveny výšky polic a bylo navrženo, že vozík, do něhož se vybírají, by mohl být vybaven mechanismem pro upravení pracovní výšky.

Na druhém pracovišti, kde probíhá pájení daných soustav k výměníku, se vyskytovaly hned dva problémy. Prvním z nich bylo nedostatečné místo pro zaměstnance na jedné straně dopravníku a druhým problémem bylo příliš velké ohnutí v oblasti zad a krku při svařování malých typů výměníků. Navržená opatření zde byla dosti složitá a zpomalila by celý výrobní proces, avšak bylo by dosaženo splnění nařízení vlády a vhodných pracovních pozic díky výškově stavitelným dopravníkům.

U třetího pracoviště docházelo pouze k přesunu pozice vizuální kontroly na druhou stranu dopravníku, protože nedostatečné místo pro práci, které se vyskytovalo na druhém pracovišti, a také kvůli nevhodným rozměrům uličky, která vedla k tomuto pracovišti. Návrh opatření zahrnoval přesunutí pozice vizuální kontroly a částečné přeuspořádání procesu, jak se jednotlivé palety s jednotkami dostávají na manipulační vozík.

Poslední pracoviště spíše představovalo koncept, jak řešit určitou část montážních pracovišť u dopravníku. V návrhu řešení byly využity pneumatické zvedací nůžky, které by upravovaly výšku pracovní roviny pro zaměstnance a umožnily tak vhodnější pracovní polohy při práci. Tento koncept by bylo možné aplikovat na několik za sebou jdoucích pracovišť v oblasti montáže vnitřních dílů na jednotku. Náklady na změnu by však byly značné a tak návrh spíše

slouží jako podnět pro návrh podobných pozic na nově vznikajících výrobních linkách v podniku.

V závěru je třeba zdůraznit, že ergonomická analýza a návrh řešení pracovního prostředí jsou velmi důležité pro prevenci pracovních úrazů a nemocí z povolání. Zaměstnavatelé by měli provádět pravidelné kontroly a inspekce pracovních míst, aby bylo možné identifikovat a řešit potenciální problémy týkající se statické zátěže a náročných pracovních pohybů. Pracovníci by rovněž měli být vedeni k tomu, aby dbali na své zdraví a prevenci zranění. To může zahrnovat pravidelné protahování, cvičení a správnou ergonomickou polohu během práce. Je třeba, aby jakékoli problémy s bolestmi a zraněními byly co nejdříve nahlášeny nadřízeným, aby mohla být přijata odpovídající opatření. Investice do ergonomického řešení pracovního prostředí se mohou vrátit v podobě vyšší produktivity, nižších nákladů na zdravotní péči a především spokojených a zdravých pracovníků.

Použité zdroje

- [1] Česká republika od roku 1989 v číslech. Czso [online]. 26. 8. 2022 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ceska-republika-od-roku-1989-v-cislech-aktualizovano-2682022#05>
- [2] What Is Ergonomics (HFE)?: Definition and Applications. Iea [online]. 7.března 2022 [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>
- [3] CHUNDELA, Lubor. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3
- [4] PHEASANT, Stephen a Christine HASLEGRAVE. BODYSPACE Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work. 3. vyd. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006. ISBN 0-415-28520-8.
- [5] KROEMER ELBERT, KROEMER Katrin E., Henrike B. a KROEMER HOFFMAN Anne D. Ergonomics: How to design for ease and efficiency. 3rd edition. United Kingdom: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-12-813296-8.
- [6] BERLIN, Cecilia a ADAMS Caroline, Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance. 1rst edition. London: Ubiquity Press, 2017. ISBN 978-1-911529-13-2.
- [7] MAREK, Jakub; SKŘEHOT, Petr. Základy aplikované ergonomie. Praha: VÚBP, v.v.i., 2009, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6.
- [8] GILBERTOVÁ, S. a O. MATOUŠEK. Ergonomie – Optimalizace lidské činnosti. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN ISBN 80-247-0226-6.
- [9] SLAMKOVÁ, Eva, DULINA, Ľuboslav a TABAKOVÁ, Michaela. Ergonómia v priemysle. Žilina: GEORG, 2010. 261 s. ISBN 978-80-89401-09-3.
- [10] Ergonomie: Ergonomie pracovního místa [online]. [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/ergonomie-pracovniho-mista>
- [11] Designing an Industrial Workbench for Adjustability. Bostontec.com [online]. 2020 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z: <https://www.bostontec.com/designing-an-industrial-workbench-for-adjustability/>
- [12] BERLIN, Cecilia a Caroline ADAMS, Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance. 1rst edition. London: Ubiquity Press, 2017. ISBN 978-1-911529-13-2. cit. Brolin, E. (2013). Anthropometry. [Lecture] Chalmers University of Technology, 18th February 2013.
- [13] Zaostřeno na ženy a muže - 2021. CZSO [online]. 31.12.2021 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/142141209/3000022104.pdf/98cea2c7-7695-4214-8b17-358c899d80e2?version=1.1>

- [14] SKŘEHOT, Petr a kol. Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením. Praha: VUBP, 2009, 181 s. ISBN 978-80-86973-91-3.
- [15] TILHON, Jiří. Ergonomie v praxi: Správná praxe pro malé a střední podniky [online]. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., ve spolupráci s Ministerstvem práce a sociálních věcí, 2022 [cit. 2022-10-29]. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/produkty/publikace-ke-stazeni/ergonomie-v-praxi-spravna-praxe-pro-msp.pdf>
- [16] MALÝ, Stanislav; SVOBODOVÁ, Lenka; TILHON, Jiří, MLEZIVOVÁ, Iveta. Ergonomické stresory pod kontrolou aneb Ergonomie - jak na to. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2016. 254 s. ISBN 978-80-87676-27-1.
- [17] ŠVÁBOVÁ, Květa a kol. Vybrané kapitoly z pracovního lékařství. Díl 1, Pracovnílékařské služby, pracovní prostředí, nemoci z povolání, ergonomie. První vydání. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 104 stran. ISBN 978-80-87023-32-7.
- [18] THE IMPACT OF ERGONOMICS: ON PRODUCTIVITY, LEAN PROCESSES, AND WORKER WELLBEING. BOSTONtec [online]. 2021 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.bostontec.com/wp-content/uploads/2021/09/Impact-of-Ergonomic-Principles-on-Productivity.pdf>
- [19] Industrial and Office Ergonomics Design Checklists. Ergo-plus.com [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/design-checklist-download/>
- [20] BROWN, Stephanie. Minimise Manual Handling and Lifting Injuries in Schools. Epm [online]. 21.06.2021 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://blog.epm.co.uk/health-safety/minimise-manual-handling-and-lifting-injuries-in-schools>
- [21] BUREŠ, Marek. ŽIVDIG: Tvorba a optimalizace pracoviště, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.
- [22] Fyziologické faktory: Fyzická zátěž - manipulace s břemeny. Zsbozp [online]. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/fyzicka-zatez-manipulace-s-bremenym>
- [23] Nemoci z povolání. Vubp [online]. [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/nemoci-z-povolani>
- [24] FENCLOVÁ, Zdenka, HAVLOVÁ Dana, VOŘÍŠKOVÁ Michaela, URBAN Pavel, PELCLOVÁ Daniela a ŽOFKA Jan. NEMOCI Z POVOLÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2021 [online]. In: STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2022 [cit. 2022-11-15]. ISSN 1804-5960. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/cpl/nemoci_z_povolani/Hlaseni_NzP_2021.pdf
- [25] Industrial Athlete Training. Ergo-plus.com [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://attachments.convertkitcdn.com/172202/5f0202d4-c2be-46be-a0c4-722f47cabf53/Ergonomic%20Awareness%20Training%20for%20Employees%20PDF%20v%201.0.pdf>

- [26] Muskuloskeletální poruchy. Evropská agentura pro ochranu zdraví při práci [online]. [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/themes/musculoskeletal-disorders>
- [27] Rapid Upper Limb Assessment. Nawo-solution.com [online]. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://assessment.nawo-solution.com/assessment-lr.html>
- [28] MIDDLESWORTH, MARK. A Step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool [online]. 6. listopadu [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>
- [29] HLÁVKOVÁ, Jana a VALEČKOVÁ Alena. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: http://www.portalbozp.cz/wp-content/uploads/2015/01/ergonomicke_checklisty.pdf
- [30] BAUMRUK, Martin. Tecnomatix Jack 7.0: Software pro ergonomii v praxi [online]. In: Státní zdravotní ústav, 2010 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/Images/Tecnomatix_Jack_7_tcm841-117308.pdf
- [31] Tecnomatix Jack [online]. In: www.geoplms.com [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://www.geoplms.com/knowledge-base-resources/GEOPLM-Siemens-PLM-Tecnomatix-Jack.pdf>
- [32] DICZ [online]. [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: https://www.daikinczech.cz/cz_cz/index/o-dicz.html
- [33] BEEWATEC ERGONOMICS - Výškově stavitelný vozík. Youtube.com [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=iMM8LJG3ZOW>
- [34] PNEUMATIC SCISSOR LIFTS. Aircaster [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://aircaster.com/products/pneumatic-scissor-lifts/>
- [35] The Benefits of Workplace Ergonomics. Ergo-plus.com [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/ergonomics-benefits-download/>

PŘÍLOHA č. 1

Ergonomický checklist

