

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ergonomie svařovacích stolů pro svařování mřížových roštů

2021/2022

Bc. Vojtěch Jindra

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch JINDRA**
Osobní číslo: **S20N0049K**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Ergonomie svařovacích stolů pro svařování mřížových roštů**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do řešené problematiky
2. Charakteristika výrobního systému
3. Analýza procesů na 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. KROEMER-ELBERT, Katrin, KROEMER, Henrike, KROEMER-HOFFMAN, Anne. *Ergonomics-How to design for ease and efficiency*. 3rd edition. Elsevier Science Publishing, 2018, 756 s. ISBN 978-0-128-13296-8.
2. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: ČVUT, 2013, 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
3. ČAPEK, Lukáš, HÁJEK, Petr, HENYŠ, Petr a kol. *Biomechanika člověka*. Praha: GRADA Publishing a.s., 2018. 208 s. ISBN 978-80-271-0367-6.
4. STRIANO, Philip. *Cvičení pro zdravá záda – anatomie*. Brno: CPRESS, 2017. 160 s.
5. BUREŠ, Marek. *ŽIVDIG : Toorba a optimalizace pracoviště*, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.

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

Konzultant diplomové práce: **Ing. Zdeněk Barvíř**
MEA Metal Applications s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **20. září 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

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

V Plzni dne 20. září 2021

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

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. JINDRA	Jméno Vojtěch
STUDIJNÍ OBOR	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management	
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KPV	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
NÁZEV PRÁCE	Ergonomie svařovacích stolů pro svařování mřížových roštů	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	59	TEXTOVÁ ČÁST	59	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Tato diplomová práce se zabývá návrhem ergonomického svařovacího pracoviště a výškově polohovatelného stolu. Hlavním cílem byla analýza stávajícího stavu svařovacího pracoviště ve firmě MEA a návrh nového typu svařovacího stolu, který by byl polohovatelný a levný na výrobu. Dále se navrhla možná zlepšení svařovacích přípravků a byl navržen nejlepší způsob odsávání plynů, které vznikají při svařování.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Stůl, Ergonomie, polohovatelný stůl, odsávání, svařovací přípravky, pracovní poloha

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Bc. JINDRA	Name Vojtěch
FIELD OF STUDY	N0715A270012 Industrial Engineering and Management	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš Ph.D.	Name Marek
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	
TITLE OF THE WORK	Ergonomics of welding tables for welding gratings	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	59	TEXT PART	59	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This diploma thesis is focused on proposal of ergonomical welding workplace and height adjustable welding table. Main goal was to analyze current state of the welding workplace in company MEA and design of a new type of welding table, that could be height adjustable and cheap to produce. Also, there are suggested possible improvements of welding jigs and furthermore there is suggested a better solution for extraction of gases produced during welding process.
KEY WORDS	Table, Ergonomics, Height adjustable table, Gas extraction, Welding jigs, Work position

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za odborné vedení práce, ochotu a cenné rady. Dále také děkuji Ing. Zdeňku Barvířovi za poskytnuté zdroje informací a odbornou konzultaci. V neposlední řadě děkuji členům své rodiny a také všem, kteří mi při psaní Diplomové práce pomohli.

Obsah

Úvod.....	1
1 Úvod do řešené problematiky.....	2
1.1 Zlepšování pracovišť.....	2
1.2 Antropometrie a rozměry těla pro projektování.....	6
1.3 Pracovní polohy.....	8
1.4 Výška pracovní roviny.....	14
1.5 Manipulace s břemeny.....	16
1.6 Osvětlení.....	19
1.7 Software Tecnomatix Jack.....	22
2 Charakteristika výrobního systému.....	25
2.1 MEA Metal Applications.....	25
2.2 Pracoviště svařování.....	28
3 Analýza stávajícího stavu.....	31
3.1 Analýza pracovní polohy.....	31
3.2 Problematika přípravků.....	36
3.3 Analýza pracovního prostředí.....	38
4 Návrh řešení.....	39
4.1 Analýza výškově nastavitelného stolu.....	39
4.2 Návrh zajištění přípravků.....	46
4.3 Porovnání možností odvětrání.....	49
5 Zhodnocení navrhovaných řešení.....	51
5.1 Porovnání cen polohovatelných stolů.....	51
5.2 Nové možnosti přípravků.....	53
5.3 Porovnání tří druhů filtračně-ventilačních jednotek.....	54
6 Závěr.....	57

Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Otevřený systém člověk – prostředí – stroj [3]	3
Obrázek 1-2: Cíl racionalizace [4]	4
Obrázek 1-3: Ukázka štíhlého pracoviště [6]	5
Obrázek 1-4: Ukázka různorodosti lidského těla [7]	6
Obrázek 1-5: Percentilový graf [7].....	7
Obrázek 1-6: Pohyby trupu při pracovních úkonech [8].....	8
Obrázek 1-7: Zobrazení správného sedu [10]	10
Obrázek 1-8: Zobrazení nevhodných pracovních poloh [10].....	11
Obrázek 1-9: Kategorie pracovních pohybů – dosahy 1 [10]	12
Obrázek 1-10: Kategorie pracovních pohybů – dosahy 2 [10]	13
Obrázek 1-11: Výška pracovní roviny [10].....	15
Obrázek 1-12: Omezení ruční manipulace pro muže [13]	17
Obrázek 1-13: Zvedací plošina a kuličková trať [13]	19
Obrázek 1-14: Jednotky jednotlivých světelných veličin a jejich vzájemná vazba [14]	20
Obrázek 1-15: Možnosti odrazu světla v kanceláři [14]	21
Obrázek 1-16: Ukázka uživatelského prostředí softwaru Tecnomatix Jack [16].....	22
Obrázek 1-17: Zobrazení zorného pole a dosahů modelu [16]	23
Obrázek 2-1: Sídlo firmy MEA v Plzni [17].....	25
Obrázek 2-2: Logo firmy MEA [17]	26
Obrázek 2-3 - Příklad svařovaného mřížového roštu [17]	26
Obrázek 2-4: Layout výrobní haly MEA JVA II [18].....	27
Obrázek 2-5: Layout svařovacích pracovišť [18].....	28
Obrázek 2-6: Fotografie starého svařovacího stolu [Interní archiv]	29
Obrázek 2-7: Standardizované svařovací pracoviště [Interní archiv]	30
Obrázek 3-1 - Foto reálného pracoviště [Interní archiv].....	31
Obrázek 3-2 - Nastavení softwaru Tecnomatix JACK [Interní archiv]	32
Obrázek 3-3 - Model pracoviště se starým typem stolu [Interní archiv]	33
Obrázek 3-4 - Výsledek analýzy RULA pro starý stůl [Interní archiv].....	33
Obrázek 3-5 - Výsledky analýzy Lower Back Analysis pro starý stůl [Interní archiv].....	34
Obrázek 3-6 - Model simulace standardizovaného stolu [Interní archiv].....	34
Obrázek 3-7 - Výsledek analýzy RULA pro standardní stůl [Interní archiv]	35
Obrázek 3-8 - Výsledek analýzy Lower back analysis pro standardní stůl [Interní archiv]	36
Obrázek 3-9 – Starý typ svařovacího přípravku 1 [Interní archiv]	36
Obrázek 3-10 - Starý typ svařovacího přípravku 2 [Interní archiv].....	37
Obrázek 3-11 - Příklad odsávací digestoře [21].....	38
Obrázek 4-1 - Svařovací stůl Professional 750 od firmy Siegmund [22]	40
Obrázek 4-2 - Ergonomický svařovací stůl [Interní archiv]	41
Obrázek 4-3: Výkres sestavy interně konstruovaného stolu [Interní archiv].....	42
Obrázek 4-4: Rozvržení modelu polohovatelného stolu v simulačním prostředí [Interní archiv]	43
Obrázek 4-5: Výsledek analýzy RULA na polohovatelném stole [Interní archiv].....	44
Obrázek 4-6: Výsledek analýzy Lower Back Analysis na polohovatelném stole [Interní archiv].....	44
Obrázek 4-7: Ukázka setu DL2 od firmy LINAK [23]	45
Obrázek 4-8: Ukázka výškově nastavitelné nohy od firmy SIEGMUND [22].....	46
Obrázek 4-9: Příklady kontrolních přípravků [Interní archiv]	47
Obrázek 4-10: Příklad rotačního přípravku [Interní archiv]	47

Obrázek 4-11:Jednoduché přípravky: Vlevo nahoře držák hubice, vpravo nahoře držák Úhlové brusky, vlevo dole posuvný doraz, vpravo dole upínací čep [Interní archiv]	48
Obrázek 4-12:Příklad odsávacího systému od firmy B TECHNIK s.r.o. [24].....	49
Obrázek 4-13:Příklad filtračně-ventilační jednotky [Interní archiv].....	50
Obrázek 5-1: Obrázek svařovacího stolu od firmy ALFA IN [25]	51
Obrázek 5-2: Polohovatelný svařovací stůl vlastní konstrukce [Interní archiv.]	52
Obrázek 5-3: Obrázek nových typů přípravků [Interní archiv].....	53
Obrázek 5-4: Filtračně ventilační oblek od firmy CleanAIR [26]	54
Obrázek 5-5: Svařovací set od firmy KOWAX [27].....	55
Obrázek 5-6: Svařovací kukla od firmy Kühnreiter [28]	55

Seznam tabulek

Tabulka 1-1: Tabulka porovnání výhod sedu a stoje	10
Tabulka 1-2: Tabulka mezních sil [13]	18
Tabulka 3-1: Tabulka časů upnutí roštů do starých svařovacích přípravků.....	37
Tabulka 5-1: Tabulka rozdílů mezi filtračními jednotkami	56
Tabulka 5-2: Tabulka určení váhy kritérií metody Vícekriteriálního rozhodování	56

Úvod

V dnešní moderní době, kdy se čím dál více implementují techniky a metody Průmyslu 4.0, se stává nutností, aby průmyslové podniky kladly co možná největší hodnotu zefektivňování své výroby. Zefektivňování procesů je dnes nutné zejména k tomu, aby se daly stále zvyšovat zisky. Zároveň jsou dnes již technologie na takové úrovni, že touto cestou se již zisky zvyšují jen v menší míře. Dále se zdražují energie, mzdy, náklady na pohonné hmoty a další náklady spojené s průmyslovou výrobou. Proto má zefektivňování výroby největší vliv na to, jaký bude mít firma zisk. Důležitým podnětem k vypracování této práce je možnost zlepšit pracovní podmínky zaměstnancům, udělat jim práci jednodušší s menšími nároky na fyzickou zátěž, ale i na komfort práce. Předpokládá se, že díky tomu budou zaměstnanci chodit do práce raději a budou odvádět kvalitnější práci. Dále by se mohla snížit náchylnost k pracovním úrazům a nemocem z povolání.

Toto téma bylo zvoleno také proto, aby na svařovacích pracovištích došlo k výraznému zvýšení efektivity výroby. Protože svařovací stoly, přípravky i styl odsávání odpovídaly ve výrobě spíše standardům minulého století než toho současného. Dále se dnes již dají nalézt a implementovat technologie, které dokážou zjednodušit pracovní zátěž zaměstnancům. Velkou měrou se na této práci podílejí poznatky z ergonomie. Tyto poznatky je totiž nutné aplikovat, aby se dalo navrhnout ideální pracovní prostředí pro velké množství pracovníků. Cílem této práce je tedy vytvořit hlavně výškově nastavitelný svařovací stůl, dále vymyslet lepší možnosti pro výrobu a konstrukci svařovacích přípravků, a nakonec také pokud možno vyřešit problém s odsáváním plynů vznikajících při svařování.

Díky poznatkům získaným z dalších kapitol bude možné navrhnout ideální variantu svařovacích pracovišť.

1 Úvod do řešení problematiky

V rámci této kapitoly budou nejprve přiblíženy základní vědy, které se zabývají zlepšováním pracovišť, jako jsou ergonomie, racionalizace a štíhlá výroba. Dále bude představeno, jaký vliv na návrh ideálního pracoviště má Antropometrie a co vše je třeba brát v potaz ohledně lidského těla. V další části budou probrány pracovní polohy jako takové, podmínky pro práci a určení rizik. Také zde budou probrány výhody práce v sedě a stoje a budou zde představeny i manipulační zóny. Bude zde probrána i problematika výšky pracovní roviny. Kolik prostoru by kolem sebe měl pracovník mít nebo jaké jsou zorné vzdálenosti. V neposlední řadě budou představeny podmínky pro manipulaci s břemeny, podmínky osvětlení pracovišť, jehož intenzita se mění dle prostředí a druhu práce. Závěrem bude představen software Tecnomatix Jack, což je simulační software, který pomáhá s návrhem ergonomických pracovišť.

1.1 Zlepšování pracovišť

Se zlepšováním pracovišť souvisí více než co jiného ergonomie. Ergonomie je totiž jedním z nejdůležitějších parametrů pro výkonnost pracoviště. Pomáhá, aby na něm byly všechny potřebné pracovní pomůcky dobře přístupné a jednoduše dosažitelné. V neposlední řadě je důležité, aby bylo pracoviště ve správné výšce pro každého zaměstnance, který by na daném místě měl provádět své pracovní úkony. Všechny úpravy, které se pojí s ergonomií totiž významně zefektivní a urychlí následnou výrobu, která bude na pracovišti probíhat.

Dalším stejně důležitým parametrem je racionalizace, která vypomáhá se snižováním nákladů a zvyšováním zisků. Racionalizace je pevně provázána se štíhlou výrobou.

Ergonomie

V historii se ergonomie objevuje v souvislosti s prací. Ať už se jednalo o úpravu náradí, volbu nástroje dle hmotnosti nebo rozměru či jakoukoliv modifikaci zbraně. Z toho plyne, že ergonomie tu byla vždy, ale nebyla to samostatná oblast. V posledních 80 letech zaznamenala ergonomie ohromný vývoj.

Již za 2. světové války se začalo s navrhováním výrobků s ohledem na lidská omezení a schopnosti. Největším vývojem prošel letecký průmysl, kde došlo ke změnám kokpitů letadel tak, aby bylo rozmístění ukazatelů logické. Dále došlo k seskupování podobných funkcí v kokpitu letadla dohromady. Tyto změny proběhly z toho důvodu, že nepřehledný kokpit byl důvodem mnoha leteckých nehod. [1]

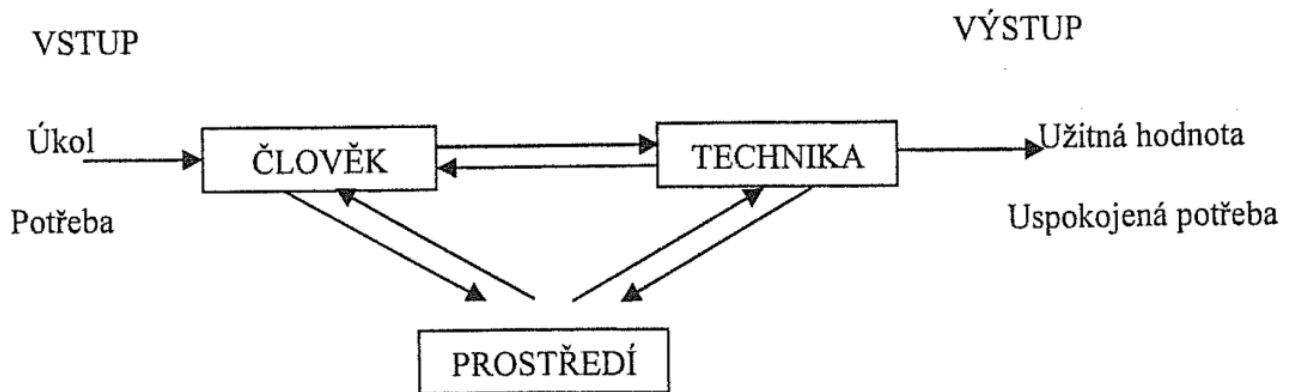
Během studené války došlo k rozmachu výzkumných laboratoří. Rozšiřováním pracovišť, které vznikly v průběhu druhé světové války, a podporou univerzit z armádní strany se výzkum postupně dostal i do výzkumných stanic a jiných systémů. Jelikož začal průmyslový boom, tak se zaměření změnilo z výzkumu na poradenství pro podniky, které stroje navrhovaly. Kolem roku 1965 tak došlo k obrovskému rozkvětu ergonomie. Ve velkém se začala využívat v automobilovém průmyslu, hlavně v Americe, ale i jinde ve světě. [1]

Dalším milníkem byla informační revoluce a vynalezení počítačových systémů. Tím, jak lidé stále více pracovali s počítači, se více projevovaly zdravotní problémy s tím spojené, a to stálo za dalším posunem v oblasti ergonomie práce. [1]

V posledních třiceti letech se ergonomie stala opravdovou a nepostradatelnou vědní disciplínou. Prolíná se v ní práce průmyslových inženýrů, praktických lékařů, bezpečnostních inženýrů a mnoha dalších, kteří studují jak „kognitivní ergonomii“ (lidské chování, rozhodovací procesy,

vnímání ve vztahu k návrhu atd.), tak i „průmyslovou ergonomií“ (fyzické aspekty pracoviště, fyzické schopnosti člověka atd.). [1]

Práce je základní podmínkou lidské existence a v minulosti se podílela na vývoji lidského druhu. Dříve se prostoru, vybavení pracoviště a vzájemné interakci člověka a pracovní činnosti dostávalo minimum pozornosti. Dnešní implementace technických řešení do pracovních procesů, zahrnující mechanizaci, automatizaci a robotizaci pracovišť, přináší nové vztahy mezi člověkem a výrobou. Tyto změny přispěly ke studiu lidské práce a k interdisciplinární koordinaci biologických, technických a psychosociálních metod zabývajících se zkoumáním lidské pracovní činnosti. Vznikl tak nový vědní obor – ergonomie. Náplní oboru je studium systému člověk – prostředí – stroj [Obr. 1-1].



Obrázek 1-1: Otevřený systém člověk – prostředí – stroj [3]

Ergonomie je věda, která se pokouší o sloučení vyšší produktivity práce s pracovní psychickou a fyzickou pohodou pracovníků při pracovní činnosti. Ergonomie je obor zabývající se vztahem člověka a práce, který využívá poznatky z nejrůznějších oborů biologických, psychologických a technických. Radí se sem poznatky z biomechaniky, hygieny práce, fyziologie práce i řízení a normování. Cílem ergonomie je, aby se lidé při práci cítili pohodlně, neničili si zdraví a pracovali efektivněji. Efektivní práce představuje optimální organizaci práce a uspořádání pracoviště. [2]

Racionalizace

Cílem racionalizace je maximalizovat zisk při minimalizaci nákladů. To znamená, že se pokouší o zvýšení produktivity práce až na takovou úroveň, kterou si při momentálních podmínkách nedokážeme ani představit. [4]



Obrázek 1-2: Cíl racionalizace [4]

Využití racionalizace začíná být nutné v případě, kdy je třeba snižovat náklady na výrobu v reakci na vývoj trhu. Samotná racionalizace rozlišuje pracovní proces na tři druhy. [4]

Prvním druhem je práce s přidanou hodnotou. Jedná se o činnost, díky které získává výrobek přidanou hodnotu. Je to činnost, kterou je zákazník ochoten zaplatit. Příkladem této práce jsou výrobní operace. [4]

Druhým druhem činností je skryté plýtvání. Zde se jedná o činnost, která sice nepřidává výrobku přidanou hodnotu, ale je potřebná pro činnosti s přidanou hodnotou. Příkladem tohoto plýtvání je výměna hotového výrobku za další polotovary v pořadí, výměna nástroje atd. [4]

Třetím druhem činností je zjevné plýtvání. Toto je nejhorší, nicméně zároveň i nejjednodušší odstranitelný druh plýtvání. Jedná se totiž o činnost, která vůbec není nutná proto, aby se výrobku zvýšila přidaná hodnota. Příkladem těchto činností jsou nekázeň zaměstnanců, špatná organizace práce, záměrně neplánovaná přerušování výroby a další. [4]

Štíhlá výroba

Principem štíhlé výroby je snižování nákladů a pomocí toho zvyšování konkurenceschopnosti podniku na trhu. Dále se pokouší o minimalizaci plýtvání výrobních zdrojů a zvýšení výkonnosti firmy. K provedení těchto změn využívá optimalizace pracovních podmínek. Tím je myšleno především zjednodušení orientace pracovníka na pracovišti, a tedy přizpůsobení pracoviště tomuto účelu, aby pracovník nemusel dlouze přemýšlet při postupu pracovních činností a také aby nemusel přenášet těžká břemena na dlouhé vzdálenosti. Tudiž má být pro pracovníka jednoduché se na pracovišti zorientovat a přemýšlet při postupu pracovních činností. [5]

Příkladem využití principů štíhlé výroby jsou různé válečkové dopravníky pro transport součástek a výrobků mezi pracovišti, organizované regály, výškově nastavitelné pracovní stoly apod. [5]

Hlavní opatření, která se využívají pro štíhlou výrobu, jsou snižování zásob, snaha o minimalizaci čekání, eliminace nadprodukce, zajištění maximálně kvalitních výrobků, minimalizace transportu součástí mezi pracovišti a v neposlední řadě i důvěra v zaměstnance a jejich podněty pro zlepšení a zjednodušení výroby.

Důležitým principem pro štíhlou výrobu je také uvědomit si, že je nutné zavést různá opatření. Jedná se totiž o proces, který nikdy nepřestává, který se snaží o neustálé vylepšování, snižování nákladů a tím zvyšující zisky firmy. Pouze taková firma, která si toto uvědomí může nastavit skutečně štíhlou výrobu. [5]

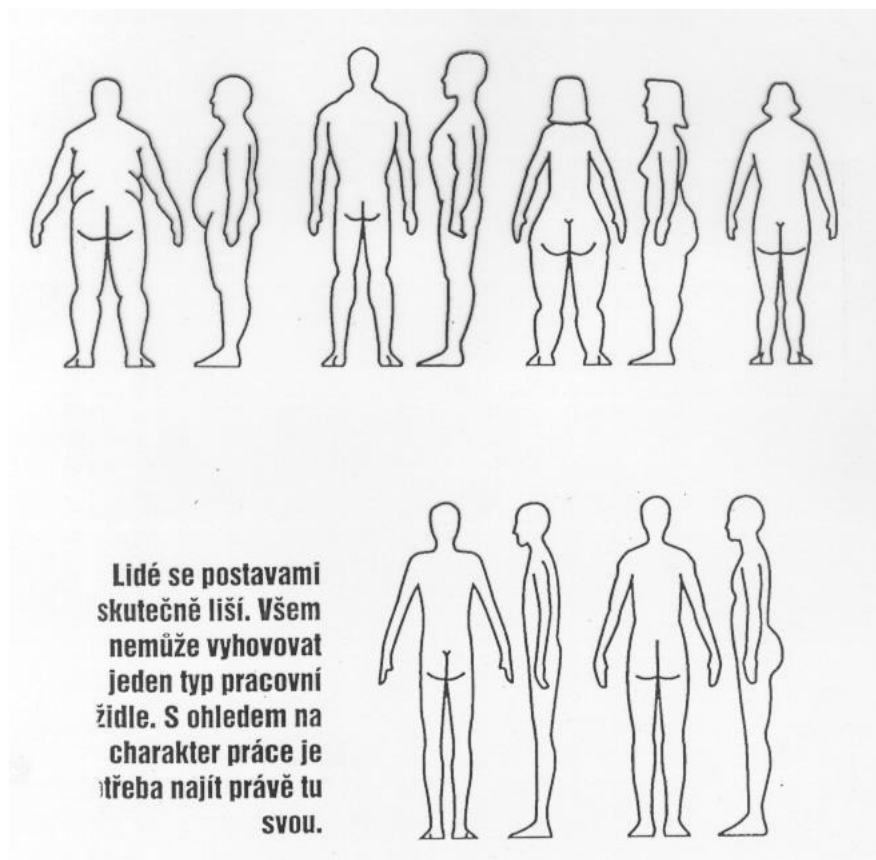


Obrázek 1-3: Ukázka štíhlého pracoviště [6]

1.2 Antropometrie a rozměry těla pro projektování

Základním krokem při projektování nového pracoviště je uvědomění si, pro koho dané pracoviště projektují, kdo zde bude vykonávat svou práci. Je totiž značný rozdíl v tom, zda bude na pracovišti vykonávat dané úkony člověk nebo robot. Pro lidské zaměstnance totiž platí různá omezení, ať už jde o to, jak daleko dosáhnou nebo jestli se musí při práci sklánět.

Lidské tělo je křehké a náchylné na opakované zatížení v pro něj nepřírodných polohách. Pokud je lidské tělo nuceno dlouhodobě pracovat v nepřírodných polohách, mohou se u něj začít vyskytovat různé nemoci z povolání. A to si žádný rozumný zaměstnavatel u svých zaměstnanců nepřeje. Zároveň však je také každé lidské tělo jiné. Jsou lidé se vzrůstem malým i velkým, tvarem postavy silní i atletičtí. Také je třeba brát ohled na to, zda na nově navrhovaném pracovišti budou pracovat muži nebo ženy. [Obrázek 1-4]



Obrázek 1-4: Ukázka různorodosti lidského těla [7]

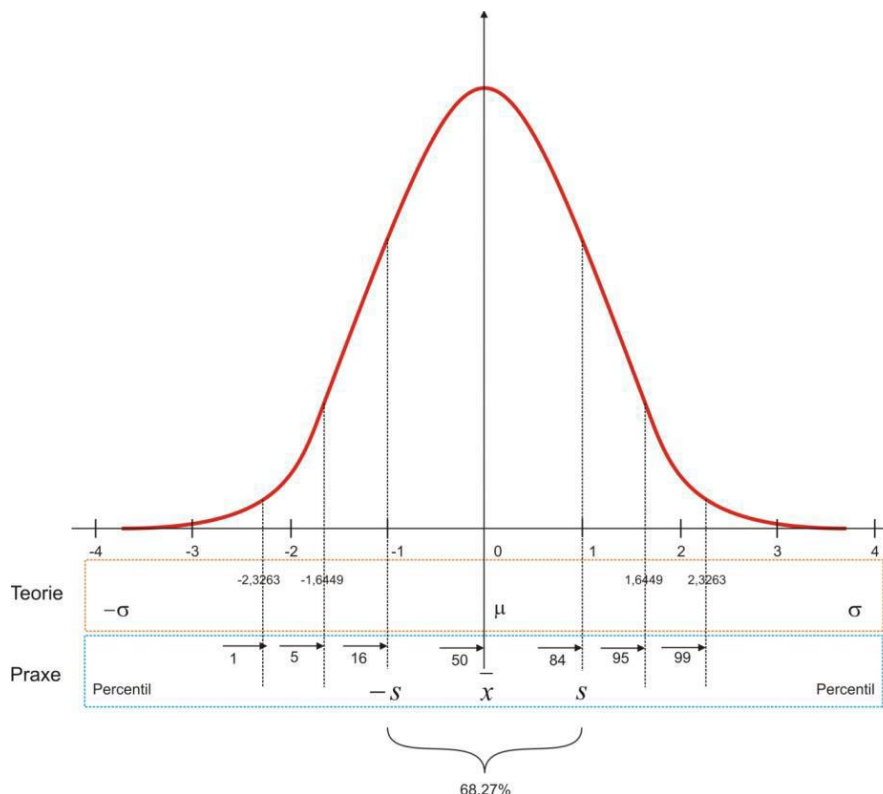
Dalšími důležitými parametry, které se musí brát v úvahu, jsou části oblečení, které budou mít pracovníci na sobě při vykonávání požadovaných úkonů. Například pracovní obuv pomůže se zvýšením potřebné výšky pracovní polohy o 4 cm.

Percentil

Percentil v antropometrii udává, kolik procent populace má nižší nebo vyšší vzrůst, než je udaný rozměr. Toto se zjišťuje na základě tzv. Normálního neboli Gaussova rozdělení.

Gaussovo rozdělení:
$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt$$

Například pátý percentil znamená, že 5 % populace má menší rozměr, než je udávaná hodnota a naopak 95. percentil udává, že pouze 5 % populace má větší rozměr.



Obrázek 1-5: Percentilový graf [7]

Výpočet Percentilu se poté vypočítá pomocí vzorce:

$$K_{\text{Percentil}} = x \pm Z_{\text{Percentil}} \times s$$

Kde:

- $K_{\text{Percentil}}$ – vlastní tělesná výška
- x – střední hodnota tělesné výšky
- $Z_{\text{Percentil}}$ – hodnota z tabulky pro normální rozdělení
- s – standardní odchylka tělesné výšky [7]

1.3 Pracovní polohy

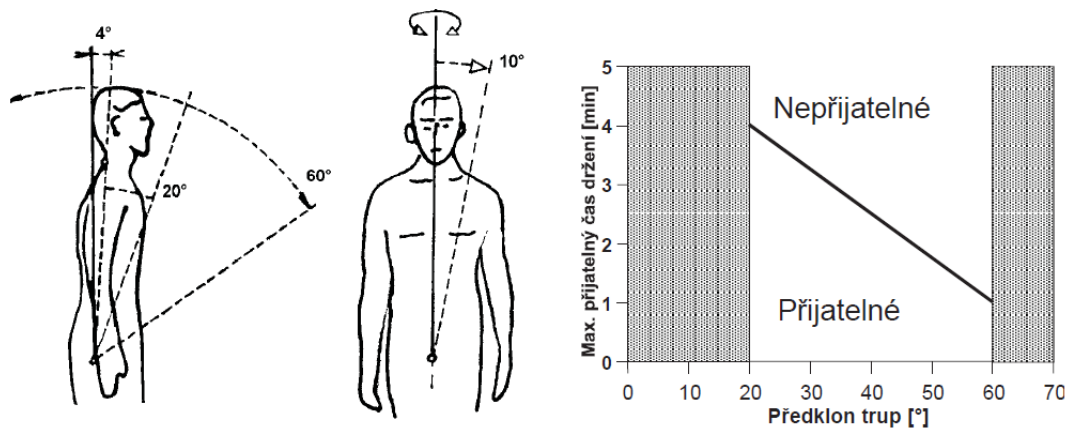
Pracovní poloha je poloha těla, v níž je daná práce vykonávána. V jakékoliv pracovní poloze musí být zajištěna dostatečná stabilita celého těla a je nutné zabránit nadměrnému zatěžování těla.

Pracovní polohy se řadí do skupiny biologických činitelů v rámci rizikových faktorů pracovišť. Mezi tyto faktory se dále spolu s pracovními polohami řadí celková fyzická zátěž, lokální svalová zátěž a ruční manipulace s břemeny. [8]

Jedním z hlavních rizik, která vznikají při špatně nastavené pracovní pozici, je riziko zdravotní. Toto riziko se hodnotí, pokud zaměstnanec pracuje pomocí nějakých opakovaných úkonů, při kterých si nemůže zvolit různorodou pracovní polohu, ale která je přímo závislá na konstrukci stroje, uspořádání prostoru na pracovišti nebo přímo uspořádáním místa, na kterém vykonává svoji pracovní činnost. [8]

Zdravotní rizika jsou hodnocena pohyby trupu jako:

- Přijatelná
- Podmíněně přijatelná
 - o Předklon trupu 40° - 60° bez opory trupu
 - o Záklon trupu s oporou těla
 - o Výrazný úklon či rotace větší než 10° a menší než 20°
- Nepřijatelná
 - o Předklon trupu větší než 60°
 - o Záklon bez opory celého těla
 - o Výrazný úklon či pootočení trupu větší než 20° [8]



Obrázek 1-6: Pohyby trupu při pracovních úkonech [8]

Stejně jako u zdravotních rizik, tak i pracovní polohy se rozdělují na:

- Přijatelné
 - o Zdravotní riziko je nízké nebo zanedbatelné pro zdravé dospělé osoby, nejsou třeba úpravy
- Podmíněně přijatelné
 - o Existuje zvýšené zdravotní riziko, pro celou skupinu pracovníků, je třeba ho co nejdříve zanalyzovat a snížit, případně přijmout vhodná opatření
- Nepřijatelné
 - o Příliš velké riziko zranění všech pracovníků, je nutné přepracování pracovního prostoru [7]

Pro pracovníky v nepříjemné poloze platí, že mohou v této pozici pracovat nejvýše 30 minut z času běžné směny. Zároveň však tato činnost nesmí být delší než 1 až 8 minut najednou. [7]

Pro podmíněně přijatelnou pracovní polohu platí, že práce v této poloze nesmí být delší než 160 minut za směnu. Zároveň i zde platí, že jednotlivé úkony v této poloze nesmí přesáhnout rozmezí 1 až 8 minut, v návaznosti na typ pracovní polohy. [7]

Pokud se přeci jen není možno vyhnout práci v nepříjemných a podmíněně přijatelných polohách, a navíc v těchto polohách zaměstnanci pracují déle, než dovolují hygienické normy, pak musí být nastaveny bezpečnostní pěti až deseti minutové přestávky po každých dvou hodinách práce. Případně musí zaměstnavatel zajistit střídání činností nebo pracovníků. [7]

Základem správně navržené pracovní polohy je znalost pohybů, které budou na daném pracovišti zaměstnanci vykonávat. Díky správně zdokumentovaným pohybům je totiž poté možnost snížit čas daného pracovního úkonu, zvýšit výkonové normy, výrobní kapacity a další parametry výroby. Pracovní poloha má být optimální a přímočará v závislosti na materiálových tocích, pohybech pracovníků, ploše pracovního prostoru, velikosti zásob atd.

Layout pracoviště, nebo také prostorové uspořádání pracoviště, má velký vliv na efektivitu celého podniku. Spadá sem uspořádání jednotlivých výrobních oddělení, pracovních stanic, nástrojů, strojů, kde je kladen velký důraz na pohyb práce. Podstatou prostorového uspořádání je účelné rozmístění výrobního zařízení tak, aby pracovník měl co nejlepší podmínky pro výkon své práce. [2]

Obecně lze říct, že pracovní podmínky a pracovní prostředí musí být přizpůsobeno zaměstnanci, protože jedině tak lze dosáhnout trvale vysoké úrovně osobní výkonnosti a tím i efektivnosti celého podniku. Proto musí podnik zaměstnanci zajistit především:

- Vhodnou pracovní polohu
- Vhodné zorné podmínky pro práci
- Vhodnou výšku pracovní plochy
- Vhodné pohybové prostory
- Bezpečný přístup na pracoviště a bezpečnost při práci [9]

Pracovní polohu můžeme všeobecně rozdělit na polohu vsedě, vstoje, vkleče, vleže nebo jejich kombinaci. Jako fyziologicky nejvýhodnější polohu můžeme označit sed. Je to hlavně díky tomu, že je méně energeticky náročný a zároveň při něm nejsou dolní končetiny trvale zatíženy. Hlavní zásadou při práci vsedě (na pracovním sedadle) je sedět vzpřímeně, využívat zádové opěry, opěrky šíje, hlavy a loktů, aby jednotlivé končetiny svíraly tupé úhly (noha – bérce – stehna – trup – paže – předloktí – ruka), a mít správně nastavenou výšku sedadla. [10]

Nicméně praxe ukazuje, že se lidé při práci vsedě hrbí, ať již z důvodu vykonávané pracovní činnosti (např. práce spojená s telefonováním nebo ručním psaním), nebo například kvůli zrakovým vadám (krátkozrakost nutící přibližovat hlavu k monitoru).

Následující obrázek popisuje správnou polohu vsedě při různých pracovních činnostech. [Obrázek 1-7]



Obrázek 1-7: Zobrazení správného sedu [10]

Stoj je však stále pro některé práce nenahraditelný. Nevýhodou této pracovní pozice je to, že může být příčinou některých nemocí, jež mohou vzniknout jeho důsledkem, jako ploché nohy. Tyto problémy vznikají hlavně z predispozic člověka, jelikož lidské tělo není stavěné na to, aby bylo schopné dlouhodobě snášet trvalé zatížení. [10]

Porovnání výhod sedu a stoje nalezneme v tabulce níže. [Tabulka 1-1]

Tabulka 1-1: Tabulka porovnání výhod sedu a stoje

Výhody sedu	Výhody stoje
Menší statické zatížení a energetický výdej	Možnost střídání poloh
Jemnější a přesnější pohyby	Vyvinutí větší síly
Odlehčení nohou	Větší dosah končetin
Využívání činnosti nohou	Možnost střídání pracovišť
Větší soustředění	Možnost rychlého úniku
Odpočinek při mikro pauzách	Větší bdělost

O tom, zda bude pro danou činnost na pracovišti výhodnější sed nebo stoj, rozhoduje více než co jiného charakter vykonávané práce. Pro stoj se rozhodujeme u prací, které obsahují činnosti typu:

- Zvedání více než 5 kg pro muže nebo 3 kg pro ženy
- Práce pod úrovní lokte (balení)
- Sahání do větší vzdálenosti
- Častý pohyb

Pro sed jsou na druhou stranu výhodnější činnosti:

- Lehká montáž s opakovanými úkony
- Přesná manipulace
- Vizuální kontrola a monitorování
- Častý pohyb

Jak je možné si povšimnout výše, sed je výhodnější pro práci, při které potřebujeme pracovat přesně a v klidu a stoj naopak můžeme využít pro těžší manipulace. Nicméně jako nejzdravější možnost při práci je možnost sed a stoj střídat. [10]

Jako zcela nevhodné polohy můžeme označit práci v dlouhodobém předklonu, záklonu, úklonu, v podřepu a kleku. Dále je nevhodný trvalý stoj na místě nebo práce s rukama nad hlavou. Výjimkou není ani dlouhodobé držení náradí, předmětů, břemen a materiálů v nevhodných polohách. [Obrázek 1-8]



Obrázek 1-8: Zobrazení nevhodných pracovních poloh [10]

Mezi nevhodné polohy můžeme zařadit také polohy s velkým předklonem, bočním vychýlením, otočením hlavy a trupu. Také se mezi ně počítají polohy, kde jsou ruce natažené nebo nad úroveň ramen a hlavy. [10]

Výše zmíněné nevhodné polohy mají velký podíl na případných svalově kosterních poškozeních. V Evropské unii je více než 50 % všech pracovníků vystaveno bolestem způsobených únavnými pohyby při krátkodobých opakovaných úkolech. Zároveň je známo, že cca třetina všech pracovníků je vystavena po dobu více než poloviny pracovní doby únavným nebo bolestivým polohám. [7]

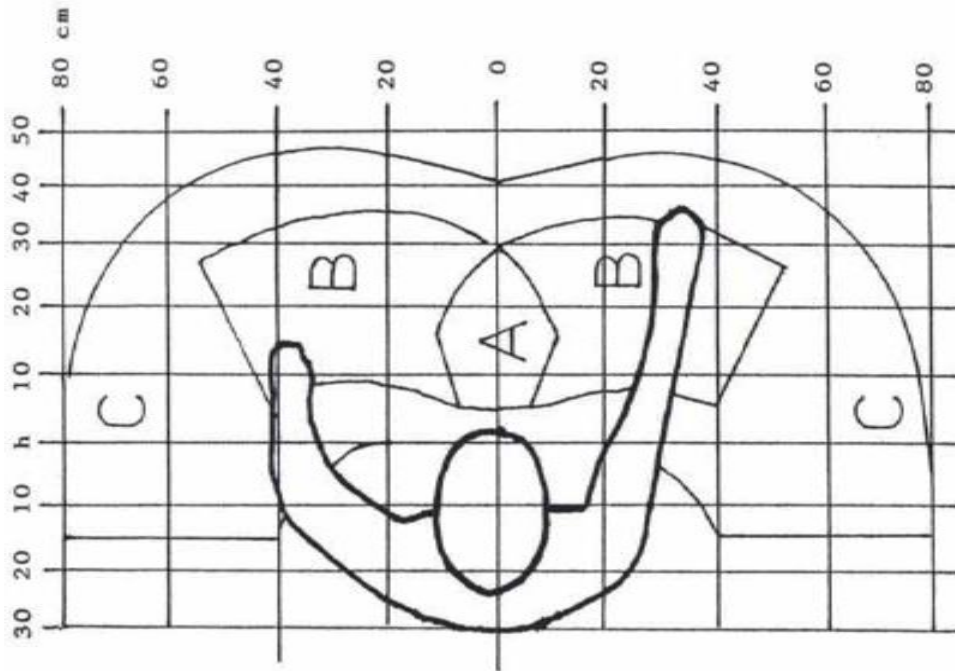
Manipulační zóny

Pracovní pohyby je potřeba vykonávat v takové míře a v takovém rozsahu, aby nedocházelo k přetěžování používaných svalových skupin.

Pokud se mají při práci používat obě ruce, zajistíme rovnoměrné zatížení obou končetin. Ruce musí být při práci vsedě v takové výškové poloze a dosahovat do takových vzdáleností, abychom nepřetěžovali používané svalové skupiny. [11]

Oblasti dosahů jsou:

- **Oblast A** – Časté (20x až 40x za osmihodinovou směnu), přesné pohyby
- **Oblast B** – Pohyby obou předloktí při manipulaci s předměty a nástroji bez nutnosti změny základní pracovní polohy nebo mírné předklánění či pohyb do stran
- **Oblast C** – maximální dosah méně časté a pomalejší pohyby a nutnost otáčení trupu

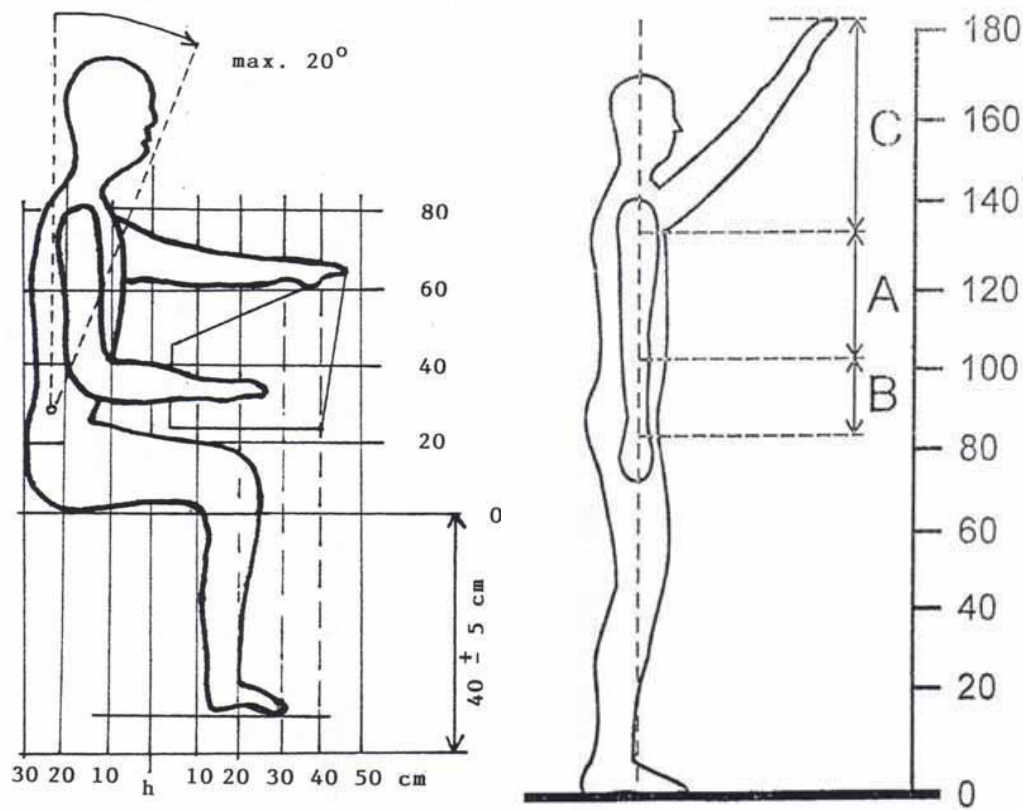


Obrázek 1-9: Kategorie pracovních pohybů – dosahy 1 [10]

Při vykonávání pracovních pohybů se nesmí narážet do okolních předmětů nebo jiným způsobem zvyšovat riziko mechanického poranění. Tato skutečnost navíc odvádí pozornost pracovníka od vlastní práce.

Pracovní pohyby mají být rytmické, plynulé, po přímých dráhách. Změna směru a rychlosti pohybu má být plynulá. Společná činnost více pracovníků musí probíhat tak, aby si vzájemně nepřekáželi.

Podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb., v platném znění musí být pro jednoho pracovníka v prostoru určeném pro trvalou práci volná podlahová plocha nejméně dva metry čtvereční, mimo stabilní provozní zařízení a spojovací cesty. Šíře volné plochy pro pohyb nesmí být stabilním zařízením v žádném místě zúžena pod jeden metr. [4]



Obrázek 1-10: Kategorie pracovních pohybů – dosahy 2 [10]

Manipulační prostory rozdělujeme také do tří kategorií a to:

- Optimální
 - o Omezené dosahem předloktí, rychlé, přesné, silné a neúnavné pohyby
- Normální
 - o Omezené dosahem středu dlaně natažené paže, těžší předměty málo používané, manipulace s předměty bez nutnosti změny základní pracovní polohy
- Maximální
 - o Omezené dosahem konečků prstů natažené paže s mírným náklonem těla (do 15°)
 - o Předměty, které vyžadují zvýšenou pozornost z důvodů bezpečnosti a zdravotního poškození [10]

Kromě manipulačního prostoru se uvažuje při navrhování pracoviště i prostor zorný a pedipulační. U zorného prostoru je řešena hlavně zorná vzdálenost, osa pohledu a zorné pole. Nicméně platí, že pracovník by měl mít co nejlepší přehled nad svým pracovištěm. U pedipulačního prostoru je nejdůležitější, aby měl pracovník při práci vsedě dostatečnou možnost volného pohybu nohou vzhledem k jeho vzrůstu a dalším tělesným proporcím.

1.4 Výška pracovní roviny

Nejprve je nutné definovat, co to je pracovní prostor. Jedná se o prostor, kde je vhodné, aby byla vykonávána příslušná činnost. Pro jednoho pracovníka by měla být volná podlahová plocha při denním osvětlení minimálně 2 m². Pokud bude zaměstnanec pracovat bez denního osvětlení a s umělým ovzduším, potom musí mít k dispozici minimálně 5 m². Zároveň musí být brána v potaz i širší volné plochy, která nesmí být v žádném místě zúžena pod 1 m. [10]

Dalšími parametry, které se týkají pracovního prostoru, jsou světlá výška pracoviště a vzdušný prostor na jednoho zaměstnance.

Minimální světlá výška v prostředí, kde je denní osvětlení:

- 2,5 m při ploše menší než 50 m²
- 2,7 m při ploše menší než 100 m²
- 3 m při ploše menší než 2000 m²
- 3,25 m při ploše větší než 2000 m²

Minimální světlá výška v prostředí bez denního osvětlení a s umělým ovzduším:

- 3 m při ploše menší než 100 m²
- 3,5 m při ploše menší než 2000 m²
- 4,5 m při ploše větší než 2000 m²

Minimální vzdušný prostor při denním osvětlení:

- 12 m³ při práci vsedě
- 15 m³ při práci ve stoje
- 18 m³ při těžké tělesné práci

Minimální vzdušný prostor bez denního osvětlení a s umělým ovzduším:

- 20 m³ při práci vsedě
- 25 m³ při práci ve stoje
- 30 m³ při těžké tělesné práci

Nyní se již pozornost přesune k pracovní rovině jako takové. Jedná se o rovinu, která je proložená místem, ke kterému je možné vztáhnout nejčastěji vykonávané ruční pohyby, a ve kterém se provádí hlavní množství pracovních úkonů. Její umístění se určuje pomocí svislé vzdálenosti od podlahy. Další parametry, které se musí respektovat, jsou rozměry a hmotnost předmětu práce, požadavky na přesnost práce a zrakovou kontrolu, rozměry pracovníka. Výška pracovní roviny úzce souvisí s výškou při práci vsedě a s prostorem pro dosah končetin. Z toho důvodu je nezbytně nutné tyto aspekty posuzovat společně. [10]

Spolu s výškou pracovní roviny souvisí také zorná vzdálenost nebo kritický detail. Kritický detail označuje velikost, kterou je nutné přesně rozeznat, aby bylo možné přijmout čtenou informaci. [10]

Rozlišují se čtyři základní druhy zorné vzdálenosti:

- **A** = vzdálenost 12-25 cm, nejjemnější pracovní činnosti, nízké požadavky na sílu, vysoké na zrak, detaily do velikosti 0,2 mm
- **B** = vzdálenost 25-35 cm, nízké požadavky na sílu, střední na zrak
- **C** = vzdálenost 35-50 cm, většina prací při montáži a administrativě, střední požadavky na sílu, nižší na zrak
- **D** = vzdálenost 50-X cm, manipulace s materiálem, hrubá montáž, chůze, vysoké požadavky na sílu, nízké na zrak

Při vyšších nárocích při práci na zrak, je třeba zvyšovat i výšku pracovní roviny. Je to z toho důvodu, aby nedocházelo k zaujímání nevhodných pozic. Minimální výška, kterou by měla pracovní rovina mít je 60 cm. Výška pracovní roviny je rovna výšce manipulační roviny pouze tehdy, pokud pracovník pohybuje s předměty vyššími než 5 cm. [10]

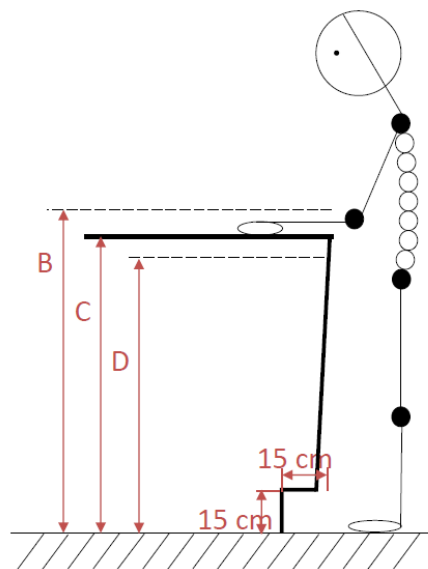
Vzorec pro výpočet pracovní roviny pro stoj:

$$V_{r, stoj} = (V_T \times 0,6) + V_P$$

- V_r ... Výška pracovní roviny [cm]
- V_T ... Výška těla [cm]
- V_P ... Výška podpatku [cm]

Výška pracovní roviny pro stoj se poté standardně člení na tři druhy. Rozměry pro muže a ženy se různí. Pro muže se bere jako standardní výška 175 cm (pro ženy 165 cm). Výšky pracovní roviny dle zorné vzdálenosti jsou potom: [10]

- **B** = 105-115 (100-110) cm
- **C** = 95-100 (90-95) cm
- **D** = 80-95 (75-90) cm



Obrázek 1-11: Výška pracovní roviny [10]

Pokud dochází při výrobě k práci s předměty těžšími než 2 kg, potom se výška pracovní roviny musí snížit o 100-200 mm. V případě, že se pracuje s drobnými předměty, tak se musí naopak pracovní rovina zvýšit o 100-200 mm. [10]

Z výše napsaného je jasné, že se musí při návrhu výšky pracovní roviny používat logické uvažování a zdravý selský rozum. Pokud se tyto dva zdroje používají, lze nalézt ideální pozici pro každé pracovní místo.

1.5 Manipulace s břemeny

V této kapitole budou sděleny poznatky ohledně manipulace s materiálem. Tato činnost totiž připadá na každé pracoviště. Manipulaci s břemeny je možné chápat jako přepravu, přenášení, zvedání, pokládání, strkání, tahání, posunování, přemísťování. Jako manipulace s břemeny se uvažuje činnost, při které může dojít k poškození nebo onemocnění páteře z nadměrné jednostranné zátěže pracovníka. Mezi Ruční manipulace s břemenem se počítá i přenášení živého břemene nebo jeho zvedání. [8]

V dnešní době se manipulace s břemeny počítá mezi jedno z nejaktuálnějších témat při optimalizaci pracovišť. Přestože se díky zvyšující automatizaci snižují počty ruční manipulace, tak se odhaduje, že až 50 % poranění páteře v průmyslu je zapříčiněno nesprávnou manipulací s břemeny. [13]

Na ruční manipulaci s břemeny se vztahují omezení souhrnné hmotnosti, kterou může pracovník či pracovnice maximálně za směnu přemístit. Při stanovování těchto limitů, je však třeba zohledňovat různá hlediska jako:

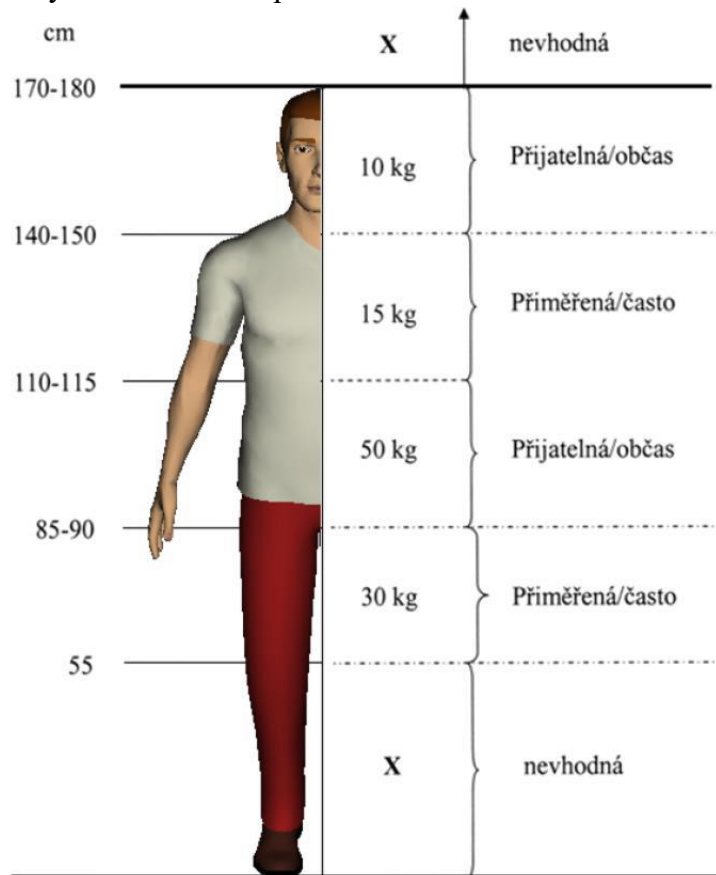
- Subjektivní podmínky (konstituce, pohlaví, věk, zkušenost)
- Vlastnosti břemene (hmotnost, rozměry, tvar, úchopové možnosti)
- Prostředí (fyzikálně chemické faktory prostředí)
- Podmínky manipulace (pracovní poloha, dráha, frekvence pohybů a další) [13]

Při občasné manipulaci mohou muži přenášet 30-50 kg a ženy 15-20 kg. Občasnou manipulací je myšleno takové přemísťování předmětů, kdy se jedná o práci přerušovanou, která trvá kratší dobu než 30 minut za směnu. [12]

Při časté manipulaci mohou poté muži přenášet 15-30 kg a ženy 5-15 kg. Častou manipulací je myšlena práce vykonávaná po dobu celkově delší než 30 minut za směnu. [12]

Dalším limitem, který je třeba zmínit, je kumulativní hmotnost, což je celková přípustná hmotnost za osmihodinovou pracovní směnu. Pro muže se kumulativní hmotnost pohybuje v rozmezí více než 7 000 kg za směnu, ale méně než 10 000 kg za směnu. Pro ženy jsou tyto hodnoty v rozmezí více než 4 500 kg za směnu, ale méně než 6 500 kg za směnu. [12]

Přehled optimálních výšek a hmotností pro muže lze nalézt na obrázku níže. [obrázek 1-12]



Obrázek 1-12: Omezení ruční manipulace pro muže [13]

Hygienické limity se vztahují nejen na zvedání a přenášení břemen, ale i na jejich tahání a tlačení. Pro muže je maximální tlačná síla 310 N a tažná 280 N. Pro ženy je potom maximální tlačná síla 250 N a tažná 220 N. [13]

Mezi ruční manipulaci s břemeny se počítá také montáž a obsluha strojních zařízení. Hodnoty mezních sil pro tyto manipulace naleznete v tabulce níže. [Tabulka 1-2]

Tabulka 1-2: Tabulka mezních sil [13]

Činnost	Profesionální použití F_B v N	Domácí použití F_B v N
Ruční práce (jednou rukou): Vynaložená síla	250	184
Práce paže (vsedě, jednou rukou):		
- Nahoru	50	31
- Dolu	75	44
- Ven	55	31
- Vnitř	75	49
- Dvoutř		
- Tlačení	275	186
- Tlačení	62	30
- S oporou trupu		
- Bez opory trupu	225	169
- Tažení	55	28
- S oporou trupu		
- Bez opory trupu		
Práce celého těla (vstoje)		
- Tlačení	200	119
- Tažení	145	96
Používání nožních ovladačů (vsedě, s oporou trupu):		
- Kotníkem	250	154
- Celou nohou	475	308

Pro správnou ruční manipulaci existují zásady manipulace s břemeny. Základní zásadou je mít správný postoj. To znamená:

- Mít dostatek prostoru pro pohyb
- Neotáčet tělo při zatížení
- Udržovat dostatečný výhled
- Pracovat s břemeny v rozpětí výšek od 70 do 100 cm
- Mít symetrické zatížení od břemene

Břemena, která se přenáší na delší vzdálenosti je třeba nosit na zádech. Na střední vzdálenosti se mohou břemena přenášet na ramenou. Na krátkou vzdálenost se mohou břemena přenášet v ruce. [13]

Zdvihání břemen se musí vždy provádět s narovnanými zády. V tomto případě jsou následně lépe zatíženy meziobratlové ploténky. Tento způsob zdvihání břemen je nicméně náročnější na fyziologickou spotřebu energie a trvá delší dobu než zdvihání břemene s ohnutými kulatými zády. S tím souvisí i zásada, která říká, že je třeba mít vzdálenost úchopu břemene před tělem co nejmenší, protože díky tomu se dá předpokládat, že břemeno bude téměř v ose s tělem pracovníka. Další zásada je přemisťování břemene v optimální výšce a ve stejné úrovni.

V neposlední řadě je důležité správně práci naplánovat, aby nedocházelo k přetěžování pracovníků. Pokud je zájem o snížení zatížení, které musí pracovníci najednou přenášet, dává smysl rozdělit náklad na více částí, případně využít jiných materiálů či zmenšit hmotnost obalu. Pokud se zaměstnanec potřebuje s břemenem otáčet, je nesmírně důležité, aby při otáčení využíval celé tělo a otáčel se pomocí chodidel, a ne pouze natočením trupu. Mezi zásady správné manipulace spadá také snížení potřebné síly ke zvedání, čehož je možné docílit například správným umístěním madel na břemenu. Dráha přemísťování břemene by měla být co nejkratší a manipulace by měla probíhat, pokud možno, plynule. Pokud je to na daném pracovišti možné, doporučuje se vyloučit manipulování nad úrovní ramen a pod úrovní kolen. [13]

Pokud se manipuluje s těžkými předměty, je výhodou pomoci pracovníkům technikou, jako jsou například jeřáby nebo vozíky. [Obrázek 1-13]



Obrázek 1-13: Zvedací plošina a kuličková trať [13]

Bohužel při manipulaci mohou nastávat určitá zdravotní poškození.

Jedním z nich je poškození v důsledku úrazu. Jde o náhodné poškození, které se ve většině případech nedá předpovídat (zavalení břemenem nebo uklouznutí). [13]

Dalším je poškození v důsledku přetížení. Jedná se o nejčastější poškození, které vzniká z důvodu opakované zátěže nebo působením nadměrných sil. Projevy tohoto poškození jsou především poškození bederní páteře, vazů a svalů. [13]

Poslední poškození vzniká v důsledku kumulativní zátěže. Toto poškození vzniká pomalu, v rámci měsíců a let, proto je tak nebezpečné a těžko se odhaduje i následně dokazuje.

1.6 Osvětlení

Světlo je pro člověka v dnešním světě samozřejmostí. Díky rozmachu elektrické sítě si dnes již ani pomalu není možné představit žít bez světla, přitom žárovky existují necelých 150 let.

S osvětlením pracoviště souvisí termín pracovní pohoda. Pracovní pohodou se nazývá subjektivní stav pracovníků, při kterém nejsou nijak omezováni a dobře se jim tak plní jejich

pracovní povinnosti. Pod pracovní pohodou se snoubí veškeré podmínky světelné, tepelné, vlhkostní, pachové i akustické. [14]

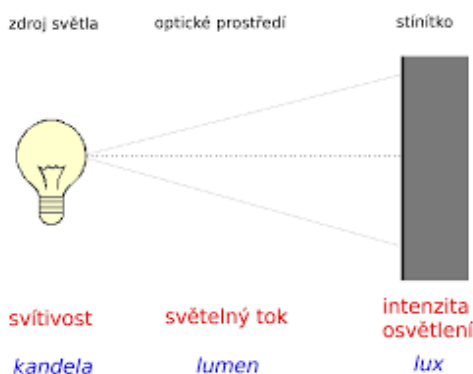
Osvětlení pracoviště je dalším z velmi důležitých aspektů správně navrženého pracoviště. Osvětlení má vliv na pracovní výkon zaměstnanců i na jejich psychický stav a osobnost. Zároveň má velký vliv nejen při návrhu pracoviště, ale i odpočinkového prostředí. Hlediska, kterými se na osvětlení pracoviště lze dívat, jsou různá. Například hygienické, zdravotní, bezpečnostní, komfortní, atd... K osvětlení pracoviště, ale i spojovacích uliček, kterými musí pracovníci procházet, se může používat světlo denní, umělé nebo i kombinace obojího. To, jaká intenzita světla je potřebná pro různá místa, je dáno náročností vykonávané práce na zrakovou činnost a na ochranu zdraví pracovníka. Hodnocení těchto hledisek je na základě norem. Normy určují konkrétní hodnotu, které musí denní, umělé nebo sdružené osvětlení splňovat. Důležitým poznatkem ohledně osvětlení je to, že osvětlení nesmí být za žádných podmínek příčinou oslnění. Také platí to, že osvětlení musí být rovnoměrné, musí mít správnou barevnost a musí obsahovat správnou kombinaci jasů a kontrastů tak, aby pracovník viděl předměty přiměřeně plastické.[8]

Intenzita osvětlení je veličina, která udává sílu osvětlení. Její hodnota se udává v luxech [lx]. Je závislá na světelném toku zdroje světla, vyzařovacím úhlu a na vzdálenosti měřené plochy od zdroje. Lze ji měřit pomocí luxmetru. [14]

V případě, že je jako zdroj osvětlení na pracovišti denní světlo a může na něm z toho důvodu docházet ke zvýšené tepelné zátěži nebo oslnění, je nutné zavést na pracovišti clonící zařízení. Clonící zařízení musí umožňovat regulaci přímého slunečního svitu. Pokud se na pracovišti nachází boční osvětlovací otvor, musí jím být umožněno vyhlédnout ven. [8]

Denní osvětlení je nevýhodné v tom, že podmínky nasvícení se mění nejen v průběhu dne, ale i v průběhu celého roku. Mění se jeho zabarvení, ale i světelnost. V létě světelnost venku dosahuje hodnot kolem 100 000 lx a v zimě naopak klesá i pod 5 000 lx. Dále se mění spektrální složení světla podle toho, kde nad obzorem se slunce nachází či jaká je zrovna oblačnost. Nicméně přes tyto všechny nevýhody je denní osvětlení nejvhodnější a nejpřirozenější pro pracovníky. [14]

Měření denního osvětlení probíhá za podmínek, kdy nesmí být mlha, nesmí ani pršet a obloha by měla být rovnoměrně zatažená. Jelikož se však nedá moc ovlivnit ani předpovědět, kdy tyto podmínky nastanou a jestli vůbec, musí být měření doprovázeno výpočty. Výstupem měření je poté protokol o měření. [14]



Obrázek 1-14: Jednotky jednotlivých světelných veličin a jejich vzájemná vazba [14]

Množství světla potřebného pro různé činnosti se dělí podle:

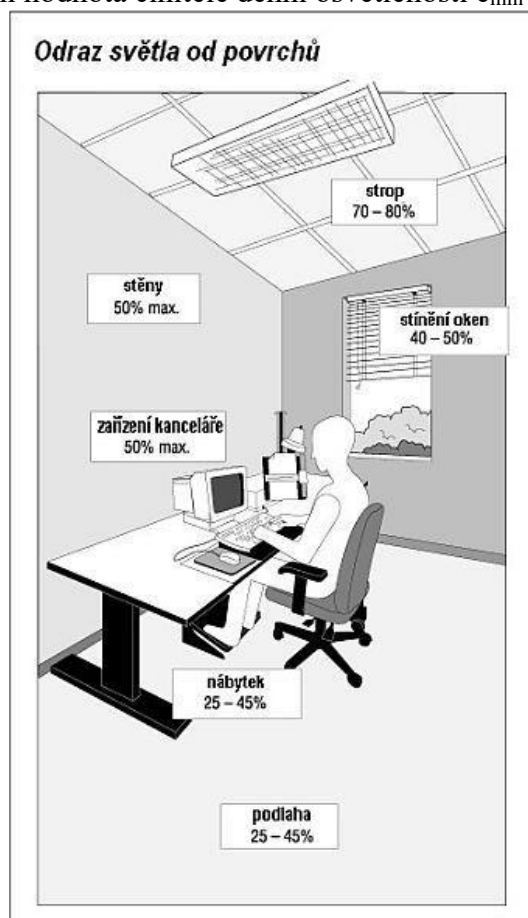
- Druhu práce (potřebná rychlost a přesnost)
- Typu pracovního povrchu (odráží nebo pohlcuje světlo)
- Obecných vlastnostech pracovní plochy
- Zrakových možnostech pracovníka

Hlavní umělé osvětlení by mělo mít většinou intenzitu mezi 500-100 lx, při měření prováděném ve výšce 76 cm nad podlahou. Umělé osvětlení se dělí na:[14]

- Celkové – rovnoměrné, bez ohledu na zvláštní místní požadavky
- Odstupňované – v určitém místě zesílené
- Místní – osvětlení určené podle zrakového úkolu, doplňuje celkové
- Nouzové – použití v případě poruchy běžného osvětlení

Umělé osvětlení se většinou hodnotí udržovanou osvětleností, která se označuje \bar{E}_m [lx]. Jedná se o veličinu, která udává hodnotu osvětlenosti, pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout v okamžiku provedení naplánované údržby. Další potřebnou veličinou ke zjištění intenzity umělého osvětlení je srovnávací rovina. V ní dochází k měření udržované osvětlenosti. Zároveň se jedná o rovinu, ve které zpravidla probíhají pracovní úkony. Srovnávací roviny nabývají většinou hodnot 20, 45, 85 cm nad podlahou, dle druhu použití prostor. [14]

Dále je u osvětlení důležité, aby bylo rovnoměrné. Pro trvalý pobyt lidí, to znamená delší soustavnou dobu než 4 hodiny denně ve vnitřním prostoru, by mělo být zajištěno vyhovující denní osvětlení. Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti $e_{\min} = 1,5 \%$, případně průměrná



Obrázek 1-15: Možnosti odrazu světla v kanceláři [14]

hodnota $e_{\text{prum}} = 3 \%$. Vhodné hodnoty rovnoměrnosti jsou od 0,15 do 0,3. Pokud jsou malé rozdíly v rovnoměrnosti osvětlení, pak se na ně lidské oko dokáže adaptovat. [14]

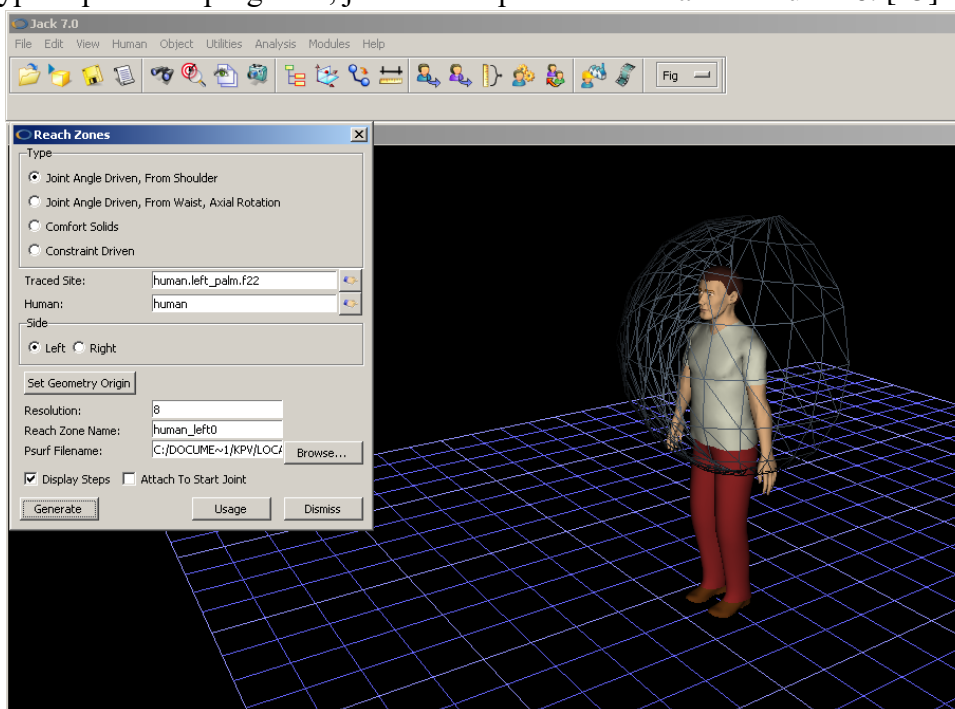
Pokud je intenzita osvětlení příliš nízká, dá se na ní pohlížet jako na zdroj případných nehod či pracovních úrazů. Druhým extrémem je oslnění. Jedná se o běžný problém. Oslnění vznikne, pokud se silný zdroj světla odrazí od předmětu takovým způsobem, že daný předmět není vidět. Oslnění může způsobit podráždění očí, ale i zranění zraku. Na obrázku 1-15 je možné prohlédnout si možná místa, ze kterých může vznikat oslnění. [14]

1.7 Software Tecnomatix Jack

Tecnomatix Jack je software od společnosti SIEMENS. Největší využití tohoto softwaru se nachází v letectví, námořní dopravě a v automobilovém průmyslu. V posledních letech se však začíná využívat i při výrobě dalších zařízení, jako jsou bílé spotřebiče, elektronika a další, které se snaží implementovat do svých výrobků ergonomické poznatky. Přínosy spojené s implementací tohoto softwaru při návrhu nových produktů jsou vyšší kvalita konečného produktu, kratší čas na vývoj a s tím spojené nižší náklady. Dále také zvýšení flexibility, konkurence na trhu i rychlosti reakce na požadavky zákazníka. [16]

K digitálním modelům člověka se při vývoji nových produktů sahá stále častěji. Je to z důvodu zkracování výrobních cyklů, individualizace výrobků a globalizace trhu. [16]

Software je zaměřen na ergonomii lidských úkonů, dosahů, zorných úhlů atp. Byl vytvořen s pomocí americké NASA v průběhu 80. let. Jeho hlavní výhodou je to, že uživatel si může nakonfigurovat přesný biomechanický model člověka, se kterým poté může provádět různé ergonomické analýzy a řešit pracovní problémy. Na modelu se dá sledovat dle zadaných parametrů výkonnost pracovníka, to, jak mají nastavené dosahy, zda mají dostatečné pohodlí nebo zda nejsou přetěžováni. V softwaru je možnost vybrat si i pohlaví pracovníků. Do softwaru je možné nahrát CAD grafiku, a tak vytvořit simulaci reálného navrhovaného pracoviště nebo celé výroby. Dokonce je zde možnost i vytvoření vlastních jednoduchých modelů. To, jak vypadá prostředí programu, je možné si prohlédnout na obrázku 1-16. [15]



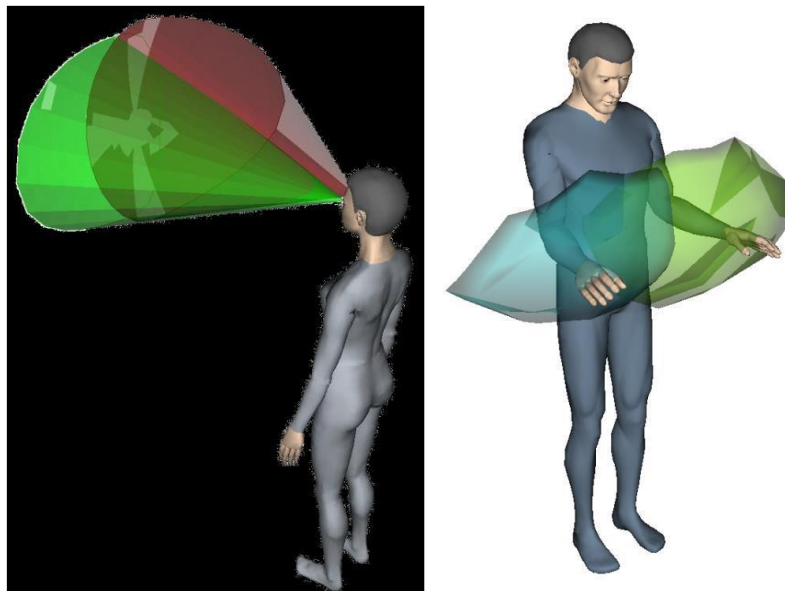
Obrázek 1-16: Ukázka uživatelského prostředí softwaru Tecnomatix Jack [16]

V programu je možné si navolit až 77 předdefinovaných hraničních postav, 68 různých kloubů a manipulace s modely probíhá ve 2-3 osách se 135 stupni volnosti. [16]

Důležitou funkcí, kterou je možné v softwaru vykonávat je polohování modelu pracovníka. To probíhá pomocí nastavování jednotlivých segmentů. V rámci modelů jsou přednastavené optimální parametry ze studií provedených NASA. Pohyby modelu člověka jsou prováděny pomocí inverzní kinematiky, takže jednotlivé pohyby jsou spolu provázané. Například pohyb horní a spodní části ruky. Při vytváření simulace je možné využít buď manuálního nastavení pracovních poloh nebo lze vybrat z již přednastavených 30 základních poloh a pěti typů uchopení. Dále se dá nastavení provádět buď pomocí přímé kinematiky, kdy se polohuje každý segment těla zvlášť nebo pomocí inverzní kinematiky, kdy se polohuje pouze dlaň a zbytek těla se přizpůsobí sám. [16]

Mezi základní analýzy, které je možno s tímto programem vytvářet, se řadí zobrazení zorného pole, kdy je možné vidět to, co vidí virtuální model. Při tomto úkonu je možné zobrazit vzdálenosti mezi okem a pozorovanými objekty, i zorné pole modelu.

Dále se dají zobrazit pole dosahů modelovaného člověka. [Obrázek 1-17]



Obrázek 1-17: Zobrazení zorného pole a dosahů modelu [16]

Obtížnější analýzy se provádějí v doplňkových modulech Task analysis toolkit (TAT) a Occupant packaging toolkit (OPT). [15]

V rámci TAT modulu se nachází Low Back Spinal Force Analysis, tato analýza vyhodnocuje síly, které působí na páteř a bederní část zad, při různých zatíženích a postojích. Porovnává tlakovou sílu na obratlích L4 a L5 s dovolenými hodnotami v normě. [16]

Další analýzou je NIOSH Lifting Analysis. Ta se používá jak pro asymetrické, tak symetrické zvedací úkoly. Je možné v ní vypočítat předpokládané zatížení v zadaných postojích. [16]

Další analýzy v TAT jsou:

- Static Strength prediction – zkoumá statické díly při vykonávání předepsaných úkolů
- Manual Material Handling Limit – zkoumá limity pro manipulaci s břemeny
- Fatigue Analysis – provádí výpočet možného času pro odpočinek při práci
- Rapid Upper Limb Assessment – hodnotí vystavení pracovníků riziku, zranění rukou
- OWAS – rychlé posouzení ergonOMICNOSTI pracovní polohy
- Predetermined Time Analysis – vyhodnocení a stanovení optimálních sledů operací a úkonů
- Metabolic Energy Expenditure – předpovídá energetický výdej pracovníka [16]

V rámci OPT modulu se nachází analýzy používané především při návrhu vnitřních prostor automobilů, letadel atd. Lze v něm hodnotit komfort a výkonnost pasažérů. Modul se skládá z těchto pod analýz: [15]

- SAE Packaging guidelines – SAE směrnice obsahující informace o základním rozmístění prvků v automobilech
- Posture Prediction – Většinou se využívá k simulaci polohy sezení pasažérů ve voze
- Comfort assessment – pomoc při určení pohodlné polohy pro sed ve voze
- Vision analysis – Analýza zorného pole řidiče

Díky výše zmíněným analýzám je navrhování ergonomického pracoviště mnohem jednodušší, rychlejší i levnější. Je to z toho důvodu, že než se začne cokoli připravovat fyzicky, již je možné mít vyzkoušené ideální pozice a polohy pracovníka při plnění pracovních úkolů.

2 Charakteristika výrobního systému

V následující kapitole je popsána historie a výrobní portfolio firmy Mea Metal Applications, pro jejíž potřeby je tato diplomová práce vytvořena. Následně je zde představen layout výrobní haly, pro kterou se budou vytvářet návrhy nového ergonomického svařovacího pracoviště v pozdějších kapitolách. Dále je zde popsána nová výrobní hala v Plzni, která byla postavena ve spolupráci s věznicí Bory. Dále je zde popsán problém, se kterým se firma potýká, je zde uveden stávající stav problému na svařovacím pracovišti. Dále je představen technologický postup výroby svařovaného roštu. Dočteme se i o stávajícím stavu svařovacích stolů a problémech, které představují.



Obrázek 2-1: Sídlo firmy MEA v Plzni [17]

2.1 MEA Metal Applications

Firma jako taková vznikla v roce 1886 ve městě Aichach ve spolkové zemi Bavorsko. Původně vznikla jako zámečnická dílna a založil ji Matthias Meisinger. Tato firma byla zaměřena především na stavební průmysl. V roce 1936 začala firma vyrábět okna a dále pokračovala s výrobou ocelových produktů. Kolem roku 1938 se firma začíná angažovat i na poli pojezdových vratových systémů, když představuje kolejnice NURMI. V dalších letech se firma dále rozrůstá. V roce 1973 rozšiřuje svoji výrobu o sklepní sklolaminátové světelníky, dále v roce 1981 o víceúčelová plastová okna MEALON a otevírá nový výrobní závod ve Francii. V roce 1991 uvádí na trh tepelné a zvukoizolační prvky a odvětrávací, sklolaminátové šachty GFK. V roce 1993 začíná výstavba plzeňského areálu a továren se zinkovnou. Následně v roce 1996 dochází ke spuštění provozu v Plzni. V posledních letech stojí za zmínku akvizice společnosti RONN Drain a MCG Conseil za účelem rozvoje divize Water Management v roce 2013. Dále v roce 2018 došlo k akvizici společnosti Purablue, také pro divizi Water Management. V roce 2018 došlo též ke změně vlastníka skupiny MEA, kdy potomci původního zakladatele prodali firmu průmyslovému holdingu ADCURAM z Mnichova. V roce 2019 byla provedena zatím poslední akvizice, kdy firma MEA přebrala společnost ASM GmbH, která se specializuje na výrobu nerezových roštů.

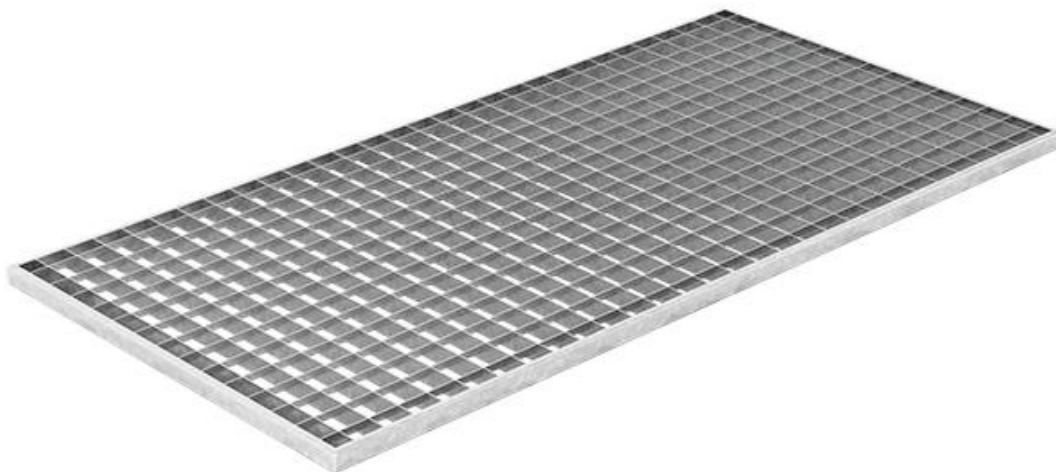


Obrázek 2-2: Logo firmy MEA [17]

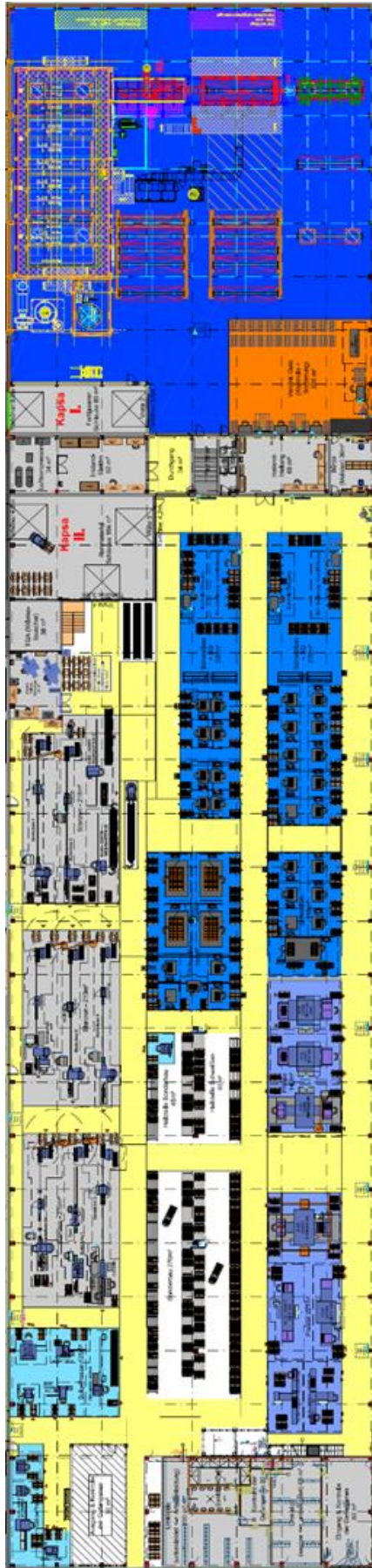
V dnešní době se společnost zabývá především výrobou mřížových roštů, vratových pojezdových systémů a odvodňovacích systémů. Zároveň však úzce spolupracuje se svými zákazníky a poskytuje jim technickou podporu pro projektování a konstrukci jejich projektů, jako jsou například rozhledny, dispoziční výkresy a provádění statických výpočtů. Firma MEA je lídrem v inovacích, které se týkají odvodňovacích systémů, a stále se pokračuje ve snaze přicházet na trh s novými aplikacemi a způsoby využití pro mřížové rošty.

Momentálně má firma MEA pobočky v 12 zemích světa a výrobní závody v České republice, Francii, Rumunsku a Číně a je zde zaměstnáno kolem 700 zaměstnanců. [1]

Pro tuto práci jsou však nejdůležitějším produktem mřížové rošty, protože jejich výrobou se bude zabývat praktická část této studie. [Obrázek 2-3]



Obrázek 2-3 - Příklad svařovaného mřížového roštu [17]



Obrázek 2-4: Layout výrobní haly MEA JVA II [18]

V druhé polovině roku 2021 byla spuštěna výroba v nové výrobní hale v Plzni, která byla vybudována ve spolupráci s věznicí Bory. Tato továrna se nachází v těsné blízkosti věznice a je navržena tak, že zde může pracovat až 300 odsouzených. Výše je možné nahlédnout na layout celé nové výrobní haly. [Obrázek 2-4 na předchozí straně]

V tomto výrobním závodě dochází jak k výrobě mřížových roštů (na obrázku 2-4 ve spodní části layoutu), tak k jejich pozinkování. Část zinkovny je v horní části obrázku 2-4.

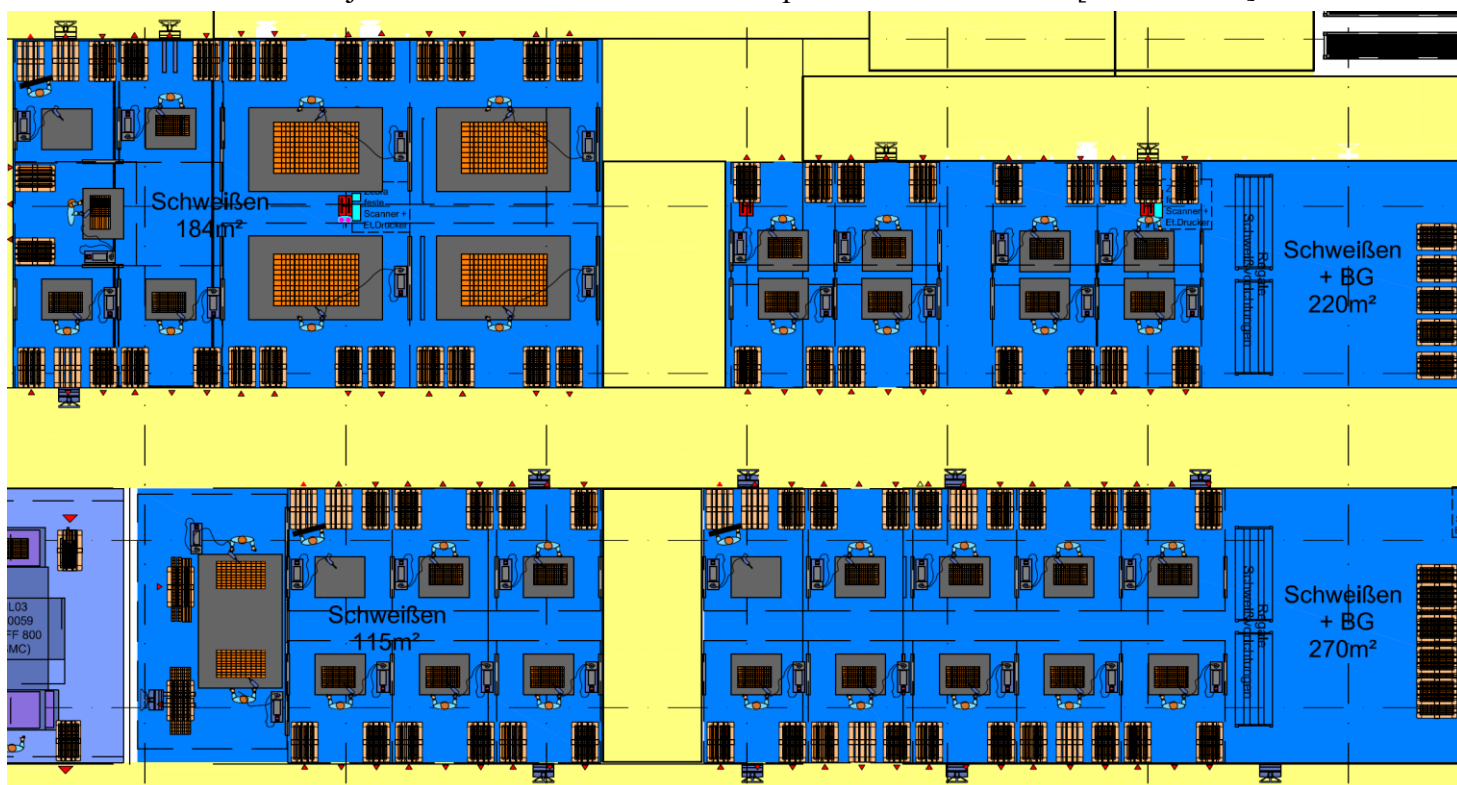
Tím, že se postavil tento závod se značně zjednodušila logistika provozu, protože dříve byly veškeré operace, které se nyní nacházejí v nové hale, rozděleny do čtyř malých hal v rámci areálu věznice a proces zinkování bylo nutné provádět v zinkovně ve druhém závodě. Tudíž bylo nutné přepravovat polotovary mezi halami.

2.2 Pracoviště svařování

Podnětem k vypracování této práce bylo snížení nákladů na výrobu mřížových roštů. Rošty jsou svařované a tento technologický krok probíhá z velké části v nové hale.

Jelikož jsou zde zaměstnáni odsouzení, kteří nemají stejné nároky na mzdy, jako by měli běžní zaměstnanci, nevyplatila by se investice do svařovacích robotů. Tato spolupráce je výhodná jak pro věznici a odsouzené, tak pro firmu. Odsouzení mají možnost si vydělat peníze a mohou tak částečně pokrývat náklady na svůj pobyt ve vězení, platit alimenty atd. Firma má naopak díky tomu k dispozici levnou pracovní sílu.

Na obrázku níže je ukázáno rozřazení svařovacích pracovišť v nové hale. [Obrázek 2-5]



Obrázek 2-5: Layout svařovacích pracovišť [18]

Výroba svařovaných roštů probíhá ve firmě MEA kompletně. To znamená, že firma nakoupí cívky ocelových plechů, ty následně na lisech za pomoci střížných nástrojů dělí a vysekává na potřebné rozměry. Vnitřní část roštu se skládá z nosných a výplňových pásků. Do nosných

pásků se v případě běžných roštů vysekají otvory pro umístění výplňových pásků. Poté co jsou nosné i výplňové pásky připravené pro další použití, vyskládají se do lisovacího stolu na 800 tunovém lisu. Následně dojde k zalisování vnitřní části roštu. Poté se již přesune připravený polotovár roštu na svařovací pracoviště, kde se na rošt připevní pomocí svarů bočnice, případně nášlapné hrany či jiné části. Takto vytvořený rošt se poté přesune na zinkovnu, kde dojde k pozinkování roštu. Tím je výrobní část roštu zakončena a rošt odjíždí k zákazníkovi.

Momentálně svařují odsouzení rošty na stolech, které nejsou nijak polohovatelné. Případné svařovací přípravky, se kterými by měli pracovat, nemohou upnout na svařovací stoly, protože se na stolech nenachází žádné díry, pomocí nichž by mohli přípravky upnout. Jedná se o konstrukci z jednoduchých profilů svařenou dohromady s deskou stolu, která je z 5 mm silného plechu. Tudíž se na stůl mohou jednoduše chytat opaly, které při svařování vznikají.

Na obrázku 2-6 je ukázán starý design svařovacího stolu. Jedná se o stůl s litinovou svařovací plochou. Tento typ svařovacího stolu je mezi pracovišti přítomen stále cca z 25 %. Stůl je nízký, má výšku pracovní desky 95 cm. Zároveň i jeho pracovní plocha je relativně malá při rozměrech 140 cm na délku a 100 cm na šířku.



Obrázek 2-6: Fotografie starého svařovacího stolu [Interní archiv]

Dalším typem svařovacích stolů, který je přítomen ze zbylých 75 % na svařovacích pracovištích, je zobrazen na obrázku 2-7.



Obrázek 2-7: Standardizované svařovací pracoviště [Interní archiv]

Tento typ je již lepší než předchozí, protože má větší plochu, na které se dá pracovat. Jeho rozměry jsou 280 cm na délku, 150 cm na šířku a výška pracovní plochy je 100 cm od podlahy. Nicméně jedná se o velmi jednoduchou konstrukci s mnoha nedomyšlenými detaily. Například nemá žádný šuplík, do kterého by si obsluha pracoviště mohla odložit věci, ani nemá žádný pevný doraz, o který by si mohla při výrobě polotovaru zapřít. Co je však problém, že toto pracoviště není nijak variabilní, a tak pokud se střídají různě vysokí svářeči, tak mohou mít problémy s výškou stolu nebo umístěním hubice svářečky.

Vzhledem k tomu, že se firma pokouší snižovat náklady na výrobu a zároveň by ráda poněkud zpříjemnila pracovní podmínky zaměstnaným odsouzeným, bylo rozhodnuto, že se navrhne nové svařovací stoly, které budou ergonomické, tuhé, levné na výrobu a zároveň odolné na opotřebení.

3 Analýza stávajícího stavu

Nejprve je třeba zjistit v jakém stavu se momentálně svařovací pracoviště nachází. Proto v rámci této kapitoly bude nastíněn stávající stav svařovacího pracoviště z pohledu ergonomických analýz RULA a Lower Back Analysis. Analýzy budou provedeny pomocí programu Tecnomatix JACK 9.0. a budou vytvořeny pro oba druhy současných svařovacích stolů. Pomocí jejich výsledků bude možné v dalších kapitolách navrhnout nový druh ergonomického svařovacího stolu, který by odpovídal požadovaným vlastnostem a dokázal by se vypořádat i s výstupy provedených ergonomických analýz. Dále se v této kapitole zhodnotí problematika stávajících svařovacích přípravků a poslední podkapitola bude věnována vlastnostem pracovního prostředí z hlediska čistoty vzduchu a osvětlení.

3.1 Analýza pracovní polohy

V této kapitole budou popsány výsledky z analýz provedených pomocí softwaru Tecnomatix JACK verze 9.0. Tyto analýzy byly provedeny na dvou starých typech svařovacích stolů, které byly popsány v první kapitole. Tedy na starém typu stolu [obrázek 2-6] a standardizovaném stolu [obrázek 2-7]. Pro potřeby analýz byla zvolena výška pracovníka 178 cm což je průměrná výška mužů dle výzkumu Masarykovy Univerzity z roku 2014. [19] Dále byla nastavena hmotnost modelového pracovníka na 77,7 Kg.

Pro modelové pracoviště byla zvolena předloha v podobě jednoho ze svařovacích pracovišť se standardizovaným svařovacím stolem. Proto je na modelu vytvořen pracovník u svařovacího stolu a za ním jsou palety s polotovary a hotovými výrobky. Fotografie reálného pracoviště se nachází na obrázku níže. [Obrázek 3-1]



Obrázek 3-1 - Foto reálného pracoviště [Interní archiv]

V této části již budou zobrazeny výsledky analýz Lower Back Analysis a RULA na současných svařovacích stolech. Nastavení analýz v softwaru Tecnomatix JACK bylo následující. Pro tělesnou skupinu A, která obsahuje namáhání rukou a zápěstí, bylo nastavené využívání svalů jako činnosti opakované více než čtyřikrát za minutu. Dále zatížení bylo nastavené na nižší než 2 kg nepřetržitého zatížení. To bylo dáno z důvodu práce svářeče, který má v ruce pouze svářečku a provádí bodové sváry, takže je zatížen pouze držením hubice svářečky. Díky tomu byly i nohy a chodidla nastavená jako stojící s rovnoměrným rozložením hmotnosti a s možností přešlapování a rozvržení hmotnosti na nohy dle potřeby. U skupiny B, která se zabývá zatížením krku a hrudi, bylo poté nastavení toto. Pro zatížení svalů bylo zvoleno, že se jedná o činnost konanou častěji než čtyřikrát za minutu, a u sil a zatížení bylo nastaveno zatížení menší než 2 kg nepřetržitého zatížení. Nastavení softwaru je zobrazeno na obrázku níže. [Obrázek 3-2]

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human

Body Group A Loading (Arm, Wrist)

Muscle Use

- Normal, no extreme use
- Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Action repeated more than 4 times per minute

Forces and Loads

- < 2 kg intermittent load
- 2-10 kg intermittent load
- 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
- More than 10 kg static. Shock forces.

Arm Support: Arm Supported

Legs and Feet

- Seated, Legs and feet well supported. Weight even.
- Standing, weight even. Room for weight changes.
- Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Body Group B Loading (Neck, Trunk)

Muscle Use

- Normal, no extreme use
- Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Action repeated more than 4 times per minute

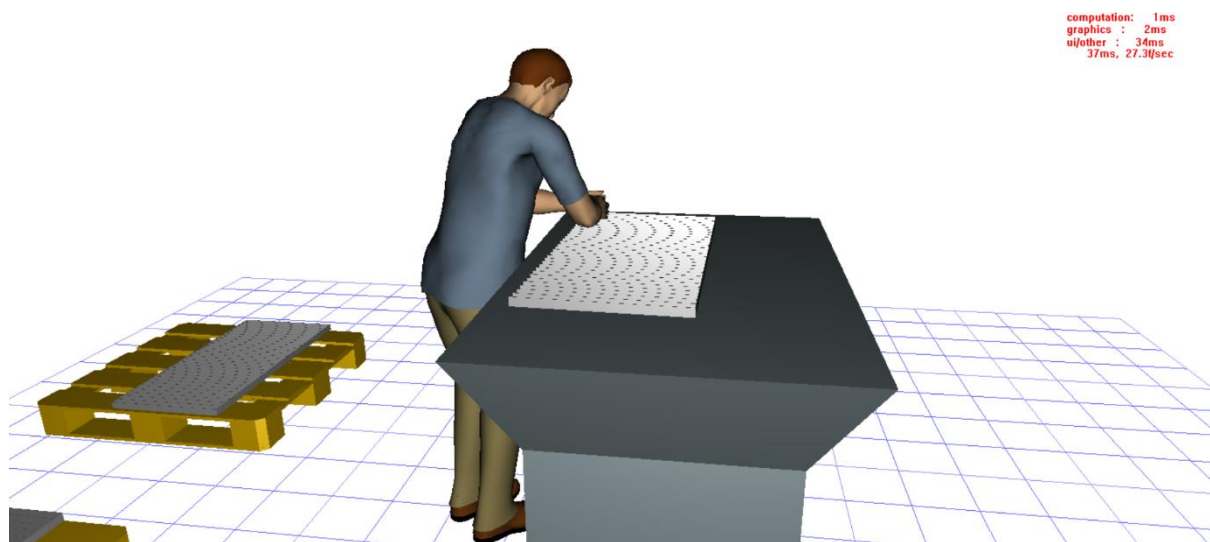
Forces and Loads

- < 2 kg intermittent load
- 2-10 kg intermittent load
- 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
- More than 10 kg static. Shock forces.

Obrázek 3-2 - Nastavení softwaru Tecnomatix JACK [Interní archiv]

Jako první byly zjištěny podmínky svařování na starém typu stolu. Jak již bylo představeno v předchozí kapitole, jedná se o svařovací stůl s litinovou svařovací deskou. Plocha pro svařování je 140 cm na délku a 100 cm na šířku při pracovní výšce 95 cm.

Model pracoviště se starým stolem je k vidění na obrázku níže. [Obrázek 3-3]



Obrázek 3-3 - Model pracoviště se starým typem stolu [Interní archiv]

Jak je možné vidět z obrázku rozvržení pracoviště, tak pracovní plocha sice stačí pro menší typ roštu, který je zobrazen na modelu, nicméně potřebná pracovní plocha pro svářeče je minimálně 240 cm na délku a 150 cm na šířku. Tudíž tento typ stolu nevyhovuje velikostí pracovní plochy a je používán pouze z důvodu nedostatku jiných typů stolů. Dále tento typ stolu neposkytuje žádný prostor pro odkládání hubice svářečky nebo úhlové brusky nebo snad místo pro opal ze sváření. Všechny výše uvedené nedostatky se sčítají s nízkou výškou pracovní plochy, což dále vede ke špatným výsledkům ergonomických analýz.

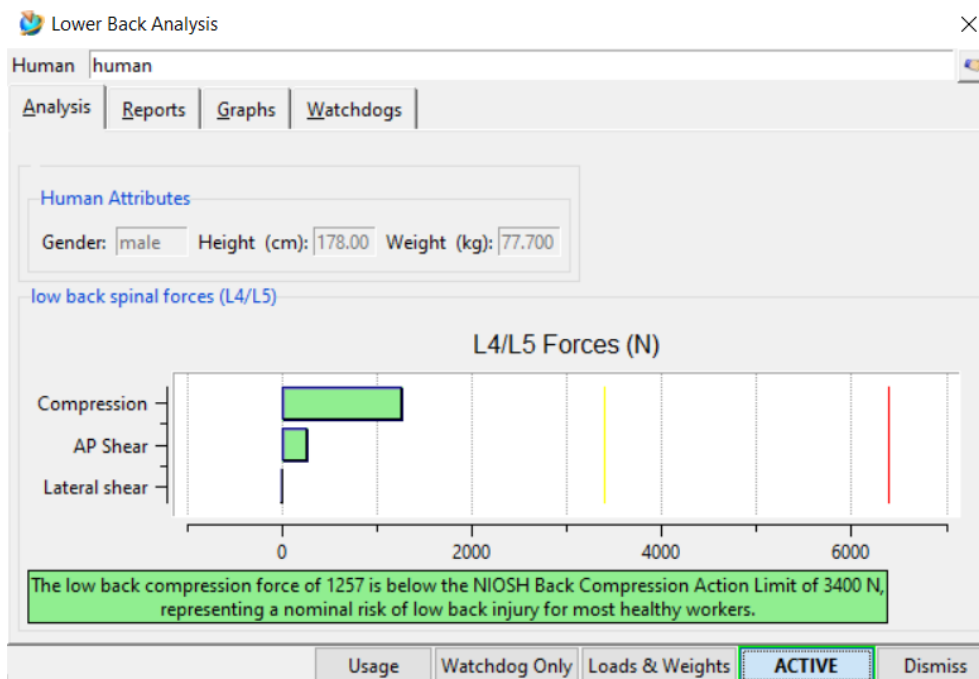
Výsledky analýzy dle metodiky RULA (Rapid Upper Limb Assessment) se nacházejí na obrázku níže. (obrázek 3-4)

Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	2	Neck:	3
Lower arm:	3	Trunk:	3
Wrist:	3	Total:	5
Wrist Twist:	1		
Total:	5		
Muscle Use:	Action repeated more than 4 times per minute	Muscle Use:	Action repeated more than 4 times per minute
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: 6			
Action: Investigation and changes are required soon.			

Obrázek 3-4 - Výsledek analýzy RULA pro starý stůl [Interní archiv]

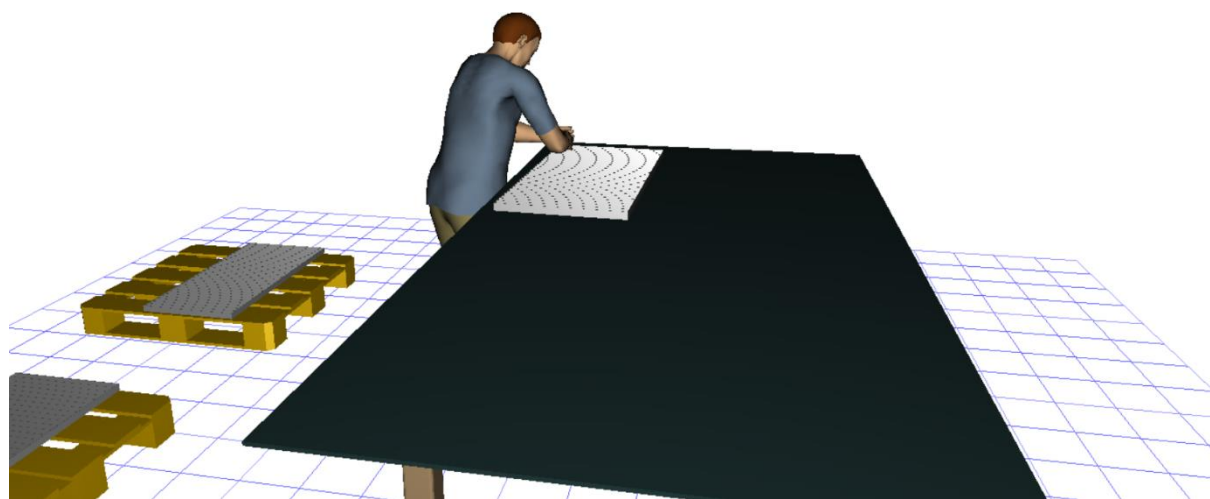
Z výsledků analýzy lze vyčíst, že stůl je nevhodný pro dlouhodobou práci. S výsledným skóre 6 je možné očekávat, že pracovníci na těchto druzích stolů mohou být náchylní k problémům s horní částí zad a rukou, a tudíž by se mělo na tomto druhu stolů, pokud je to možné, přestat pracovat.

Výsledky analýzy Lower Back Analysis na tomto typu stolu zjistily, že u tohoto typu stolu nedochází k přetěžování spodní části zad. [Obrázek 3-5]



Obrázek 3-5 - Výsledky analýzy Lower Back Analysis pro starý stůl [Interní archiv]

Druhé kolo analýz probíhalo na standardizovaném typu stolu, který se ve svařovací dílně využívá z větší části. Tento stůl má větší pracovní plochu 280 cm na délku a 150 cm na šířku a výška pracovní plochy je 100 cm nad zemí. Rozmístění modelu bylo stejné jako u starého typu stolu. [Obrázek 3-6]



Obrázek 3-6 - Model simulace standardizovaného stolu [Interní archiv]

Pracovní plocha u tohoto typu stolu je již dostačující. Tento typ stolu ovšem také nenabízí žádnou nastavitelnost, co se výšky pracovní plochy týče. Dalším problémem tohoto typu stolu je to, že nemá žádný prostor pro odkládání hubice svářečky nebo úhlové brusky ani místo pro opal ze sváření. Proto má tento typ stolu také předpoklad horších výsledků v analýzách.

Výsledky analýzy dle metodiky RULA (Rapid Upper Limb Assessment) se nacházejí na obrázku níže. (obrázek 3-7)

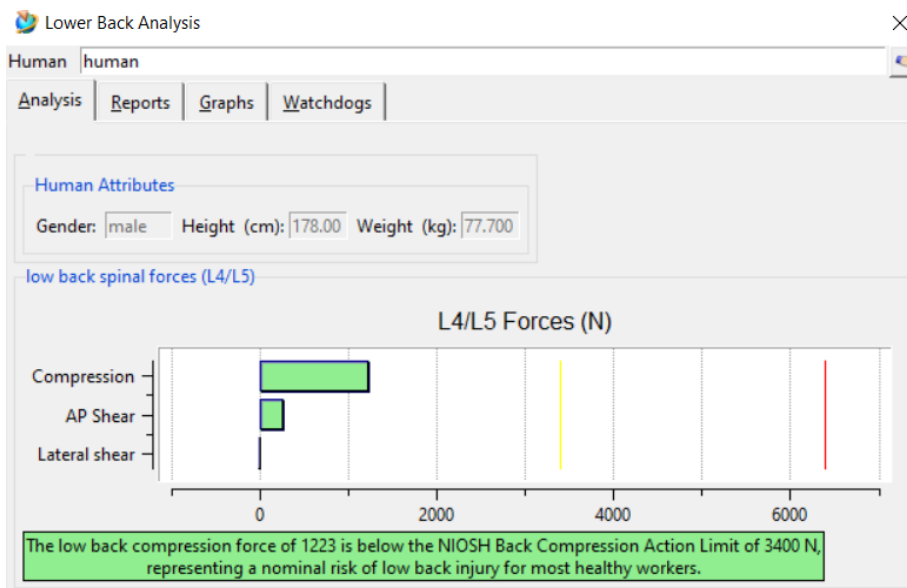
The screenshot displays the 'Analysis Summary' tab of the RULA software. It includes input fields for Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, and Date. The analysis results are categorized into Body Group A Posture Rating (Upper arm: 3, Lower arm: 2, Wrist: 3, Wrist Twist: 1, Total: 5) and Body Group B Posture Rating (Neck: 2, Trunk: 2, Total: 3). A yellow box highlights the 'Grand Score: 4' and the action: 'Further investigation needed. Changes may be required.' Below this is an 'Update Analysis' button.

Category	Item	Value
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:	2
	Total:	3
Muscle Use	Muscle Use:	Action repeated more than 4 times per minute
	Force/Load:	< 2 kg intermittent load
	Arms:	Not supported
Legs and Feet Rating	Legs and Feet Rating:	Standing, weight even. Room for weight changes.
	Grand Score:	4
Action: Further investigation needed. Changes may be required.		

Obrázek 3-7 - Výsledek analýzy RULA pro standardní stůl [Interní archiv]

Z výsledků analýzy lze vyčíst, že standardní stůl může být s výsledným skóre 4 potenciálním zdrojem nemocí z povolání spojených s bolestmi rukou a zad. Takže by se měla udělat kontrola toho, zda by se tato pracoviště neměla nějakým způsobem upravit, pokud by se rozhodlo o zachování těchto typů stůlů.

Stejně jako u předchozího typu svařovacího stolu i zde byl výsledek analýzy Lower Back Analysis v pořádku viz obrázek na další straně. Výsledek analýzy zatížení spodní části zad vychází opět na méně než polovinu povoleného zatížení. [Obrázek 3-8]



Obrázek 3-8 - Výsledek analýzy Lower back analysis pro standardní stůl [Interní archiv]

Z výsledků analýz současných svařovacích typů stolů lze pozorovat, že by bylo vhodné tyto stoly vyměnit za stoly, které budou výškově nastavitelné. Tím by se mělo zamezit problémům vyplácení náhrad odsouzeným, pokud si práci ve firmě přivodí nemoc z povolání.

3.2 Problematika přípravků

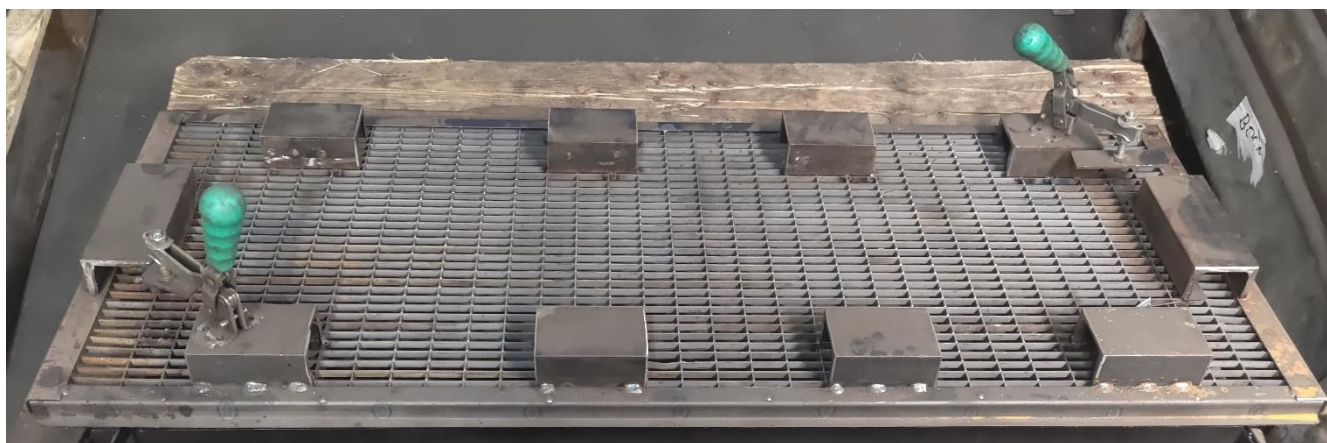
Další problém, kterému je třeba se věnovat, je problematika svařovacích přípravků. V dřívějších letech bývaly tolerance na přesnost hotových výrobků benevolentnější a díky tomu bylo možné vyrábět méně přesné rošty. Tím, že v posledních pár letech začínají zákazníci vyžadovat mnohem přesnější výrobky, je třeba zpřesňovat i svařovací přípravky.



Obrázek 3-9 – Starý typ svařovacího přípravku 1 [Interní archiv]

Na obrázku výše si můžete prohlédnout svařovací přípravek, se kterým se donedávna svařovalo. [Obrázek 3-9]

Další takový přípravek se nachází níže. [Obrázek 3-10]



Obrázek 3-10 - Starý typ svařovacího přípravku 2 [Interní archiv]

Jak je z výše umístěných fotografií patrné, tak svařovací přípravky, které byly donedávna používané, nejsou nijak přesné ani ergonomické. V podstatě se jedná o pár profilů nepřesně svařených k sobě. Toto řešení je sice maximálně levné, nicméně se nedá ani polemizovat o tom, že by se s nimi pracovalo jednoduše, nebo že by poskytovaly zpětnou vazbu co se týče kontroly komponent. Další slabinou těchto přípravků je to, že se s nimi problematicky pracuje a tím se prodlužuje čas potřebný ke svaření jednoho kusu roštu, z čehož vznikají další náklady a prodlevy. Časy upnutí pro základní typy roštů jsou popsány v tabulce 3-1.

Tabulka 3-1: Tabulka časů upnutí roštů do starých svařovacích přípravků

Typ roštu	Délka založení do starých přípravků
Kanálkový rošt	30 sekund
Lisovaný rošt menší než 500x100	70 sekund
Stegerrost	120 sekund
Lodní rošt	180 sekund
Lisovaný rošt větší než 500x100	300 sekund

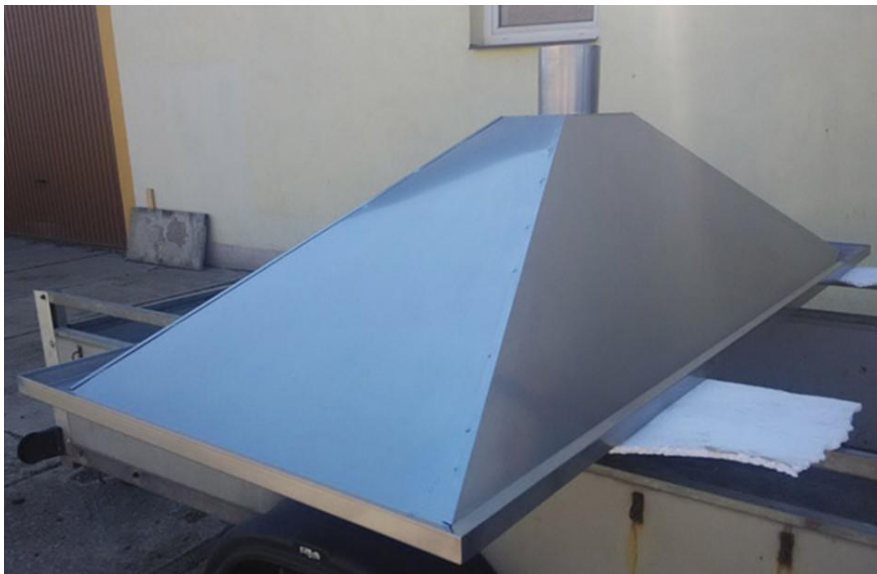
Také je u těchto přípravků problém to, že nejsou nijak zajištěné na svařovací ploše a posouvají se svářeči po stole, čímž opět prodlužují čas svařování.

3.3 Analýza pracovního prostředí

Současný stav ve výrobě vypadá tak, že ve výrobní hale je u stropu nainstalovaná vzduchotechnika. Tato je zde však čistě z toho důvodu, že budova nemá žádná okna kvůli bezpečnostním opatřením věznice. Dále nad každým svařovacím pracovištěm se nachází odsávací digestoř pro odsávání kouře a plynů vznikajících při svařování.

Pro ověření, zda je v hale nainstalované dostatečně silné odsávání byl použit výpočet pro zjištění velikosti vzduchového výkonu. Tento výpočet se skládá z vynásobení objemu místnosti v m^3 s počtem výměn vzduchu za hodinu. Výsledky tohoto výpočtu jsou poté vyjádřeny v m^3 za hodinu. Množství výměn vzduchu za hodinu se určuje podle typu výroby.[20]

Typ digestoře je ukázán na obrázku. [Obrázek 3-11]



Obrázek 3-11 - Příklad odsávací digestoře [21]

Tyto digestoře však nejsou moc výkonné, a tak část škodlivých plynů nezachytí. Z toho důvodu dýchají zaměstnanci poměrně vysoké množství škodlivých výparů a plynů. Ačkoli zatím nejsou hlášeny žádné nemoci dýchacích cest, je pravděpodobné, že to je pouze otázka času, než se tento problém vyskytne. Další nepříznivý vliv na ovzduší ve výrobě má to, že hala je společná jak pro výrobu roštů, tak pro jejich zinkování. Právě z části haly, kde se nachází zinkovna, se čas od času uvolní kouř, když se porouchá odsávání zinkovny nebo ho obsluha špatně přepojí. V tu chvíli se roznese kouř po celém prostoru výroby roštů a vzduchotechnika na hale ho bohužel není schopna dostatečně rychle odsávat. Řešení na tento problém bude navrženo v následující kapitole návrhu řešení.

4 Návrh řešení

V této kapitole již následuje přesun od analýzy pracoviště k navrhování možných řešení problémů, které byly představeny v předchozích kapitolách. Jak bylo řečeno v předchozích kapitolách, bude zde brán zřetel na cenu navrhovaných řešení, která musí být co nejnižší. Jedná se o klíčový parametr s nejvyšší hodnotou. Dále musí nová řešení přinést úsporu v rámci svařovacích procesů. Také musí být tato řešení příjemná pro uživatele, aby s nimi chtěli svářeči pracovat a neodhodili je hned do kouta, kde by na ně už jen sedal prach.

V první podkapitole bude věnován prostor návrhu řešení problému výškově nenastavitelných svařovacích stolů. Dále bude věnován prostor možnostem vylepšení svařovacích přípravků. A v poslední podkapitole zde budou navrhnuty možnosti zlepšení odsávání svařovacích pracovišť.

4.1 Analýza výškově nastavitelného stolu

V této kapitole budou navrhnuty tři druhy řešení výškově nastavitelného stolu. Nejprve je potřeba určit podmínky, které by měly navrhované varianty splňovat. Předně je důležité, aby nové stoly měly rozměr pracovní plochy alespoň 2800 mm na délku, 1500 mm na šířku, a aby dokázaly nabídnout variabilní výšku pracovní plochy od 800 do 1200 mm. Další výhodou, kterou by měl nový stůl obsahovat, je možnost mít nějaké zásuvky, do kterých by si mohli svářeči odkládat osobní věci, případně věci, které potřebují pouze několikrát za směnu. Ideální počet šuplíků je tři, protože svařovací pracoviště je v režimu třísměnného provozu. V neposlední řadě, by další pomůckou pro svářeče byla deska, na kterou by si mohli umístit opal, pokud mají moc dlouhý drát v hubici, před dalším svařováním. Posledním zjednodušením práce pro svářeče by mohl být doraz, pomocí kterého by se jim lépe svařovaly jednoduché druhy roštů, které nepotřebují být upínané do svařovacích přípravků. Po konzultaci s mistry ve výrobě bylo rozhodnuto, že nosnost nových svařovacích stolů nemusí být nijak extrémně vysoká, protože nejtěžší rošt, který se na stůl bude pokládat, nepřesáhne 150 Kg hmotnosti. Také bylo rozhodnuto, že nové stoly by měli mít v pracovní ploše díry na upevnění různých přípravků a pomůcek pro svařování.

První možné řešení je zakoupení hotového řešení od externí firmy, která se výrobou ergonomických stolů zabývá. Jako příklad si uveďme firmu Siegmund, která vyrábí ergonomické svařovací stoly již třicet let. Tato firma nabízí různé velikosti svařovacích ploch, různé síly svrchní desky i různý materiál, z něhož desky stolu vyrábí.

Pro potřeby návrhu dle výše uvedených požadavků byl z nabídkového portfolia firmy zvolen svařovací stůl s označením Professional 750 viditelný na obrázku níže. [Obrázek 4-1]



siegmund®

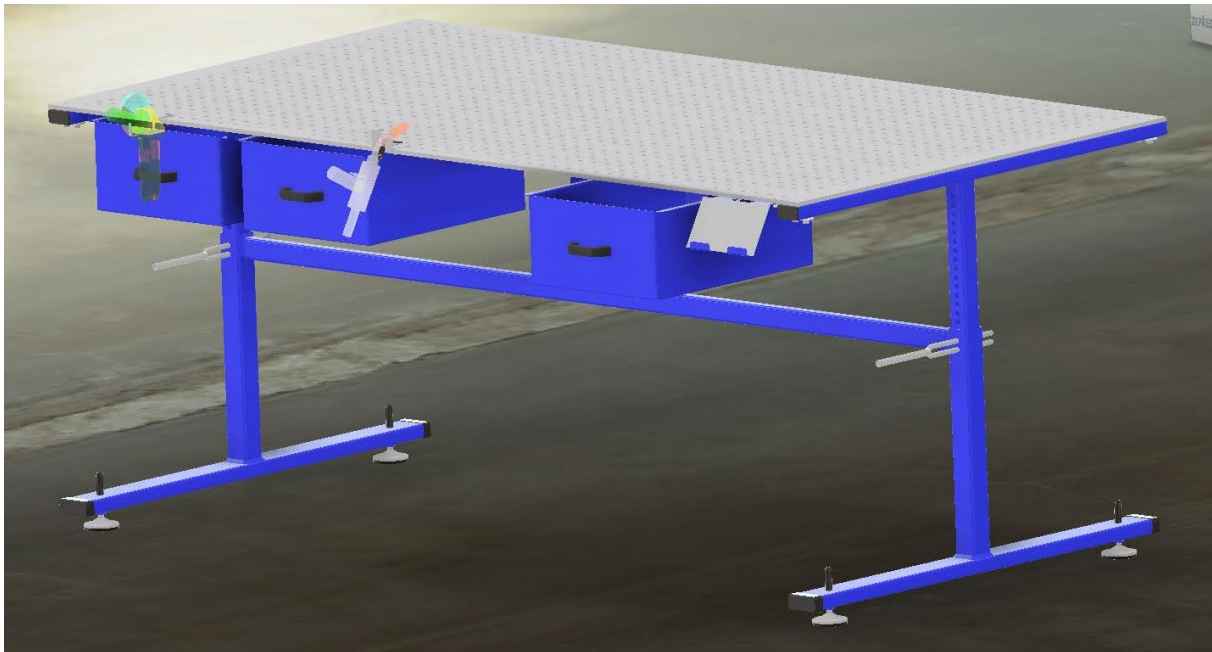
Obrázek 4-1 - Svařovací stůl Professional 750 od firmy Siegmund [22]

Tento druh stolu byl zvolen, protože splňuje a vlastně i lehce překračuje požadovanou velikost pracovní plochy s rozměry pracovní plochy 3000 mm na délku a 1500 mm na šířku. Tento stůl splňuje i podmínku výškové nastavitelnosti pracovní desky, protože se k němu dají pořídit výškově nastavitelné nohy s rozsahem 550–950 mm, což odpovídá rozptylu, kterého je třeba dosáhnout. Stůl je vyroben z oceli S355J2+N s dodatečnou úpravou povrchu Plasma nitridací. Tato varianta splňuje i požadavek na nosnost stolu, kterou dalece překračuje s nosností 6000 kg. Také splňuje požadavek na díry pro upínání různých přípravků a pomůcek pro sváření, kdy spoustu různých přípravků nabízí sám výrobce. Upínání lze provádět i ze stran stolu.

Co se týče nevýhod tohoto typu stolu, tak jde především o to, že stůl nenabízí žádné odkládací prostory nebo zásuvky, dále také nenabízí žádné místo pro opal.

Další variantou, kterou je třeba vzít v úvahu, je vytvoření kompletně nové vlastní konstrukce svařovacího stolu, přesně podle zadaných podmínek a parametrů. Tato varianta má hned několik výhod. Stůl může být konstruován přímo dle zadaných kritérií tak, aby řešil všechny problémy a požadavky, které jsou na nový stůl kladeny. Dále má tato varianta potenciál být nejlevnější na výrobu.

Tento stůl je zobrazen na obrázku níže ve vysunuté poloze s výškou pracovní desky 1200 mm. [Obrázek 4-2]

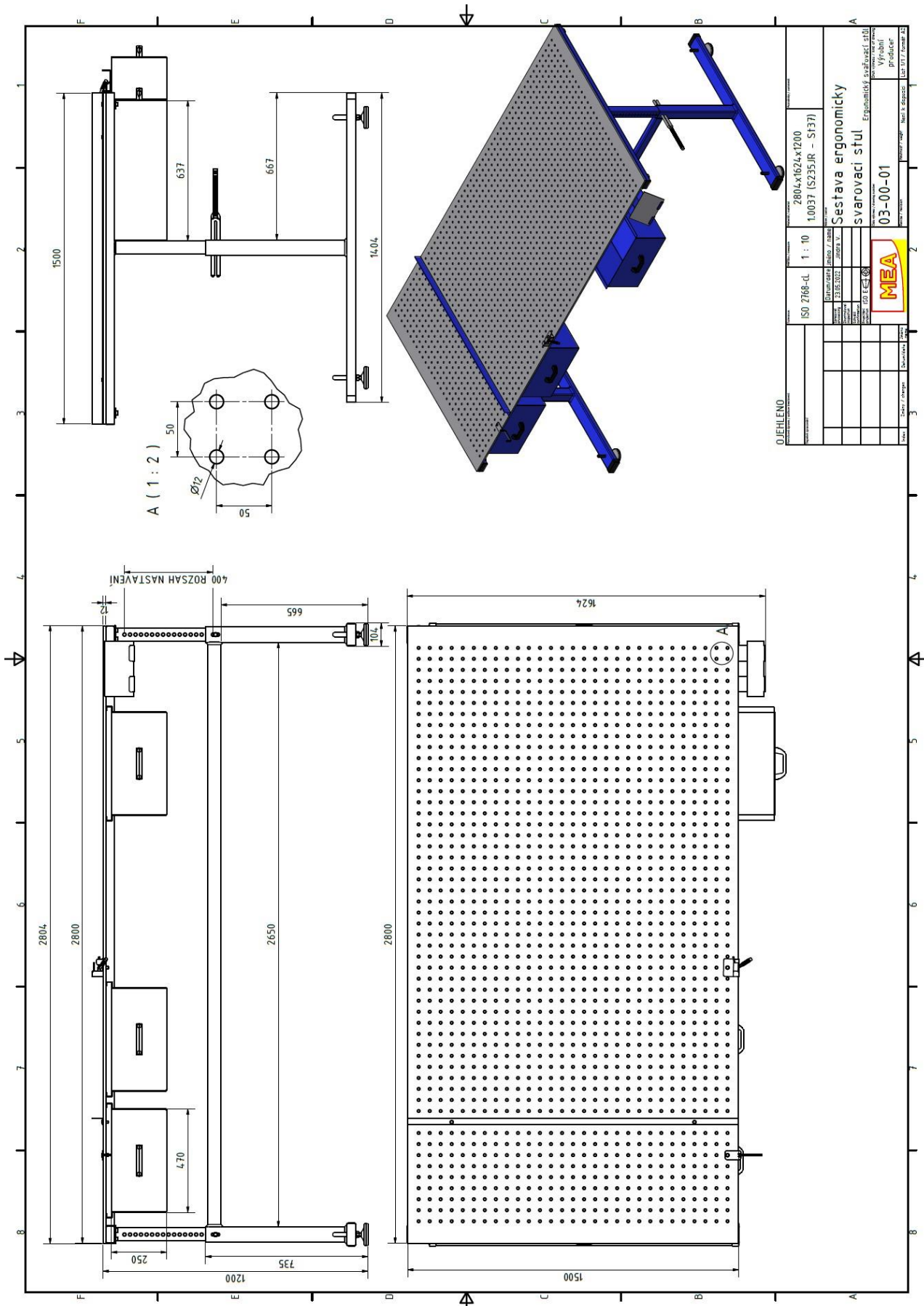


Obrázek 4-2 - Ergonomický svařovací stůl [Interní archiv]

Protože není nutná příliš vysoká nosnost stolu (stačí kolem 800 Kg), mohl být nosný rám vytvořen z normovaných čtvercových a obdélníkových profilů svařených k sobě. Na spodní části konstrukce byly přidány nastavitelné nohy s rozsahem nastavení 100 mm pro možnost dokonalého nastavení rovinnosti a jemnému dorovnání výšky stolu. Propojení mezi spodními nohama a nastavitelnou částí stolu je pomocí vidlicového přípravku, který byl uzpůsoben tak, aby poskytoval jednoduchou obsluhu a dostatečnou pevnost a odolnost proti stříhu. Jak vyplývá ze zadání, tak stůl je výškově nastavitelný od 800 mm až do výšky 1200 mm. V Extrémním případě se však dá stůl vysunout bezpečně až do výšky 1300 mm díky nastavitelným nohám stolu. Samotné polohování výšky svařovacího stolu je navrženo tak, že se pod stůl přijede s manipulačním zdvihacím zařízením. Pomocí něj se podebere deska svařovacího stolu. Poté se vytáhnou vidlicové, zajišťovací přípravky, a zdvihací zařízení upraví výšku desky stolu podle potřeb nového pracovníka. Poté co je nastavena správná výška, se stůl opět zajistí vidlicovými přípravky a svářeč může začít s prací.

Pracovní deska stolu má rozměry 2800 mm délky, 1500 mm šířky a je silná 12 mm, což by mělo zajišťovat dostatečnou tuhost stolu. V pracovní desce se nacházejí kulaté otvory o průměru 12 mm a jsou mezi sebou rozmístěné v mřížovém tvaru v rozměrech 50 mm na 50 mm po celé desce stolu. To by mělo zajistit dostatečnou variabilitu přípravků na desce stolu. Ze spodní strany desky jsou vytvořeny závity, které připevňují šrouby uchycující desku k nastavitelné části stolu, dále se zde nachází závity pro uchycení držáku pro desky na opal.

Na obrázku na další straně je výkres sestavy stolu, kde je možné vidět základní rozměry stolu v horní poloze. Také je na něm možné vidět rozsah nastavení výšky stolu. [Obrázek 4-3]

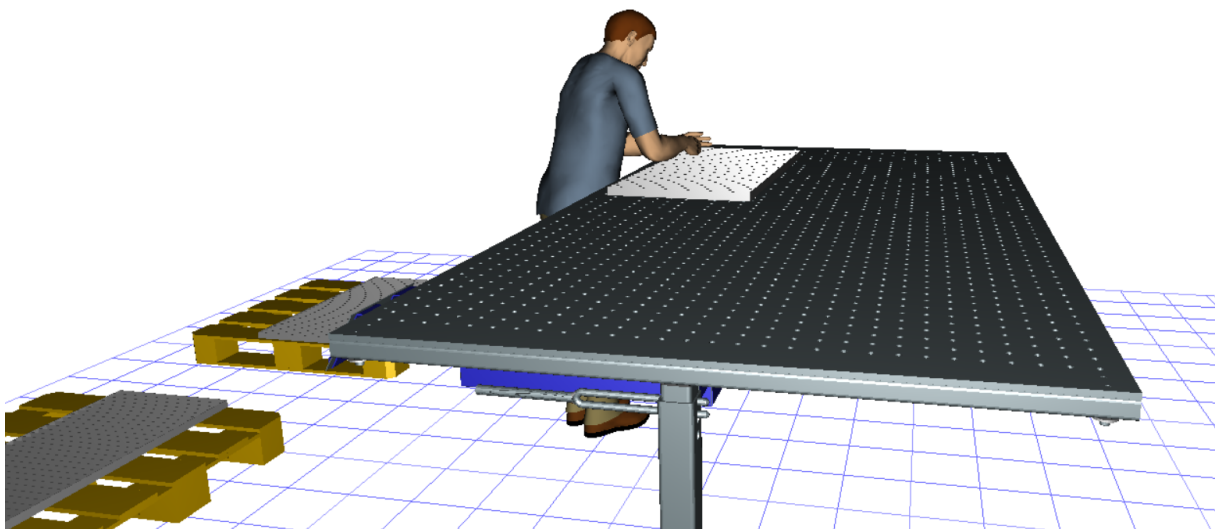


Obrázek 4-3: Výkres sestavy interně konstruovaného stolu [Interní archiv]

Nakonec jsou v desce vytvořeny i závitové uchycení kolejničů na zásuvky. Zásuvky jsou konstruovány na stole tři s tím, že uprostřed stolu je prostor pro umístění zdvihacího zařízení, které bude používáno při nastavení výšky stolu. Jak již bylo řečeno výše, tento druh stolu nabízí i držák na opalové desky, které se dají po jejich plném využití vyměnit a nahradit novým kusem. V prostoru mezi zásuvkami, je dostatek místa na umístění svářečky, pokud zrovna není potřeba hýbat s výškou stolu.

Na této variantě, byly stejně jako na současných typech stolů, provedeny ergonomické analýzy v simulačním programu Tecnomatix JACK. Stůl zde byl nastaven na výšku 1070 mm.

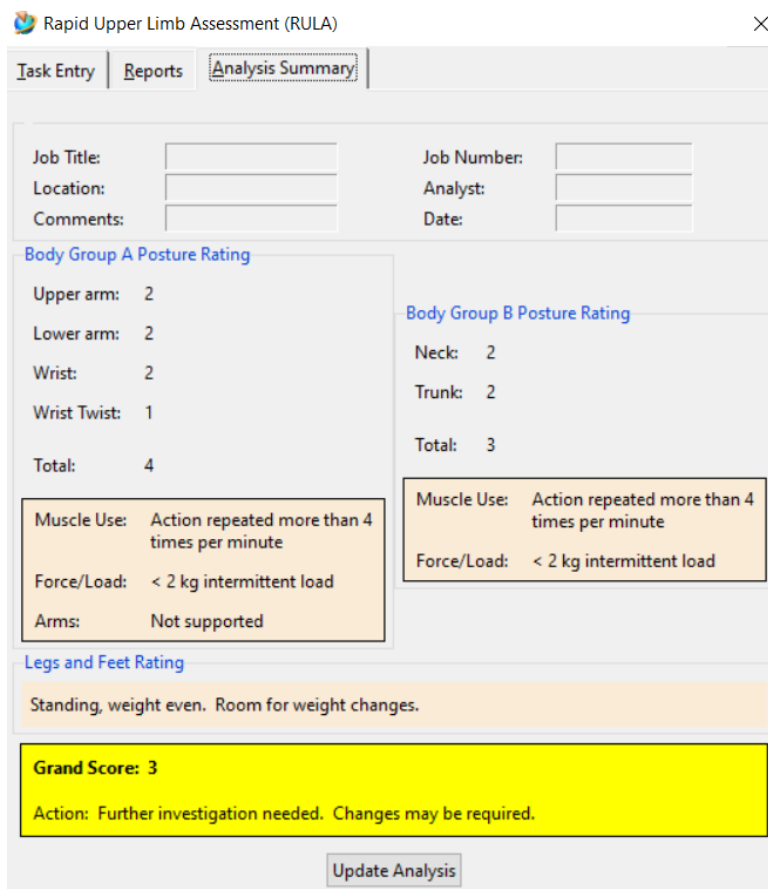
Jeho uspořádání je možné vidět na obrázku níže. [Obrázek 4-4]



Obrázek 4-4: Rozvržení modelu polohovatelného stolu v simulačním prostředí [Interní archiv]

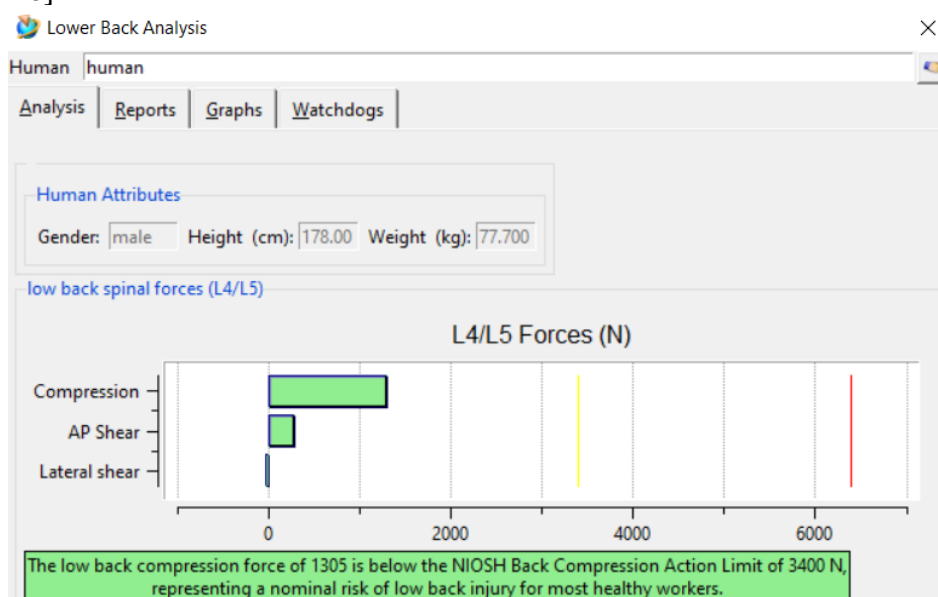
Z výsledků analýzy RULA lze vyčíst, že hodnoty zatížení horní části zad a rukou jsou velmi dobré a s výslednou hodnotou 3 se nachází v oblasti, kde zatížení je velmi nízké a jedná se o téměř přesnou polohu, jakou by pracovník potřeboval. Výsledné zatížení je výrazně menší proti současným typům svařovacích stolů.

Výsledky analýzy dle metodiky RULA (Rapid Upper Limb Assessment) se nacházejí na obrázku níže. (obrázek 4-5)



Obrázek 4-5: Výsledek analýzy RULA na polohovatelném stole [Interní archiv]

U druhého typu simulací podle analýzy Lower Back Analysis žádná výrazná změna proti současným svařovacím stolům nenastala, jak dokazují výsledky na obrázku níže. [Obrázek 4-6]



Obrázek 4-6: Výsledek analýzy Lower Back Analysis na polohovatelném stole [Interní archiv]

Třetí možnou variantou, která by se mohla využít pro snížení ceny stolu a zachování potřebných funkcí a rozměrů výsledného stolu, by mohla být varianta, kdy by se využila nová konstrukce svařovací desky a pouze by se nakoupily samostatně nastavitelné nohy stolu. Tyto nohy mohou být nastavitelné buď manuálně nebo elektricky.

Elektrická varianta by mohla být zastoupena výškově nastavitelnými nohami od firmy LINAK. [Obrázek 4-7] Přesněji se jedná o model DL2. Pod tímto označením se skrývá sada dvou elektrických zvedacích sloupů pro těžké aplikace. Tento set má zdvih 500 mm, což splňuje zadání a zvedací síla 300 kg je také dostatečná pro aplikaci u svařovacího stolu. Rychlost posuvu je potom 38 mm/s. Jediné, co na těchto nohách není ideální je cena, která je vysoká. Cena tohoto setu vychází na 1469 euro. Pro potřeby porovnání se cena převede do české měny s kurzem 24,6 Kč za 1 euro, což je aktuální kurz k 22.05.2022.

V přepočtu to poté vychází na 36 138 Kč.



Obrázek 4-7: Ukázka setu DL2 od firmy LINAK [23]

Druhou variantou by byly manuálně nastavitelné nohy. Pro příklad využijeme nohy od firmy SIEGMUND. Přesněji model s pořadovým číslem 2-220878.X, kde každá noha má dostatečný zdvih a nosnost 1000 kg je také dostatečná. Cena jedné nohy vychází na 114 eur. U tohoto použití by bylo třeba pořídit alespoň 4 ks.

V přepočtu by to poté bylo 11 218 Kč.

Tuto nastavitelnou nohu si můžete prohlédnout níže. [Obrázek 4-8]



Obrázek 4-8: Ukázka výškově nastavitelné nohy od firmy SIEGMUND [22]

Tato hybridní varianta by měla tu výhodu, že konstrukce nohou je již praxí vyzkoušena. Nicméně výškové nastavování stolu by bylo náročnější.

4.2 Návrh zajištění přípravků

Jak již bylo v předchozí kapitole naznačeno, tak po konzultaci s konstruktérem přípravků a mistry ve svařovacím úseku bylo rozhodnuto, že by bylo vhodné, aby se přípravky daly k desce svařovacího stolu připevnit a neposunovaly se tak po stole. Toho bude dosaženo pomocí kolíků s hlavou. [Obrázek 4-11]

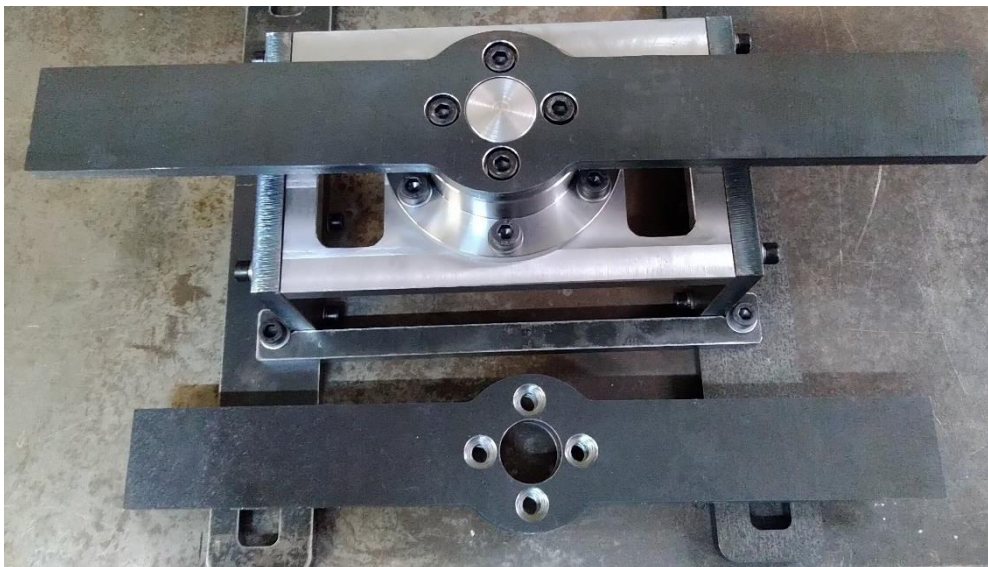
Dalším kritériem, které by bylo dobré zakomponovat do nových svařovacích přípravků, je, aby byly přesné v řádech desetin. Tím se získá schopnost kontroly vstupních dílů před svařováním a díky tomu se omezí počet svařených zmetkových roštů. Toho je možné dosáhnout například upínacími kostkami na přípravcích, které jsou přesně frézované. Případně odpruženými dorazy, které vždy nastaví polotovary do potřebné pozice pro svařování. Další možností, jak více zpřesnit přípravky, mohou být různé upínky a svorky, které by dokázaly upnout a přidržet polotovary v požadované pozici po celý čas svařování. Také je potřeba, aby plochy, na kterých je při svařování polotovary položen, nebyly náchylné k tomu, aby se na nich přichytávaly kuličky vznikající při svařování. Proto by bylo dobré je vyrobit z některého typu mědi, který je vhodný pro tuto aplikaci.

Přípravky s kontrolní funkcí se nachází na obrázku níže. [Obrázek 4-9]



Obrázek 4-9: Příklady kontrolních přípravků [Interní archiv]

Další typ přípravků, který by se dal dobře využít, jsou přípravky, které umožňují rotaci svařovaného polotovaru. Díky tomu se nemusí svářeč nahýbat zbytečně nad svařovací stůl a dochází tak k ještě menšímu namáhání zádovních svalů. Příkladem takového přípravku může být přípravek na obrázku níže. [Obrázek 4-10]

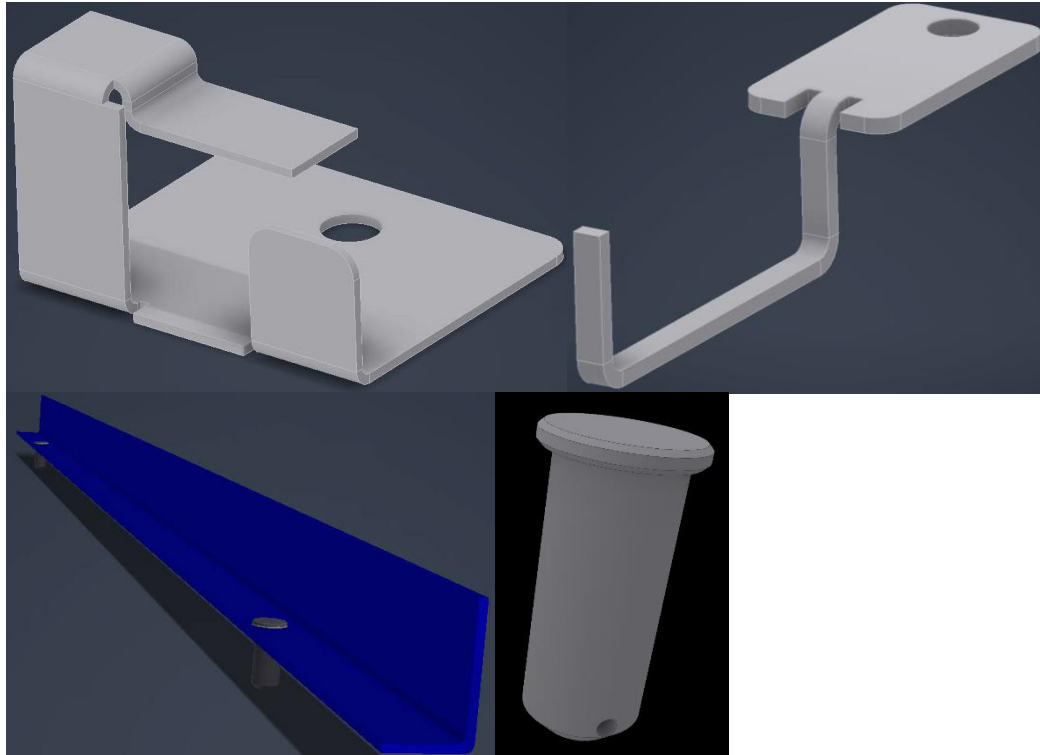


Obrázek 4-10: Příklad rotačního přípravku [Interní archiv]

Jako poslední typ přípravků, které by se daly na nových svařovacích stolech využívat by byly jednoduché přípravky, které by umožňovali svářečům jednoduše si odložit úhlovou brusku nebo svařovací hubici. Je to z toho důvodu, aby neodkládali nástroje náhodně, ale aby byli motivováni ke zjednodušování a zrychlování procesu svaření, protože nebudou muset sahat daleko pro nástroje. Dalším dobrým pomocníkem pro ně může být jednoduchý posunovatelný doraz, který jim zjednoduší práci v případě svařování bez speciálních přípravků.

Tyto přípravky by nemusely být nijak náročné na konstrukci nebo přesnost. Stačilo by, aby se jednalo o ohnuté plechy, které by měly sražené hrany z důvodu bezpečnosti, případně by mohli mít na hranách gumové ohrazení.

Příklady výše popsaných přípravků jsou na obrázcích níže. [Obrázek 4-11]



Obrázek 4-11: Jednoduché přípravky: Vlevo nahoře držák hubice, vpravo nahoře držák Úhlové brusky, vlevo dole posuvný doraz, vpravo dole upínací čep [Interní archiv]

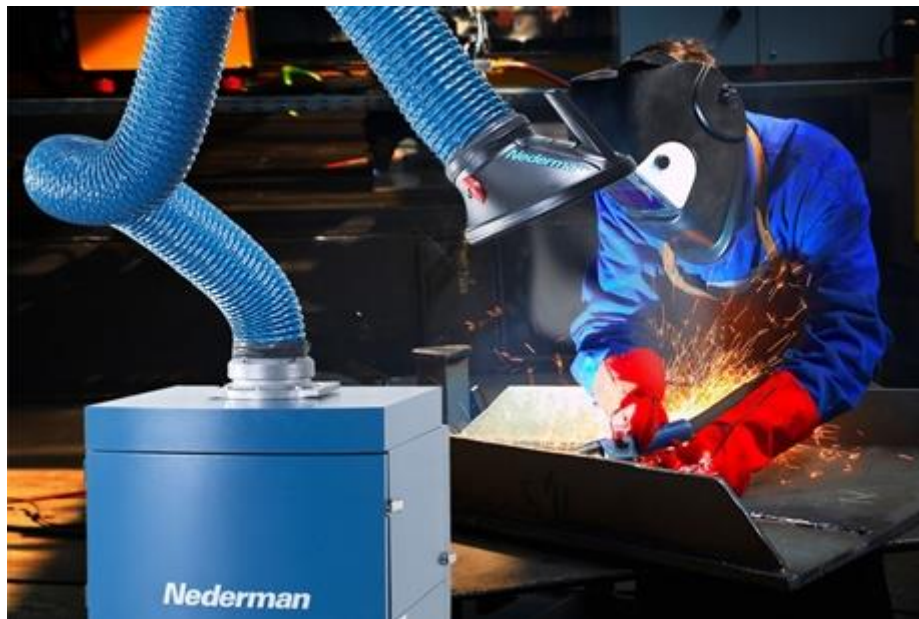
Mezi tyto jednoduché přípravky, lze počítat například čep, který by mohl být jištěn závlačkou. Tento čep by připevňoval jednotlivé přípravky ke svařovacímu stolu. Díky konstrukci s pojistnou závlačkou by bylo jednoduché přípravek odjistit a přesunout na jiné místo v minimálním čase. Tento čep by byl upevňován do děr, které by se nacházely v desce svařovacího stolu.

4.3 Porovnání možností odvětrání

V této kapitole budou navrženy tři možnosti, jak docílit toho, aby mohli svářeči dýchat čistší vzduch.

První možností je instalace výkonnějších digestoří popsaných v kapitole 3.3. Tato možnost by vyřešila současný problém jen částečně. A to z toho důvodu, že pokud by nastal nějaký únik kouře ze zinkovny, tak by svářeči stejně nebyli chráněni. Zároveň pokud by byly zachovány digestoře, tak stejně plyny a kouř ze svařování budou procházet přes obličej svářeče a bude je tedy stejně dýchat.

Druhou možností je pořízení pro každé pracoviště odsávací systém s nastavitelnou odsávací hubicí. Příkladem může být řešení firmy B TECHNIK s.r.o. viz obrázek níže. [Obrázek 4-12]



Obrázek 4-12: Příklad odsávacího systému od firmy B TECHNIK s.r.o. [24]

Tato varianta by sice vyřešila problém s dýcháním zplodin vznikajících při svařování, nicméně by bylo čistě na svářečích, zda by si správně přestavovali odsávací hubici nebo ne. Je pravděpodobné, že by z časových důvodů a pohodlnosti svářečů byl výsledek takový, že by hubici nastavili jednou na začátku směny a poté už by na ni nesáhli. Tím by se toto řešení míjelo účinkem. Zároveň by toto řešení také nevyřešilo problém s únikem plynů ze zinkovny.

Poslední možná varianta by byla pořídit všem svářečům filtračně-ventilační obleky, které by si na začátku směny oblékli. Tyto obleky by zabránili vdechování škodlivých plynů jak při svařování, tak při případném úniku ze zinkovny. Příkladem této jednotky je oblek, který se již používá v jiném závodě firmy pro několik pracovníků pro svaření zinkovaných roštů. Viz obrázek níže. [Obrázek 4-13]



Obrázek 4-13: Příklad filtračně-ventilační jednotky [Interní archiv]

Pro zhodnocovací kapitolu byla zvolena varianta využití filtračně – ventilačních jednotek. Je to z toho důvodu, že dokážou zajistit čistý vzduch pracovníkům téměř za jakýchkoli podmínek. Další výhodou, je to, že jsou spojeny se svařovací kuklou.

Jedna možná nevýhoda tohoto řešení je to, že se musí po směně nechat nabít, aby bylo možné s ní druhý den pracovat. Druhá nevýhoda tohoto řešení by mohla být přidaná hmotnost, kterou svářeč musí na sobě nosit. Vzhledem k tomu, že svářeči nemusí za směnu chodit velké vzdálenosti, protože se pohybují pouze v rámci pracoviště, není přidaná hmotnost tohoto řešení významně škodlivá.

Nicméně výhody tohoto řešení, značně převyšují výše popsané nevýhody.

5 Zhodnocení navrhovaných řešení.

V rámci této kapitoly bude nejprve provedeno finanční zhodnocení a porovnání jednotlivých navrhovaných polohovatelných svařovacích stolů. Tedy porovnání nakupovaných řešení se svařovacím stolem vlastní konstrukce. V další části bude provedeno finanční porovnání tří filtračně-ventilačních jednotek od různých výrobců a určení nejlevnější varianty. V poslední části budou představeny podmínky a návrhy pro výrobu nových, přesných, svařovacích přípravků, které by měly mít kontrolní funkci. Také proběhne nákladové zhodnocení starých typů svařovacích přípravků a nových svařovacích přípravků.

5.1 Porovnání cen polohovatelných stolů

V této podkapitole bude věnován prostor cenovému porovnání navržených jednotlivých řešení nastavitelného stolu. Budou tu zmíněny výhody i nevýhody jednotlivých řešení.

První variantou by bylo pořízení celého řešení od externí firmy. Jako příklad byl v předchozí kapitole představen stůl od firmy SIEGMUND verze Professional 750 ze systému s otvory o velikosti 16 mm. Díky přehlednému konfigurátoru na stránkách výrobce, lze poměrně jednoduše zjistit cenu tohoto řešení. Cena tohoto řešení je součet cen desky stolu a nastavitelných nohou. Prodejce nabízí cenu v eurech 4785 eur, nicméně pro potřeby porovnání se cena převede do české měny s kurzem 24,6 Kč za 1 euro, což je aktuální kurz k 22.05.2022. Po přepočtu na české koruny vychází cena tohoto řešení cca na 117 711 Kč. Tento stůl má velkou výhodu v tom, že je na něj možné dokoupit velké množství různých přípravků a je již dostatečně vyzkoušen v praxi. Mezi jeho nevýhody se řadí například absence zásuvek pro odkládání věcí pracovníků a vysoká pořizovací cena. Takovýto druh stolu byl ukázán na obrázku 4-1.

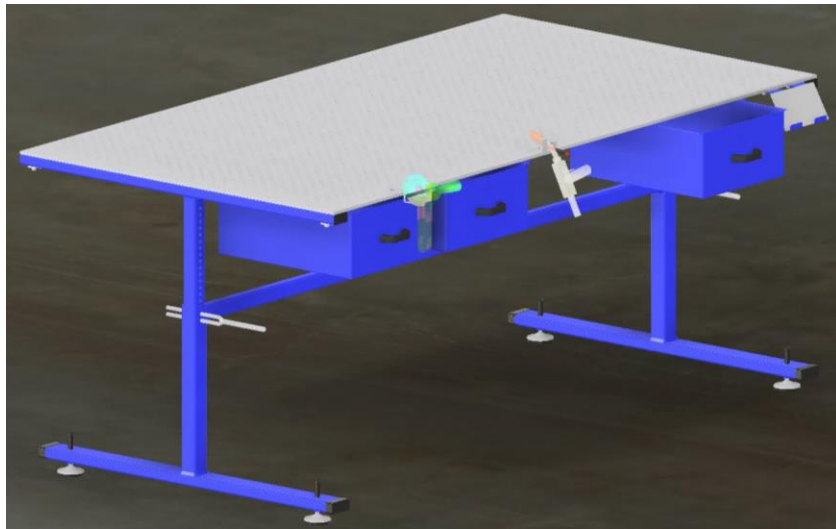
Druhým příkladem může být zakoupení řešení od firmy ALFA IN. Tento výrobce nabízí svařovací stůl PLUS, který může mít velikost svařovací plochy 3000 mm délky na 1480 mm šířky. Tento stůl má také vysokou nosnost 4000 Kg. Jeho nevýhodou jsou velké otvory v desce stolu o průměru 28 mm s roztečí 100x100 mm a neposkytuje moc velkou výškovou polohovatelnost, pouze 50 mm. Deska stolu je vyrobena stejně jako v případě vnitrofiremně konstruovaného typu stolu z materiálu S355J2+N o síle 12 mm, který by měl zajistit, že se na stůl nebudou přichytávat kuličky vznikající při svařování. Cena tohoto řešení je 98 600 Kč bez DPH. [Obrázek 5-1]



Obrázek 5-1: Obrázek svařovacího stolu od firmy ALFA IN [25]

Druhým řešením by bylo vytvoření vlastní konstrukce svařovacího stolu. Co se týče konstrukce tohoto stolu, firma na ní nevydala žádné speciální prostředky, protože ke konstrukci docházelo v rámci běžné pracovní doby, případně ve volném čase konstruktéra. Vzhledem k jednoduché

konstrukci je možné, aby montáž a svaření stolu proběhly interně ve firmě s využitím místních pracovníků údržby. Tím je opět možné snížit pořizovací cenu tohoto typu stolu. Výsledná cena stolu se tedy počítá pouze z ceny materiálu tvarových profilů, výroby desky stolu, úprav na tvarových profilech a výroby zásuvek. Odhadovaná cena tohoto řešení po započtení všech náležitostí vychází na 49 500 Kč za jeden stůl. Výhodou tohoto typu řešení je to, že splňuje všechny požadavky, které na polohovatelný typ stolu firma MEA měla, a že má tento stůl relativně nízkou pořizovací cenu v porovnání s nabízenými řešeními na trhu. Nevýhodou tohoto řešení by mohla být spolehlivost tohoto stolu, protože ještě nebyl otestován v provozu. Tento druh stolu je možné si prohlédnout na obrázku níže. [Obrázek 5-2]



Obrázek 5-2: Polohovatelný svařovací stůl vlastní konstrukce [Interní archiv.]

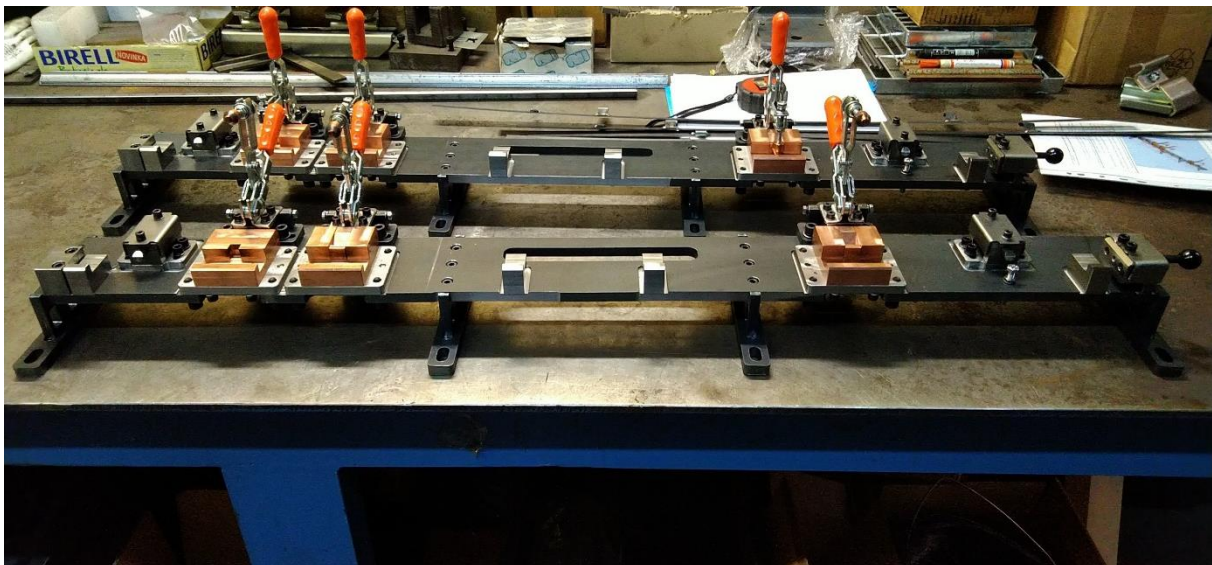
Třetí možnou variantou by byla kombinace obou výše zmíněných řešení, kdy by se využila deska z nově konstruovaného stolu spolu se zásuvkami a polohovatelné nohy stolu, které by se zakoupily od externích dodavatelů. Tyto nohy by mohly být výškově nastavitelné buď manuálně nebo elektricky. V předchozích kapitolách již byly představeny dvě takovéto varianty, kdy manuálně nastavitelné nohy by byly od firmy SIEGMUND a elektricky nastavitelné nohy by byly od firmy LINAK. Manuálně nastavitelné nohy by vyšly na 11 218 Kč. Což je relativně nízká cena. Nicméně tyto nohy by musely být čtyři a styl jejich nastavení je velmi podobný systému, který je vymyšlen pro vlastní konstrukci stolu. Varianta s elektricky stavitelnými nohami by poté vyšla na 36 138 Kč. Což by téměř zdvojnásobilo cenu, oproti kompletnímu řešení vlastní konstrukce. Tato varianta by nabídla jistotu dobré polohovatelnosti a stability stolu a zároveň by zajistila všechna potřebná kritéria co se vybavení stolu týče. Vzhledem k tomu, že cíl zadání je najít co možná nejlevnější řešení, nebyly tyto varianty vybrány jako vítězné.

Z výše popsaných variant vychází nejvýhodněji varianta výroby polohovatelného stolu vlastní konstrukce, protože splní všechny požadavky. Stůl je jednoduše ovladatelný a cenově nejvýhodnější, s cenou necelých 50 000 Kč.

5.2 Nové možnosti přípravků

V rámci úprav přípravků bude možné upravit již vyrobené kontrolní přípravky tak, aby se na ně dali připevnit upínací čepy. Tyto úpravy budou probíhat v čase kontroly a oprav daných přípravků údržbou firmy MEA, a proto úpravou nebudou vznikat žádné další náklady. Ceny starých přípravků byly velmi nízké, pohybovaly se vždy mezi 15 000 Kč až 25 000 Kč. Ceny nových přípravků budou výrazně vyšší. Cenově se budou pohybovat od 40 000 Kč za jednodušší přípravky až do 100 000 Kč za složitější typy přípravků. To je dáno hlavně využitím přesných obráběných dílů a různých zajišťovacích upínek. Nicméně, tím že nové typy přípravků dokážou zachytit špatně vyrobené polotovary a bude se s nimi dít jednodušeji a lépe pracovat, nebudou vznikat takové časové prodlevy na jednom roštu. Tím se zefektivní a zrychlí celá výroba. Ve výsledku tedy přes svoji vyšší výrobní cenu zajistí vyšší úspory ve výrobě a omezí zmetkovitost. Zároveň se bude svářečům s takovými přípravky lépe pracovat. Takže je předpoklad, že je budou používat a nebudou se je snažit sabotovat takovým způsobem, jako se stávalo u starých typů přípravků.

Příklad nového typu přípravku na obrázku níže. [Obrázek5-3]



Obrázek 5-3: Obrázek nových typů přípravků [Interní archiv]

Na těchto přípravcích je vidět, že plochy, které přijdou do styku s polotovary a budou v místech, kde se provádí sváry, jsou vyrobené z obtížně svařitelné třídy mědi. Dále se na nich nalézají normované upínky a předepjatý doraz v pravé části.

Samozřejmým předpokladem u nových přípravků je to, že mistři ve výrobě musí dohlédnout na to, aby nedošlo u nových typů přípravků k manipulaci, typu zvětšení dosedacích ploch nebo uvolnění šroubů držících kontrolní kostky svářeči. To by totiž narušilo kontrolní funkci přípravků a snaha o přesnost by přišla vniveč.

5.3 Porovnání tří druhů filtračně-ventilačních jednotek

V této kapitole budou představeny tři varianty filtračně-ventilačních jednotek od tří výrobců. Z nich bude následně vybrán cenově nejvýhodnější typ obleku.

První variantou je řešení od firmy CleanAIR. Přesněji jejich Ready 2 Weld set. Ten obsahuje svářečskou kuklu včetně samostmívací kazety a rozvodu vzduchu, dále filtračně-ventilační jednotku CleanAIR AerGo, hadici QuickLOCK, nabíječku, rukavice, opasek a přepravní tašku. Tento typ filtračně-ventilačního obleku je již ve firmě využíván v druhém výrobním závodě na Nové Hospodě v Plzni, takže jsou s ním již ve firmě dobré zkušenosti. Cena tohoto řešení je 27 700 Kč bez DPH.

Příklad tohoto řešení je na obrázku níže. [Obrázek 5-4]



Obrázek 5-4: Filtračně ventilační oblek od firmy CleanAIR [26]

Další variantou je filtračně-ventilační jednotka od firmy KOWAX, konkrétně set KOWAX Speed Air Flip. Tento set obsahuje také svářečskou kuklu s odklopným filtrem KOWAX FlipARC, dále filtrační jednotku, která splňuje normu EN12941 TH3, ta zajišťuje nejvyšší stupeň respirační ochrany. Stejně jako předchozí varianta i tento typ filtrační jednotky má vlastní Li-Ion akumulátor a v balení se nachází i nabíječka. Cena této varianty je nyní v akci za 19 810 Kč bez DPH.

Příklad této varianty je na obrázku níže. [Obrázek5-5]



Obrázek 5-5: Svařovací set od firmy KOWAX [27]

Poslední variantou, která zde bude představena je filtračně-ventilační jednotka od firmy Kührtreiber. Jedná se o svařovací masku 800 S FreFlow. Tato maska stejně jako maska od firmy CleanAIR má samostmívací sklo. Dále tento set obsahuje také filtrační jednotku s akumulátorem typu Li-Ion. Cena této varianty je 23 357 Kč bez DPH. Příklad tohoto setu je na obrázku níže. [Obrázek 5-6]



Obrázek 5-6: Svařovací kukla od firmy Kührtreiber [28]

Pro porovnání jednotlivých filtračně-ventilačních jednotek mezi sebou je použita metoda Vícekriteriálního rozhodování. Tato metoda pomůže s určením nejlepší varianty.

Na tabulce 5-1 níže jsou vypsány čtyři hlavní rozdíly mezi filtračními jednotkami a určeny váhy jednotlivých variant. Váhy byly nastaveny tak, že cena má nejvyšší váhu. To je z toho důvodu, že cena je pro vedení firmy klíčový atribut.

Tabulka 5-1: Tabulka rozdílů mezi filtračními jednotkami

Typ jednotky	Cena bez DPH	Hmotnost [g]	Bezpečnostní certifikace	Délka provozu [h]
CleanAIR	27 700 Kč	980	EN12941 TH3	10
KOWAX	19 810 Kč	1027	EN12941 TH3	9
Kühtreiber	23 357 Kč	1020	EN12941 TH2	9
Váha [%]	60	15	15	10

Dalším krokem v metodě Vícekriteriálního rozhodování je vytvořit tabulku s kritérii a dopočítat jednotlivé počty bodů. Body jsou přiřazovány tak, že nejlepšímu atributu je vždy dán počet bodů dle váhy z tabulky 5-1 a pro zbylé varianty je jejich hodnota dopočítána jako poměrová část z maximálního počtu bodů.

Tabulka 5-2: Tabulka určení váhy kritérií metody Vícekriteriálního rozhodování

Kritérium	CleanAIR	KOWAX	Kühtreiber
Cena	42,91	60	50,89
Hmotnost	15	14,32	14,41
Bezpečnostní certifikace	15	15	10
Délka provozu	10	9	9
Součet bodů	82,91	98,32	84,3
Pořadí	3	1	2

Po zhodnocení výsledků Vícekriteriálního rozhodování bylo vybráno vítězné řešení od firmy KOWAX s cenou 19 810 Kč bez DPH. Je to hlavně z důvodu výrazně nejnižší ceny. Avšak to, že se jedná o nejlevnější variantu, neznamená že by toto řešení nesplňovalo všechny požadované funkční vlastnosti. Například tato varianta má nejvyšší bezpečnostní certifikaci EN12941 TH3. Dále má tato varianta velmi dobrou dobu maximální délky provozu bez nabití s 9 hodinami.

6 Závěr

Z důvodu zlepšení pracovních podmínek, zamezení vzniku nemocí z povolání a zefektivnění výroby bylo rozhodnuto, že je třeba navrhnout nové svařovací pracoviště v nově postavené výrobní hale v Plzni na Borech. Tuto halu postavila firma MEA ve spolupráci s plzeňskou věznicí a jsou zde zaměstnávání odsouzení. Jedná se o výhodnou spolupráci pro obě strany, protože firma díky tomu najme levné pracovníky a věznice má zajištěnou práci pro odsouzené. Požadavky na nový svařovací stůl jsou takové, že musí být levný na výrobu, rozměry musí mít takové, aby šel jednoduše zaměnit za stávající modely a měl by obsahovat požadovanou možnost výškové nastavitelnosti a možnosti úložných prostor.

V praktické části proběhla analýza svařovacích pracovišť v nové výrobní hale firmy MEA. Byla provedena ergonomická analýza starých svařovacích stolů spolu s hodnocením splnění kritérií daných požadavky výroby. Dále zde byl popsán současný stav svařovacích přípravků. Závěrem analytické kapitoly bylo zhodnocení současného typu odvodu škodlivých plynů, které vznikají při svařování.

Následně proběhl návrh řešení zjištěných problémů pomocí návrhu nového ergonomického stolu, případně pomocí zakoupení již hotového řešení od externích výrobců. Současně byla navržena i možnost zakoupení pouze výškově nastavitelných nohou stolu, ať už poháněných elektricky, či manuálně. Také zde byly navrženy nové typy svařovacích přípravků, které by měly pomoci k dosažení přesnější a kvalitnější výroby roštů. V poslední části kapitoly návrhu řešení byly navrženy a zhodnoceny možnosti odsávání škodlivých plynů z pracoviště.

V posledních kapitolách bylo provedeno cenové porovnání jednotlivých variant polohovatelných svařovacích stolů. Z těchto byl nakonec vybrán stůl vlastní konstrukce, protože oproti variantám, které jsou běžně na trhu, byl cenově levnější o více než polovinu. Byla zhodnocena i varianta s nakoupenými nohami stolu a vlastní konstrukcí desky stolu. Nicméně tato varianta se ve výsledku ukázala být nákladnější než nohy vlastní konstrukce. V další podkapitole byly představeny potřebné budoucí úpravy na svařovacích přípravcích a zhodnocena jejich investiční návratnost. Zároveň byly představeny i možnosti zajištění kontrolní funkce přípravků a jejich přesnosti. V poslední části proběhlo porovnání tří variant filtračně-ventilačních svařovacích obleků, ze kterých vyšel jako vítěz systém od firmy KOWAX. Tento typ filtračně – ventilační jednotky přesvědčil svojí výrazně nejnižší cenou, při zachování vrcholných provozních vlastností.

Ze zkoumaných veličin lze vyčíst, že ačkoli bude potřeba poměrně velké investice, aby se situace na svařovacích pracovištích zlepšila, tak se v dlouhodobém měřítku tato investice vrátí. Jelikož je nová hala v pronájmu od věznice na dobu 30 let, není třeba se obávat toho, že by se investice do nových svařovacích pracovišť nevrátila. Zároveň pomůže předcházet problém svářečů se zády a respiračním problémům. Zároveň taky úpravy přípravků přinesou zefektivnění a zjednodušení výroby jako takové.

Toto téma by mohlo být dále rozvedeno na sledování využití navržených řešení v provozu a zjišťování celkových úspor, které by mohla firmě přinést. Dalším možným rozšířením vytvořeného řešení, by mohlo být zamyšlení nad vytvořením naklápěcí desky svařovacího stolu. Závěrem je možné říci, že výsledky získané v této práci lze využít pro majitele a vedoucí pracovníky firmy, jako podněty ke zlepšení a zefektivnění výroby, aby viděli, jaké možnosti posunu nynější stav nabízí.

Citovaná literatura

- [1] *BezpečnostPráce.Info* [online]. Praha: Magazín BezpečnostPráce.info, 2019 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/ergonomie/historie-ergonomie/>
- [2] *Bozp.cz*: Slovník pojmů z oblasti BOZP a PO [online]. Praha: Magazín bozp.cz, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/slovník-pojmu/ergonomie-pracoviste/>
- [3] POKORNÁ, Václava. ERGONOMIE Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [4] BUREŠ, Marek. Racionalizace. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [5] *Štíhlá výroba.eu*: Co je štíhlá výroba? [online]. Praha: Firma ENPRAG s.r.o. 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://stihlavyroba.eu/stihla-vyroba/s-29/>
- [6] *Štíhlá výroba.eu*: Štíhlá výroba e-shop [online]. Praha: Firma ENPRAG s.r.o. 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.kovovynabytek.cz/stihla-vyroba-e-shop/t-59/>
- [7] BUREŠ, Marek. Ergonomie – Člověk. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [8] *Nařízení vlády 361/2007 sb.*: Který stanoví podmínky ochrany zdraví při práci [online]. Praha: Vláda České republiky, 2007 [cit. 2021-05-20].
- [9] TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-381-1.
- [10] BUREŠ, Marek. Ergonomie – Pracoviště. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [11] Pracovní prostředí: Ergonomie. *Pracovní prostředí* [online]. [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>
- [12] *Vyhláška 432/2003.*: Která stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií... [online]. Praha: Vláda České republiky, 2003 [cit. 2021-05-20].
- [13] BUREŠ, Marek. Manipulace s břemeny. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [14] POKORNÁ, Václava. OSVĚTLENÍ Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [15] *Digipod.zcu.cz*: Digital factory [online]. Plzeň: Západočeská Univerzita 2011 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>
- [16] BUREŠ, Marek. Digitální modely člověka. Plzeň: Západočeská Univerzita, 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/>
- [17] *MEA Metal Applications* [online]. Plzeň: MEA Group, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.mea-group.com/cz/>
- [18] Interní materiály společnosti. MEA Metal Applications s.r.o., 2022, Plzeň
- [19] *Muni.cz*: Antropometrické charakteristiky české populace [online]. Brno: Masarykova univerzita 2014 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.muni.cz/vyzkum/publikace/1297353>
- [20] *ventilatory-shop.cz*: Jak vypočítat vzduchový výkon ventilátoru [online]. Chomutov: C V B s.r.o. VENTILÁTORY A KLIMATIZACE 2016 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.ventilatory-shop.cz/clanek/jak-spocitat-vzduchovy-vykon-ventilatoru>
- [21] *sv-h.cz*: Digestoř [online]. Pardubice: Strojírenská výroba Horák 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <http://www.sv-h.cz/>
- [22] *siegmund.com*: Professional 750 [online]. Vsetín: JC-Metal s.r.o. 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.siegmund.com/cs/1-Svarovaci-stoly/122-Professional-750/Prehled,102.php>
- [23] *lineardirect.eu*: Linak DL2 – Sada 2 elektrických zvedacích sloupů pro těžké aplikace [online]. Worms, Německo: Flatlift TV Lift Systems GmbH 2022 [cit. 2022-05-20] Dostupné z:

<https://lineardirect.eu/cs/Linak-DL2-Sada-2-elektricky-zvedacich-sloupu-pro-tezke-aplikace/Linak-DL2-2er-Set>

[24] *btechnik-profi.cz*: Odsávací systémy a zařízení [online]. Třebíč: B TECHNIK s.r.o. 2015 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.btechnik-profi.cz/systemy-odsavani/>

[25] *alfain.eu*: Stůl svařovací PLUS 3000x1480x15mm [online]. Nová Ves u Třebíče: ALFA IN a.s. 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.alfain.eu/z30393-stul-svarovaci-plus-3000-x1480x12mm>

[26] *svarecky-elektrody.cz*: Svařovací kukla AerTEC OptoMAX Air + jednotka CleanAIR AerGO + taška [online]. Příbram: QUICK – SERVIS, spol. s r.o. 2022 [cit. 2022-05-23], Dostupné z: <https://www.svarecky-elektrody.cz/svarovaci-kukla-cleanair-aertec-optomax-air-jednotka-cleanair-aergo/d-17212>

[27] *obchod-kowax.cz*: Filtračně ventilační jednotka KOWAX Speed Air Flip KOWAX [online]. Ostrava: SvarExpert s.r.o. 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.obchod-kowax.cz/filtracne-ventilacni-jednotka-kowax-speed-air-flip>

[28] *kuhtreiber.shop*: Svařovací maska 800S FreFlow [online]. Stařeč: KÜHTREIBER s.r.o. 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z <https://kuhtreiber.shop/produkt/svarovaci-mask-a-800s-freflow/>