

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a
management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Racionalizace procesů a výroby

Autor: **Bc. Ilona Kačerová**
Vedoucí práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ilona KAČEROVÁ**

Osobní číslo: **S16N0028P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**

Název tématu: **Racionalizace procesů a výroby**

Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do řešené problematiky
2. Charakteristika výrobního systému
3. Analýza současného stavu
4. Návrh řešení
5. Zhodnocení a přínosy nového návrhu
6. Závěr

Rozsah grafických prací: 0 výkresů
Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


1. ZELENKA, A., PRECLÍK, V. *Racionalizace výroby*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02870-4
2. HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. ISBN 80-214-2871-6
3. MILLER, A. a kol. *ŽIVDIG : Projektování výrobní základy - praktická část, e-book*. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-31-6
4. SLAMKOVÁ, E., DULINA, L., TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG, 2010. 261 s., ISBN 978-80-89401-09-3
5. BUREŠ, M. *ŽIVDIG : Tvorba a optimalizace pracoviště, e-book*. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Bureš, Ph.D.
Regionální technologický institut
Konzultant diplomové práce: Ing. Oldřich Řezníček
MEDTEC - VOP, spol. s r.o.

Datum zadání diplomové práce: 20. září 2017
Termín odevzdání diplomové práce: 21. května 2018


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 20. září 2017

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 vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Marku Burešovi, Ph.D., za jeho čas, odborné vedení a cenné rady, které mi při zpracování diplomové práce poskytl.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Oldřichu Řezníčkovi, jednatelem společnosti MEDTEC – VOP, spol. s.r.o. za věnovaný čas, poskytování potřebných podkladů a za rady, kterých si velmi vážím.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kačerová	Jméno Ilona	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Racionalizace procesů a výroby		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	87	TEXTOVÁ ČÁST	84	GRAFICKÁ ČÁST	3
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Diplomová práce se zabývá racionalizací procesů a výroby ve vybrané společnosti. První část je věnována teoretickým poznatkům týkajících se dané problematiky. V druhé části je provedena analýza současné situace podniku, se zaměřením na odvětví zpracování plechů. Následně jsou navrženy návrhy na zlepšení. Součástí práce je také ergonomická analýza jednoho ze zvolených pracovišť s následným návrhem, jak situaci na pracovišti zlepšit.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>racionalizace, lean management, layout, zpracování plechů, ergonomie, RULA, NV 361/2007 Sb.</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Kačerová	Name Ilona		
FIELD OF STUDY	2301T007 “Industrial Engineering and Management“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D.	Name Marek		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Rationalisation of processes and production			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	87	TEXT PART	84	GRAPHICAL PART	3
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The diploma thesis is focused on rationalization of processes and production in a selected company. The first part is devoted to theoretical knowledge about the given issue. The second part analyzes the current situation of the company, focusing on sheet metal processing. Afterwards proposals for improvement are proposed. The diploma thesis is also including an ergonomic analysis of one of the chosen workplace with a subsequent proposal how the situation should be improved.</p>
KEY WORDS	<p>rationalization, lean management, layout, sheet metal processing, ergonomics, RULA, NV 361/2007 Coll</p>

Obsah

Úvod	11
1. Racionalizace	12
1.1. Druhy racionalizace	13
1.2. Pracovní systém	14
1.3. Postup racionalizace	14
2. Lean management	15
2.1. Rozdělení činností v procesu	16
2.2. Neustálé zlepšování	17
2.3. Základní druhy ztrát ve výrobním procesu	17
2.4. Nástroje metodologie lean	19
2.4.1. Kaizen – neustálé zlepšování	19
2.4.2. 5S	20
3. Layout haly	22
3.1. Základní typy prostorového uspořádání	24
3.1.1. Technologické uspořádání	24
3.1.2. Předmětné uspořádání	25
3.1.3. Buňkové uspořádání	26
3.2. Kapacitní propočty	27
3.3. Softwarové nástroje	29
4. Ergonomie v průmyslovém podniku	31
4.1. Analýzy RULA	34
4.2. NV 361/2007	34
4.3. Softwarová podpora	35
5. Charakteristika výrobního systému	36
5.1. Charakteristika společnosti	36
5.2. Ekonomická analýza podniku	38
5.3. Současný stav výrobního systému – opracování plechu	41
5.3.1. Laserový řezný stroj	42
5.3.2. Vysekávací stroje	45
5.3.3. Ohraňovací lis	46
5.3.4. Layout současného stavu	48
5.4. Cíle podniku pro následující období	51

6.	Výběr vhodných variant	52
6.1.	Technologie řezání vodním paprskem.....	53
6.2.	Ohraňovací lis.....	53
6.3.	Vysekávací lis s flexibilní automatizací	54
7.	Návrh pracoviště technologie řezání plechu vodním paprskem.....	56
7.1.	Technologie řezání vodním paprskem.....	56
7.2.	Dispoziční řešení pro technologii řezání vodním paprskem	57
7.3.	Technicko – ekonomické zhodnocení vodního paprsku.....	63
8.	Návrh umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací a ohraňovacího lisu.....	64
8.1.	Umístění vysekávacího lisu	64
8.2.	Umístění ohraňovacího lisu	65
8.3.	Plánovaný stav haly plechl	66
8.4.	Technicko - ekonomické zhodnocení ohraňovacího a vysekávacího lisu.....	67
9.	Porovnání současné a budoucí situace	68
10.	Ergonomie pracoviště ohraňovacího lisu	70
10.1.	Analýza RULA pracoviště ohraňovacího lisu	71
10.2.	NV 361 pro pracoviště ohraňovacího lisu	73
	Závěr.....	77
	Zdroje	78
	Seznam obrázků	81
	Seznam tabulek	83
	Seznam příloh.....	84

Seznam zkratk

ČSN	České technické normy
IEA	International Ergonomics Association
NATO	Severoatlantická obranná aliance
NBÚ	Národní bezpečnostní úřad
NV 361/2007 Sb.	Nařízení vlády
OL	Ohraňovací lis
ROA	Rentabilita aktiv
ROE	Rentabilita vlastního kapitálu
ROS	Rentabilita tržeb
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
VL	Vysekávací lis
VP	Vodní paprsek

Úvod

Dá se říci, že žádný proces ani systém v průmyslovém podniku není dokonalý a v každém z nich existuje byť jen malá příležitost ke zlepšení. Nemusí se jednat o zlepšení enormních rozměrů, ale i malé krůčky vedoucí k malému zdokonalení výrobního procesu nebo systému mohou pro průmyslový podnik v budoucnu znamenat určitou konkurenční výhodu. Tímto problémem se zabývá předložená diplomová práce. Ta je věnována tématu „*Racionalizace procesů a výroby*“ a popisuje pojem racionalizace jako součást řízení zdokonalování současného stavu podniku, jejímž cílem je dosažení maximálního zisku s minimálními náklady.

Cílem diplomové práce je analýza stávajícího stavu výroby ve společnosti MEDTEC – VOP, spol. s.r.o. a následný návrh opatření pro jeho zkvalitnění. Společnost se zabývá mnoha odvětvími, předložená diplomová práce se zaměřuje pouze na jedno a to opracování plechů, protože právě toto odvětví je společností sledováno za nejvíce problematické.

1. Racionalizace

Význam racionalizace v průmyslovém odvětví byl oceněn již počátkem minulého století. Již v roce 1921 byla v USA stanovena komise pro odstraňování ztrát v průmyslové výrobě. A v roce 1924 byl v Praze pořádán 1. Světový kongres o vědeckém řízení výrobních procesů. [26]

Pojem racionalizace pochází z latinského slova „ratio“, tedy rozum. Zelenka (2004) definoval racionalizaci jako soustavnou a cílevědomou činnost na dosažení, co největší účelnosti, metodičnosti, systematičnosti a hospodárnosti v jakémkoliv konání. Tato činnost se zaměřuje na co nejlepší využívání daných nebo dostupných prostředků, metod a poznatků v praxi. Roku 1927 byla na mezinárodní konferenci o racionalizaci přijata definice tohoto pojmu, která zní: „Racionalizace zahrnuje metody technologie a organizace, jejichž cílem je snížit ztráty práce i materiálu na minimum.“ [26]

Tato definice platí i do dnes, obecně lze říci, že racionalizace je soubor činností, které vedou ke zdokonalování průmyslových výrobních procesů a průmyslových výrobních soustav a to cestou optimálního spojování a efektivního využívání všech jejich prvků. Pro společnost je velmi důležité uvědomění toho, že se jedná o proces kontinuálního zlepšování a zdokonalování výrobního systému. [2]

Na racionalizaci jsou kladeny stále náročnější požadavky, hledají se možnosti ke zvýšení efektivnosti kanceláře, pracoviště, podniku či celého výrobního systému. Racionalizace se dá chápat jako součást řízení zdokonalování současného stavu. Cílem racionalizace je dosažení maximálního zisku s minimálními náklady, a to ať už se jedná o náklady finanční, časové, prostoru či jiné. Je důležité podotknout, že racionalizace je proces neustálého zlepšování, tudíž se hranice dosaženého zvýšení produktivity práce těžko stanovují. [20]



Obrázek 1-1: Cíle racionalizace v podniku [2]

Již z latinského názvu „ratio“ je zřejmé, že při racionalizaci je nejdůležitější používat rozum a uplatňování logických vazeb. Dá se vysvětlit jako rozumové vládnutí pracovnímu úseku.

Racionalizace má několik základních vlastností:

- **Univerzálnost** – značí, že se optimalizace týká všech procesů v systému.
- **Komplexnost** – i změna jediného výrobního činitele zapříčiní změnu u jiných výrobních činitelů. Je třeba brát zkoumaný systém jako komplexní celek, který je složen z jednotlivých prvků propojených různými vazbami.
- **Systematičnost** – je zkoumáno, zda jsou veškeré procesy v podniku vykonávány nejvýkonnějším a nejhospodárnějším způsobem.

Racionalizace podniku se zaměřuje zejména na:

- zvýšení hospodárnosti podniku,
- racionalizaci hospodaření a pohyb materiálu,
- racionalizaci skladování a materiálové hospodaření,
- zvyšování produktivity práce a produktivního fungování základních výrobních fondů,
- vyšší úroveň řízení,
- zvyšování úrovně techniky,
- racionalizaci administrativy,
- racionalizaci pomocných obslužných procesů
- racionalizace práce. [20]

Ve všech případech se racionalizace podniku podkládá ekonomickou kalkulací a směřuje k rentabilitě a hospodárnosti podniku. Racionalizace má praktické zaměření a je nástrojem nejen dalšího rozvoje poznávání, ale také nástrojem k ověřování a aplikování všech praktických změn. [20]

Za racionalizaci se dá považovat i současný trend digitalizace a automatizace výroby, který je označován jako Průmysl 4.0 (Industry 4.0 případně čtvrtá průmyslová revoluce). Protože právě díky nástrojům a metodám průmyslu 4.0 by mělo v budoucnu dojít k úsporám času a peněz společností a zároveň ke zvyšování produktivity práce.

1.1. Druhy racionalizace

Racionalizace se dá rozdělit dle několika hledisek, tato práce popisuje rozdělení dle jejího poslání v podniku a to na:

- 1) **racionalizaci preventivní,**
- 2) **racionalizaci korektivní.**

Preventivní racionalizace se zaměřuje především na posouzení předprojektové a projektové dokumentace. Tato činnost se soustřeďuje na posouzení, zda je dokumentace zpracována komplexně, zda obsahuje organizační uspořádání pracovního procesu a také technické řešení projektu. Cílem je posouzení a stanovení optimálního počtu pracovních míst, rozmístění pracovišť, podmínky práce a optimalizaci pracoviště. Korektivní racionalizace je uskutečňována v již existujících podmínkách technického vybavení. Tato racionalizace analyzuje, navrhuje a zdokonaluje změny v organizačním uspořádání pracovního procesu. Promítá a zahrnuje změny technického charakteru menšího rozsahu do norem spotřeby práce.

Jejím předmětem je například racionalizace počtu pracovníků, materiálových toků, pracovních postupů, norem spotřeb nebo uspořádání pracovišť. [20]

1.2. Pracovní systém

Pracovní systém je systém skládající se z osob a pracovního zařízení, jejichž součinností v rámci pracovního procesu je plněn určitý úkol v určitém pracovním prostoru a prostředí, za určitých okolností daných pracovním úkolem.

Prvky pracovního systému lze detailněji rozdělit například takto:

- **vstup** – informace, materiály, energie, plochy,
- **úkol** – aktuálnost, jednoznačnost, dodržování daného úkolu,
- **člověk** – kooperace, zapracovanost,
- **pracoviště** – rozmístění, vybavení, dispozice,
- **postup** – racionálnost,
- **vlivy okolí** – organizace práce, bezpečnost, manipulace,
- **výstup** – odpad, informace, výrobek. [2]

1.3. Postup racionalizace

Základní postup racionalizace probíhá v několika po sobě logicky jdoucích krocích a dá se znázornit například takto:

1. **Analýza zkoumaného systému** – ukázat na pracovní systém a poznat ho.
2. **Posouzení současného systému** – poznat nedostatky současného systému a zpracovat je.
3. **Návrhy racionalizačních opatření** – navrhnout nový stav, případně navrhnout postupy pro dosažení nového stavu.
4. **Posouzení racionalizačních opatření** – výběr vhodného postupu pro dosažení nového stavu.
5. **Implementace racionálních opatření** – realizace vybraného postupu.
6. **Vyhodnocení přínosů racionalizace** – vyčíslení přínosů. [2]

2. Lean management

„Jediné, co děláme, je to, že sledujeme čas od okamžiku, kdy nám zákazník zadá objednávku, k bodu, v němž inkasujeme hotovost. A tento čas zkracujeme, když odstraňujeme ztráty, které nepřidávají hodnotu.“ Taichii Ohno (1988)

Pojem „Lean management“ případně někdy také označován jako „Lean Enterprise“ lze jednoduše přeložit jako „štíhlý podnik“, nicméně se pod tímto pojmem skrývá spíše „štíhlé myšlení v podniku“. Za štíhlý podnik nelze považovat podnik, kde se používají lean nástroje, ale myšlení a kultura zaměstnanců se nezměnila, protože právě ve štíhlém myšlení pracovníků firmy je klíč ke zlepšení společnosti. Lean management je obvykle označován jako filosofie firmy, kterou musí organizace přijmout a využívat. Základním cílem štíhlé organizace je trvalé zlepšování ve všech jejích oblastech a zamezení zbytečnému plýtvání. Tématu plýtvání je detailněji věnována kapitola 2.3 – Základní druhy ztrát ve výrobním procesu. Štíhlá organizace se zároveň snaží o co nejlepší uspokojení potřeb zákazníka, protože právě spokojený zákazník je pro společnost kritériem úspěšnosti. Dá se říci, že štíhlost podniku znamená dělat jen ty činnosti, které jsou pro podnik potřebné a které přidávají výrobku nebo službě hodnotu. S metodou lean managementu je velmi často spojována především filosofie Kaizen a 5S, které jsou popsány v následujících podkapitolách. [5]

Štíhlá výroba se snaží o maximalizaci produktivity a to eliminací jakýchkoliv procesních ztrát. Jak již bylo řečeno výše, nejdůležitější je eliminace všeho, co nepřidává hodnotu, tedy stav, kdy zpracovaný předmět stojí, je kontrolován nebo se převáží. Za ztráty se považuje také činnost skladování, příprava ke zpracování a sledování průběhu zpracovatelských operací, protože zde může být lidský faktor nahrazen například monitorovacím zařízením. [8]

Veber (2009) ve své publikaci Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita uvádí základní předpoklady štíhlé výroby:

- Realizování produkce jako bezbariérového toku hodnot, který směřuje od dodavatele až ke spotřebiteli, nikoliv jako izolované výroby.
- Produkovat výrobky jen tehdy, kdy jsou třeba, tedy „just in time“. Tento princip by měl mít za následek zrychlení v dodavatelských, výrobních, distribučních a vývojových činnostech.
- Podnik by měl usilovat o co nejlepší zhodnocení zdrojů, je zde tlak na výkonnost všech provozních činností. [24]

Daniel Jones a James Womack (2003) vymezili štíhlou výrobu pěti procesními kroky:

- Vymezení hodnoty pro zákazníka.
- Vymezení hodnotového toku.
- Dosažení plynule „proudícího“ procesu.
- Tažení od zákazníka zpět.
- Usilování o neustále zlepšování ve snaze o dokonalost, podnikovou excelenci. [25]

2.1. Rozdělení činností v procesu

Téměř v každé literatuře o štíhlém podniku se lze dočíst, že základním principem je očistění výrobního procesu o činnosti, které nepřidávají hodnotu. Ale co je myšleno onou hodnotou? Před stanovením návrhů na zlepšování podnikových procesů je důležité uvědomit si požadavky, které jsou na výstupy procesů kladeny od jejich budoucích uživatelů. Tedy stanovit to, co představuje pro zákazníka hodnotu a za co je ochoten zaplatit, případně to, co ocení management nebo vlastníci společnosti. Metodologie štíhlého myšlení klade důraz na posuzování jednotlivých činností sdružených do procesů podle toho, jak k tvorbě výsledné přidané hodnoty přispívají. Jedná se o činnosti, které přidávají hodnotu a činnosti, které hodnotu nepřidávají. [21]

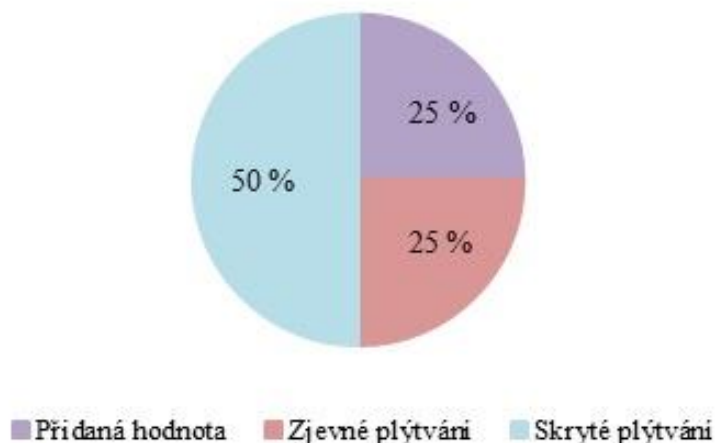
Při racionalizaci výrobního procesu a také při identifikaci plýtvání je třeba všechny činnosti v procesu rozdělit na činnosti přidávající hodnotu a činnosti, které hodnotu nepřidávají. Kritériem pro označení činnosti přidávající hodnotu jsou tři podmínky, přičemž všechny tyto tři podmínky musí být současně naplněny:

- 1) Zákazník tuto činnost požaduje a platí za ní.
- 2) Tato činnost přetváří materiál nebo informaci.
- 3) Tato činnost je udělána správně a na první pokus.

Všechny ostatní činnosti, které nesplňují tyto kritéria, jsou označeny za plýtvání. To se dá dále rozdělit do dvou kategorií a to:

- 1) **Čisté plýtvání, nebo také zjevné plýtvání** – to jsou činnosti, které lze eliminovat (čekání, nadvýroba atd.). Jedná se o činnosti, které zjevně nejsou nutné pro realizaci práce s přidanou hodnotou.
- 2) **Nezbytné činnosti nepřidávající hodnotu (skryté plýtvání)** – což jsou činnosti, které nelze odstranit úplně, ale lze je minimalizovat (přeprava, kontrola atd.). Tyto činnosti nepřinášejí přidanou hodnotu, ale za daných podmínek jsou nutné pro realizaci práce s přidanou hodnotou. [23]

Následující obrázek vyobrazuje orientační rozdělení přidané hodnoty a plýtvání v pracovním procesu.



Obrázek 2-1: Orientační rozdělení pracovního procesu [2]

Poté, co je provedeno třídění činností, je položen základ k eliminaci a omezení činností, které nejsou potřebné. Závěrem lze říci, že veškeré činnosti, které výrobek neobohacují, by měly být z výrobního procesu vyloučeny.

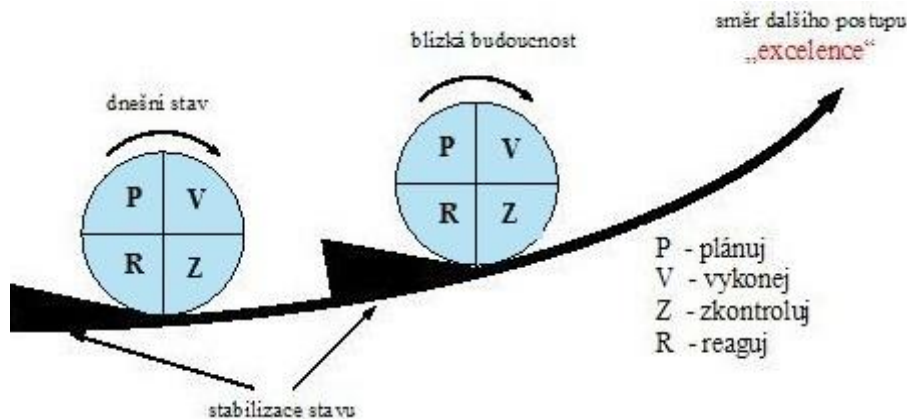
2.2. Neustálé zlepšování

Jak již bylo řečeno, základním cílem štihlé organizace je trvalé zlepšování ve všech jejích oblastech. Za základní nástroj pro dosahování neustálého zlepšování je považován tzv. **Demingův kruh neustálého zlepšování** (někdy též označován jako Demingův cyklus, případně cyklus PDCA). Jedná se o systematický přístup k řešení problémů, který se neustále opakuje. Cyklus začíná prostudováním stávající situace podniku, během této doby jsou shromažďována data, která mají být využita při formulaci plánu zlepšení. Po dokončení plánování následuje jeho realizace, která je následně zkontrolována, aby bylo zřejmé, že bylo dosaženo očekávaného zlepšení. Pokud bylo plánované zlepšení úspěšné, je posledním krokem standardizace použitých metod (kladení klínů), což zajistí, že nově zavedené metody budou i nadále neustále praktikovány a zajišťují tak udržitelnou kvalitu. [15]

Zkratka PDCA je nejčastěji překládána jako:

- **P** – Plan – Plánuj.
- **D** – Do – Dělej, co bylo naplánováno.
- **C** – Check – Vyhodnoť a zkontroluj celkové výsledky.
- **A** – Act – S ohledem na výsledky přizpůsob další jednání. Reaguj na výsledky. [22]

Cyklus neustálého zlepšování je zobrazen na následujícím obrázku.



Obrázek 2-2: Demingův kruh neustálého zlepšování [22]

2.3. Základní druhy ztrát ve výrobním procesu

Ve většině teorií se rozlišuje osm druhů plýtvání, které klasifikoval uznávaný japonský podnikatel a zakladatel Toyota Production System - Taiichi Ohno. Tyto prohřešky jsou zachyceny japonským výrazem „Muda“. [25] [40]

1. Muda nadprodukce

Muda nadprodukce je funkcí mentality vedoucího výrobní linky, jenž se obává problému, jako jsou poruchy strojů, zmetky apod. a proto cítí nutkání vyrábět více, než je potřeba. Tento typ plýtvání vychází z předstihu před výrobním plánem. V rámci filosofie

Just in Time je předstih před plánem považován za horší přestupek, než zaostávání za výrobním plánem. Výroba většího, než potřebného počtu produktů má za následek ohromné plýtvání např. lidskými a energetickými vstupy, kapacitou výrobních zařízení, prostorové nároky na uskladnění přebytečných zásob a existují zde také vyšší náklady na dopravu a administrativu.

2. Muda zásob

Ať se jedná o finální produkty, rozpracované produkty, obrobky či součástky, to vše jsou zásoby, které nepřidávají žádnou hodnotu, spíše zvyšují provozní náklady tím, že zabírají místo a vyžadují nasazení dalších zařízení. Kromě toho vyžaduje provoz a řízení skladů také další lidské síly. Během uskladnění přebytečných položek nevzniká žádná hodnota, navíc jejich kvalita časem klesá, při nejhorším mohou být dokonce poškozeny či zničeny. Nadměrné zásoby jsou výsledkem nadměrné produkce. Pro udržení nadměrně vysokého pracovního kapitálu se v zásobách zbytečně vážou finanční prostředky, které by v mnoha případech bylo možné vynaložit jinde.

3. Muda opravy zmetků

Jedná se o cokoliv, co není provedeno správně hned na první pokus a vyžaduje následnou opravu, úpravu či kontrolu. Zmetky přerušují výrobu a vyžadují nákladné opravy. Tato oprava vyžaduje čas zaměstnanců i finanční prostředky navíc. Zmetky mohou navíc způsobit poškození drahých upínacích či výrobních zařízení. Pokud by se zmetky neodhalily a následně dostaly k zákazníkovi, mohly by být následky i fatální.

4. Muda pohybu

Za neproduktivní pohyb je považován jakýkoliv pohyb, který není přímo spojen s přidáváním hodnoty. Měla by být odstraněna především fyzicky náročná práce zaměstnanců, jako je zvedání nebo nošení těžkých břemen. Nadměrné či opakované pohyby též zvyšují ergonomická rizika. Tuto potřebu přenášení z místa na místo je možné odstranit změnou uspořádání pracoviště. K identifikaci nadbytečných pohybů je třeba pozorně sledovat, jak zaměstnanci používají ruce a nohy a poté se zaměřit na změnu uspořádání pracoviště, polohu všech jeho částí a vytvořit vhodné nástroje a pomůcky.

5. Muda zpracování

Za nadměrné zpracování výrobku je považováno opracování výrobku více, než zákazník požadoval, k tomu může vést například nevhodná technologie nebo nevhodné provedení v samotném procesu zpracování produktu.

6. Muda čekání

K čekání dochází kdykoliv, kdy se práce zastaví z důvodu nerovnováhy na lince, poruchy stroje nebo nedostatku součástek. Případně také, když zaměstnanec pouze pozoruje stroj a jeho ruce zahálí.

7. Muda dopravy (transportu, manipulace)

Doprava je samozřejmě nezbytnou součástí výrobního procesu, ale pohyb materiálu ani produktů nepřidává žádnou hodnotu. Během dopravy materiálu může také dojít k jeho poškození, ztrátě či zpoždění. Je-li to možné. Všechny operace, které jsou fyzicky vzdálené od výrobní linky, by do této linky měly být zapojeny.

8. Muda znalostí

Jedná se o stav, kdy podnik plně nevyužívá všechny znalosti a dovednosti lidí ve prospěch dosažení cílů podniku.

Mezi největší ztráty jsou považovány ztráty z nadvýroby, ztráty v zásobách a ztráty z chybných výrobků (zmetků), ty se označují jako „3Mu“, které pocházejí ze tří japonských slov:

- **Muda** – ztráta, plýtvání, nadbytečnost;
- **Mura** – nerovnoměrnost, nepravidelnost;
- **Muri** – přetížení, nepřiměřenost. [25] [40]

2.4. Nástroje metodologie lean

Mezi nejvýznamnější nástroje štíhlé výroby můžou být zařazeny například tyto nástroje:

- Kaizen,
- 5S,
- Jidoka,
- Just in Time,
- Princip tahu,
- Kanban,
- Standardizace,
- Teorie omezení (TOC),
- Mapování toku hodnot (VSM),
- apod.

Následující dvě podkapitoly se věnují detailnějšímu popisu nástroje Kaizen a 5S, protože právě tyto dva nástroje jsou nejčastěji spojovány s metodou lean managementu.

2.4.1. Kaizen – neustálé zlepšování

Stěžejní myšlenkou strategie Kaizen je, že ani jediný den by neměl ve společnosti proběhnout bez toho, aby nedošlo alespoň k nějakému zdokonalení. Toto kontinuální zlepšování je spojeno s účastí lidí na všech úrovních organizační hierarchie. Podstatou této filozofie je postoj a způsob myšlení všech vedoucích i řadových pracovníků, tento postoj je charakteristický sebereflexí, sebekritičností a touhou zlepšovat se. Kaizen je politika malých krůčků, která zahrnuje všechny pracovníky podniku. [15]

Pojem Kaizen je složen ze dvou japonských slov „Kai“ – změna, „Zen“ – lepší, tudíž se překládá jako „změna k lepšímu“. Používá se pro proces zajišťující kontinuální zlepšování v jakémkoliv rozsahu a k dosahování štíhlé výroby. Filozofie Kaizen se snaží o neustálé zlepšení v podniku, tyto zlepšení nejsou realizována jednorázovými skokovými inovacemi, ale zdokonalováním i těch nejmenších detailů. K neustálému zlepšování může docházet pouze

v případě, že bude proces pravidelně stabilizován a standardizován. Pokud společnost dosáhne standardizace a stabilizace procesu a zajistí, aby všechny její ztráty a neefektivnosti byly viditelné a zcela zřejmé, dostane se jí příležitosti neustále se učit ze svých zlepšení. Základním nástrojem pro dosahování neustálých zlepšení je tzv. **Demingův kruh neustálého zlepšování**, který byl popsán v kapitole 2.2. Neustálé zlepšování. [15]

Další součástí metody Kaizen je analýza známá jako „pět proč“, někdy též z anglického jazyka označována jako „5W“, která se provádí jako zřetězení kladení otázky „Proč?“. Užívání této analýzy je velmi jednoduché a účinné. Hlavní potíž s řešením určitých problémů totiž často spočívá v tom, že lidé začínají hledat řešení, aniž by předtím jasně definovali problém. Poté soustředí pozornost na odstraňování symptomů, namísto řešení příčin daného problému. Myšlenka této analýzy tkví především v tom, že skutečné řešení problému vyžaduje poznání jeho nejhlubší příčiny, než zdroj problému. Pokud podnik pozná tuto příčinu, musí přijmout taková opatření, která předejdou opětovnému výskytu daného problému. [5]

2.4.2. 5S

Dalším nástrojem lean managementu je filosofie 5S, ta se zaměřuje na dosažení trvale organizovaného, čistého, přehledného, efektivního a bezpečného pracoviště. Je základním nástrojem jakéhokoliv zlepšení a používá se k vytvoření a především udržení kvalitního prostředí společnosti. Před aplikací nástroje 5S je důležitá důkladná diagnostická analýza společnosti. Pro aplikaci by měl být vytvořen tým pracovníků, který by měl být tvořen z pracovníků firmy a z vedení externího konzultanta. Jeho název pochází z pěti japonských slov začínajících písmenem „S“.

- **S1** – Seiri - Sort – upravit, zjednodušovat, vytrít nepotřebné,
- **S2** – Seiton – Set in order – organizovat, uspořádat,
- **S3** – Seisou – Shine – vyčistit, uklidit,
- **S4** – Seiketsu – Standardize – standardizovat,
- **S5** – Shitsuke – Sustain – vycvičit, vyžadovat disciplínu.

Seiri – Třídít

Proces vytřídění začíná tím, že se prozkoumají a identifikují veškeré položky na pracovišti, ty položky, které nejsou na pracovišti potřebné, se odstraní. Potřebné položky je třeba označit a ty nepotřebné postupně vyřadit z pracovního místa. K této identifikaci se dá využít například technika zvaná „Červená visačka“. Veškeré položky jsou označeny červeným štítkem, pokud pracovník nástroj využívá, červenou visačku u nástroje sundá. Po určité době provozu jsou veškeré nástroje, které jsou stále označeny visačkou z provozu přesunuty do skladu. Pracovník si je zde může vyzvednout a s nástrojem pracovat, je důležité, aby jej do skladu opět vrátil. Aplikací této metody se najednou nachází ve skladu položky a nástroje se štítkem i bez něj. Po předem stanové době se převedení nepoužívaných položek do skladu opět realizuje, tentokrát ale na vyšší hierarchické úrovni. Těmito kroky lze postupně redukovat nepotřebné položky na různých úrovních. Obdobou je technika, která se dá označovat například jako „štítkování“. Jedná se také o označení využívaných a nevyužívaných nástrojů na pracovišti. Tentokrát za využití štítků zelených, oranžových a červených. Zelenými štítky jsou označeny ty nástroje, které jsou využívány často, oranžově ty, které jsou využívány občas a červeně ty,

kteře nejsou využívány vůbec. Všechny nástroje, které jsou označeny červeným štítkem, jsou následně z pracoviště odneseny do skladu. Aplikace této metody se po určité době opakuje, tudíž se z pracovního místa postupně redukuje nepotřebné položky.

Seiton – Organizovat

V tomto kroku se stanoví vhodné umístění pro každou položku, která byla zvolena za potřebnou. Pro uložení položek musí být definováno stálé místo, kde položku v případě potřeby pracovník nalezne a po použití jej uloží zpět. Označují se také jednotlivá pracoviště, stroje či regály. V případě nefunkčnosti či poničení položky je nutné tyto položky opravit či obnovit. Pracovníci by měli dodržovat jednoduchou myšlenku tohoto kroku „Všechno má své místo a nikde jinde se to nesmí vyskytovat.“. Při respektování těchto pravidel dojde na pracovišti k všeobecné standardizaci a podnik tímto krokem ušetří za nadbytečné stroje a nářadí.

Seisou – Uklidit

Úklid, čištění a údržbu zařízení je třeba provádět denně. Je třeba odstraňovat prach a nečistoty, které se na pracovišti nacházejí. Je nezbytné udržovat zařízení stále připravené k použití a právě čištěním se zároveň provádí kontrola a identifikace poruchy nástroje, které by mohly vést ke zmetkovosti, nehodám nebo poruchám.

Seiketsu – Standardizovat

Pro podnik je důležité si uvědomit, že právě úklid je součástí prevence úrazů a ochrany zdraví při práci. Proto se tento krok snaží dospět k zavedení a dodržování standardů čistoty. Je nutné veškeré předchozí kroky nástroje 5S brát jako standardy pracoviště a také k nim tímto způsobem přistupovat. Aby bylo zajištěno, že každý pracovník na pracovišti novým standardům a dodržování této metodiky rozumí, je využívána například metoda vizuálního managementu. Tato metoda pomáhá jednoduše pochopit stav rozpracovanosti výroby, zajišťuje aktivní účast zaměstnanců, pomáhá kontrolovat efektivní organizování a dokáže okamžitě zjistit problémy.

Shitsuke – Udržování

Posledním krokem je pouze udržování pořádku a zásad, které byly na pracovišti během aplikace metody 5S zavedeny. Pokud budou pracovníci dodržovat přátelskou kulturu prostředí, budou se v práci cítit jako doma, což pozitivně přispěje k produktivitě pracoviště. [19] [22]

3. Layout haly

Výrobní proces je proces, při kterém přeměnou vstupních faktorů získáme za pomoci transformačního procesu hodnotný výstup, neboli výstup, který má pro zákazníka hodnotu.

„Výrobní systém lze v obecném pojetí charakterizovat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil určených pro výrobu vybraného sortimentu výrobků.“ [16]

Výrobní systém je složen z:

- **pracovišť, která přidávají hodnotu** - např. montážní pracoviště, stroje,
- **materiálového toku** - ten zajišťuje bezpečnou přepravu materiálu a výrobků,
- **informačního toku** – zajišťuje přenos, zpracování a uchování informací,
- **servisního a obslužného zabezpečení** – údržba, péče o zaměstnance, zpracování odpadů apod.,
- **centrálního prvku** – tyto čtyři oblasti jsou integrovány pracovníky, protože právě pracovníci určují to, jak efektivně bude celý systém pracovat.

Obecně se dá výrobní proces popsat třemi základními elementy:

- **Vstupy** – tedy výrobní faktory, které tvoří fyzickou podstatu výrobního systému. Jedná se o vstupy potenciální (pracovní síla a výrobní prostředky, které tvoří výkonový potenciál) a spotřební (materiál, režijní materiály – různé kapaliny apod., obchodní zboží)
- **Transformační proces** – při dodržení postupů přetváří kombinace vstupů na výstupy. Transformační proces je ovlivněn několika faktory a to např. disponibilitám množstvím produktivních jednotek, množstvím výrobních úkolů, vztahy mezi produktivními jednotkami apod.
- **Výstup** – nejčastěji je zboží materiální nebo nemateriální povahy.

Právě layout je nástroj, který je využíván k zobrazení prostorového uspořádání výrobního systému. Znázorňuje návrh prostorového uspořádání jednotlivých pracovišť a definuje jeho dopravní cesty resp. intenzitu materiálových toků, které tvoří část logistických nákladů výrobního systému. Při jeho návrhu se vždy vychází z výrobního programu a jeho druhu (tzn. kusové, sériové, hromadné výroby, výroby na zakázku, na sklad apod.). Dále se musí určit, jaký druh layoutu se bude vytvářet (tzn. technologické, předmětné, buňkové, kombinované uspořádání apod.) Jednotlivé druhy jsou popsány v následující kapitole. [16]

Dalším důležitým krokem jsou kapacitní propočty, ty jsou tvořeny na základně výrobního programu a určují:

- potřebu strojů a zařízení,
- manipulačních prostředků,
- pracovníků (výrobních a pomocných dělníků, inženýrsko-technických a administrativních pracovníků),

- výrobních a nevýrobních ploch,
- energií. [26]

Podnikové stroje se dělí na výrobní, pomocné a obslužné. Za výrobní stroje a nástroje jsou považovány veškeré stroje a nástroje, které jsou potřebné pro zajištění základní výroby v celém výrobním cyklu. Mezi pomocné stroje a nástroje se počítají ty stroje a nástroje, které jsou v pomocné výrobě – např. stroje v nářadovně, v údržbě apod. Za obslužné stroje a zařízení jsou brány ty, které zajišťují manipulaci s materiálem, realizují balení materiálu apod. K zaměstnancům podniku se dá eventuálně připočítat ještě ostraha objektu a pracovníci neprůmyslové činnosti, tito lidé jsou však obvykle dodáváni externě. [16] [17]

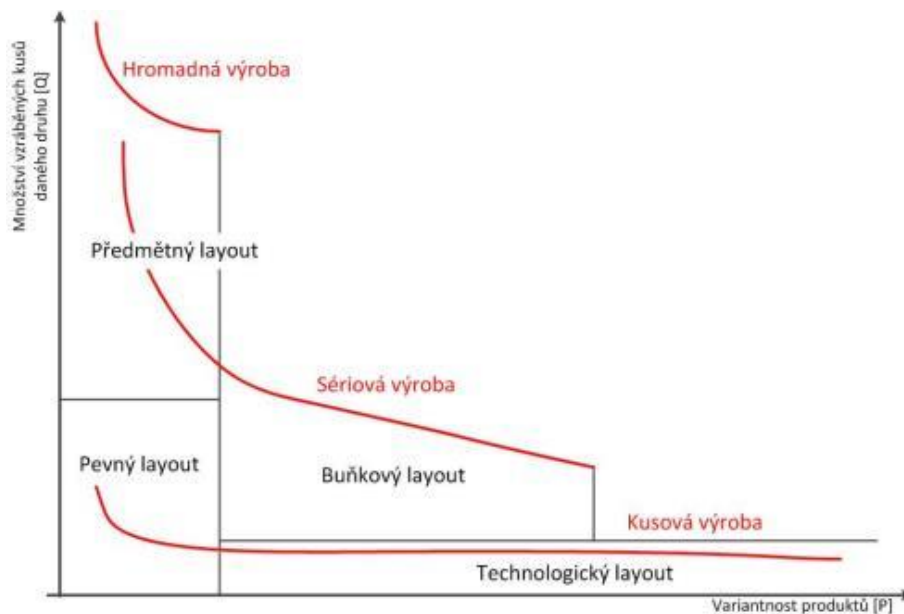
Kapacitní propočty, které jsou využity v praktické části diplomové práce, jsou detailněji popsány v kapitole č. 3.2. Kapacitní propočty. Návrh layoutu se zaměřuje na optimalizaci rozmístění výrobních oddělení, pracovních středisek a konfiguraci výrobního zařízení, kritériem optimality je především produktivita. Dále se zaměřuje na minimální materiálové toky a jejich plynulost. Jeho prostory se dle účelu dají rozdělit na několik částí. Plocha výrobní, která se dá dále rozdělit na výrobní plochy strojní (všechna strojní pracoviště), ruční práce (všechna ruční pracoviště) a montáž (všechna pracoviště montáže). Mezi nimi se nachází dopravní cesty, pomocné plochy a pomocné sklady. Obvyklou součástí většiny výrobních systémů bývají kancelářské prostory pro mistry, technology, plánovače apod. a zázemí pro zaměstnance jako jsou záchody, šatny, sprchy, jídelna apod. Kanceláře patří do plochy správní, zázemí pro zaměstnance do plochy sociální. Přehled částí layoutu je zobrazen na následujícím obrázku. [16] [17]



Obrázek 3-1: Základní rozdělení ploch layoutu [16]

3.1. Základní typy prostorového uspořádání

Při návrhu prostorového uspořádání není vždy jasné dáno, jaká struktura je pro daný výrobní systém optimální. Pro projektanty ale existují určité metody a postupy, které mohou v tomto úkolu pomoci. Jedná se o základní uspořádání výroby, ze kterých se dá při prostorovém uspořádání vycházet. Mezi základní typy výrobního layoutu patří technologické uspořádání, předmětné uspořádání, pevné uspořádání a volné uspořádání. V praxi se ale obvykle vyskytuje jejich kombinace, které vznikají na základě konkrétních provozů a podmínek trhu. Mezi hybridní typy výrobního layoutu se počítá buňkové uspořádání, modulární uspořádání a uspořádání kombinované. Jedním ze základních nástrojů, který umožňuje zvolení možného způsobu určení typu layoutu je P-Q diagram. Tento diagram poskytuje užitečné informace o typu a organizace výroby, manipulaci s materiálem, stupni automaticity a také o způsobu plánování a řízení výroby. V dnešní době, kdy se trh neustále mění, je pro podniky velmi těžké přesné stanovení výrobního sortimentu (osa P) a výrobního množství (osa Q) v dlouhodobějším časovém horizontu. V závislosti na množství vyráběných kusů daného druhu je možné určit vhodný způsob uspořádání výrobních zařízení a strojů, tuto závislost zobrazuje následující obrázek. [16] [17]



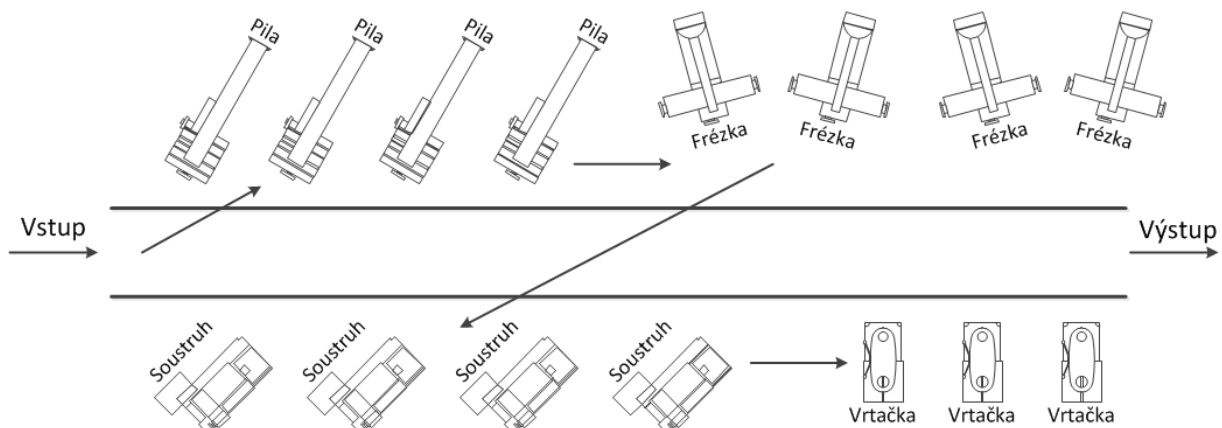
Obrázek 3-2: Graf závislosti druhu prostorového uspořádání na vyráběné množství [16]

3.1.1. Technologické uspořádání

Technologické uspořádání je považováno za nejstarší způsob uspořádání. Tento způsob uspořádání slučuje skupiny stejných druhů strojů např. soustružna, lisovna, brusírna apod. Všechny technologické procesy se provádějí ve společném prostoru. Toto uspořádání se využívá obvykle v kusové a malosériové výrobě středního a těžkého strojírenství. Technologické uspořádání se vyznačuje vysokým stupněm univerzálnosti strojů, z čehož vyplývá adaptabilita ke změnám výrobního programu. Nelze určit jednotný směr materiálového toku, protože sortiment vyráběných součástek je zde velmi různorodý. Tento druh uspořádání pracovišť je zobrazen na následujícím obrázku – Obr. č. 3-3: Technologické uspořádání pracovišť. [4] [16]

Tabulka 3-1: Výhody a nevýhody technologického uspořádání [16]

Výhody	Nevýhody
Vyšší odolnost proti poruchám	Prodloužení výrobního cyklu
Lepší využití kapacit strojů a zařízení	Vyšší zásoby rozpracované výroby
Pružnější výrobní proces (čas, množství atd.)	Nutnost univerzálnějších výrobních zařízení
Snadnější přizpůsobení pracovišť při změně výrobního programu	Vyšší náročnost na operativní řízení výroby
Vyšší odolnost proti poruchám	Vyšší náročnost na manipulaci s materiálem



Obrázek 3-3: Technologické uspořádání pracovišť [16]

3.1.2. Předmětné uspořádání

Předmětné uspořádání seskupuje stroje a zařízení podle posloupnosti výrobních operací určité součásti nebo souboru částí. Montážní pracoviště a stroje jsou uspořádány podle posloupnosti technologických operací. Materiál se v tomto případě pohybuje od jedné operace tou nejkratší cestou k další. Obvykle se využívá při opakované výrobě malých sérií, případně při vyšší sériovosti výroby ve všeobecném a středně těžkém strojírenství ve velkosériové a hromadné výrobě. Mezi základní typy předmětných struktur se dá považovat struktura hnízdová a struktura linková. Obrázek předmětného uspořádání je na Obr. č. 3-4: Předmětné uspořádání pracovišť. [4] [16]

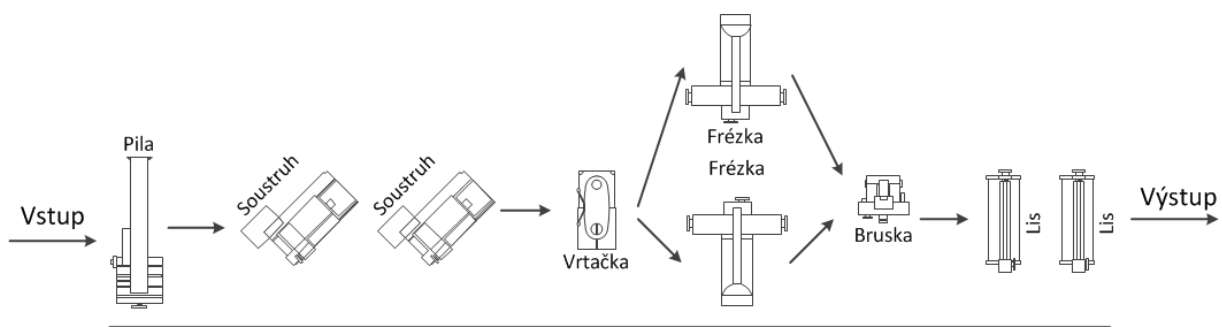
V hnízdové struktuře jsou výrobní zařízení prostorově uspořádány v závislosti na požadavcích většinou předem vybraného sortimentu součástí a realizuje se zde především dílčí výrobní proces pro technologicky a konstrukčně podobné skupiny součástí. Hnízdové uspořádání obsahuje vyjma výrobních strojů také vstupní a výstupné místa se zásobníkem obrobků, které řeší problematiku mezioperačních skladů. [4]

Linková struktura je vhodná pro výrobu vyššího výrobního množství technologicky podobných produktů. Linková struktura může být realizována buď pružnými, nebo proudovými linkami. Pružné linky jsou vhodné pro výrobu vybrané skupiny součástí, které jsou omezeny svým tvarem, rozměry případně technologií výroby. Jedná se o více předmětné linky. Na druhou stranu linky proudové jsou nejčastěji využívány jako jedno předmětné linky, které jsou

charakterizovány jednosměrným pevným dopravním spojením jednotlivých pracovišť. Posloupnost operací a doba trvání všech činností je předem určena. [4] [26]
Následující tabulka uvádí výhody a nevýhody předmětné struktury.

Tabulka 3-2: Výhody a nevýhody předmětné struktury [16]

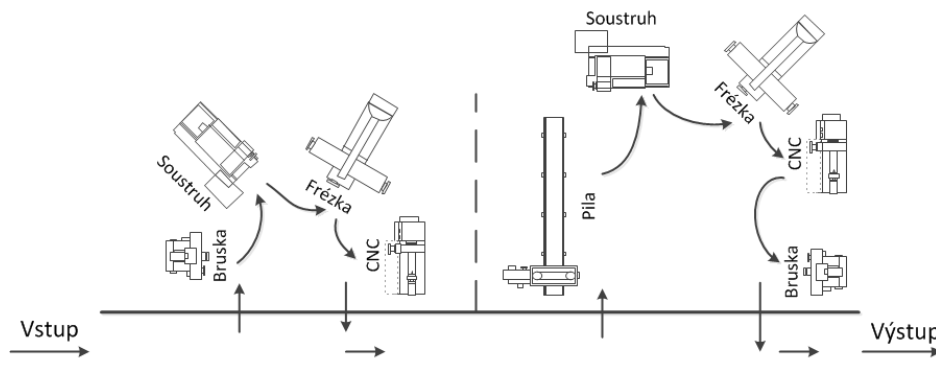
Výhody	Nevýhody
Snížení rozpracovanosti	Vysoké nároky na řízení
Zkrácení manipulačních drah a průběžné doby výroby	Dojde-li ke změně výrobního programu, jsou vyvolány značné změny ve strojním zařízení i uspořádání strojů
Menší potřeba výrobní plochy, nižší náklady na skladování	Snížením objemu výroby poklesne zároveň využití strojů



Obrázek 3-4: Předmětné uspořádání pracovišť [16]

3.1.3. Buňkové uspořádání

Buňkové uspořádání zajišťuje moderní uspořádání strojů do buněk, které dokáží vyrábět výrobky s příbuznými výrobními požadavky. Buňka se dá definovat jako zmenšená, samostatná a flexibilní obdoba předmětné výroby. Buňka je charakterizována především minimálními požadavky na přepravu, podobné výrobky cestují po stejné trase a můžou přeskočit operace, které nepotřebují. Během chodu hlavního pracoviště se dají provádět přípravné operace, a to na pracovišti pomocném. Buňkové uspořádání v sobě kombinuje výhody předmětného i technologického uspořádání, čehož lze dosáhnout za předpokladu dobře fungujícího uspořádání informačního systému výroby. Tento druh pracoviště by měl fungovat v třísměnném provozu.



Obrázek 3-5: Buňkové uspořádání pracovišť [16]

3.2. Kapacitní propočty

„Kapacitní propočty řeší vztah mezi předepsaným (plánovaným) výrobním programem a výrobním profilem navrhovaného objektu (stroje, lidé, ...). [26]

Hlavním úkolem kapacitních výpočtů je stanovení proporcionálních vztahů mezi výrobními zdroji a výrobním programem. Mohou být využity především pro kvantifikaci potřeb zdrojů (např. pracovních sil, výrobních strojů, výrobních ploch apod.) a k optimalizaci časového případně energetického využití výrobních zdrojů stávajících výrobních systémů ve vztahu k požadavkům výrobních programů. [4]

Veškeré vzorce pro kapacitní výpočty jsou čerpány z elektronické publikace Projektování výrobní základny – teoretická část. [16]

Roční časový fond dělníka určuje, kolik minut (hodin) je pracovník v určitém pracovním období k dispozici. Výpočet se provádí následujícím způsobem:

$$E_d = (d_p - d_d - d_a) \cdot H$$

Kde:

E_d - časový fond dělníka

d_p - počet pracovních dnů v roce

d_d - průměrná výše dovolené

d_a - průměrná neplánovaná absence ve dnech (4-12 dnů)

H - počet pracovních hodin při n-směnném provozu (jednosměnný provoz = 7,5h, dvousměnný provoz = 15h)

Roční časový fond stroje určuje, kolik minut (hodin) je stroj k dispozici. Vzorec pro výpočet je následující:

$$E_{fs} = (d_p - d_{cd} - d_{op} - d_{np}) \cdot H$$

Kde:

E_{fs} - efektivní časový fond stroje

d_p - počet pracovních dnů v roce

d_{cd} - průměrná výše celozávodní dovolené (obvykle 10 dní)

d_{op} - počet dní v roce pro plánované opravy

d_{on} - počet dní v roce pro neplánované opravy

H - počet pracovních hodin při n-směnném provozu

Roční časový fond pracoviště udává, po jakou dobu během určitého období je pracoviště k dispozici. Vypočítá se následujícím způsobem:

$$E_{fp} = (d_p - d_{cd}) \cdot H$$

Kde:

E_{fp} - efektivní časový fond pracoviště

d_p - počet pracovních dnů v roce

d_{cd} - průměrná výše celozávodní dovolené (obvykle 10 dní)

H - počet pracovních hodin při n-směnném provozu

Dalšími důležitými propočty je časové ohodnocení náročnosti výroby, tedy kolik času je třeba k výrobě určitého počtu výrobků. Při určování spotřeby času se vychází z normování práce. Existuje mnoho způsobů určení spotřeby času, jedna z možností je určení všech složek jednotky času jednotlivě. Další možností je určení přesného času na zpracování jednoho kusu, ostatní složky spotřeby času jsou poté určeny na základě předem daného koeficientu. Je také nutno zpracovat kapacitní propočty, díky kterým se dá stanovit teoretická potřeba strojů a zařízení, manipulačních prostředků, výrobních dělníků, pomocných dělníků, administrativních dělníků apod. Není třeba znát pouze jejich celkový počet, ale také jejich strukturu. Řeší vztah mezi plánovaným výrobním programem a výrobním profilem objektu, který je navrhován. Jsou také podkladem pro určení investičních a provozních nákladů objektu.

Počet strojů se vypočítá následujícím způsobem:

$$P_s = \frac{T_c}{E_{fs}}$$

Kde:

P_s - počet strojů (zaokrouhlujeme na celá čísla nahoru - jen v případě, kdy je hodnota velmi blízko dolní hranici zaokrouhlujeme dolů)

T_c – celkový čas

E_{fs} – efektivní časový fond

Celkový počet dělníků je sumou dělníků výrobních a dělníků pomocných. Výrobním dělníkem je pracovník, který se přímo podílí na výrobě daného produktu. U tohoto výpočtu se rozlišuje, zda je provoz jednosměnný či vícesměnný.

Jedna směna se vypočítá následujícím způsobem:

$$D_v = \frac{T_c}{E_d}$$

V případě dvousměnného provozu je výpočet následující:

$$D_v = 2 \cdot \frac{T_c}{E_d}$$

Kde:

T_c – celkový čas

E_d – efektivní časový fond

Za pomocné dělníky jsou považováni pracovníci, kteří zajišťují chod výrobního procesu, jedná se například o skladníky, řidiče vysokozdvíhových vozíků apod. Výpočet je následující:

$$D_p = (0,45 \div 0,65) \cdot D_v$$

Dále je třeba stanovit rozměry celkové plochy závodu, ta se skládá z ploch, která mají různá zaměření. Základní rozdělení je na plochy výrobní, pomocné a sociální. Výpočet výrobní plochy je následující:

$$S_V = \sum_{i=1}^m S_{M_i} \cdot P_{Str_i}$$

Kde:

S_V - celková výrobní plocha v m^2

S_{M_i} - měrná plocha výrobního zařízení i-tého druhu v m^2

P_{stri} - počet strojů i-tého druhu

Měrná plocha výrobního zařízení je dána vztahem:

$$S_M = S_Z \cdot k$$

Kde:

S_Z - půdorysná plocha (zastavěná) plocha stroje v m^2

k - plošný koeficient, která vyjadřuje provozní podmínky výrobního zařízení, organizaci pracoviště a bezpečnost práce

Pomocné plochy jsou vypočteny následujícím způsobem:

$$S_P = (0,4 \div 0,6) \cdot S_V$$

Z této plochy připadá obvykle

- 32 – 35 % na dopravní plochy,
- 27 – 30 % na skladovací prostory ve výrobě,
- 7 – 9 % na pracoviště kontroly (pouze v případě, že není zařazena ve výrobních plochách jako pracoviště),
- 14 – 16 % na údržbu (hlavně pro velké stroje),
- 14 – 16 % na plochy s náradím (například výdejna náradí)

Celková provozní plocha je tedy součtem ploch výrobních a ploch pomocných. Sociální plochy jsou určeny na základně normy. [16]

3.3. Softwarové nástroje

Na současném trhu je pro podporu projektování výrobní základny v nabídce mnoho softwarových produktů. Tyto nástroje jsou řazeny do skupiny „nástroje digitálního podniku“, případně jako nástroje digitální továrny či fabriky, eventuálně jako nástroje životního cyklu

produktů (PLM softwarové nástroje). Softwarů, které se zabývají přímo prostorovým uspořádáním, je v dnešní době nepřehledné množství. Dají se rozdělit do tří základních skupin:

- **Komplexní nástroje** – Kromě nástrojů pro návrh a plánování výrobního systému obsahují také nástroje CAD a CAM. Např. Tecnomatix: Siemens PLM Software.
- **Specializované nástroje** – Jedná se o specializované nástroje, které se zabývají návrhem prostorového uspořádání firmy. Například Visual Components, Autodesk Factory Desing Suite případně visTable, který bude detailněji popsán níže.
- **Univerzální nástroje** – Tyto nástroje jsou primárně určeny k tvoření výkresové dokumentace, ale v některých firmách se využívají u pro návrhy prostorového uspořádání. Jedná se například o AutoCAD či MS Visio. [17]

VisTable je distribuován německou firmou Plavis GmbH, která se zaměřuje na oblast výrobních layoutů. Tento nástroj slouží pro statický návrh výrobních systémů. Zahrnuje také aplikace, které uživateli usnadňují práci při rozhodování o návrhu dispozice pracovišť, ostatních prostor či celého layoutu. Tento software vytváří pole pro neustálé zlepšování nejenom výrobního systému, ale také celé společnosti a to především pro plánování rozvržení společnosti, analýzu materiálových toků, tvorbu scénářů, optimalizaci transportních a materiálových cest, plánování montáže apod. VisTable umožňuje import modelů z různých 3D a CAD programů (například ze softwaru SolidWorks, CATIA apod.) zároveň obsahuje knihovny modelů z mnoha oblastí jako je skladování, montáž, výroba či stavebnictví a to včetně zařízení jako jsou roboti či vybavení venkovních prostorů. Za pomoci bezpečnostních směrnic probíhá ve VisTablu kontrola kolizí, protože každý objekt má již předem nadefinovanou vzdálenost, která nesmí být z bezpečnostních důvodů překročena. Případné kolize jsou indikovány červeným zbarvením v místě problému. Nástroj VisTable je oblíbeným softwarem především díky jeho jednoduchosti a přehlednosti, již na první pohled zobrazuje optimalizaci rozvržení, vztahy materiálu a transportních sítí, analýzu a optimalizaci materiálových toků, 3D vizualizaci, dimenzování funkčních opatření či již zmíněnou kontrolu kolizí nebo škálovatelnou knihovnu modelů. [44]



Obrázek 3-6: 3D pohled výrobního layoutu [44]

4. Ergonomie v průmyslovém podniku

Slovo ergonomie má základ v řeckém „*ergon*“ = práce a „*nomos*“ = zákon, pravidlo. Počátky uplatňování ergonomických přístupů lze nalézt již v raných fázích vývoje lidstva, v té době se nejednalo o pojetí, jaké známe dnes, nýbrž o jednoduché uzpůsobování pracovních nástrojů potřebám jejich uživatele, případně úpravu lidských obydlí pro zvýšení jejich pohodlí, což lze považovat za první primitivní ergonomické operace. Ergonomie, kterou známe dnes, se začala uplatňovat v pozdním středověku, kdy probíhal oborový rozvoj dovedností. Koncem 18. století s sebou průmyslová revoluce přinesla řadu změn. Byla zavedena centralizovaná výroba a oddělovala se výroba od cílových uživatelů nástrojů a strojů. Také byla obvyklá produkce univerzálních a jednotných nástrojů, která narušila již vytvořené vazby ve vztahu člověk-stroj. V této době se majitelé továren snažili maximálně využít lidské kapacity a to bez ohledu na potřeby a možnosti jejich pracovníků. Již koncem 19. století se objevily první názory, že pro maximální pracovní výkony je nutné upravovat také pracovní prostředí a pracovní režimy, právě tyto názory se staly základem tzv. vědeckého řízení a organizace práce, kterou zavedl F. Taylor. Velký progres proběhl i v meziválečném a válečném období 20. století. Na přelomu 20. a 21. století dominoval v oblasti ergonomie především rozvoj pokročilých systémů automatického řízení, výpočetní technika a automatika. V dnešní době je důraz kladen především na pracovní rizika, pracovní pohodu a jejich bezpečnost. [14]

V dnešní době má ergonomie nespočet definic, zde jsou uvedeny některé z nich, například definice dle ČSN EN 614-1:2006 zní: „*Ergonomie se zabývá studiem vzájemných vztahů (interakcí) mezi lidmi a dalšími prvky systému. Ergonomie aplikuje teoretické poznatky, zásady, empirická data a metody pro navrhování zaměřené na optimalizaci pohody osob a celkovou výkonnost systému*“ [3]

Dle Mezinárodní ergonomické společnosti (IEA) zní definice ergonomie takto: „*Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.*“ [7]

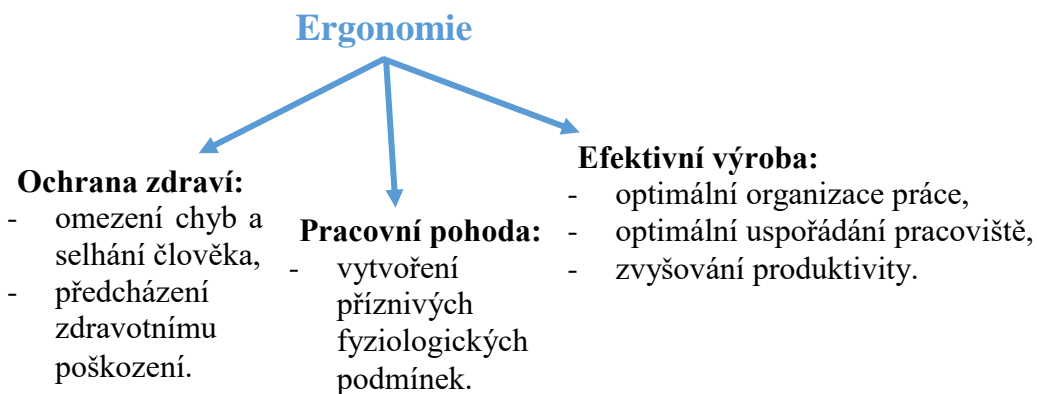
Hlavenka (1995), s. 152 vysvětluje pojem ergonomie tímto způsobem: „*Ergonomie je jedním z vědních oborů, který řeší postavení člověka v pracovní i mimopracovní oblasti. Hodnotí, zkoumá a navrhuje optimální podmínky pro činnost člověka, tzv. takové podmínky, které umožňují člověku vykonat určenou práci s optimální fyzickou a psychickou zátěží.*“ [9]

V ergonomii je nutné si vyjasnit termíny jako je mechanocentrický a antropocentrický přístup. Mechanocentrický přístup je charakterizován vývojem v počátku 20. století. Tento přístup vychází z taylorismu a považuje člověka za součást technického systému a objekt technického řízení. Nebere se tedy moc ohled na pracovníkovy potřeby a jeho pracovní výkon se podřizuje spíše výkonu strojního zařízení. Antropocentrický přístup, který vznikl v 50. a 60. letech minulého století. Je charakterizován tím, že člověk je vysoce organizované, tvořivé, pružné a nápadité individuum, které v pracovním procesu projevuje individuální potřeby a zájmy jako např. uplatnění své kreativity a participace na organizování a řízení pracovního procesu v organizaci. S ohledem na ergonomii toto tvrzení znamená, že na rozdíl

od mechanocentrického přístupu je nutné upřednostňovat pracovníka před strojem a brát ohled na jeho fyzické stejně tak jako psychické potřeby. [1]

Ergonomii je možné chápat jako nástroj, pro zabezpečení efektivnější výroby a zlepšení konkurenceschopnosti. Hlavními úkoly ergonomie je vytvoření jednak organizačních a technických podmínek pro zefektivnění lidské práce, ale také snižování nepřiměřené pracovní zátěže a zvyšování pracovní pohody, dosažení efektivní výroby v podmínkách pracovní pohody. To vše bez nebezpečí zdravotního poškození pracovníků, při přizpůsobování pracovního zařízení, postupů a prostředí schopnostem člověka tak, aby mohl plnit pracovní úkoly co nejúčinněji a bez újmy na svém zdraví. [1]

Hlavní úkoly ergonomie jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obrázek 4-1: Úkoly ergonomie [1]

Jedním z hlavních přínosů ergonomie je právě to, že přichází se systémovým přístupem k řešení problematiky člověka ve výrobním procesu.

Na ergonomickém systému lze řešit tyto čtyři základní typy úloh:

- **Ergonomická racionalizace** - systém existuje, je známa jeho struktura i chování a hledají se parametry, při nichž je chování systému podle určitého kritéria nejvýhodnější.
- **Ergonomické modelování** - systém existuje, je známa jeho struktura. Na základě struktury se zjišťuje pravděpodobné chování systému.
- **Ergonomická analýza** - označuje existenci systému, kdy ale není známa ani jeho struktura ani jeho chování. Experimentálně se zjišťuje chování systému a z něj jeho struktura.
- **Projekční ergonomie** - pokud systém dosud neexistuje, má však být zkonstruován a to s takovou strukturou, aby vykazoval s danou pravděpodobností požadované chování. [1]

Při navrhování a rozměrovém řešení pracoviště by projektant měl dbát především na:

- pohlaví a stáří člověka,
- pohybový prostor,
- pracovní polohu,

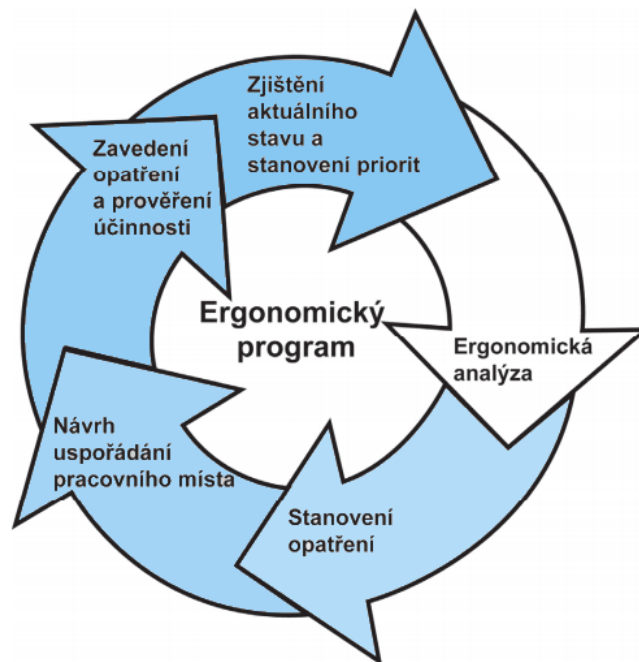
- zorné polohy,
- speciální podmínky dané práce.

Obvykle se stává, že projektant nezná konkrétního člověka, pro kterého je pracoviště tvořeno, proto by se mělo vycházet z průměrných proporcí. Pracoviště by však mělo být navrženo tak, aby jednoduchou úpravou vyhovovalo jak menším, tak větším pracovníkům, případně pracovnícím. [9]

Do oblasti ergonomie lze praktikovat i filosofii 5S, případně Demingův cyklus neustálého zlepšování, tyto nástroje lean managementu byly zmíněny již v předešlých kapitolách, kapitola 2.4.1. Kaizen – neustálé zlepšování a kapitola 2.4.2. 5S. Je třeba si uvědomit, že tyto činnosti na sebe nenavazují, ale navzájem se doplňují. Lze říci, že přínosem ergonomie je bezpečnost a zaměření se na potřeby lidského organismu. Přínosem filosofie 5S je zlepšení výkonnosti a snížení, nebo v nejlepším případě úplná eliminace ztrát. Příkladem vzájemné kombinace těchto prvků může být například tato situace:

- „5S“ – přiřazování přesného místa všem věcem (nástrojům, materiálům, dokumentům apod.) tak, aby jejich hledání nezpůsobovalo žádné časové prostoje.
- **Ergonomie** – umístování nástrojů v dosahových zónách končetin.

Demingův cyklus neustálého zlepšování, který je aplikován na ergonomii, je znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 4-2: Demingův cyklus pro uplatnění v ergonomii [14]

Praktická část diplomové práce obsahuje ergonomické analýzy jednoho ze zvolených pracovišť. Teoretické poznatky k těmto analýzám jsou popsány v následujících podkapitolách. Jedná se o analýzu RULA a o výpočet přijatelných, podmíněně přijatelných a nepřijatelných poloh dle NV 361/2007 Sb. Poslední podkapitola je věnována softwarové podpoře.

4.1. Analýzy RULA

Metoda RULA neboli Rapid Upper Limb Assessment byla vyvinuta roku 1993 jako ergonomická analýza pracovišť, ve kterých se vyskytuje zatížení horních končetin, krku a trupu. K hodnocení se využívá pracovní list, který slouží k posouzení požadované polohy. Nejprve je pracovník pozorován a identifikují se jeho rizikové polohy, které jsou následně hodnoceny. Výběr postojů, které by měly být hodnoceny, by měl být založen na základě rozhovoru s pracovníky a počátečním pozorování, tak se dají nalézt nejtěžší postoje a pracovní polohy. Dále se řeší držení těla po delší dobu a pozice, kde se vyskytují nejvyšší síly. Následně se provede skórování a zaznamenávání poloh jednotlivých částí těla. Třetím a posledním krokem je stanovení celkové naléhavosti na opatření. Celkové hodnocení se dělí na 4 kategorie, které indikují naléhavost na provedení změn na pracovišti. Tyto kategorie jsou znázorněny v následující tabulce. [27][43]

Tabulka 4-1: Kategorie analýzy RULA [27]

Skóre	Rizikovitost a naléhavost opatření
1 – 2	Zanedbatelné riziko, práce je přijatelná
3 – 4	Malé riziko, potřeba dalšího hodnocení a případných požadavků na změnu
5 – 6	Střední riziko, brzké změny
7	Velmi vysoké riziko, okamžité změny

Pracovní listy, které jsou využívány k hodnocení pracovních poloh, nejsou součástí této diplomové práce, protože analýza RULA, která je součástí kapitoly 10.1. Analýza RULA pracoviště ohraňovacího lisu, byla provedena v programu Tecnomatix Jack.

4.2. NV 361/2007

Jedná se o nařízení vlády, kterým se stanovují podmínky ochrany zdraví při práci. V praktické části je zpracováno hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy na základě zařazení mezi přijatelnou, podmíněně přijatelnou a nepřijatelnou pracovní polohu. To vše za respektování NV 361/2007 Sb.

„Při hodnocení polohy trupu se vychází z polohy páteřního výrůstku sedmého krčního obratle a horní hrany velkého chocholíku, které definují neutrální polohu. Úhly pro hodnocení polohy trupu jsou pak vztaženy k vertikální rovině. Úhel mezi rovinou procházející trupem v neutrální poloze a vertikální rovinou je 4°. Při hodnocení polohy krku a hlavy se vychází buď z úhlu pohledu (při poloze trupu v neutrální poloze), tj. z velikosti úhlu pod horizontální rovinou oka, nebo z velikosti úhlu sklonu hlavy a krku k vertikální rovině. Při hodnocení horních končetin se vychází ze dvou bodů na horní končetině, tj. vnější části klíční kosti a loketního kloubu. Vzpažení horní končetiny je definována jako úhel, který svírá končetina v pracovní poloze vzhledem k neutrální poloze paže. Neutrální poloha je poloha končetiny volně visící podél těla.“
[34]

NV 361/2007 Sb., definuje průměrný hygienický limit pro dobu práce v jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních polohách v průměrné 8 hod směně na 160 minut. Průměrný hygienický limit pro polohy v nepříjemné poloze je 30 minut v průměrné 8 hod směně. [34]

4.3. Softwarová podpora

V praktické části diplomové práce je zpracována ergonomická analýza pracoviště ohranovacího lisu. K těmto potřebám byl využit program Tecnomatix Jack. Tento program byl vytvořen za podpory NASA již během 80. let. Software umožňuje umístění přesného biomechanického modelu člověka do virtuálního prostředí, zde je možné mu přiřadit úkoly a následně sledovat jeho výkonnost. K dispozici je jak mužské, tak ženské pohlaví a lze tvořit postavy dle libovolných rozměrů a proporcí. Model člověka má 69 segmentů a 68 kloubů. Nejdetalněji zpracovanou částí je páteř, ta je tvořena 17 segmenty a ruce, které jsou tvořeny 16 segmenty. Se segmenty se dá manipulovat ve 2-3 osách. Tento program umožňuje provádění několika základních typů vyhodnocení výkonu virtuálního pracovníka. Jedná se například o zobrazení zorného pole, případně o testování kolizí v reálním čase. Dále je možné využít doplňkových modulů Occupant Packaging Toolkit a Task Analysis Toolkit (dále TAT). Analýzy z TAT dokáží zhodnotit potenciální zdravotní ohrožení založené na postoji, zátěži, délce činnosti, využití svalů apod. a zprostředkovávají návrhy jak tato rizika snižovat. Dále ukazují, kolik může daný pracovník při vykovávání jeho práce zvednout, položit, přenést a tlačit. [41]



Obrázek 4-3: Jack a Jill z programu Tecnomatix Jack [42]

5. Charakteristika výrobního systému

Následující podkapitoly jsou věnovány detailnějšímu popisu společnosti, kde byla diplomová práce zpracovávána. Je popsána charakteristika společnosti, vypracována ekonomická analýza a je popsán současný stav výrobního systému společnosti, s detailním zaměřením na opracování plechu, protože právě racionalizaci tohoto odvětví je diplomová práce věnována. Poslední a nesmírně důležitou podkapitolou jsou cíle podniku pro následující období, kde je řečeno, na co se podnik chce zaměřit do budoucna.

5.1. Charakteristika společnosti

Společnost MEDTEC – VOP, spol. s.r.o. byla založena roku 1996 v Hradci Králové a po privatizaci se stala nástupnickou organizací státního Vojenského opravárenského podniku. Jedná se o ryze českou společnost, která má své zákazníky nejenom v České republice, ale také v zahraničí a to především v Německu. Sídlo společnosti je v Hradci Králové a má 100 zaměstnanců.

Společnost se zaměřuje především na zakázky výroby speciálních užitkových vozidel. Do roku 1989 byla činnost podniku směřována především na zakázky vojenského charakteru, poté ale došlo k výraznému rozšíření produkce také na sektor civilní. V té době byla také zahájena výroba sanitních a požárních vozidel v mnoha variantách. Mezi její nejvýznamnější klienty patří například Správa státních hmotných rezerv České republiky, Zdravotnická záchranná služba Pardubického a Královehradeckého kraje, Fakultní nemocnice Hradec Králové, Oblastní nemocnice Kladno či Hasičský záchranný sbor Královehradeckého kraje.

Společnost se mimo jiné zabývá také:

- Výrobou komponentů do vzduchotechniky pro německého odběratele.
- Povrchovou ochranou galvanickým pokovením a práškovým stříkáním.
- Zástavbou vozidel pro obranu a bezpečnost státu, zejména v oblastech spojovací techniky.
- Výrobou nábytku a dalších speciálních zástavbových prvků, to vše, včetně čalounění.
- Výrobou přesných obrobků pro automobilový průmysl, veškerá produkce společnosti je určena pro zahraniční klientelu.
- Výstavbou fotovoltaických elektráren, a to včetně projektových prací a vyřízení úředních formalit.
- Zpracováním plechů – výroba plechových skříní a výroba skříní pro napojářskou techniku.
- Zakázkami na kusovou výrobu v oblastech, kterou jsou pokryty technologiemi společnosti.

Jako celek splňuje společnost na základně potvrzení NBÚ č. 0338 ze dne 7. 1. 2003 stupeň utajení „důvěrné“ a proto má také dostatek pracovníků, kteří mají oprávnění se s utajovanými skutečnostmi seznamovat.

Společnost se řídí propracovaným plánem kvality, který je pravidelně aktualizován. Veškeré aplikované procesy jsou řízeny v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO 9001:2009¹. Systém řízení jakosti je dále rozšířen o požadavky NATO na ověřování jakosti při návrhu, vývoji a výrobě v rozsahu AQAP 2110² dle ČOS 051 a to za velmi přísných bezpečnostních opatření, především s důrazem na bezpečnost práce a ekologii. Systém kvality, který je popsán v Příručce kvality zabezpečuje produkci výrobků a služeb v předem stanovené a dokumentované kvalitě. Každoročně jsou představitelem vedení pro jakost ve spolupráci s členy vedení společnosti zpracovány a jménem ředitele vydány roční cíle kvality, kterými se pravidelně konkretizuje aktuální politika kvality v podniku. Cíle jsou zpracovány do „Opatření“ ke splnění celkových cílů, ke kterým je přiřazena přímá odpovědnost za procesy. Cíle musí být měřitelné, konkrétní a zohledňují současné a budoucí potřeby společnosti a trhu. Plnění těchto cílů je průběžně přezkoumáváno.

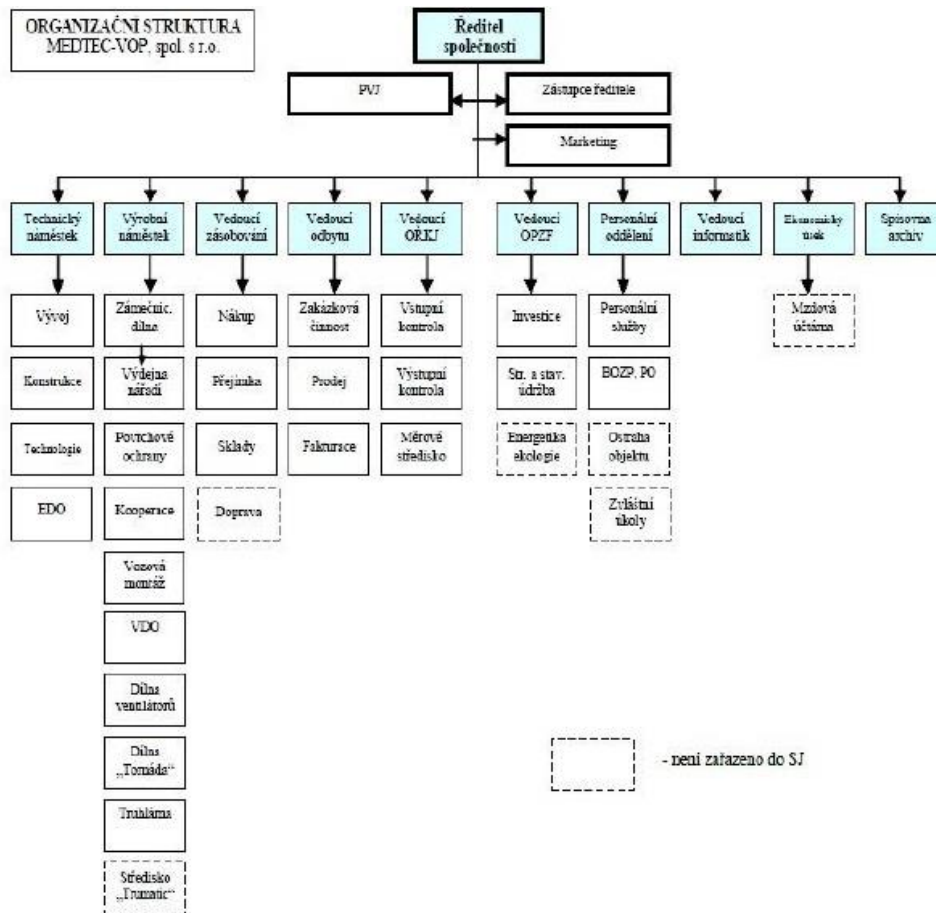
Celé vedení společnosti je zavázáno k vytvoření a udržování efektivního a účinného systému řízení jakosti, který je přínosem pro všechny zainteresované strany. Tento závazek je vyjádřen ve strategii vedení společnosti, strategických cílech a politice kvality. Společnost se snaží o udržení stávajících zákazníků a o získání zákazníků nových, proto je zajištěno, aby byly stanoveny potřeby a očekávání zákazníka, které budou převedeny na požadavky a plněny k plné spokojenosti klienta. Je věnována pozornost hlavně na identifikaci potřeb zákazníka, posouzení konkurence na trhu, identifikaci slabých a silných stránek podniku a identifikaci příležitostí ke zlepšování. V praxi tento proces znamená neustálé vyhodnocování informací od zákazníků a zainteresovaných stran. Z toho vyplývá i motto společnosti „**Získaný a spokojený zákazník, naše budoucnost**“.

Cílem společnosti je vyrábět takové výrobky a poskytovat takové služby, aby byly optimálně uspokojeny potřeby a požadavky zákazníka. Společnost se orientuje především bezpečnost výrobků a jejich spolehlivost, dále na jakost, ceny, rozsah prací a služeb a na termíny dodání. V neposlední řadě se soustředí také na minimální dopady na životní prostředí. Společnost odešla od používání kyanidových solí v zinkovacím procesu. Kvalita veškerých výrobků a poskytovaných služeb je velmi ovlivněna i kvalitou nakupovaných surovin, a proto jsou hlavní subdodavatelé společnosti držitelé certifikátu ČSN EN ISO 9001 a vydávají „Osvědčení o shodě“ nebo „Prohlášení o shodě“³ ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb. Tito subdodavatelé jsou zapojeni do procesu kontinuálního zlepšování a napomáhají tím uskutečňovat společný cíl, který je zaměřen na spokojenost jak stávajících, tak budoucích zákazníků. [10] [45]

¹ ISO 9001:2009 je základním kritériem pro správné fungování managementu kvality.

² AQAP 2110 je systém požadavků, který je velmi úzce navázán na normu ISO 9001. Tento systém je doplněn o požadavky NATO. AQAP 2110 zaručuje, že systém jakosti odpovídá požadavkům NATO. [10]

³ Prohlášení o shodě je jednou z nutných podmínek uvedení výrobku na trh. Toto prohlášení deklaruje, že výrobce správně posoudil shodu výrobku s požadavky příslušných nařízení vlády. [10]



Obrázek 5-1: Organizační struktura společnosti [10]

5.2. Ekonomická analýza podniku

Během účetního období roku 2016 byly realizovány, nebo byly zahájeny realizace několika specializovaných zakázek pro Armádu České republiky, pro Správu státních hmotných rezerv apod. I přesto byl obrat firmy tvořen především civilní výrobou, to zejména procesem výroby přesných obrobků pro automobilový průmysl (jednalo se především o speciální řemenice a tlumiče torzních kmitů). Bohužel byl zaznamenán meziroční propad tržeb o cca 13 %, což bylo způsobeno zejména tím, že dva nejnositelnější typy výrobků byly postupně stahovány ze sériové výroby a staly se pouze náhradními díly. Tento segment trhu je však značně kolísavý, proto není propad tržeb hodnocen jako kritický. Společnost se bude snažit zintenzivnit snahu o získání nových zákazníků pro tento segment výroby. Náběh nových dílů do sériové výroby byl naplánován a uskutečněn v roce 2017.

Dalším důležitým procesem v oblasti civilní výroby, který se podílí na celkovém obratu firmy, je výroba komponentů vzduchotechniky, zvukoizolační opláštění a opláštění svařovacích robotů (zejména pro automobilový průmysl). Obrat u těchto procesů byl v roce 2016 i 2017 udržen na úrovni z roku 2015. Dalšími významnými procesy bylo obrábění plechů na vysekávacím a pevnovláknovém laseru a ohraňovacím lisu a povrchové úpravy kovů. Zde se podařilo opětovně meziročně zvýšit obrat.

Značná část tržeb je dále získávána z pronájmů výrobních a kancelářských prostor a z výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Během roku 2016 proběhla realizace pořízení nové technologie pro zpracování plechu, jednalo se o nákup pevnovláknového vyřezávacího automatu pro výrobu dílců z plechu do tloušťky 20 mm a to včetně nákupu 250 tunového ohraňovacího lisu s délkou lišty 3 m. Tyto technologie byly pořízeny z vlastních prostředků společnosti a umožnily tak zvýšit výrobní kapacitu pro stávající produkty, ale také rozšířit portfolio nabízených činností i o zpracování silnějších plechů, než bylo doposud s tloušťkou pouze do 5 mm.

Pro společnost jsou jako jedním z hlavních indikátorů hospodaření podniku ukazatele rentability, tedy ukazatele výnosnosti. Značí schopnost podniku dosahovat výnosu na základě vložených prostředků. Veškeré vzorce pro výpočty byly brány z Metodického úvodu pro Český statistický úřad a to především kvůli následnému porovnání s oborovým průměrem. Následující tabulka zobrazuje výpočet rentability tržeb (dále jen ROS), která ukazuje, kolik korun čistého zisku připadá na jednu korunu tržeb. ROS byla vypočítána pro roky 2013 – 2017 a to dle následujícího vzorce:

$$ROS = \frac{EAT}{tržby}$$

Jedná se tedy o podíl hospodářského výsledku po zdanění a celkového součtu tržeb, tedy příjmů za prodej vlastních výrobků, služeb a zboží.

Tabulka 5-1: Výpočet ROS

Rok	EAT (v tis. Kč)	Tržby (v tis. Kč)	ROS (%)
2017	32 180	166 295	19,35
2016	21 237	225 742	9,40
2015	29 843	238 726	12,50
2014	39 624	196 929	20,10
2013	53 223	235 319	22,61

Průměrný meziroční pokles hospodářského výsledku po zdanění byl mezi roky 2013 – 2016 o 26,35 %, což mělo hlavní vliv na pokles daného ukazatele. Tento jev byl pravděpodobně zapříčiněn již zmiňovaným propadem tržeb kvůli poklesu prodeje dvou nejnosnějších typů výrobků, které byly postupně stahovány ze sériové výroby. Náběh nových dílů do sériové výroby byl naplánován a také zaveden roku 2017, to vedlo k pozitivnějším výsledkům společnosti. Podnik zlepšil svou situaci také díky pořízení nového ohraňovacího lisu, díky kterému se zvýšila výrobní kapacita pro stávající produkty.

Dalším měřítkem je rentabilita aktiv (ROA), která vyjadřuje výnosnost aktiv podniku. Poměruje tedy čistý zisk s celkovými aktivy ve vlastnictví podniku, které jsou investovány do podnikání a to bez ohledu na způsob financování. Nejdůležitější je tedy to, zda podnik dokáže efektivně využívat svou majetkovou strukturu. Čím větší hodnotu bude daný indikátor vykazovat, tím má podnik lepší strukturu aktiv. Rentabilita aktiv byla vypočítána opět pro roky 2013 – 2017 a to dle následujícího vzorce:

$$ROA = \frac{EAT}{celková aktiva}$$

Tabulka 5-2: Výpočet ROA

Rok	EAT (v tis. Kč)	Aktiva (v tis. Kč)	ROA (%)
2017	32 180	484 969	6,64
2016	21 237	485 264	4,38
2015	29 843	466 681	5,75
2014	39 624	449 241	8,82
2013	53 223	439 404	12,10

Nejlepším rokem byl pro podnik rok 2013, kdy rentabilita aktiv dosahovala nejvyšších hodnot. Jak již bylo zmíněno u předchozího ukazatele, i zde hodnota postupně klesá až do roku 2016. Což je zapříčiněno stejným důvodem, tedy poklesem čistého zisku podniku, který byl zapříčiněn zúžením výrobního portfolia podniku. Rok 2017 je ve znamení pozitivnějších výsledků, ROA se zvýšila o 2,26 %, to bylo zapříčiněno již zmíněným opětovným zavedením sériové výroby.

Posledním měřítkem je rentabilita vlastního kapitálu (ROE), která označuje, kolik čistého zisku připadá na jednu korunu investovaného kapitálu. Tato informace je klíčová především pro společníky, akcionáře a další investory podniku. Protože právě vysoká rentabilita vlastního kapitálu může do podniku přilákat další potenciální investory. Vypočítá se následujícím způsobem:

$$ROE = \frac{EAT}{\text{vlastní kapitál}}$$

Tabulka 5-3: Výpočet ROE

Rok	EAT (v tis. Kč)	Vlastní kapitál (v tis. Kč)	ROE (%)
2017	32 180	438 786	7,33
2016	21 237	438 264	4,84
2015	29 843	466 681	6,39
2014	39 624	411 837	9,62
2013	53 223	381 212	13,96

Situace se opakuje a i ROE meziročně klesala, rok 2017 však situaci změnil a tento ukazatel se zvýšil o 2,49 %.

Následující tabulka porovnává vypočítané hodnoty indikátorů rentabilit společnosti s oborovým průměrem. Dle klasifikace NACE bylo zvoleno průmyslové odvětví, čímž se rozumí soubor podnikatelských subjektů, které vyrábějí průmyslové výrobky s obdobným ekonomickým určením. Do tohoto odvětví se zahrnuje činnost celého podnikatelského subjektu, pokud podnik vyrábí výrobky patřící do několika odvětví, zařazuje se do toho odvětví, které kvantitativně převažuje. V tabulce jsou porovnávány roky 2013 – 2015. Roky 2016 a 2017 nebyly v době zpracování diplomové práce ještě k dispozici. [33]

Tabulka 5-4: Porovnání rentabilit s oborovým průměrem [30]

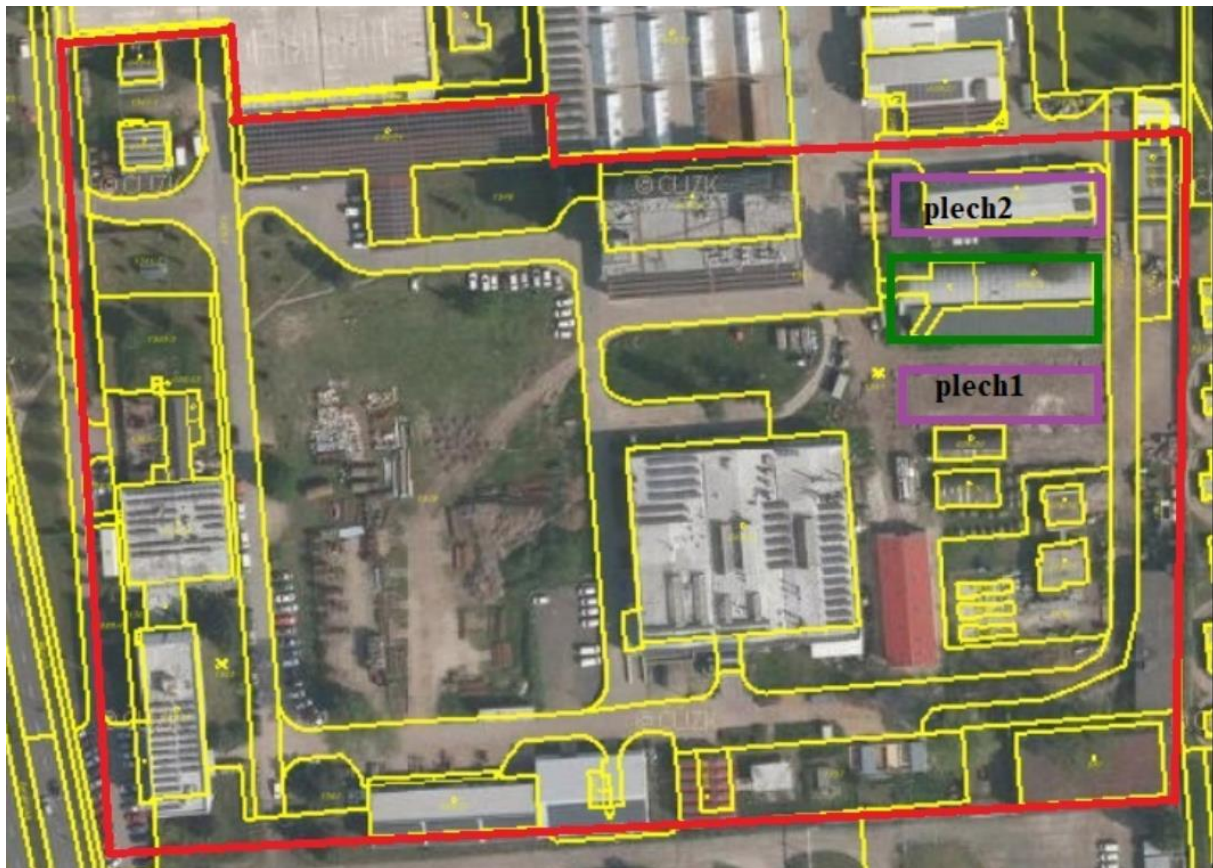
	ROA (%)	ROS (%)	ROE (%)
	2015	2015	2015
MEDTEC-VOP, spol. s.r.o.	5,75	12,50	6,39
Oborový průměr	8,63	6,18	16,90
	2014	2014	2014
MEDTEC-VOP, spol. s.r.o.	8,82	20,10	9,62
Oborový průměr	8,08	5,85	16,25
	2013	2013	2013
MEDTEC-VOP, spol. s.r.o.	12,10	22,61	13,96
Oborový průměr	6,14	4,67	12,49

Co se týče porovnání s oborovým průměrem, nejlépe na tom byl podnik v roce 2013, kdy silně převyšoval oborový průměr u všech porovnávaných ukazatelů. Největší rozdíl byl u ROS, kde podnik vykazoval o 17,94 % větší rentabilitu tržeb, než oborový průměr. Následující roky byly pro společnost ve znamení zhoršení. To bylo zapříčiněno zúžením výrobního portfolia a tudíž snížením tržeb a čistého výnosu. Pro rok 2017 bylo naplánováno a zahájeno opětovné zavedení sériové výroby, takže je předpokládáno zlepšení situace.

5.3. Současný stav výrobního systému – opracování plechu

Předmět podnikání a segmenty výroby, kterými se společnost zabývá, byly vyjmenovány a popsány v kapitole 5.1. Charakteristika společnosti. Diplomová práce bude detailněji věnována pouze jednomu segmentu a to **opracování plechu**. V této kapitole je popsán současný stav výrobního systému, který se věnuje právě opracování plechu (tedy výrobě plechových skříní, výrobě skříní pro nápojářskou techniku, výrobě plechových dílů apod.). Společnost v dnešní době disponuje několika stroji pro opracování plechů, jedná se o jeden laserový řezný stroj, tři ohraňovací lisy a jeden lis vysekávací. Jejich popis, společně s fotografiemi a layoutu současného stavu společnosti je zpracován v následujících podkapitolách.

Pracoviště opracování plechu jsou rozděleny do dvou hal, které sídlí ve své blízkosti. Mezi nimi je textilní hala, která je využívána jako sklad hutního materiálu. Pro lepší pochopení je současná situace znázorněna na následujícím obrázku - Obrázek č. 5-2: Současný stav výrobního systému. Červenou barvou je znázorněno ohraničení veškerých pozemků společnosti, barvou zelenou je znázorněn sklad hutního materiálu a barvou fialovou haly, v kterých jsou opracovávány plechy. Ty jsou pro větší přehlednost pojmenovány a to plech1 a plech2. Vedle textilního skladu je umístěna solární elektrárna, z které čerpá část energie právě hala plech1.



Obrázek 5-2: Současný stav výrobního systému

5.3.1. Laserový řezný stroj

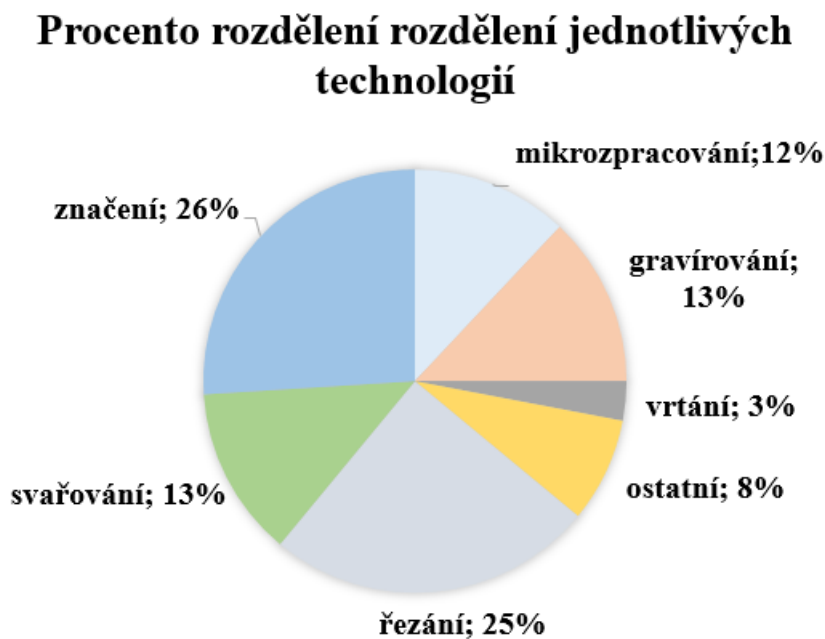
Laserové zpracování patří mezi nekonvenční metody obrábění, tedy obrábění, které je charakteristické tím, že pro dělení materiálu nepoužívají ve většině případů mechanickou práci. Všechny lasery mají podobný nejenom princip, ale také konstrukci. Jejich základními částmi jsou aktivní prostředí, čerpací systém (neboli buzení) a rezonátor (nepropustné a polopropustné zrcadlo). Principem laseru je vynucené záření. Z čerpacího systému je dodávána energie do aktivního prostředí, zde vzniká vynucené záření, které je rezonováno v rezonátoru a odtud vystupuje přes polopropustné zrcadlo laserový paprsek, ten je nasměrován do místa řezu. Opracování a obrábění materiálu laserem je založeno na přeměně světelné energie na energii tepelnou. Materiál je dále odpařován z místa řezu a odfukován. [18][37]

Lasery mohou být klasifikovány dle různých kritérií, a to např.:

- **Podle aktivního prostředí** – pevnolátkové, polovodičové, plynové, kapalinové, plazmatické.
- **Vlnových délek optického záření** – ultrafialové, rentgenové, infračervené, viditelného pásma.
- **Typu buzení** – optické, buzené elektrickým výbojem, tepelnými změnami, chemicky, elektronovým svazkem, injekcí nosičů náboje, případně rekombinací.
- **Typu kvantových přechodů** – elektronové, molekulární, jaderné.
- **Časového režimu provozu laseru** – kontinuální, impulzní, pulsní.
- **Délky generovaného pulzu** – s dlouhými, krátkými, velmi krátkými pulzy.

- **Dle konstrukce laseru** – systém pevného laseru a pohyblivého stolu, kde je obrobek upnut, pohyblivý laserový systém a nepohyblivý obrobek, systém pohyblivého paprsku zajištěného zrcadly, kde jsou laserová hlava a obrobek nepohyblivé. [13]

Ve strojírenství lze laser využít k mnoha druhům operací, jedná se především o svařování, vrtání, řezání, tepelné zpracování, gravírování, značení apod. Procento rozdělení jednotlivých činností je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obrázek 5-3: Procento rozdělení jednotlivých technologií [37]

Laser je ve společnosti umístěn v hale plech1, její výkres je znázorněn v podkapitole 5.3.4. Layout současného stavu. Ve společnosti je laser využíván pro řezání. Laserový řezný stroj je využíván zejména kvůli jeho vysoké řezné rychlosti a vysoké přesnosti řezaných dílů u slabých a středních tloušťek materiálu. Rychlost řezu je závislá nejenom na výkonu laserového paprsku, ale také na způsobu řezání, na požadované kvalitě řezu a tloušťce a druhu řezaného materiálu. Laser umožňuje řezání velmi malých otvorů, tvarů s ostrými úhly apod.

Při řezání vzniká malá a tepelně ovlivněná oblast, která nepřesahuje hodnoty 0,2 - 0,4 mm. Šířka řezné spáry je velmi malá, tudíž v tomto případě dochází k minimálním ztrátám materiálu. Během řezu je přivedeno malé teplo, nedochází tedy k deformaci obráběného předmětu. Výpalky je možné ihned použít k montáži, to snižuje výdaje na další opracování. Nevýhodou jsou nejenom vysoké investiční a provozní náklady, ale také omezení tloušťky materiálu např.: konstrukční ocel 25 mm, vysokolegovaná ocel 15 mm, hliník 10 mm. [32] [37]

Společnost disponuje laserovým řezným strojem LVD Electra FL-3015 s flexibilní automatizací na podávání plechů do a ze stroje. Po opracování jsou plechy automaticky vyndány, samotné výpalky však musí být vyklepány pracovníkem ve výrobě. Tento stroj má systém střídavě posuvných stolů, což umožňuje nakládání jednoho stolu, zatímco stroj provádí řezání na druhém stole, čímž maximalizuje využitelný čas stroje. Výměna těchto stolů trvá 30 sekund. Pro ovládání je využívána 19" dotyková obrazovka, systém obsahuje také funkce

programování součástí a vytváření vyřezávacích sestav, které umožňují uživateli importovat součásti do řídicího systému a používání technologických postupů řezání a pracovních listů vyřezávacích sestav přímo u stroje. Fotografie stroje, která byla pořízena ve společnosti, je na následující straně.

Tabulka 5-5: Technické parametry laseru [31]

Délka	9 200 mm
Šířka	3 090 mm
Výška	2 250 mm
Hmotnost	± 15 000 g
Maximální velikost plechu	3 050 mm x 1 525 mm
Maximální hmotnost na stole	550 kg
Přesnost opakování	± 0.025 mm
Přesnost polohování	± 0.05 mm/m
Nejmenší programovatelný inkrement	0,01 mm

Tabulka 5-6: Maximální tloušťka zpracovávaného plechu [31]

Materiál	2kW	3Kw
Ocel	12 mm	20 mm
Ušlechtilá ocel	8 mm	12 mm
Hliník	6 mm	10 mm
Mosaz	6 mm	8 mm
Měď	6 mm	8 mm



Obrázek 5-4: Laserový stroj

5.3.2. Vysekávací stroje

Vysekávání (též někdy děrování) je technologie, která patří mezi technologie plošného tváření, pro tu je charakteristický především polotovár, který je zpracováván. Tím je buď plechová tabule, případně plechový svitek. Dělení a zpracování probíhá výhradně za studena. K oddělování materiálu dochází vlivem vzájemného působení mezi razníkem, maticí a plechovým polotovarem, princip je stejný jako při stříhání, stejná je také terminologie. V dnešní době je vysekávání považováno za jednu z nejpoužívanějších dělicích operací plošného tváření. Tuto technologii lze využít pro zhotovení konečného tvaru součásti, případně na pomocné, dokončovací nebo tvářecí operace. [11] [28] [35] [39]

Společnost disponuje děrovacím strojem TruPunch 3 000, který vyrábí společnost Trumpf a nachází se v hale plech2, jejíž výkres je znázorněn v podkapitole 5.3.4. Layout současného stavu. Tento stroj šetří materiál díky zpracování bez zbytkových mříží, tím se zároveň zvyšuje bezpečnost procesů. Stroj je bez flexibilní automatizace, dodávání a vyndávání plechů musí být provedeno manuálně. Formát a tloušťka zpracovávaného plechu je 2 500 mm x 1 250 mm a to s možností přesazení. Technické údaje stroje jsou zaznamenány v následující tabulce. Fotografie stroje je níže.

Tabulka 5-7: Technické parametry vysekávacího stroje [29]

Šířka	6 500 mm
Hloubka	6 203 mm
Výška	2 252 mm
Režim vysekávání – osa X	2 500 mm
Režim vysekávání – osa Y	1 250 mm
Maximální tloušťka plechu	6,4 mm
Maximální hmotnost obrobku	160 kg
Maximální vysekávací síla	180 KN



Obrázek 5-5: Vysekávací stroj

5.3.3. Ohraňovací lis

Ohraňování neboli ohýbání plechu s minimálními poloměry pohybu se provádí na ohraňovacích lisech. Nástroje, které jsou pro ohýbání využívány, jsou jednoduché a univerzálně použitelné, pro složitější ohýbání jsou využívány nástroje pro přesně daný tvar ohybu. Obvykle je využíváno ohybů do tvaru V a U a ohýbaná část může mít jak ostré, tak tupé úhly. Během ohýbání je nejdůležitější technologický sled operací, protože součást je obvykle vyráběna několika různými ohyby a pro jednotlivé operace je prováděna výměna nástrojů. Ohraňovací lisy jsou jednoúčelové tvářecí stroje a umožňují výrobu profilů z plechu v délce až 9 000 mm. Lisy mohou být ruční, mechanické a hydraulické. Nejmodernější a v dnešní době nejvyužívanější jsou ohraňovací lisy hydraulické. Na jednom stroji je lze vyrobit mnoho rozdílných součástí, tyto součásti mohou být tvarově složité a rozměrově přesné. Ovládání je zajištěno dotykovou obrazovkou a není složité, proto na obsluhu nejsou kladeny velké nároky. Ochrana obsluhy je obvykle zajištěna světelnou závorou, která je před pracovním prostorem. [6] [39]

Ve společnosti jsou ohraňovací lisy využívány k ohýbání veškerých výrobků (plechových skříní, vzduchotechnické prvky apod.). Společnost disponuje třemi ohraňovacími lisami a to lisem Amada HFE 100 - 3, TruBend 5130 a LVD EASY FORM 220/30. Jeden ohraňovací lis se nachází v hale plech1, další dva se nachází v hale druhé. Technické parametry jsou zaznamenány v následující tabulce – Tabulka č. 5-8: Technické údaje ohraňovacích lisů ve společnosti. Fotografie strojů, které byly ve společnosti získány, jsou na následující straně.

Tabulka 5-8: Technické údaje ohraňovacích lisů ve společnosti[29][31][36]

	Amada	TruBend	LVD
Délka (mm)	4 320	3 980	4315
Šířka (mm)	2 170	1 800	2140
Výška (mm)	2 700	2 375	3375
Pracovní délka (mm)	3 050	3 050	3 050
Lisovací tlak (t)	100	130	220
Rychlost práce (mm/s)	10	25	21
Lisovací síla (kN)	1 000	1 300	2 200



Obrázek 5-6: Ohraňovací lis Amada



Obrázek 5-7: Ohraňovací lis LVD



Obrázek 5-8: Ohraňovací lis TruBend

5.3.4. Layout současného stavu

Jak již bylo řečeno, společnost nyní disponuje dvěma pracovišti, která se věnují opracování plechu, pracoviště plech1, kde se nachází laserový řezný stroj a jeden ohraňovací lis a pracoviště plech2, kde se nachází dva ohraňovací lisy a jeden vysekávací stroj. Každá hala disponuje kancelářskými prostory, které jsou určeny pro programátory, kteří pomocí počítačů připravují sestavy. Sklad hutního materiálu je umístěn mezi těmito halami. Současná situace je znázorněna na následujících obrázcích.



Obrázek 5-9: Současná situace 1

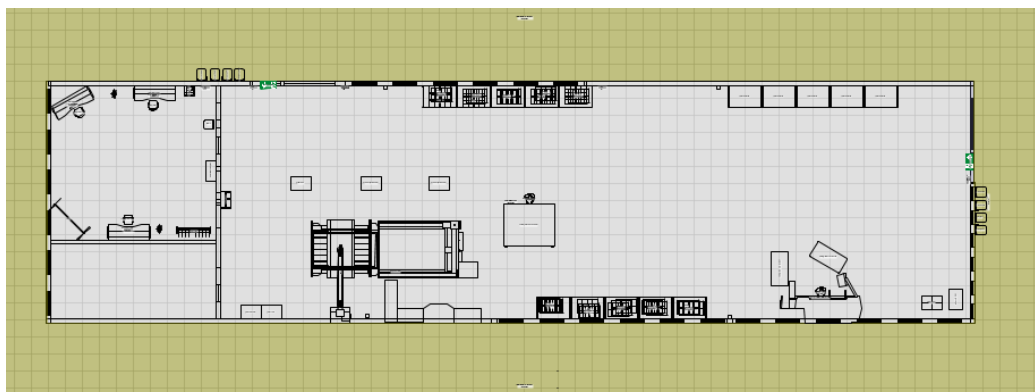


Obrázek 5-10: Současná situace 2



Obrázek 5-11: Současná situace 3

Následující obrázky vyobrazují situaci haly plech1, kde se nachází laserový řezný stroj a také jeden z ohraňovacích lisů. V hale je zde k dispozici dostatek volného prostoru pro uskladnění materiálu.



Obrázek 5-12: Současná situace 2D pohled na halu plech1

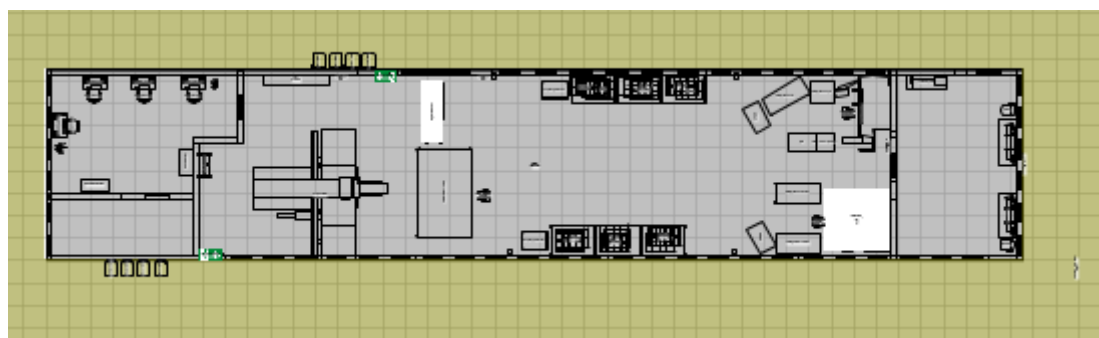


Obrázek 5-13: Současná situace 3D pohled v hale plech1 - 1



Obrázek 5-14: Současná situace 3D pohled v hale plech1 – 2

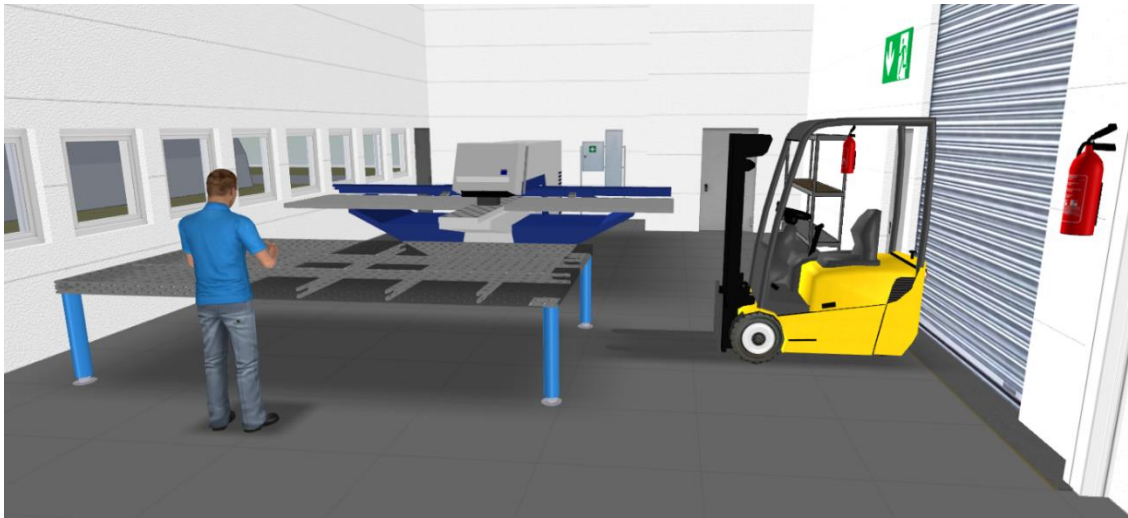
Následující obrázky vyobrazují situaci na hale plech2, zde se nachází, jak již bylo řečeno, 2 ohraňovací lisy a jeden lis vysekávací. Mezi těmito stroji jsou umístěny regály na dokončené díly.



Obrázek 5-15: Současná situace 2D pohled na halu plech2



Obrázek 5-16: Současná situace 3D pohled v hale plech2 - 1



Obrázek 5-17: Současná situace 3D pohled v hale plech2 – 2

5.4. Cíle podniku pro následující období

Na základě rozhovoru s jednatelem společnosti byly zpracovány cíle podniku pro roky 2018 a 2019. Společnost chce stále rozvíjet technologii zpracování plechu zejména z důvodu zvyšování potřeb zákazníků společnosti. V dnešní době kooperuje zpracování širších plechů s jinou společností a odmítají zakázky, které se týkají opracování plechů nad 12 mm. Diplomová práce je věnována racionalizaci právě tohoto odvětví.

Společnost se bude snažit vyhledávat potenciální obchodní partnery především v Německu, Holandsku a Rakousku, neboť tam je spatřován hlavní potenciál zvýšení objemu výroby.

U procesů výroby přesných obrobků a komponentů vzduchotechniky se bude společnost snažit udržet obrat alespoň na úrovni roku 2016, u ostatních civilních procesů se bude snažit alespoň o 5% nárůst obratu.

Společnost chce získat recertifikaci na ČSN EN ISO 9001:2017 a obhájit certifikát dle norem AQAP, jakožto certifikátu jakosti požadovaného Ministerstvem obrany ČR.

6. Výběr vhodných variant

Jak již bylo řečeno, společnost se snaží především o racionalizaci a vylepšení v oblasti zpracování plechu, protože v dnešní době kooperuje zpracování širších plechů s jinou společností a odmítají zakázky, které se týkají opracování plechů nad 12 mm. Pro společnost by bylo vhodné zakoupení strojů, které toto zpracování umožňují. Jedním z možných opatření byl návrh nákupu **technologie zpracování plechu vodním paprskem**. Dále byl navržen nákup dalšího **vysekávacího lisu**, který by měl vyšší prvky automatizace a robotizace a nákupu dalšího **ohraňovacího lisu**, který by plechy opracovával rychleji, než technologie, které vlastní společnost v této době. Tento stroj by umožnil ohýbat specifické výrobky podstatně rychleji (až 2,5x). Výběrem těchto strojů a následným návrhem prostorového uspořádání se zabývá diplomová práce v následující části. K vhodnému výběru a následnému uspořádání pracoviště by měla dopomoci tato diplomová práce. Během prosince 2017 byly na tyto stroje vypracovány poptávkové dokumenty. Ty byly následně rozeslány do několika společností. Po přijetí cenových nabídek byla zpracována hodnocení variant, které jsou popsány v následujících podkapitolách. Poptávkové dokumenty jsou součástí příloh diplomové práce. Veškeré označení oslovených společností je z důvodu ochrany dat anonymní. Jejich seznam je uveden v poznámce pod čarou.

Hodnotící kritéria jsou různě důležitá (významná), proto musely být stanoveny jejich důležitosti, tedy váhy. Ty odráží, jak významné je kritérium pro posuzovatele ve vztahu k dalším kritériím v souboru. Vyšší váhu získává důležitější kritérium. Mohou nabývat hodnot v uzavřeném intervalu $<0;1>$, přičemž jejich součet dává hodnotu 1. Po rozhovoru s jednatelem společnosti byla za hodnotící kritéria zvolena cena, délka záruky, čas na servis (v potaz byla brána nejdelší možná doba servisu, která byla uvedena v nabídce) a dodací termín. Jejich váhové ohodnocení je znázorněno v následující tabulce. Tato kritéria jsou stejná pro všechny nakupované stroje.

Tabulka 6-1: Kritéria a váhy hodnocení

Kritérium	Váha
K1 - Cena	0,4
K2 - Délka záruky	0,3
K3 - Čas na servis	0,2
K4 - Dodací termín	0,1
Celkem	1

Hodnocení variant je zhodnoceno pomocí metody pořadí. Postupně se podle všech předem zvolených kritérií přiřadí k variantám jejich pořadí. Varianta s nejnižším součtem je ta nejlepší. V případě, kdy jsou známy váhy kritérií, je vypočteno vážené pořadí variant. Nejlepší variantou je opět ta s nejnižším součtem.

6.1. Technologie řezání vodním paprskem

Následující tabulka znázorňuje varianty technologie vodního paprsku. Poptávkovým dokumentem bylo osloveno 5 společností⁴, z nichž 4 odpověděly cenovou nabídkou. Potřebné údaje k vyhodnocení jsou uvedeny v následující tabulce – tabulka č. – Údaje k vyhodnocení varianty technologie vodního paprsku. Jedná se o cenu stroje (tis. Kč), délku záruky (označena čísly 1 000 – 3 000, 1 000 = 36 měsíců, 2 000 = 24 měsíců, 3 000 = 12 měsíců), čas na servis (hod*100) a dodací termín (dny*100). Násobek číslem 100 je z důvodu převodu na stejné jednotky. Délka záruky by měla být co nejvyšší, proto je nejnižší časový údaj označen nejvyšším číslem. Jednotlivé stroje jsou označeny zkratkou VP – vodní paprsek a číselným označením.

Tabulka 6-2: Údaje k vyhodnocení varianty technologie vodního paprsku

	K1	K2	K3	K4
VP1	3680	2 000	4800	1200
VP2	3020,341	1 000	2400	900
VP3	2300	1 000	2400	600
VP4	2500	2 000	4800	1200

V následující tabulce jsou výpočty vhodné varianty, toho bylo docíleno násobením předem zvolenými vahami. V posledním sloupci je zobrazeno pořadí vhodných variant.

Tabulka 6-3: Volba vhodné varianty technologie vodního paprsku

	K1 - Cena	K2 – Délka záruky	K3 – Čas na servis	K4 – Dodací termín	Vážený součet pořadí	Pořadí
VP1	1 472	600	960	120	3 152	4.
VP2	1 208,1364	300	480	90	2 078,13	2.
VP3	920	300	480	60	1 760	1.
VP4	1 000	600	960	120	2 680	3.

Za nejvhodnější variantu byla zvolena varianta VP3, která měla nejlépe hodnocena všechna kritéria, která byla zvolena.

6.2. Ohraňovací lis

Následující tabulka znázorňuje varianty ohraňovacích lisů. Poptávkovým dokumentem bylo osloveno 6 společností⁵, z nichž 3 odpověděly cenovou nabídkou. Potřebné údaje k vyhodnocení jsou znázorněny v následující tabulce – Tabulka č. 6-4: Údaje k vyhodnocení

⁴ Flow, PTV, ARAMIS, Rychlý Tom, Multicam

⁵ Bystronic, Trumpf, NewTech, 4ISP, Boukal, LVD

varianty ohraňovacího lisu. Jedná se o cenu stroje (tis. Kč), délku záruky (označena čísly 1 000 – 3 000, 1 000 = 36 měsíců, 2 000 = 24 měsíců, 3 000 = 12 měsíců), čas na servis (hod*100) a dodací termín (dny*100). Jednotlivé stroje jsou označeny zkratkou OL – ohraňovací lis a číselným označením.

Tabulka 6-4: Údaje k vyhodnocení varianty ohraňovacího lisu

	K1	K2	K3	K4
OL1	1 518,92	3 000	4800	2400
OL2	1 560,85	1 000	2400	1200
OL3	1 620,5	2 000	4800	1200

Následující tabulka znázorňuje volbu vhodné varianty ohraňovacího lisu, postup výběru byl stejný jako u předchozí technologie.

Tabulka 6-5: Volba vhodné varianty ohraňovacího lisu

	K1 - Cena	K2 – Délka záruky	K3 – Čas na servis	K4 – Dodací termín	Vážený součet pořadí	Pořadí
OL1	607,568	900	960	240	2 707,57	3.
OL2	624,34	300	480	120	1 524,34	1.
OL3	648,2	600	960	120	2 328,2	2.

Za vítěznou variantu byla zvolena varianta OL2, která má sice vyšší cenu, než varianta OL1, ale jeho další kritéria rozhodly o tom, že bude vhodnější volbou. Varianta s nejnižší cenou skončila na třetím místě, špatné hodnocení bylo zapříčiněno především krátkou dobou záruky (pouze 12 měsíců). Varianta OL3 má nejvyšší cenu ze všech zkoumaných variant, avšak její dodací termín a záruční doba ji dopomohli k druhému místu. Výherní varianta OL2 má sice vyšší cenu, ale čas na servis, dodací termín a především doba záruky (36 měsíců) rozhodli o její výhře.

6.3. Vysekávací lis s flexibilní automatizací

Následující tabulka znázorňuje varianty vysekávacích lisů s flexibilní automatizací. Poptávkovým dokumentem bylo osloveno 6 společností⁶, z nichž opět 3 odpověděly cenovou nabídkou. Potřebné údaje k vyhodnocení jsou znázorněny v následující tabulce – Tabulka č. 6- 6: Údaje k vyhodnocení varianty vysekávacího lisu. Jedná se o cenu stroje (tis. Kč), délku záruky (označena čísly 1 000 – 3 000, 1 000 = 36 měsíců, 2 000 = 24 měsíců, 3 000 = 12 měsíců), čas na servis (hod*100) a dodací termín (dny*100). Jednotlivé stroje jsou označeny zkratkou VL – vysekávací lis a číselným označením.

⁶ Canmet, Stematech, Trumpf, NewTech, Koenig Bauer, LVD

Tabulka 6-6: Údaje k vyhodnocení varianty vysekávacího lisu

	K1	K2	K3	K4
VL1	22 225	1 000	4800	5400
VL2	23 000	2 000	2400	4800
VL3	22 875	2 000	4800	6000

Následující tabulka znázorňuje volbu vhodné varianty vysekávacího lisu, postup výběru byl stejný jako u předchozí technologie.

Tabulka 6-7: Volba vhodné varianty vysekávacího lisu

	K1 - Cena	K2 – Délka záruky	K3 – Čas na servis	K4 – Dodací termín	Vážený součet pořadí	Pořadí
VL1	8 890	300	960	540	10 690	1.
VL2	9 200	600	480	480	10 760	2.
VL3	9 150	600	960	600	11 310	3.

Vítěznou variantou byla zvolena varianta VL1, která porazila variantu VL2 pouze o 100 bodů. To bylo zapříčiněno pravděpodobně délkou záruky, která má na výsledek poměrně velký vliv. Důležitou součástí byla také cena, která je u varianty VL1 nejnižší ze všech zvolených variant, v porovnání s variantou VL2 má však první varianta horší výsledky týkající se času na servis (VL1 - 48 hod, VL2 – 24 hod) a doby dodání stroje do firmy (VL1 - 54 týdnů, VL2 – 48 týdnů).

7. Návrh pracoviště technologie řezání plechu vodním paprskem

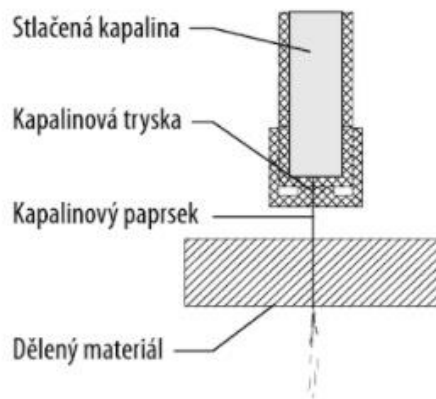
Následující kapitola obsahuje veškeré informace týkající se technologie řezání vodním paprskem. V první podkapitole je popsán teoretický princip řezání vodním paprskem. Následující podkapitoly popisují návrh celého pracoviště, to nejenom slovně, ale také doplněné o obrázky layoutů budoucí haly. Výherní variantou byla varianta VP3, veškeré dispozice jsou počítány se specifikacemi tohoto stroje a jeho součástí.

7.1. Technologie řezání vodním paprskem

Jak již bylo řečeno, z důvodu zvyšování potřeb zákazníků společnosti se společnost snaží stále rozvíjet technologii zpracování plechu, a proto bylo navrženo, že by byla vhodná koupě technologie zpracování plechu vodním paprskem. Tato technologie je pro společnost nová. V této kapitole jsou uvedeny teoretické poznatky týkající se této technologie.

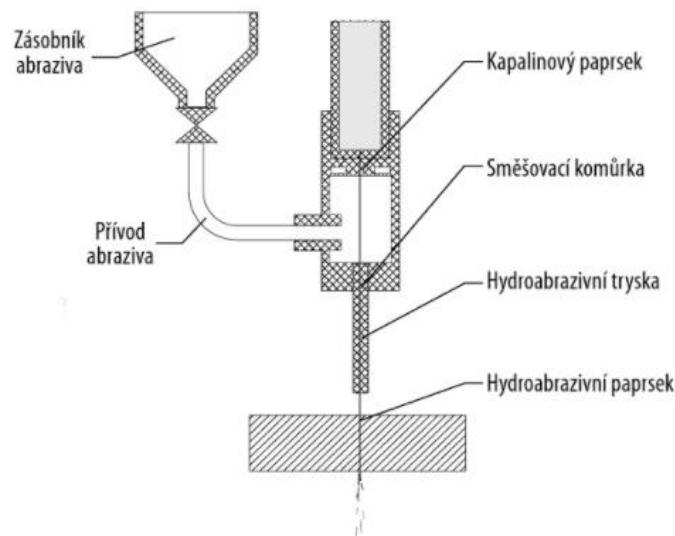
Technologie řezání vodním paprskem je též někdy označována jako technologie vysokoenergetického kapalinového paprsku (VKP). Metoda spočívá ve využití velmi vysokého tlaku (běžně okolo 380 Mpa) kapalinového paprsku na dělený materiál, případně se využívá kombinace tlaku s hmotnostním a brusným působením abrazivních částic, které jsou nesený paprskem. Oba dva typy jsou znázorněny na následujících obrázcích – Obrázek č. 7-1: Vodní paprsek a Obrázek č. 7-2: Vodní paprsek s abrazivem. Jedná se o studený řez, prakticky tedy nedochází k přenosu tepla do součásti řezacím paprskem. Při této metodě obrábění nedochází ke změně struktury, tudíž nedochází ke znehodnocení materiálu v oblasti řezu ani k extrémnímu silovému zatížení. Zároveň nedochází ke změnám struktury materiálu, jako je například zakalení či mikrotrhliny. Řez je velmi úzký a povrch řezné hrany je velmi kvalitní, což je upřednostňováno například při řezání tvarově složitých výrobků a při zpracování kusové výroby. Tato technologie lze využít při řezání všech druhů ocelí, ale také při zpracování jiných druhů materiálů, jako je například umělá hmota, keramika či sklo. Tato technologie je obvykle využívána v automobilovém, gumárenském a dřevařském průmyslu, ale také v průmyslu umělých hmot. [12]

Na následujícím obrázku je znázorněno řezání čistou vodou. V tomto případě je dělicím nástrojem právě voda. Tou se dají řezat především měkké materiály, například pěnové hmoty, textilie, potraviny či plasty. Tento druh řezání je velmi přesný, protože vodní paprsek může být jemnější než 0,1 mm, čímž umožňuje řezání ostrých úhlů a jemných obrysů. [38]



Obrázek 7-1: Vodní paprsek bez abraziva [12]

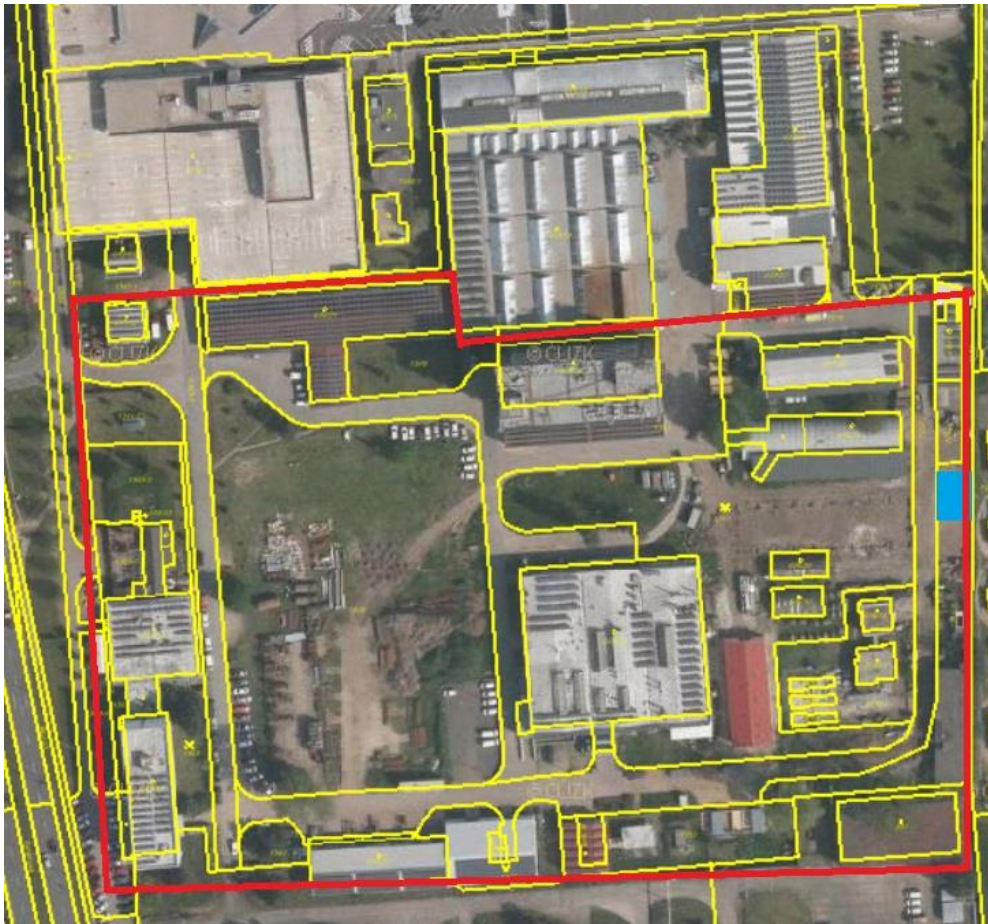
Další obrázek znázorňuje řezání vodním paprskem s brusným působením abrazivních částic. Tento stroj řeže také tvrdé materiály, jako jsou například kameny, sklo, keramika či kovy. K vodnímu paprsku je přimícháván řezací prostředek neboli abrazivum. Tím může být například granátový písek. Tato metoda využívá jako dělicí nástroj abrazivní paprsek, vodní paprsek slouží pouze ke zrychlení abrazivních částic. Tato technologie může být srovnávána například s mikroobráběním. [38]



Obrázek 7-2: Vodní paprsek s abrazivem [12]

7.2. Dispoziční řešení pro technologii řezání vodním paprskem

Společnost nedisponuje žádným volným prostorem v již postavených halách, ani volnou halou, kam by se dal stroj umístit, proto bude přistavena hala nová. Její orientační umístění je znázorněno na následujícím obrázku modrým čtvercem. Toto místo bylo zvoleno především kvůli vhodným vstupním podmínkám pro výstavbu haly (bude zde jednoduše zaveden přívod elektriny, vody i vzduchu z haly naproti). Pro lepší představu o volných pozemcích společnosti jsou její hranice znázorněny taktéž na následujícím obrázku, tentokrát však barvou červenou.



Obrázek 7-3: Hranice pozemku a orientační umístění nové haly

Z kapacitních výpočtů bude brán v potaz roční časový fond dělníka E_d , roční časový fond stroje E_{fs} , roční časový fond pracoviště E_{fp} , celkový počet strojů P_s , počet dělníků D_v , velikosti pomocných ploch P_p a celková plocha pracoviště S_v . Vzorce pro výpočet jsou čerpány z kapitoly 3.2. Kapacitní propočty.

Roční časový fond dělníka VP jednosměnný provoz: $E_d = (250 - 20 - 5) * 7,5 = 1\ 687,5$ hod

Roční časový fond dělníka VP dvousměnný provoz: $E_d = (250 - 20 - 5) * 15 = 3\ 375$ hod

Roční časový fond VP jednosměnný provoz: $E_{fs} = (250 - 0 - 2 - 3) * 7,5 = 1\ 837,5$ hod

Roční časový fond VP dvousměnný provoz: $E_{fs} = (250 - 0 - 2 - 3) * 15 = 3\ 675$ hod

Roční časový fond VP jednosměnný provoz: $E_{fp} = (250 - 0) * 7,5 = 1\ 875$ hod

Roční časový fond VP dvousměnný provoz: $E_{fp} = (250 - 0) * 15 = 3\ 750$ hod

Počet strojů VP: $P_s = \frac{1\ 875}{1\ 837,5} = 1,02$ stroje

Celkový počet dělníků VP jednosměnný provoz: $D_v = \frac{1\ 875}{1\ 687,5} = 1,11$ dělníka

Celková plocha pracoviště VP: $S_v = 12$ m²

Pomocné plochy pracoviště VP: $S_p = 8$ m²

Z propočtů je zjevné, že je vhodné zakoupení jednoho stroje, který může obsluhovat jeden pracovník. Stroj je značně automatický, pracovník by se měl věnovat především přípravě nářezových sestav pro vlastní proces řezání, kontrole procesu řezání a následnému rozebrání a kompletování rozřezaných dílů. Zaučení by však měli být pracovníci minimálně dva, to kvůli případné náhradě v případě absence zaměstnance.

Pro bezporuchový provoz této technologie je již před výstavbou velmi důležité zajistit několik základních podmínek, jako je čistota a konstantní tlak přivedené vody a vzduchu. Prostor této technologie musí být vybaven technologickými přípojkami (elektřina, voda, vzduch), odtokovými kanály a kanalizací. Ideální místa pro odtokové kanály jsou kolem celého CNC stroje, protože během řezání často dochází k vystřikování proudů vody mimo stroj. Tato odtoková místa jsou také praktická pro následný úklid pracovního prostoru. Vhodné je zvolení kanálů s odnímatelnou vrchní mřížkou, to především kvůli čištění od usazeného abraziva. Před případným zanesením kanalizace se společnost může bránit opatřením malé sedimentační nádrže, která zachytí odtékající abrazivní materiál. Pro případ čištění je vhodné ji opatřit odnímatelným víkem.

Úprava vody je obvykle doporučována metodou osmózy, toto zařízení je však velmi nákladné a také z hlediska zlepšení životnosti zařízení je návratnost minimální. Voda bude tedy dle rady vedení společnosti upravována soustavou vodních filtrů a změkčovačem vody. Přísun vody by měl být zajištěn pod stálým tlakem 4 -5 bar, proto by v případě nízkého, či nestálého tlaku užitkové vody, měla být do technologie zařazena vodárna. Tato část není zanedbatelná, protože právě kvalita vody má obrovský vliv na životnost vysokotlakých částí systému a na poruchovost zařízení. Rozbor užitkové vody je velmi důležitým krokem při pořizování technologie vodního paprsku, protože právě podle kvality vody se odvíjí veškeré pořizovací a provozní náklady. Rozbor vody by měl určit nejenom její pH, ale také složení. Vzorek vody by měl být odebrán z místa, kde se bude vstupní voda dotýkat multiplikátoru pumpy. Pokud nebylo potrubí delší dobu používáno, je důležité jej důkladně propláchnout. Úprava vzduchu je zajišťována kompresorem, vzduchovým filtrem a vymrazováním vzduchu. Pro dobrý chod technologie je vhodné zajistit stálý suchý stlačený vzduch 8 bar.

Společnost preferuje řezání vodním paprskem s abrazivem, proto je důležité zvážit, jaký zásobník bude zajišťovat plynulou dopravu abraziva do řezací hlavy CNC stolu. Firma dodávající technologii vodního paprsku má ve své nabídce dva zásobníky, menší (objem 92 litrů) a větší (objem 1 000 litrů). Pro budoucí využití stroje byl zvolen větší zásobník. Jeho polohu je třeba zvolit tak, aby byl přístupný pro vysokozdvizný vozík, díky němuž se do zásobníku dopravuje celé tunové balení abraziva. Zásobník má ovládací panel, který je na jeho přední straně. Pro servisní přístup není kromě přední strany vyžadován žádný speciální prostor kolem zařízení. Je však doporučováno udržovat 600 mm volný prostor před zásobníkem a 200 mm na levé, pravé a zadní straně zásobníku.

Další důležitou součástí je odkalovací zařízení, které slouží pro filtraci usazenin z lapače CNC. Znečištěná voda je z přístroje nasávána a přefiltrována, poté se navrácí zpět do lapače CNC řezacího stolu. Objem filtračního pytle je 1 000 litrů. Pozice odkalovacího zařízení musí být zvolena s ohledem na práci se zařízením, to vyžaduje přístup vysokozdvizným vozíkem

z přední strany, kde probíhá vyjmutí plného filtrovacího pytle. Boční a zadní strany musí být také přístupné z důvodů servisních zásahů. Doporučuje se udržování 600 mm volného prostoru na všech stranách.

Dále je důležité zvážit, jak bude dopravována voda do řezací hlavy CNC stolu, k tomu slouží vysokotlaká pumpa. Při volbě pumpy je třeba brát v potaz maximální průměr řezací hlavy, protože z této informace vyplývá průměr řezací trysky. Poloha vysokotlaké pumpy je volena s ohledem na připojení užitkové vody a servisních zásahů. Je doporučováno udržovat minimální volný prostor kolem celé pumpy 600 mm. Každá pumpa musí být vybavena chladicím systémem hydraulického oleje, protože běžná provozní teplota oleje je okolo 40 – 50 °C. Existuje více variant, např. vzduchové chlazení, ztrátové vodní chlazení, případně klimatizace. V tomto případě bude pro chlazení zvolena možnost klimatizace, která má sice vyšší pořizovací náklady, ale její provoz je mnohem ekonomičtější, než zbylé varianty.

Pro uchycení vysokotlakého rozvodu vysokotlaké řezací vody mezi pohyblivou částí řezacího stolu a pevným rozvodem je zajištěn pomocným sloupem vysokotlakého rozvodu, případně uchycením na zeď. Propojení je pomocí vysokotlakého speciálního potrubí a spojek, vše je uchyceno plastovými úchytkami. Pozice tohoto sloupu se stanovuje až při samotné instalaci a to dle místních podmínek.

Nezbytnou součástí celé technologie je CNC řezací stůl, při rozvrhování celé dispozice je třeba vycházet z reálných rozměrů stolů vůči požadované řezné ploše stroje. Z důvodu bezpečnosti obsluhy je nezbytné kolem celého stolu dodržovat minimální volný prostor 600 mm.

Souhrnem lze říci, že se celé pracoviště bude skládat z 3 místností:

- řezárna,
- strojovna (technická místnost),
- kancelář.

Technická místnost obsahuje vysokotlakou pumpu, zdroje tlakového vzduchu a úpravnu vody. Důležité je zajištění dostatečného odvětrání místnosti, osvětlení a také přívodu vzduchu. Do této místnosti bude umístěn stůl a police pro umístění základního nářadí, přípravků apod. Teplota v této místnosti by neměla klesnout pod 10°C, tato teplota zabraňuje zamrznutí technologické vody a tím i možným poškozením zařízení. Podlaha bude opatřena nátěrem zabraňujícím prosakování nebezpečných látek (například oleje) a bude protiskluzová. Z důvodu hluku při opracovávání materiálu v řezárně bude místnost opatřena protihlukovými dveřmi a dostatečnou tloušťkou zdí. Okolo zadní stěny místnosti bude připraven žlab pro protažení vysokotlakého rozvodu, kabelového rozvodu a ostatních energií.



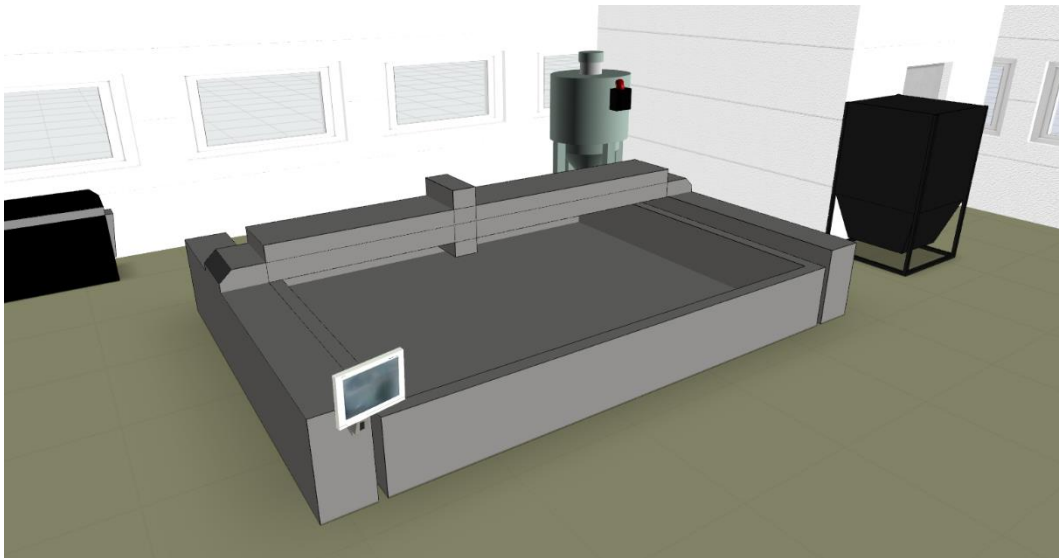
Obrázek 7-4: Technická místnost

Kancelář je určena především pro obsluhu stroje a pro programátora, který pomocí kancelářského počítače připravuje nářezové programové sestavy pro vlastní proces řezání. Program pro přípravu programových sestav je standardně dodáván od společnosti, dodávající technologii vodního paprsku. Pro přenos sestav a online kontrolu procesu řezání bude kancelářský počítač propojen s počítačem CNC technologie. V kanceláři bude zavedeno dostatečné pracovní osvětlení, musí být také vytápěno, případně klimatizováno. Kancelář by měla být prosklená a to nejenom ven, ale i do řezací místnosti. Vnitřní okna umožňují sledování prostoru řezárny. Tato místnost by měla být opět vybavena protihlukovými dveřmi a dostatečnou tloušťkou zdi. Zdi a podlahy prostoru, kde se nachází CNC stroj, by měly být s omyvatelným povrchem. V prostoru technologie by měla být také přípojka do počítačové sítě.



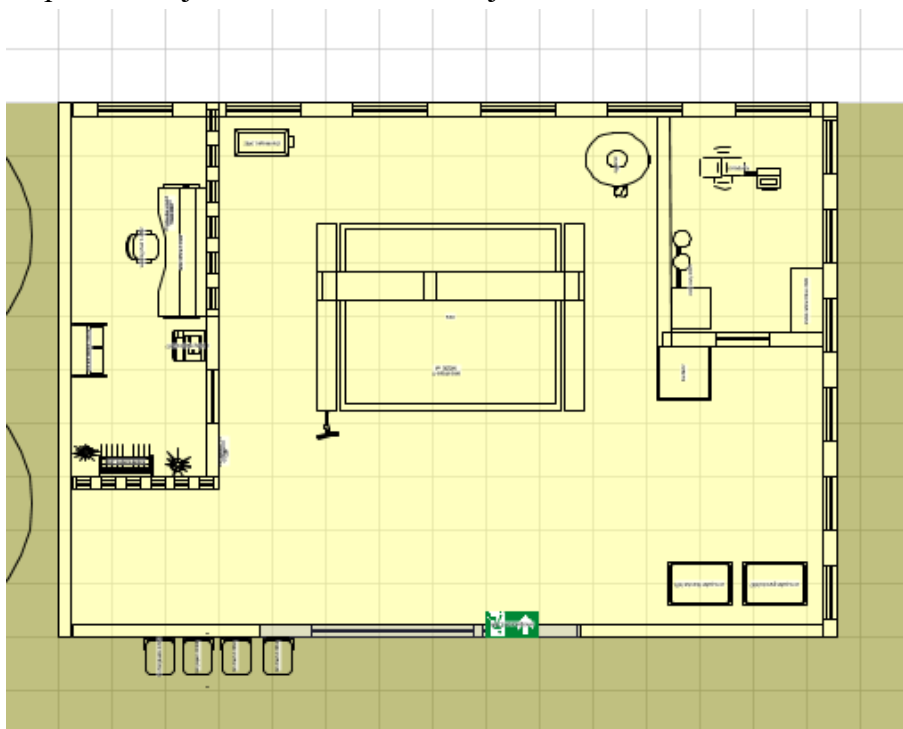
Obrázek 7-5: Kancelářský prostor

Řezárna je místností, kde dochází k práci a dělení materiálu, je zde umístěna CNC technologie vysokotlakého vodního paprsku. Důležité je odvětrávání místnosti, a to především kvůli vlhkosti, která vzniká odpařováním vody z lapače zbytkové energie (vany) CNC stolu. Podlaha prostoru bude s omyvatelným a protiskluzovým povrchem, její nosnost je 4 000 kg/m², to především kvůli manipulaci s vysokozdvíhým vozíkem, ale také kvůli umístění lapače řezacího stolu (vany). Stěny budou taktéž opatřeny vodotěsným nátěrem, případně obložením a to zejména v místě CNC stolu. Nad stolem bude zajištěno dostatečné osvětlení (je doporučováno osvětlení s minimálním krytím IPSS a s montážní výškou 3 500 mm nad horním okrajem vany kvůli zakládací výšce pomocí vysokozdvíhového vozíku). Teplota v místnosti řezárny se nesmí dostat pod 15°C a nad 30°C.



Obrázek 7-6: Řezárna

Layout celého pracoviště je znázorněn na následujících obrázcích.



Obrázek 7-7: 2D layout pracoviště technologie řezání vodním paprskem



Obrázek 7-8: 3D layout celého pracoviště technologie řezání vodním paprskem

7.3. Technicko – ekonomické zhodnocení vodního paprsku

Plánuje se, že by stroj v prvním roce pracoval pouze v jednosměnném provozu, následující rok by pracoval v provozu dvousměnném. Strojní hodinová sazba dělení materiálu na tomto stroji se pohybuje mezi 800 – 1000 Kč/hod. Ve strojních hodinových sazbách jsou započteny veškeré náklady, které jsou vztahované ke stroji, jedná se o:

- kalkulované odpisy stroje,
- prostorové náklady stroje,
- náklady na energie,
- finanční náklady,
- náklady na opravy,
- osobní náklady.

Pro zjednodušení se bude počítat s 900 Kč/hod. Tržby v prvním roce by představovaly $1\,837,5 \cdot 900 = 1\,653\,750$ Kč. Při míře zisku 10 % by byl zisk před zdaněním 165 375 Kč. V druhém roce, a to v případě práce ve dvousměnném provozu, by byl zisk dvojnásobný.

Návratnost je v rámci stanoveného odpisového režimu (6 let) vzhledem k příznivým realizačním podmínkám zajištěna i při jednosměnném provozu. V případě využití na dvě a více směn by byla návratnost podstatně lepší. Hala by byla postavena svépomocí ze sendvičových panelů, její výstavba by vyšla na necelé 2 miliony korun, což by bylo při dané odpisové sazbě téměř zanedbatelné.

8. Návrh umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací a ohraňovacího lisu

Následující podkapitoly popisují výběr vhodného umístění nového vysekávacího lisu s flexibilní automatizací a nového ohraňovacího lisu.

8.1. Umístění vysekávacího lisu

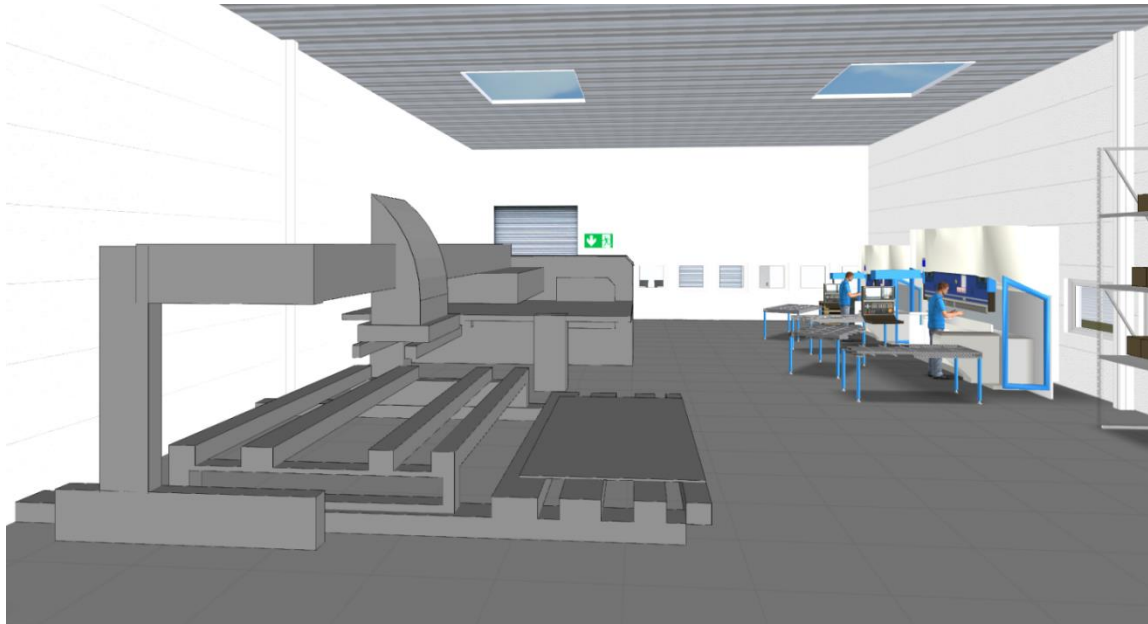
Princip technologie vysekávání již byl vysvětlen v kapitole 5.3.2. Vysekávací stroje, proto se tato kapitola bude věnovat pouze návrhu na umístění nového vysekávacího stroje s flexibilní automatizací. Za vhodný stroj byla zvolena varianta VL1, proto jsou brány v potaz technické parametry tohoto stroje.

Původně bylo zvažováno vložení nového vysekávacího stroje do haly plech2, tento nápad byl však zamítnut z důvodu nedostatečného prostoru na pracovišti. Pracovníkům by musely být odebrány skladové regály, které denně využívají, také by byl značně omezen manipulační prostor jak k novému stroji, tak k dalším strojům, které se na daném pracovišti nacházejí. Umístění tohoto stroje do haly plech2 je znázorněno na následujícím obrázku.



Obrázek 8-1: Návrh umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací do haly plech2

Vzhledem k těmto faktům bylo rozhodnuto, že nový vysekávací stroj bude vložen do haly plech1 a situace na pracovišti plech2 zůstane stejná. Umístění stroje je znázorněno na následujícím obrázku – Obrázek č. 8-2: Umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací do haly plech1 . Toto místo bylo zvoleno především kvůli vhodným manipulačním cestám.



Obrázek 8-2: Umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací do haly plech1

8.2. Umístění ohraňovacího lisu

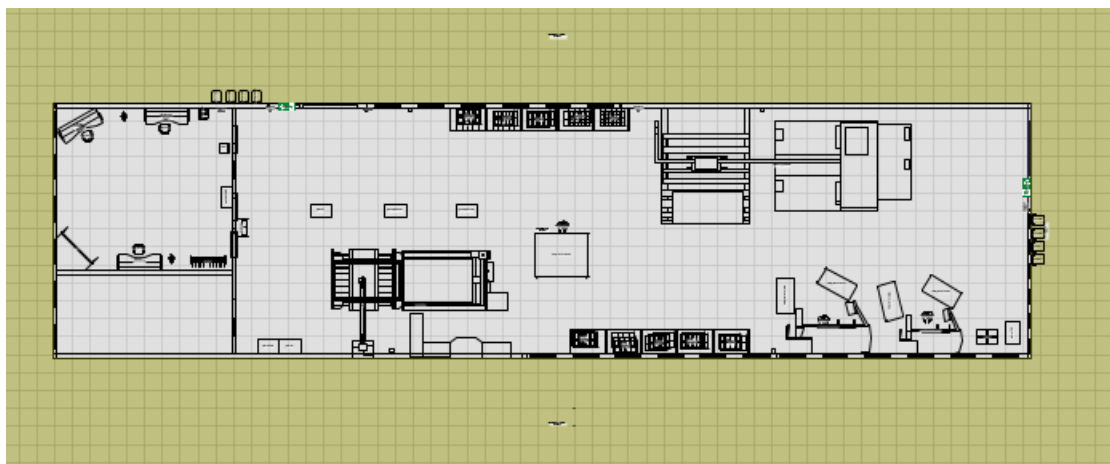
Technologie ohraňování byla vysvětlena v kapitole 5.3.3. Ohraňovací lis, proto je tato kapitola věnována pouze návrhu na umístění nového ohraňovacího lisu. Za vhodný stroj byla zvolena varianta OL2, v potaz jsou brány technické parametry právě tohoto stroje. Tento stroj byl vybrán především kvůli jeho malým rozměrům a větší rychlosti. Jak již bylo řečeno situace na pracovišti plech2 zůstane stejná, proto je zvažováno umístění nového ohraňovacího lisu do haly plech1. Stroj bude umístěn vedle jednoho ze starších ohraňovacích lisů, který se na tomto pracovišti již nachází. Situace je znázorněna na následujícím obrázku.



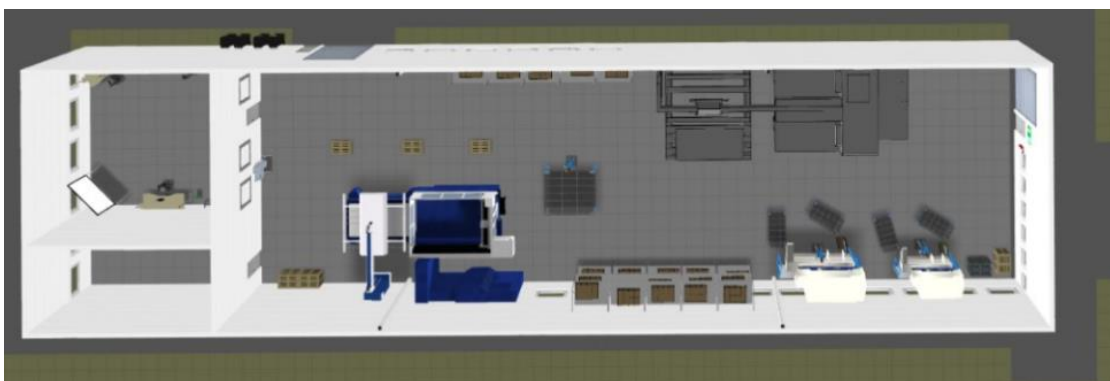
Obrázek 8-3: Umístění nového ohraňovacího lisu do haly plech1

8.3. Plánovaný stav haly plech1

Následující obrázky znázorňují plánovaný stav celé haly plech1, s již zakomponovanými novými stroji. Tedy novým vysekávacím lisem s flexibilní automatizací a novým ohraňovacím lisem.



Obrázek 8-4: 2D návrh plánovaného stavu haly plech1



Obrázek 8-5: 3D návrh plánovaného stavu haly plech1



Obrázek 8-6: Plánovaný stav haly plech1

8.4. Technicko - ekonomické zhodnocení ohraňovacího a vysekávacího lisu

Strojní hodinová sazba ohraňovacího lisu je mezi 600 – 800 Kč, výpočty budou prováděny s průměrnou sazbou 750 Kč/hod. Efektivní časový fond stroje byl vypočten následovně:

$$E_{fs} = (250 - 0 - 2 - 3) * 7,5 = 1\ 837,5 \text{ hod v případě jednosměnného provozu,}$$

$$E_{fs} = (250 - 0 - 2 - 3) * 15 = 3\ 675 \text{ hod v případě dvousměnného provozu.}$$

Návratnost je při obvyklé odpisové sazbě (6 let) možná již v případě jednosměnného provozu, vzhledem k dostatku zakázek je však doporučeno stroj využívat v provozu dvousměnném. Tržby v prvním roce by v případě dvousměnného provozu představovaly $3\ 675 * 750 = 2\ 756\ 250$ Kč. Při míře zisku 10 % by byl zisk před zdaněním 275 625 Kč. Tento stroj byl vybrán především kvůli jeho rychlosti, specifické výrobky dokáže ohýbat až 2,5x rychleji než stroje, které vlastní společnost nyní, což může ušetřit spoustu času.

Strojní hodinová sazba vysekávacího lisu s flexibilní automatizací je mezi 1 850 – 2 150 Kč/hod, tato sazba je dána nejenom složitostí výrobku, ale také obchodní politikou. Výpočty budou prováděny s průměrnou sazbou 2 000 Kč/hod. Efektivní časový fond stroje byl vypočten následovně:

$$E_{fs} = (250 - 0 - 2 - 3) * 7,5 = 1\ 837,5 \text{ hod v případě jednosměnného provozu,}$$

$$E_{fs} = (250 - 0 - 2 - 3) * 15 = 3\ 675 \text{ hod v případě dvousměnného provozu.}$$

Návratnost při jednosměnném provozu je při obvyklé odpisové sazbě (6 let) nereálná (roční odpis je 3 708 000 Kč, v případě jednosměnného provozu je hodinový odpis 2018 Kč), při dvousměnném provozu je situace výrazně lepší (hodinový odpis je 1 009 Kč). Tržby v prvním roce by v případě dvousměnného provozu představovaly $3\ 675 * 2\ 000 = 7\ 350\ 000$ Kč. Při míře zisku 10 % by byl zisk před zdaněním 735 000 Kč.

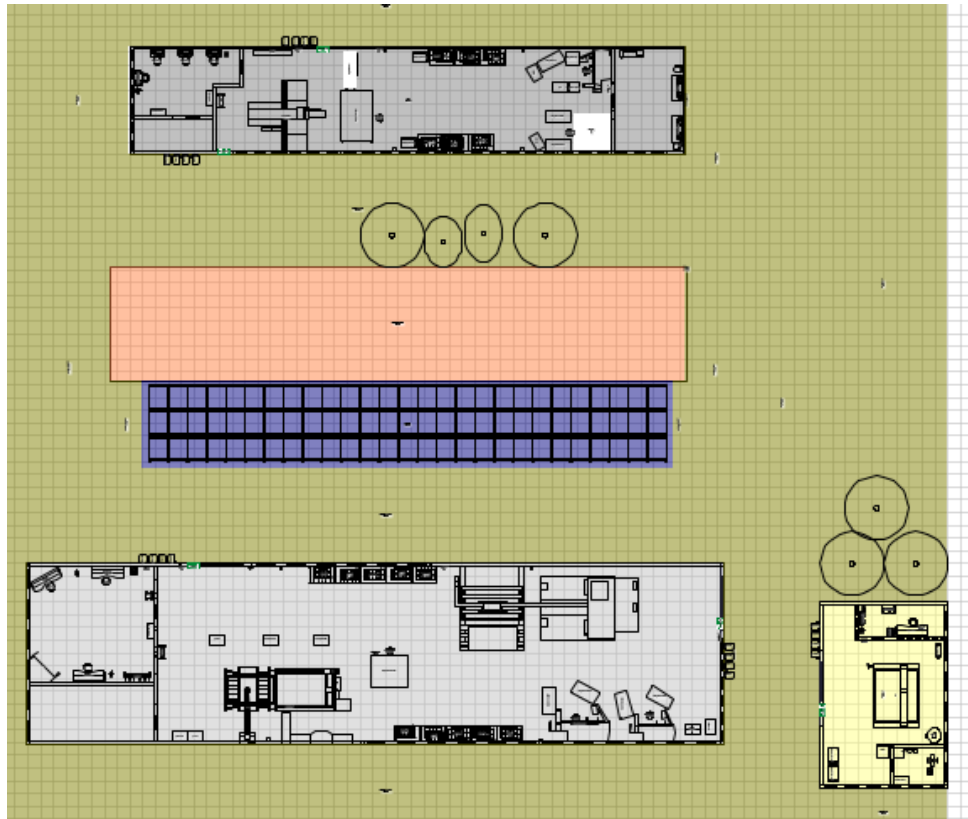
Je velmi důležité zmínit, že v dnešní době rostou náklady na pracovní sílu, veškeré propočty tedy byly prováděny při normálním meziročním růstu mezd (3-5 %), výsledek se však může podstatně změnit vzhledem k nedostatku pracovních sil a tím vyvolaným tlakům na rychlejší růst mezd.

9. Porovnání současné a budoucí situace

Podnik si přál zracionalizovat opracování plechů. Jejím cílem bylo zvýšení produktivity a také zajištění opracování plechů s tloušťkou nad 12 mm, čehož v dnešní době není podnik schopen. K těmto účelům byl navržen nákup technologie řezání vodním paprskem, nákup nového vysekávacího lisu s flexibilní automatizací a nákup nového ohraňovacího lisu. Pro technologii řezání vodním paprskem byla navržena výstavba nové haly, která by byla naproti hale plechl. Nový vysekávací a ohraňovací lis by byl umístěn v již postavené a využívané hale plechl. Situace před nákupem a po nákupu těchto strojů je znázorněna na následujících obrázcích.



Obrázek 9-1: Situace před nákupem nových technologií



Obrázek 9-2: 2D layout situace po nákupu nových technologií

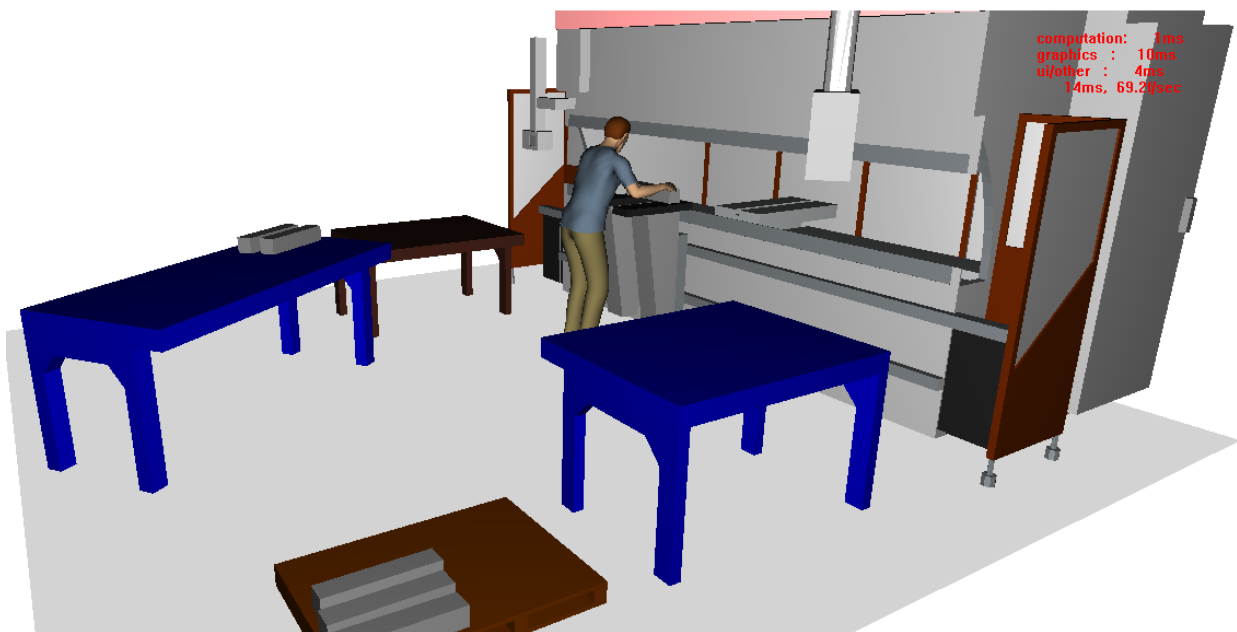


Obrázek 9-3: 3D layout situace po nákupu nových technologií

10. Ergonomie pracoviště ohraňovacího lisu

Během prohlídky pracovišť nebyly spatřovány velké prohřešky týkající se ergonomie. Práce na řezném laserovém stroji je automatická, stroj udělá většinu práce za pracovníka. Pracovník je povinen pouze rozebrat a kompletovat nařezané díly, což provádí na dostatečně vysokém pracovním stole. Podobná situace je i u strojů vysekávacích, u staršího vysekávacího stroje, kterým společnost disponuje je třeba plechové desky vložit do přístroje, poté pracovník vytáhne opracované plechové desky, části rozebere a kompletuje. Rozebrání a kompletování opět probíhá na dostatečně vysokém pracovním stole.

Jediný prohřešek, který byl shledán, byl u jednoho z ohraňovacích lisů, kde pracovník odkládal opracované díly na paletu ležící na podlaze. K dispozici měl pracovní stůl, který k této činnosti však nevyužíval. Tato situace je zobrazena na obrázku č. 5-8: Ohraňovací lis TruBend. Jako varování a ukázka toho, jaké následky má špatné odkládání a nadbytečné a špatné ohýbání byla v programu Tecnomatix Jack zpracována analýza RULA a simulace celého pohybu, do kterého bylo aplikováno NV 361/2007 Sb.⁷, z čehož bylo následně vypočteno, kolikrát se pracovník pohyboval v přijatelných, podmíněně přijatelných a nepřijatelných polohách. Následně byla vytvořena ukázka situace, kdy pracovník odkládá díly na paletu, která je paletovým vozíkem vyzdvižena do dostatečné výšky, aby se pracovník nemusel ohýbat a nadbytečně přetěžovat své tělo. Výška zdvihu u ručních vysokozdvižných paletových vozíků může být nastavena pro každého pracovníka individuálně dle pracovníkových dispozic. Výhodou tohoto řešení je také úspora místa, v případě neobsluhování tohoto stroje je možné paletový vozík odvést, čímž se zvýší prostorové kapacity pracoviště. Výsledky těchto dvou situací byly následně porovnány. Následující obrázek zobrazuje původní pracoviště ohraňovacího lisu, které bylo vypracováno v programu Tecnomatix Jack.

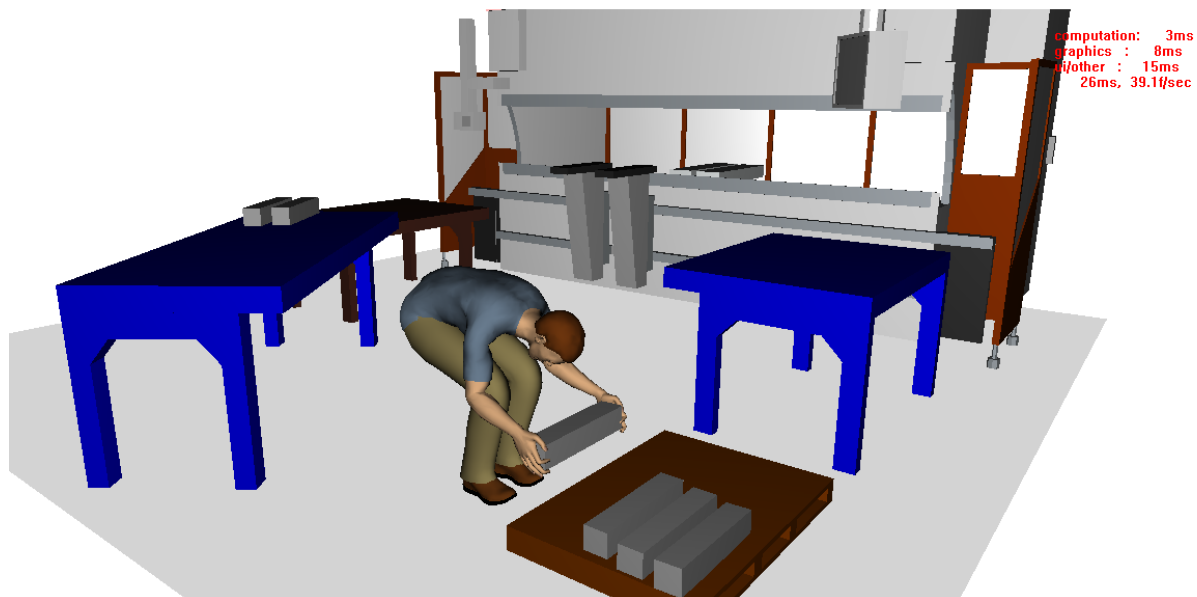


Obrázek 10-1: Pracoviště ohraňovacího lisu

⁷ Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

10.1. Analýza RULA pracoviště ohraňovacího lisu

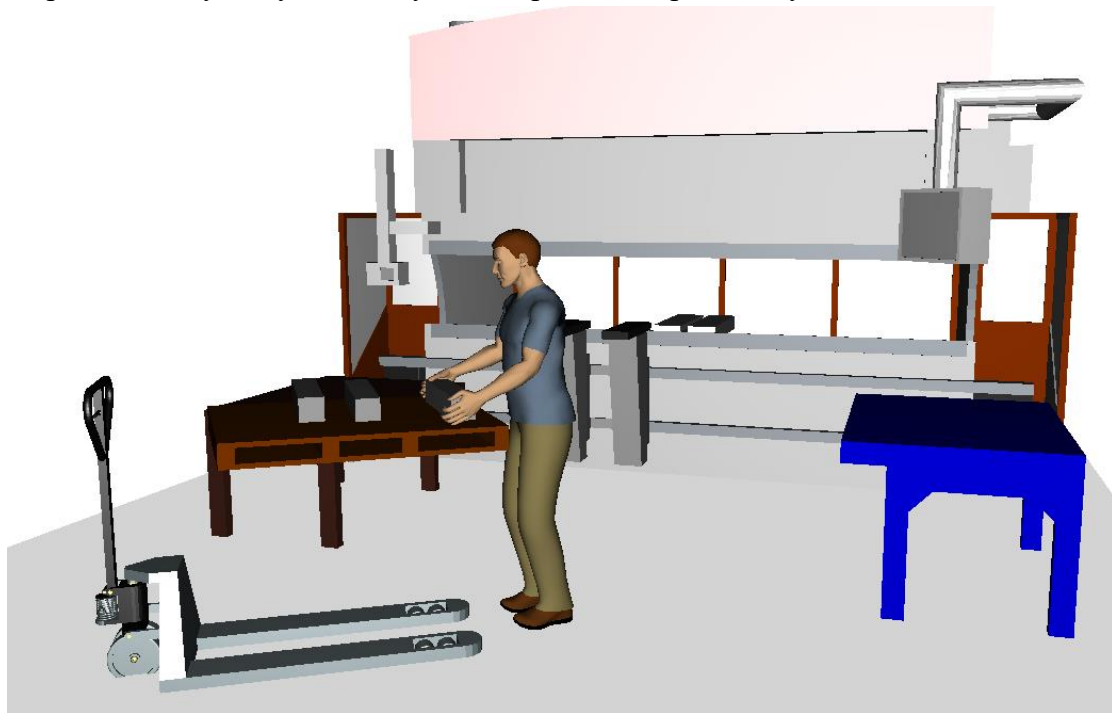
Analýza RULA je komplexní metodou, která slouží nejenom k pozorování a identifikaci pracovních poloh, ale také k hodnocení pracovních poloh při určitém pracovním postoji a při manipulaci s břemeny. Nejprve byla vytvořena situace, kde pracovník odkládá opracované díly na paletu, která leží na zemi, následně bylo provedeno zhodnocení tohoto pohybu a byl proveden návrh na zlepšení a jeho zhodnocení.



Obrázek 10-2: Špatné odkládání opracovaných výrobků

Obrázek 10-3: Výsledky analýzy RULA 1

Program Tecnomatix Jack vyhodnotil tuto pracovní pozici číslem 7, spadá tedy do čtvrté kategorie, tedy do té nejhorší. Je doporučeno zastavení práce a okamžitá změna pracovní polohy. Změna pracovní polohy je znázorněna na následujícím obrázku – Obrázek č. 10- : Vhodné odkládání opracovaných výrobků. Za vhodné místo pro odkládání výrobků byl zvolen paletový vozík, na kterém byla vyzdvižena paleta, na kterou by se opracované výrobky odkládaly. Návrh pracoval s paletou vyzdviženou do 1 100 mm.



Obrázek 10-4: Vhodné odkládání opracovaných výrobků

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ×

Task Entry | Reports | **Analysis Summary**

Job Title: <input type="text"/>	Job Number: <input type="text"/>
Location: <input type="text"/>	Analyst: <input type="text"/>
Comments: <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>

Body Group A Posture Rating

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

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
Trunk: 1
Total: 1

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

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 2

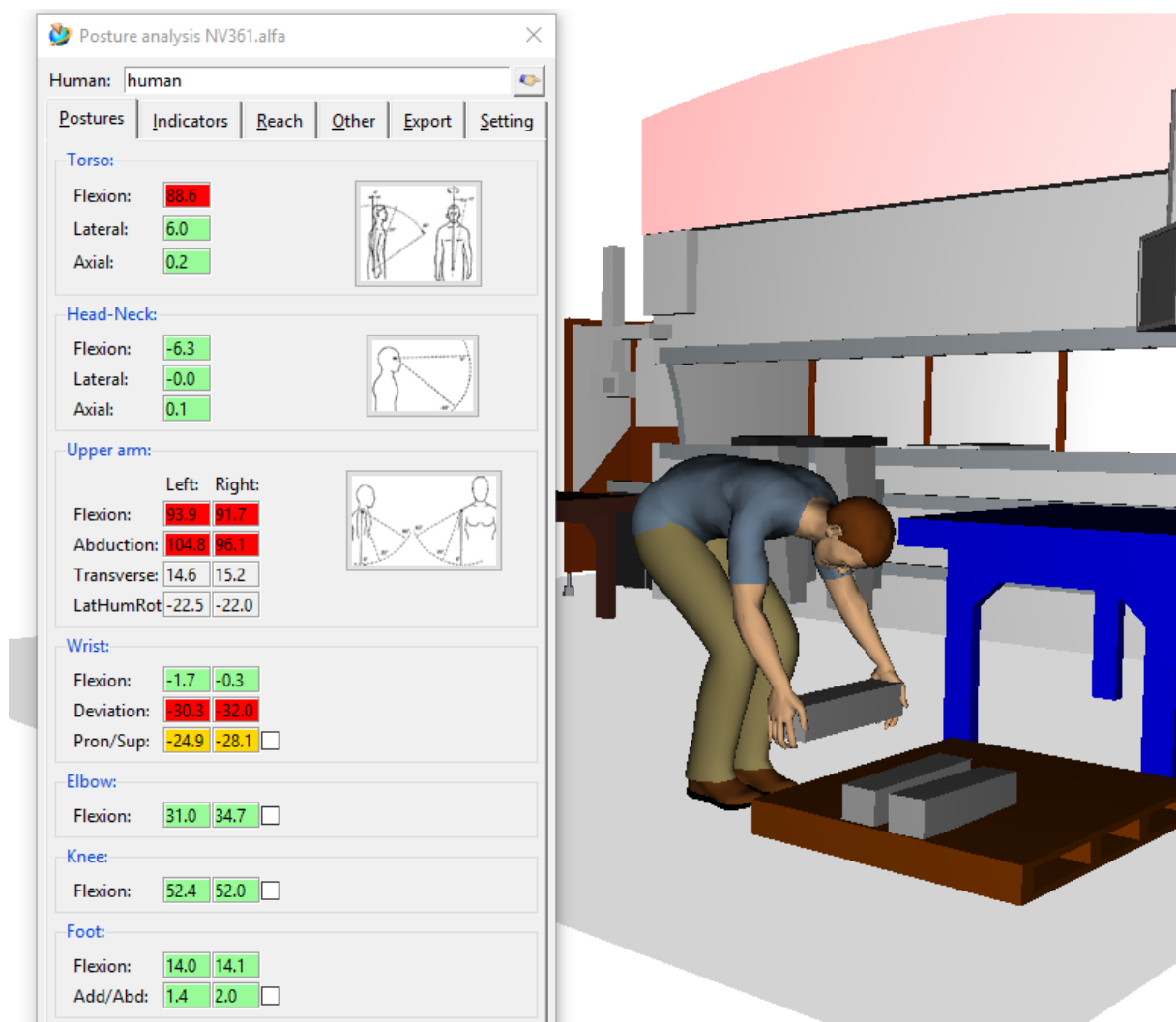
Action: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods.

Obrázek 10-5: Výsledky analýzy RULA 2

Program vyhodnotil druhou (vhodnější) pozici výsledkem 2, spadá tedy do první kategorie, tudíž je práce považována za přijatelnou. Je však důležité říci, že rozdělení prací do kategorií RULA analýzy není korespondující s rozdělením kategorií v rámci kategorizace prací v České republice.

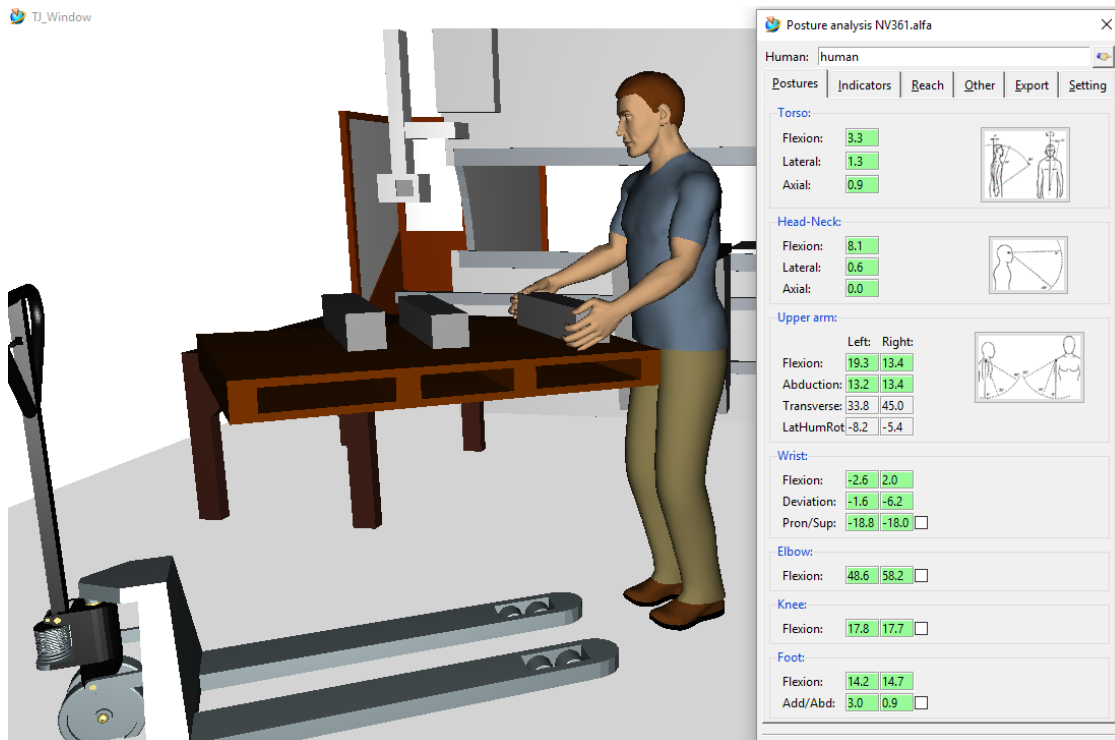
10.2. NV 361 pro pracoviště ohraňovacího lisu

V programu Tecnomatix Jack byly následně vytvořeny simulace obou pohybů. Nejprve pohybu nesprávného, poté pohybu vhodnějšího. Do této simulace byla aplikována add on aplikace NV 361/2007 Sb., z jehož výstupů byly následně vyhodnoceny výsledky. Na následujícím obrázku je zobrazeno pracoviště s výsledky z add on aplikace NV 361/2007 Sb., tyto výsledky zobrazují pouze hodnoty daného pohybu, tedy ohýbání k paletě. Výsledné hodnoty, které byly vyhodnoceny ze simulací, jsou zaneseny do tabulek na následujících stranách.



Obrázek 10-6: Špatné odkládání dílu NV 361/2007 Sb.

Červeně znázorněné hodnoty značí polohu nepřijatelnou, oranžová políčka jsou polohy podmíněně přijatelné a zelená políčka jsou polohy přijatelné. Na následujícím obrázku je znázorněno pracoviště, kde pracovník odkládá opracované díly na paletu, která je paletovým vozíkem vyzdvižena, nikoliv na paletu, která leží na zemi.



Obrázek 10-7: Dobré odkládání dílu NV 361/2007 Sb.

Pro porovnání výsledků nebyly zkoumány veškeré pohyby, které NV 361/2007 Sb. obsahuje, byly vybrány pouze některé z nich. Jedná se o TorsoFlex (předklon trupu), TorsoTwist (rotace trupu), TorsoLat (úklon trupu), NeckFlex (předklon krku), abdukci levého ramene, abdukce pravého ramene a levý a pravý loket.

Hodnoty jsou ukládány 30 framů za sekundu a to do formátu .csv. Tento dokument byl převeden do Excelu a z něj byla vytvořena databáze. Z této databáze bylo pomocí jednoduchých SQL dotazů zjištěno, kolikrát se během animace pracovník pohybuje v daných mezích. Díky těmto dotazům byly zjištěny následující údaje. První tabulka zobrazuje výsledky nesprávného pohybu, tedy odkládání výrobků na paletu, která leží na zemi. Výsledky jsou reprezentovány počtem pohybů během celé simulace. První simulace trvá necelých 10 sekund.

Tabulka 10-1: Počty pohybů během simulace 1

	Torso Flex	Torso Twist	Torso Lat	Neck Flex	Levé rameno abdukce	Pravé rameno abdukce	Levý loket	Pravý loket
Přijatelný	241	298	266	0	221	212	298	298
Podmíněně přijatelný	9	0	0	255	36	44	0	0
Nepřijatelný	48	0	32	43	41	42	0	0

Druhá tabulka znázorňuje výsledky z druhé simulace, tedy pohybu, kdy pracovník odkládá výrobky na pracovní stůl. Tato simulace trvá necelých 5 sekund, tento pohyb je tedy zhruba o polovinu kratší.

Tabulka 10-2: Počty pohybů během simulace 2

	Torso Flex	Torso Twist	Torso Lat	Neck Flex	Levé rameno abdukce	Pravé rameno abdukce	Levý loket	Pravý loket
Přijatelný	144	144	144	122	122	144	144	144
Podmíněně přijatelný	0	0	0	22	22	0	0	0
Nepřijatelný	0	0	0	0	0	0	0	0

Díky těmto dotazům bylo zjištěno, kolikrát se pracovník pohybuje v jaké poloze. Následné výpočty, jejichž výsledky jsou znázorněny v následujících tabulkách, se odvíjí od těchto údajů. Na ukázkou, jak se k výsledkům došlo, je postup znázorněn níže:

- **Výpočet času v nepřijatelné poloze TorsoFlex** (údaje z Tabulky č. 10-1: Počty pohybů během simulace 1) – počítá se s tím, že pracovník by tento pohyb opakoval 60x za hodinu.

48 opakování / 30 framů (program ukládá 30 údajů za 1s) = 1,6s z celé simulace

60 opakování během hodiny * 1,6s = 96s z 1hod/směny

96s*7,5hod (směna) = 720s z celé směny

720s / 60s = 12min z celé směny

NV 361/2007 Sb. udává limity pracovní zátěže. Limit pro pracovní zátěž v nepřijatelné poloze je 30 min v průměrné 8hod směně. Pro pracovní zátěž v podmíněně přijatelné poloze je do 160 min v průměrné 8 hod směně. První tabulka opět znázorňuje výsledky ze simulace 1, tedy pohybu, kdy pracovník odkládá výrobky na paletu ležící na zemi. Simulace 2 je pohyb, kdy pracovník odkládá výrobek na paletu, která je vyzdvižena paletovým vozíkem do dostatečné pracovní výšky. V tabulkách jsou uvedeny časy (v minutách), přepočteny na 7,5 hod směnu.

Tabulka 10-3: Výpočet časů ze simulace 1

	Torso Flex	Torso Twist	Torso Lat	Neck Flex	Levé rameno abdukce	Pravé rameno abdukce	Levý loket	Pravý loket
Přijatelný	60,25	74,5	66,5	0	55,25	53	74,5	74,5
Podmíněně přijatelný	2,25	0	0	63,75	9	11	0	0
Nepřijatelný	12	0	8	10,75	10,25	10,5	0	0

Tabulka 10-4: Výpočet časů ze simulace 2

	Torso Flex	Torso Twist	Torso Lat	Neck Flex	Levé rameno abdukce	Pravé rameno abdukce	Levý loket	Pravý loket
Přijatelný	36	36	36	36	32,5	32,5	36	36
Podmíněně přijatelný	0	0	0	0	3,5	3,5	0	0
Nepřijatelný	0	0	0	0	0	0	0	0

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že obě varianty splňují tyto pracovní limity. Je však vhodné eliminovat nepřijatelné a podmíněně přijatelné polohy na minimum. Z tabulky je zjevné, že této eliminace bylo dosaženo pořízením paletového vozíku a jednoduchým přeorganizováním pracoviště, případně by bylo možné paletový vozík oželit a k odkládání výrobků využívat pracovní stoly, které jsou k tomu určeny. Tímto přeorganizováním se zároveň dvojnásobně snížil čas dané činnosti.

Závěr

Diplomová práce byla zpracována na téma „*Racionalizace procesů a výroby*“. Na základě studia odborné literatury byly v teoretické části diplomové práce vysvětleny pojmy racionalizace a lean management, dále byla popsána problematika týkající se layoutů hal a také obecný popis ergonomie v průmyslovém podniku, s detailnějším zaměřením na analýzu RULA a NV 361/2007 Sb. Následně byly teoretické poznatky aplikovány do praxe a to na společnost MEDTEC – VOP, spol. s.r.o.

Cílem diplomové práce byla analýza stávajícího stavu výroby ve vybrané společnosti a následný návrh na opatření pro její zkvalitnění. Společnost se věnuje mnoha odvětvími, největší potenciál pro zlepšení však sledává v odvětví zpracování plechů. Proto byla práce zaměřena na racionalizaci právě tohoto odvětví. Analýza současného stavu byla provedena na základě poskytnutých dokumentů a rozhovorů s členy společnosti. Současný stav výrobního systému byl zpracován ve formě layoutů. Jedním z cílů podniku je zvýšení objemu výroby zpracování plechu a také zpracování plechů tlustších nad 12 mm. Diplomová práce se zabývá výběrem technologií, které by podniku měly k jejím cílům dopomoci a jejich umístěním. Byl navržen nákup technologie řezání vodním paprskem, vysekávacího lisu s flexibilní automatizací a také nového ohraňovacího lisu, který dokáže určité druhy plechů opracovávat až 2,5x rychleji. V diplomové práci je popsán výběr vhodných variant, následně je popsáno také umístění těchto strojů, nedílnou součástí je technicko – ekonomické zhodnocení těchto nákupů. Pro technologii řezání vodním paprskem byla navržena výstavba nové haly, součástí práce jsou tedy také kapacitní propočty pro tento stroj. Pro vysekávací a ohraňovací lis bylo navrženo umístění v již stávající hale. Veškeré dispoziční řešení je vyobrazeno pomocí layoutů. Poslední část diplomové práce je věnována ergonomii jednoho ze stávajících pracovišť podniku, jedná se o pracoviště ohraňovacího lisu, kde byly během prohlídky pracoviště shledány malé prohřešky týkající se ergonomie práce. Z tohoto důvodu byla provedena analýza RULA a také byly pracovní polohy hodnoceny dle NV 361/2007 Sb. Poté bylo navrženo opatření pro zlepšení pracovních podmínek, které by měly pomoci i ke zrychlení dané činnosti a ušetření místa na pracovišti.

Velkým zadostiučiněním je, že společnost již realizovala nákup a umístění navrženého ohraňovacího lisu a zároveň uvítala navržená opatření týkající se ergonomie.

Zdroje

Knížní zdroje:

- [1] BUREŠ, M. Tvorba a optimalizace pracoviště. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-32-3
- [2] BUREŠ, Marek. *Přednáška z předmětu KPV/ŘOP (ZČU)*. Plzeň, 2017.
- [3] ČSN EN 614-1. *Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – část 1: Terminologie a všeobecné zásady*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 15s.
- [4] DUCHEK, Vladimír. *Přednáška z předmětu KTO/PRVS (ZČU)*. Plzeň, 2016.
- [5] FLIEDNER, Gene. *Leading and Managing the Lean management Process*. Business Expert Press, LLC, 2011. ISBN 13-978-1-60649-248-2.
- [6] FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [7] GÖRNER, T., ŠIMON, M. *Případová studie ergonomického projektování pracovišť s využitím digitální továrny*. In *Digitální podnik 2008*. Žilina: Slovenské centrum produktivity, 2008. s. 99-104. ISBN: 978-80-89333-03-5.
- [8] HEŘMAN, J. *Řízení výroby*. Praha: Melandrium, 2001. 167 s. ISBN 80-86175-15-4
- [9] HLAVENKA, Bohumil. *Racionalizace technologických procesů*. PC-DIR spol. s.r.o. – Nakladatelství, Brno., 1995. 66 s. ISBN 80-214-0705-0.
- [10] KAČEROVÁ, Ilona. *Bakalářská práce: Řízení projektové komunikace*. Plzeň, 2016.
- [11] LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření I*. 1. vydání. Brno: Vydavatelské oddělení UO, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.
- [12] MAIXNER, Ladislav a kol. *Mechatronika*. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1299-3.
- [13] MAŇKOVÁ, Ildigó. *Progresívne technológie*. 2. vydání. Vienala, 2000, 275 s. ISBN 8070994304.
- [14] MAREK, Jakub, SKŘEHOT, Petr. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP, v.v.i., 2009, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6.
- [15] MASA AKI, Imai. *Kaizen – Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 2004. 272 s. ISBN: 80-251-0461-3.
- [16] MILLER, A., BUREŠ, M., ŠRAJER, V., PEŠL, J. *Projektování výrobní základny - teoretická část*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-30-9.
- [17] MILLER, Antonín. A kol. ŽIVDIG. *Projektování výrobní základny – praktická část. 1. vydání*. Plzeň: ZČU – KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-31-6.
- [18] MORÁVEK, Rudolf. *Nekonvenční metody obrábění*. 2. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999, 102 s. ISBN 80-7082-518-9.

- [19] MOULDING, Edward. *5S: A Visual Control System for the Workplace*. AuthorHouse™ UK Ltd., 2010. ISBN 978-1-4490-2977-7.
- [20] NOVÁK, Josef, ŠLAMPOVÁ, Pavlína. *Učební text – Racionalizace výroby*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007.
- [21] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Grada Publishing, a.s., 2011. 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [22] ŠIMON, Michal. *Průmyslové inženýrství, e-book*. ZČU-KPV Plzeň, 2015.
- [23] ŠIMON, Michal. *Přednáška z předmětu KPV/PI (ZČU)*. Plzeň, 2015.
- [24] VEBER, J. *Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita*. Praha:Management Press, 2009. 734 s. ISBN 978-80-7261-200-0.
- [25] WOMACK, James P., JONES, Daniel T. *Lean thinking*. FREE PRESS, A Division of Simon & Schuster, Inc., 2003. ISBN 0-7432-4927-5.
- [26] ZELENKA, Antonín, PRECLÍK, Vratislav. *Racionalizace výroby*. Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02870-4.

Internetové zdroje:

- [27] A step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool. In: *ergo-plus.com* [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <http://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>
- [28] Akademie tváření: Stříhání. MM průmyslové spektrum. In: *mmspektrum.com* [online]. 2010 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
- [29] Děrovací stroje – TruPunch 3000. In: *trumpf.com* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/derovaci-stroje/trupunch-3000/
- [30] Ekonomické výsledky průmyslu ČR – 2015. In: *czso.cz* [online]. [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ekonomicke-vysledky-prumyslu-cr-2015>
- [31] Electra FL. In: *lvdgroup.com* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: https://www.lvdgroup.com/sites/default/files/downloads/electra_fl_en.pdf
- [32] Laserové a plazmové řezání. In: *vsb.cz* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009svarovani/16-17-83-84.pdf>
- [33] Metodický úvod. In: *czso.cz* [online]. [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20547989/150141-14mcz.pdf/7ce358ef-9602-47b8-a422-ef8f54e46972?version=1.0>
- [34] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. In: *zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [35] Nekonvenční metody obrábění. In: *coptkm.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-03-05]. Dostupné <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=33789&instance=2>
- [36] Ohraňovací lisy – přehled. In: *amada.sk* [online]. [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <http://www.amada.sk/documents/produkt-6-ohranovacie-lisy-prehlad-cz.pdf>

- [37] ŘASA, Jaroslav, KEREČANINOVÁ, Zuzana. *Nekonvenční metody obrábění: Obrábění paprskem fotonů - laserem*. [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-4-dil.html>
- [38] Řezání vodním paprskem. In: *bystronic.cz* [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: https://www.bystronic.cz/cs/produkty/systemy_rezani_vodnim_paprskem/
- [39] Technologie plošného tváření – ohýbání. In: *ksp.tul.cz* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [40] The Seven Types of Muda. In: *allaboutlean.com* [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://www.allaboutlean.com/muda/>
- [41] TecnomatixJack. In: *digipod.zcu.cz* [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>
- [42] TecnomatixJack – Jack – A premier human simulation tool for populating your designs with virtual people and performing human factors and ergonomic analysis. In: *plm.automation.siemens.com* [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: https://www.plm.automation.siemens.com/media/store/en_pl/4917_tcm1023-4952_tcm80-1992.pdf
- [43] VALEČKOVÁ, Alena. *Moderní metody v hodnocení ergonomických rizik*. In: *vubp.cz* [online]. 2008 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: https://www.vubp.cz/ces/soubory/valeckova_moderni_metody.pdf
- [44] VisTable. In: *vistable.de* [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z: <http://www.vistable.de/3d-fabrik>
- [45] Výroba. In: *medtec-vop.cz* [online]. [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <http://www.medtec-vop.cz/vyroba.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Cíle racionalizace v podniku [2]	12
Obrázek 2-1: Orientační rozdělení pracovního procesu [2]	16
Obrázek 2-2: Demingův kruh neustálého zlepšování [22].....	17
Obrázek 3-1: Základní rozdělení ploch layoutu [16]	23
Obrázek 3-2: Graf závislosti druhu prostorového uspořádání na vyráběné množství [16].....	24
Obrázek 3-3: Technologické uspořádání pracovišť [16].....	25
Obrázek 3-4: Předmětné uspořádání pracovišť [16]	26
Obrázek 3-5: Buňkové uspořádání pracovišť [16]	26
Obrázek 3-6: 3D pohled výrobního layoutu [44]	30
Obrázek 5-1: Organizační struktura společnosti [10]	38
Obrázek 5-2: Současný stav výrobního systému.....	42
Obrázek 5-3: Procento rozdělení jednotlivých technologií [37]	43
Obrázek 5-4: Laserový stroj	44
Obrázek 5-5: Vysekávací stroj	45
Obrázek 5-6: Ohraňovací lis Amada	47
Obrázek 5-7: Ohraňovací lis LVD	47
Obrázek 5-8: Ohraňovací lis TruBend	47
Obrázek 5-9: Současná situace 1	48
Obrázek 5-10: Současná situace 2.....	48
Obrázek 5-11: Současná situace 3	49
Obrázek 5-12: Současná situace 2D pohled na halu plech1	49
Obrázek 5-13: Současná situace 3D pohled v hale plech1 - 1	49
Obrázek 5-14: Současná situace 3D pohled v hale plech1 – 2.....	50
Obrázek 5-15: Současná situace 2D pohled na halu plech2.....	50
Obrázek 5-16: Současná situace 3D pohled v hale plech2 - 1	50
Obrázek 5-17: Současná situace 3D pohled v hale plech2 – 2.....	51
Obrázek 7-1: Vodní paprsek bez abraziva [12].....	57
Obrázek 7-2: Vodní paprsek s abrazivem [12].....	57
Obrázek 7-3: Hranice pozemku a orientační umístění nové haly	58
Obrázek 7-4: Technická místnost.....	61
Obrázek 7-5: Kancelářský prostor.....	61
Obrázek 7-6: Řezárna.....	62
Obrázek 7-7: 2D layout pracoviště technologie řezání vodním paprskem	62
Obrázek 7-8: 3D layout celého pracoviště technologie řezání vodním paprskem	63
Obrázek 8-1: Návrh umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací do haly plech2	64
Obrázek 8-2: Umístění vysekávacího lisu s flexibilní automatizací do haly plech1	65
Obrázek 8-3: Umístění nového ohraňovacího lisu do haly plech1	65
Obrázek 8-4: 2D návrh plánovaného stavu haly plech1	66
Obrázek 8-5: 3D návrh plánovaného stavu haly plech1	66
Obrázek 8-6: Plánovaný stav haly plech1	66
Obrázek 9-1: Situace před nákupem nových technologií.....	68
Obrázek 9-2: 2D layout situace po nákupu nových technologií	69

Obrázek 9-3: 3D layout situace po nákupu nových technologií	69
Obrázek 10-1: Pracoviště ohraňovacího lisu.....	70
Obrázek 10-2: Špatné odkládání opracovaných výrobků.....	71
Obrázek 10-3: Výsledky analýzy RULA 1	71
Obrázek 10-4: Vhodné odkládání opracovaných výrobků.....	72
Obrázek 10-5: Výsledky analýzy RULA 2	72
Obrázek 10-6: Špatné odkládání dílu NV 361/2007 Sb.....	73
Obrázek 10-7: Dobré odkládání dílu NV 361/2007 Sb.....	74

Seznam tabulek

Tabulka 3-1: Výhody a nevýhody technologického uspořádání [16]	25
Tabulka 3-2: Výhody a nevýhody předmětné struktury [16]	26
Tabulka 4-1: Kategorie analýzy RULA [27].....	34
Tabulka 5-1: Výpočet ROS	39
Tabulka 5-2: Výpočet ROA	40
Tabulka 5-3: Výpočet ROE.....	40
Tabulka 5-4: Porovnání rentabilit s oborovým průměrem [30]	41
Tabulka 5-5: Technické parametry laseru [31]	44
Tabulka 5-6: Maximální tloušťka zpracovávaného plechu [31]	44
Tabulka 5-7: Technické parametry vysekávacího stroje [29]	45
Tabulka 5-8: Technické údaje ohraňovacích lisů ve společnosti[29][31][36]	46
Tabulka 6-1: Kritéria a váhy hodnocení	52
Tabulka 6-2: Údaje k vyhodnocení varianty technologie vodního paprsku.....	53
Tabulka 6-3: Volba vhodné varianty technologie vodního paprsku	53
Tabulka 6-4: Údaje k vyhodnocení varianty ohraňovacího lisu	54
Tabulka 6-5: Volba vhodné varianty ohraňovacího lisu	54
Tabulka 6-6: Údaje k vyhodnocení varianty vysekávacího lisu	55
Tabulka 6-7: Volba vhodné varianty vysekávacího lisu	55
Tabulka 10-1: Počty pohybů během simulace 1	74
Tabulka 10-2: Počty pohybů během simulace 2	75
Tabulka 10-3: Výpočet časů ze simulace 1	75
Tabulka 10-4: Výpočet časů ze simulace 2	76

Seznam příloh

- Příloha A – Žádost o předložení cenové nabídky technologie řezání vodním paprskem
- Příloha B – Žádost o předložení cenové nabídky vysekávacího lisu
- Příloha C – Žádost o předložení cenové nabídky ohraňovacího lis

Příloha A

ŽÁDOST O PŘEDLOŽENÍ CENOVÉ NABÍDKY

„Dodávka technologie vodního paprsku“

1. Identifikační údaje zadavatele

MEDTEC – VOP, spol. s.r.o.

Brněnská 700/25

500 06, Hradec Králové

IČO 64791319

Kontaktní osoba: Ing. Oldřich Řezníček, jednatel společnosti

tel:

email:

2. Předmět zakázky

Předmětem plnění této zakázky je dodávka 1ks technologie vodního paprsku a to včetně dopravy a servisu stroje.

3. Požadavky zadavatele na plnění zakázky

- 3.1. Stroj musí splňovat obrábění ve třech osách.
- 3.2. Uvést dobu zásahu servisu v hodinách a to jak v záruční, tak v pozáruční době.
- 3.3. Tloušťka materiálu a velikost plechů tloušťka cca 50 mm, formát 3000x1500 mm.
- 3.4. Uchazeč je povinen sdělit zadavateli informace týkající se doby záruky na stroj.
- 3.5. Dále je uchazeč povinen sdělit zadavateli informace týkající se času na servis a seznam míst, kde se nachází servisní střediska.
- 3.6. Uchazeč je povinen dodat zadavateli zboží nové, nepoužité, nepoškozené, nerepasované a zkompletované z dílů, které nebudou staršího data výroby než roku 2015, odpovídající platným ČSN, technickým a bezpečnostním a hygienickým normám a právním předpisům a předpisům výrobce s doklady nezbytnými k převzetí a užívání zboží v českém jazyce.
- 3.7. Uchazeč je povinen uvést rozměrové a hmotnostní parametry stroje.
- 3.8. Uchazeč je povinen sdělit dodací lhůtu od podpisu smlouvy.
- 3.9. Uchazeč je povinen sdělit platební podmínky.

4. Časová specifikace

Lhůta pro podání nabídek končí dne 25. 1. 2018 v 09:00 hod. Nabídku lze zaslat doporučeně poštou na adresu MEDTEC – VOP, spol. s.r.o., Brněnská 700/25, 500 06 Hradec Králové, nebo zaslat elektronickou poštou na email.

Příloha B

ŽÁDOST O PŘEDLOŽENÍ CENOVÉ NABÍDKY

„Dodávka vysekávacího lisu“

1. Identifikační údaje zadavatele

MEDTEC – VOP, spol. s.r.o.

Brněnská 700/25

500 06, Hradec Králové

IČO 64791319

Kontaktní osoba: Ing. Oldřich Řezníček, jednatel společnosti

tel:

email:

2. Předmět zakázky

Předmětem plnění této zakázky je dodávka 1 ks vysekávacího lisu s flexibilní automatizací a to včetně dopravy a servisu stroje.

3. Požadavky zadavatele na plnění zakázky

3.1. Formát 2500 x 1250.

3.2. Tloušťka zpracovaného materiálu 5mm.

3.3. Uvést dobu zásahu servisu v hodinách a to jak v záruční, tak v pozáruční době.

3.4. Uchazeč je povinen sdělit zadavateli informace týkající se doby záruky na stroj.

3.5. Dále je uchazeč povinen sdělit zadavateli informace týkající se času na servis a seznam míst, kde se nachází servisní střediska.

3.6. Uchazeč je povinen dodat zadavateli zboží nové, nepoužité, nepoškozené, nerepasované a zkompletované z dílů, které nebudou staršího data výroby než roku 2015, odpovídající platným ČSN, technickým a bezpečnostním a hygienickým normám a právním předpisům a předpisům výrobce s doklady nezbytnými k převzetí a užívání zboží v českém jazyce.

3.7. Uchazeč je povinen uvést rozměrové a hmotnostní parametry stroje.

3.8. Uchazeč je povinen sdělit dodací lhůtu od podpisu smlouvy.

3.9. Uchazeč je povinen sdělit platební podmínky.

4. Časová specifikace

Lhůta pro podání nabídek končí dne 25. 1. 2018 v 09:00 hod. Nabídku lze zaslat doporučeně poštou na adresu MEDTEC – VOP, spol. s.r.o., Brněnská 700/25, 500 06 Hradec Králové, nebo zaslat elektronickou poštou na email.

Příloha C

ŽÁDOST O PŘEDLOŽENÍ CENOVÉ NABÍDKY „Dodávka ohraňovacího lisu“

1. Identifikační údaje zadavatele

MEDTEC – VOP, spol. s.r.o.
Brněnská 700/25
500 06, Hradec Králové
IČO 64791319

Kontaktní osoba: Ing. Oldřich Řezníček, jednatel společnosti

tel:

email:

2. Předmět zakázky

Předmětem plnění této zakázky je dodávka 1ks ohraňovacího lisu a to včetně dopravy a servisu stroje.

3. Požadavky zadavatele na plnění zakázky

- 3.1.Šířka pracovní lišty minimálně 1300 mm.
- 3.2.Shodnost náradí se stávajícími lisy (AMADA, TRUMF, LVD).
- 3.3.Uvést dobu zásahu servisu v hodinách a to jak v záruční, tak v pozáruční době.
- 3.4.Uchazeč je povinen sdělit zadavateli informace týkající se doby záruky na stroj.
- 3.5.Dále je uchazeč povinen sdělit zadavateli informace týkající se času na servis a seznam míst, kde se nachází servisní střediska.
- 3.6.Uchazeč je povinen dodat zadavateli zboží nové, nepoužité, nepoškozené, nerepasované a zkompletované z dílů, které nebudou staršího data výroby než roku 2015, odpovídající platným ČSN, technickým a bezpečnostním a hygienickým normám a právním předpisům a předpisům výrobce s doklady nezbytnými k převzetí a užívání zboží v českém jazyce.
- 3.7.Uchazeč je povinen uvést rozměrové a hmotnostní parametry stroje.
- 3.8.Uchazeč je povinen sdělit dodací lhůtu od podpisu smlouvy.
- 3.9.Uchazeč je povinen sdělit platební podmínky.

4. Časová specifikace

Lhůta pro podání nabídek končí dne 25. 1. 2018 v 09:00 hod. Nabídku lze zaslat doporučeně poštou na adresu MEDTEC – VOP, spol. s.r.o., Brněnská 700/25, 500 06 Hradec Králové, nebo zaslat elektronickou poštou na email.