

# **Projekt racionalizace pracoviště MAG1 ve společnosti Aero Vodochody AEROSPACE a.s.**

Bc. Monika Mocová

---

Diplomová práce  
2017/2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů  
akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Monika Mocová**  
Osobní číslo: **M160240**  
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Projekt racionalizace pracoviště MAG1 ve společnosti AERO  
Vodochody AEROSPACE a.s.**

Zásady pro vypracování:

### Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

#### I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z dané oblasti a formulujte teoretická východiska pro analytickou a projektovou část.

#### II. Praktická část

- Analyzujte současný stav na vybraném pracovišti.
- Zpracujte vyhodnocení analýzy a navrhnete následná opatření pro zlepšení stávajícího stavu.
- Vypracujte projektové řešení pro racionalizaci pracoviště.

### Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**BAUER, Miroslav. Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.**

**DENNIS, Pascal. Lean Production Simplified: A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System. New York: Productivity Press, c2002, 170 s. ISBN 1563272628.**

**DOLEŽAL, Jan. Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů. Praha: Grada Publishing, 2016, 418 s. Expert. ISBN 978-80-247-5620-2.**

**MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 80-902235-6-7.**

**SALVENDY, Gavriel. Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management. 3rd ed. New York: Wiley, 2001, 2796 s. ISBN 0-471-33057-4.**

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD.**  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů  
Datum zadání diplomové práce: **15. prosince 2017**  
Termín odevzdání diplomové práce: **17. dubna 2018**

Ve Zlíně dne 15. prosince 2017



doc. Ing. David Tuček, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

### Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: ..... 19.4. 2018



podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá racionalizací vybraného výrobního pracoviště ve společnosti Aero Vodochody AEROSPACE a.s. Teoretická část se věnuje štíhlé výrobě, vybraným metodám průmyslového inženýrství a základům ergonomie se zaměřením na konstrukční parametry pracoviště v závislosti na praktické části. Poté následuje analýza současného stavu pracoviště včetně jeho kritického hodnocení. Projektová část obsahuje návrhy, které vedou ke zvýšení efektivity a eliminaci časových prodlev z důvodu plýtvání. Všechny návrhy jsou zhodnoceny z hlediska přínosů a finančních nákladů.

Klíčová slova: efektivita, spaghetti diagram, SMED, časové studie, ergonomie

## **ABSTRACT**

This master thesis deals with the rationalization of the selected manufacturing workplace in Aero Vodochody AEROSPACE a.s. The theoretical part is devoted to lean production, selected methods of industrial engineering and the basics of ergonomics focusing on workplace design parameters. It is followed by the analysis of the current workplace conditions including their critical assessment.

The project part contains suggestions which can lead to increased efficiency and elimination of time delays due to waste. All proposals are evaluated in terms of benefits and financial costs.

Keywords: efficiency, spaghetti diagram, SMED, time studies, ergonomics

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce prof. Ing. Felicitě Chromjakové, Ph.D. za její veškerou pomoc, odborné vedení, komentáře, trpělivost a čas, který mi během zpracovávání této práce, věnovala.

Dále bych chtěla poděkovat mému nadřízenému, panu Ing. Luděkovi Kiňovičovi, který mi poskytl dostatek času a prostoru pro zpracování diplomové práce i během pracovní doby. Rovněž můj dík patří i zaměstnancům společnosti Aero Vodochody, za jejich ochotnou spolupráci a poskytnutí potřebných informací pro zpracování mé diplomové práce.

V neposlední řadě chci poděkovat mé rodině, blízkým a přátelům za podporu během celého mého studia.

*„Nelze říci, že něco nejde... buď nechci, nebo neumím.“*

*(neznámý autor)*

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ - PI</b> .....	<b>12</b>
1.1 MODERNÍ PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ .....	12
1.2 KLASICKÉ PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	13
<b>2 VYBRANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ</b> .....	<b>14</b>
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA .....	14
2.1.1 Plýtvání .....	15
<b>3 METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ</b> .....	<b>17</b>
3.1 MĚŘENÍ PRÁCE .....	17
3.1.1 Metody studia práce .....	17
3.1.2 Časové studie .....	18
3.1.3 Pohybové a prostorové studie .....	21
3.2 MĚŘENÍ EFEKTIVITY VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	21
3.3 SMED.....	22
3.4 LAYOUT .....	24
3.5 SPAGHETTI DIAGRAM .....	25
3.6 STANDARDIZACE.....	25
3.7 ERGONOMIE .....	26
3.7.1 Legislativa .....	27
<b>4 ANALYTICKÉ METODY PROJEKTU</b> .....	<b>29</b>
4.1 PROJEKT.....	29
4.1.1 Projektová kritéria .....	29
4.1.2 Cíl projektu.....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>31</b>
<b>5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI</b> .....	<b>32</b>
5.1 VÝROBA.....	32
5.2 INTEGROVANÝ SYSTÉM ŘÍZENÍ .....	33
<b>6 VYMEZENÍ PROJEKTU RACIONALIZACE PRACOVÍŠTĚ</b> .....	<b>34</b>
6.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA PROJEKTU .....	34
6.2 SWOT ANALÝZA PROJEKTU .....	35
6.3 LOGICKÝ RÁMEC .....	37
6.4 RIPRAN ANALÝZA .....	38
6.5 ČASOVÝ HARMONOGRAM.....	39

<b>7</b>	<b>ANALÝZA VYBRANÉHO PRACOVIŠTĚ VE VÝROBNÍM PROCESU.....</b>	<b>40</b>
7.1	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PRACOVIŠTĚ .....	40
7.2	ANALÝZA STANDARDNÍHO VÝROBNÍHO PROCESU .....	43
7.3	ANALÝZA POHYBU NA PRACOVIŠTI BĚHEM VÝROBY .....	45
7.4	ANALÝZA ČASŮ JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ PŘI PŘETÝPOVÁNÍ .....	47
7.5	ANALÝZA POHYBU BĚHEM VÝMĚNY OBRÁBĚCÍCH NÁSTROJŮ .....	50
7.5.1	Měření .....	53
7.6	SHRNUÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI PROJEKTU .....	55
<b>8</b>	<b>NÁVRH VHODNÝCH MOŽNOSTÍ RACIONALIZACE PRACOVIŠTĚ.....</b>	<b>56</b>
8.1	NÁVRH Č. 1: ZLEPŠENÍ ERGONOMICKÝCH PODMÍNEK NA PRACOVIŠTI .....	56
8.1.1	Přínosy návrhu č. 1: Zlepšení ergonomických podmínek na pracovišti .....	60
8.2	NÁVRH Č. 2: NOVÝ LAYOUT PRACOVIŠTĚ.....	60
8.2.1	Přínosy návrhu č. 2: Nový layout pracoviště .....	62
8.3	NÁVRH Č. 3: KOUPE DRUHÉ UPÍNACÍ VĚŽE .....	63
8.3.1	Výpočet množství upínacích věží .....	63
8.3.2	Zvýšení kapacity stroje .....	64
8.3.3	Přínosy návrhu č. 3: Koupě druhé upínací věže.....	69
<b>9</b>	<b>ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>70</b>
9.1	ZHODNOCENÍ NÁVRHU Č. 1 – ZLEPŠENÍ ERGONOMICKÝCH PODMÍNEK NA PRACOVIŠTI .....	70
9.2	ZHODNOCENÍ NÁVRHU Č. 2 – NOVÝ LAYOUT .....	73
9.3	ZHODNOCENÍ NÁVRHU Č. 3 – KOUPE DRUHÉ UPÍNACÍ VĚŽE.....	74
<b>10</b>	<b>DOPORUČENÍ K DALŠÍMU ZLEPŠOVÁNÍ.....</b>	<b>76</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>83</b>



## ÚVOD

Současná doba klade hlavní důraz na úspěch a výsledky. Od jednotlivce ve vzdělání či zaměstnání, až po nadnárodní společnosti v oblasti prosazení se na trhu a zvyšování zisků, se každý snaží uspět v konkurenci těch ostatních.

Často zmiňovaným pojmem a faktorem úspěchu v téměř každé výrobní společnosti je plnění práce, efektivita nebo také OEE (Overall Equipment Effectiveness). Firmy hledají různé způsoby, jak efektivitu zvyšovat. Některé firmy vidí hlavní příčinu nízké efektivity práce v zaměstnancích a řešení nacházejí například v odebrání odměn zaměstnancům za neplnění plánu. Občas se ale firmy zapomínají zabývat tím, zdali samotní zaměstnanci mají vůbec vhodné podmínky pro požadované pracovní výkony. V moderních firmách se již zcela běžně užívají principy štíhlé výroby a metody průmyslového inženýrství. Nízká efektivita jev takových firmách vnímána jako chyba ve výrobním systému a jako podnět ke zlepšování.

Jedním z hlavních faktorů úspěchu každé firmy je spokojený zaměstnanec. Pracující člověk stráví na pracovišti zpravidla více než 8 hodin denně a je tedy nutné, aby vlastní motivací společnosti, která ho zaměstnává, bylo, aby se v práci cítil dobře. Větší spokojenost zaměstnanců vede k vyššímu pracovnímu nasazení a tím i k tíženější efektivitě práce.

V dnešní globální době společnosti čelí velké konkurenci, a to jak na trhu zboží a služeb tak i na trhu práce. Vzhledem k tomu, že je v současné době na území Evropy velmi nízká míra nezaměstnanosti, lidé si mohou prakticky vybírat, pro jakou společnost budou pracovat

a dobré pracovní podmínky jsou jedním z důležitých kritérií jejich výběru.

Ačkoliv má společnost Aero Vodochody AEROSPACE a.s. dlouholetou tradici ve výrobě cvičných proudových letounů, disponuje vlastním vývojem a technologiemi a soustřeďuje se na neustálou modernizaci výrobních hal, je zde stále mnoho prostoru na zlepšování výrobních procesů, pracovišť a eliminaci plýtvání. Management společnosti si tyto nedostatky uvědomuje, a proto se snaží co nejefektivněji zavádět metody průmyslového inženýrství do praxe.

Práce je zaměřena na konkrétní možnosti zefektivnění práce a racionalizace pracoviště MAG1 v podniku Aero Vodochody AEROSPACE a.s. Jedná se o jedno z nejvíce finančně náročných pracovišť z hlediska provozu, které zároveň vykazuje velmi nízkou efektivitu.

Jedním z cílů této diplomové práce je zvýšení efektivity práce tohoto pracoviště za použití minimálních finančních prostředků.

Cílem teoretické části této práce je poskytnout teoretický základ, který je potřebný pro zpracování praktické části. Obsah je zaměřen především na filozofii štlílé výroby a definuje vybrané metody průmyslového inženýrství, které budou použity v praktické části.

Cílem praktické části je zanalyzovat pracoviště MAG1 a podrobit ho kritickému hodnocení.

V návaznosti na výsledky dílčích analýz jsou vypracovány návrhy ke zlepšení současného stavu pracoviště. Všechny návrhy jsou zhodnoceny z pohledu finanční náročnosti.

## CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem diplomové práce je racionalizace pracoviště MAG1 ve společnosti Aero Vodochody AEROSPACE a.s. Díky tomuto projektu by mělo dojít ke zvýšení efektivity strojního zařízení a lidské práce alespoň o 20%.

Diplomová práce je rozdělena do 3 částí, které na sebe navazují.

V teoretické části je zpracována literární rešerše, která slouží jako teoretický podklad pro pochopení zkoumané problematiky. Zabývá se zejména štíhlou výrobou a vybranými metodami průmyslového inženýrství, které byly použity v praktické části diplomové práce.

Analytická část zahrnuje základní charakteristiku společnosti. Pomocí SWOT analýzy jsou uvedeny počáteční podmínky pro projekt, jehož podstata je upřesněna v logickém rámci. Dále tato část poskytuje objektivní pohled na výchozí stav daného pracoviště. Z oblasti empirických metod jsou použity zejména metody jako snímek pracovního dne, pozorování a přímé měření. Dále je využit i spaghetti diagram a layout pro grafické zobrazení stavu pracoviště.

Klíčovou oblastí je projektová část, která uvádí návrhy na řešení zjištěných nedostatků z analytické části. Jsou zde využity principy z filozofie Lean, především uspořádání pracoviště, organizace práce se zaměřením na eliminaci plýtvání a zlepšení pracovních podmínek z pohledu ergonomických potřeb pracovníka. U každého návrhu je uvedeno hodnocení z pohledu proveditelnosti, finančních nákladů, přínosů a postoje firmy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ - PI

Pod termínem „průmyslové inženýrství“ si většina laické veřejnosti představí průmysl, stroje, továrny, vysoké průmyslové budovy - a často tento pojem zaměňují spíše se strojírenstvím. Tento obor se však netýká pouze technických odvětví, jak je známe. Velmi často je průmyslové inženýrství využíváno například ve službách, státní správě, zdravotnictví nebo v turistickém ruchu. Ať už jde o jakoukoli oblast, průmyslové inženýrství se ve své podstatě zabývá neustálému zlepšování a správnému uspořádání systému. (Mašín, 1996)

Gavriel Salvendy (2001, s. G, 1992) ve své knize uvádí definici průmyslového inženýrství jako *„interdisciplinární obor, který se zabývá projektováním, zaváděním a zlepšováním integrovaných systémů lidí, strojů, materiálu a energií s cílem dosáhnout co nejvyšší produktivity. Pro tento účel využívá speciální znalosti z matematiky, fyziky, sociálních věd i managementu, aby je společně s inženýrskými metodami dále využilo pro specifikaci a hodnocení výsledků dosažených těmito systémy.“*

Obecně lze obor *průmyslové inženýrství* rozdělit na čtyři základní skupiny:

1. Plánování, navrhování a řízení
2. Lidské rozměry
3. Technologické aspekty
4. Kvantitativní a kreativní metody

Pomocí těchto metod hledáme možnosti, jak práci zjednodušit, zrychlit, zlevnit, a zároveň ji dělat lépe, kvalitněji a bez zbytečného plýtvání či přetěžování pracovníků nebo pracovišť. (Mašín, 1996)

### 1.1 Moderní průmyslové inženýrství

Moderní přístupy PI se od těch klasických liší především tím, že rychle reagují na dynamické změny konkurenčního trhu. Metodiky pro zlepšování nemají jasně definované hranice

působnosti a tak PI zasahuje do všech oblastí napříč společností. (Mašín, 1996)

Patrným rozdílem je zde však zaměření na rozvoj pracovníků a organizační struktury. Díky těmto investicím lze zvýšit produktivitu až o 25 % oproti investicím do nových strojů a technologií. (Mašín, 1996)

Na tuto oblast pohlížíme ze dvou směrů – interní a externí.

### **Interní směr**

- zaměření na zvyšování kvalifikace
- zaměstnanci se podílí na řízení
- zlepšení organizačních systémů
- dynamické zlepšování procesů a odstranění plýtvání
- zjišťování kvality od vývoje až po výrobu
- měření a hodnocení produktivity

### **Externí směr**

- zvyšování produktivity dodavatelských procesů
- snižování nákladů na dopravu, přepravu a skladování (Mašín, 1996)

## **1.2 Klasické průmyslové inženýrství**

Klasické principy PI se opírají především o exaktní metody, které pracují ve dvou fázích:

1. **Studium práce** – v této fázi se snažíme dosáhnout optimálního využití lidských i materiálových zdrojů. Součástí této práce je pomocí měření práce a studia pracovních metod získat informace o tom, jak lidé skutečně pracují. Na základě analýz díky metodám PI lze analýzou odhalit plýtvání. Na základě analýz, s využitím metod PI, lze lépe odhalit plýtvání, pak jej odstranit nebo alespoň eliminovat na minimum. Cílem je dosáhnout vyšší produktivity.
2. **Operační výzkum** – ze získaných znalostí ze studia práce byly vytvořeny typové modely pro řešení různých problémů. Mezi základní metody operačního výzkumu patří:
  - síťové grafy
  - metody řešení sekvenčních úloh
  - matematické statistiky (regresní a korelační analýzy)
  - metody hromadné obsluhy
  - metody teorie zásob
  - metody teorie obnovy a údržby

Nutno podotknout, že tyto metody mají svůj podstatný přínos i v moderních přístupech PI. Nicméně nesmíme zapomenout, že se trochu vzdalují od praktického využití v současné, rychle se měnící době. (Mašín, 1996)

## 2 VYBRANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství využívá několik metod k dosažení zlepšování systému podniku. Většina z nich pochází především z japonského systému řízení z firmy Toyota.

Základní metody se soustřeďují na úzký problém výrobního systému. Jsou zpravidla jednodušší na zavádění a jejich přínos je patrný poměrně brzy po jeho implementaci. Jedná se o základní metody, které by měly být využity na začátku procesu zlepšování např. SMED, 5S, vizualizace, Kanban, MOST, apod.

Komplexní metody poté spojují ty základní v ucelený a fungující systém. Využívají se až po zavedení základních metod např. Štíhlý layout, kaizen, JIT, atd. (Produktivita, © 2009)

### 2.1 Štíhlá výroba

Cílem každé společnosti je zvýšit svůj zisk na maximum. Firma, která zastává štíhlý systém obecně, ať jde o výrobu nebo o poskytování služeb, zvyšuje svůj zisk opačným způsobem než firma klasického typu řízení.

Obecný vzorec tvorby zisku **klasicky** řízené firmy:

$$\text{Náklady na výrobu} + \text{požadovaný zisk} = \text{cena výrobku.}$$

Tento vzorec pro výpočet ceny výrobku se zdá být zcela logický, ale z pohledu zákazníka je nespravedlivý, protože zákazník v tomto případě platí veškeré náklady společnosti, kde je zahrnuto i plýtvání, které však zákazníkovi nepřináší žádnou přidanou hodnotu.

V dnešní době je ohromná konkurence společností, které vytváří stejné produkty. Zákazník se tak dostává do pozice, kde si může vybrat, jakou společnost zvolí. Tím vzniká velký tlak na snižování ceny a zvyšování kvality výrobků. A vzorec pro tvorbu zisku se změnil.

Obecný vzorec tvorby zisku **štíhle** řízené firmy:

$$\text{Fixní cena výrobku} - \text{náklady} = \text{zisk}$$

Tato skutečnost nutí společnost maximálně odbourat veškeré plýtvání, protože v tomto případě náklady na plýtvání platí společnost a nikoliv zákazník. (Dennis, 2016, s. 14)

V Maynardově slovníku (2001, s. G10) je štíhlá výroba popsána jako „*komplexní metodika optimalizace procesů, která zjednodušuje operace od koncepce až po dodávku zákazníkům, snižuje zásoby, zrychluje výrobu, snižuje náklady a zlepšuje kvalitu a dobu odezvy s využitím nástrojů průmyslového inženýrství.*“

Štíhlá výroba je tedy koncept či filosofie PI, jejíž hlavním úkolem je eliminovat plýtvání v dodavatelsko-odběratelském řetězci a tím docílit kratších průběžných dob výroby. Tento termín je už i u nás běžně nahrazován termínem Lean management nebo také Toyota Systém. Jde o způsob výroby, kdy se za méně výrobních prostředků vyrobí více výrobků v požadované kvalitě. (API, © 2005-2017)

Filozofie štíhlé výroby se orientuje především na požadavky zákazníka a je postavena na čtyřech základních principech lean managementu:

1. Pull system - Firma svou produkci plánuje na základě reálné poptávky nikoliv na základě své predikce poptávky.
2. Eliminace plýtvání - odstranit takové aktivity, které zákazníkovi nepřidávají žádnou hodnotu, a proto je odmítá zaplatit. Takové aktivity představují pro společnost zbytečné náklady.
3. Princip nepřetržitosti - proces zlepšování neznamená pouze jednorázovou akci. Jde o kontinuální a nepřetržité zlepšování, které nikdy nekončí, protože vždy je co zlepšovat.
4. Zaměření se na klíčové aktivity - podnik musí zhodnotit, v jakých aktivitách má konkurenční výhodu a naopak, jaké aktivity je výhodnější outsourcovat.

(Keřkovský, 2012)

### 2.1.1 Plýtvání

Ve štíhlé výrobě je plýtvání označováno jako MUDA. Jsou to veškeré činnosti, které žádným způsobem nepřidávají hodnotu výslednému výrobku a za které zákazník není ochoten zaplatit. Plýtvání se objevuje v jakémkoliv procesu, a jen stěží jej lze 100% odbourat. Ve většině případů to ani možné není. Snahou štíhlé výroby je procento plýtvání snížit na minimální možnou míru. (Bauer, 2012)

Pascal Denis uvádí 8 základních druhů plýtvání, které tvoří téměř 95% všech operací.

1. **Pohyb** - Zbytečný lidský pohyb je dán především ergonomií pracoviště. Špatně rozložené pracoviště má negativní dopad nejen na produktivitu práce, ale také na bezpečnost pracovníků. Zaměření se na správný ergonomický design pracoviště je klíč k odbourání velké části plýtvání.
2. **Čekání** - Jedno z nejčastějších druhů plýtvání. Čekání na dovoz materiálu, na spravení stroje, na dokončení strojní práce, na rozhodnutí vedoucího, na objednávku.



Doba čekání je zahrnuta v celkovém „lead time“, což je doba od přijetí objednávky od zákazníka po její zpracování a převezení opět k zákazníkovi. Pascal uvádí jednoduchý vzorec pro výpočet lead time:

$$\text{Lead time} = \text{procesní čas} + \text{čekání}$$

3. **Doprava** - Klasický typ plýtvání, který je prakticky nevyhnutelný. Materiál se musí přenést z pracoviště na pracoviště a v případě velkých společností, kdy výrobní haly jsou obrovské, je přeprava o to delší a náročnější při eliminaci transportu. Přeprava materiálu neznamena jen neefektivní čas, během kterého se nic nevyrobí, ale zvyšuje se i riziko poškození výrobku.
4. **Opravy** - Představují plýtvání nejen časem, ale také penězi, materiálem, energií pracovníků a navíc se zdrží standardní výroba.
5. **Nadbytečné zpracování** - Jedná se o jemnou formu plýtvání, kdy firma dělá více, než je zákazníkem požadováno. Je to případ, kdy společnost vykazuje zbytečně zvýšenou kvalitu nebo zpracování, které zákazník nepožaduje.
6. **Zásoby vstupního materiálu** - Znamenají zvýšenou přepravu, tím riziko poškození a ztráta produktivního času. V zásobách jsou zafixovány peníze a zároveň zbytečně zabírají výrobní i skladový prostor.
7. **Nadprodukce** - Firma vyrábí zbytečně mnoho výrobků, na které nemá odbyt. Nadprodukce znamená vysoké náklady, z hlediska potřeby skladovacích prostor, a nároků na čas pracovníků i strojů. Nadprodukce způsobuje další formy plýtvání jako je nadbytečný pohyb, čekání, doprava, opravy a vyšší zásoby materiálu.
8. **Nevyužitý potenciál pracovníků** - Firma nevyužívá potenciál, nápady, návrhy a kreativitu svých pracovníků. (Dennis, 2016, s. 20 - 24)

## 3 METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

### 3.1 Měření práce

Normování a měření práce v jakémkoliv podniku, bez ohledu na typ výroby, je velmi choulostivá oblast. Měření je nepříjemné jak pro normovače, tak pro pracovníky, kteří jsou normováni. Ale je zřejmé, že lidská práce je jedna z největších nákladových položek, a proto je třeba ji analyzovat, měřit a neustále zlepšovat, aby se při zvyšování efektivity snižovaly náklady na lidskou práci.

Tuček a Bobák (2006, s. 111) podporují názor, že pracovní síla je rozhodujícím činitelem v každém podniku. Její správná a efektivní organizace vede k vysoké efektivnosti výroby a zároveň zabezpečuje zdraví člověka.

Dle Štůska (2007, s. 141) je měření práce *„aplikace technik projektovaných ke stanovení času, který potřebuje kvalifikovaný pracovník k provedení specifikované práce za určitých technicko-organizačních podmínek při definované úrovni výkonu.“*

Měření práce je důležitým nástrojem pro management, protože díky tomu dochází k racionalizaci procesů, s čímž souvisí odstranění různých forem plýtvání a zároveň vzniká norma spotřeby práce, která je směrodatná při výpočtech mzdových nákladů. (Dlabač, © 2015)

Pro správné řízení práce jako takové je nutná její znalost z různých pohledů. (Lhotský (2005) Uvádí tři základní skupiny metod a technik, které jsou základem pro organizaci a racionalizaci práce.

- metody studia práce
- časové studie
- pohybové a prostorové studie

#### 3.1.1 Metody studia práce

Metodami studia práce jsou obecně známé techniky pro analýzu práce, jejímž hlavním cílem je identifikovat plýtvání a na základě zjištěných informací zlepšit pracovní postup. Měření práce je až druhým krokem pro racionalizaci práce. (API, © 2005-2017)

Lhotský (2005) uvádí tyto základní techniky pro studium práce:

*Písemná analýza* - seznámení s prací, pracovištěm a prostředím ovlivňujícím práci. Jedná se zejména o stručný popis pracovních operací.

*Dotazovací technika* - v této technice úzce spolupracujeme se samotnými pracovníky.

Pomocí předem připravených otázek zjišťujeme cíle a výstupy práce, dobu trvání činností, osoby odpovědné za danou operaci a především způsob provedení. Analýzou odpovědí na tyto otázky dospějeme k výsledku, jaké činnosti jsou zbytečné, a které je naopak nutné zlepšit.

*Postupové grafy a diagramy* - jde především o grafické znázornění pohybu pracovníků, materiálu a informací, které je doplněno o číselné údaje (vzdálenost, čas).

### 3.1.2 Časové studie

Primárním cílem měření práce je stanovit co nejpřesnější a nejobjektivnější normu spotřeby času. Časové studie jsou prováděny především pro snadné a plynulé plánování a organizaci výroby, ale také pro výpočet mzdových nákladů a pro způsob měření výkonnosti pracovníků. (Lhotský, 2005)

Štůsek (2017, s. 143) definuje časovou studii jako „zkoumání pracovních činností člověka nebo funkce výrobních prostředků na základě měření časů příslušných dějů.“

Metody měření:

- hrubý nebo kvalifikovaný odhad
- historické údaje
- přímé měření
- nepřímé měření (API, © 2005-2017)

Metody jako jsou odhady či historické údaje jsou zcela neobjektivní pro určování norem.

#### A) Přímé měření:

Díky přímému měření získáme informace o skutečném využití časového fondu a době trvání všech pracovních činností (produktivních i neproduktivních).

Přímé měření zahrnuje dva základní přístupy, jejichž výběr volíme dle objektu měření.

#### - Snímek pracovního dne

zahrnuje nepřetržitý záznam a měření všech činností pracovníka během celé pracovní směny. Pomocí této metody zjišťujeme hlavně druh spotřebovaného času ve směně. Zaměřujeme se především na využití pracovní doby, přestávky, časové ztráty a jejich příčiny. (Lhotský, 2005)

Snímek pracovního dne může být omezen buď pouze na jednu operaci nebo pracovní cyklus, nebo naopak rozšířen na tzv. dvojstranné pozorování, kdy předmětem měření je pracovní i technologický proces. (Lhotský, 2005; API © 2005-2017)

Snímkem pracovního dne získáme podrobné informace o pracovní směně, ale jeho zpracování je velmi pracné, časově náročné a vyznačuje se psychickou náročností pro pozorovatele i pozorovaného. (Hüttlová, 1999)

#### - Chronometráž

je metoda zaměřená na určení doby trvání operace. V současné době se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod pro stanovení normy spotřeby času.

Snímková chronometráž se využívá pro nepravidelné operace, kdy nelze předem určit přesné dílčí úkony. Před zahájením měření se zkoumaná činnost rozdělí do dílčích úkonů, a zároveň se zaznamená stručný popis dané činnosti. Takoveto náměry lze pak použít pro podobné pracovní úkony. Snímková chronometráž se především využívá v kusové a malosériové výrobě, kdy spotřeba času pro vykonání práce, vzhledem k její nízké opakovatelnosti, je závislá na zkušenostech pracovníka. (Lhotský, 2005)

#### - Stanovení počtu náměrů

Při normování nebo měření práce je zapotřebí stanovit počet náměrů, aby měření mělo vypovídající hodnotu a mohli jsme se na měření spolehnout. Počet náměrů určuje koeficient rozpětí  $K_r$  a druh výroby. Následující tab. 1 ukazuje velikost koeficientu rozpětí na základě typu výroby.

Tab. 1: Koeficient rozpětí  $K_r$  (vlastní zpracování dle API)

Typ výroby	Délka úkonu	Koeficient rozpětí $K_r$
Kusová a malosériová	do 0,15 min	2,0
	do 0,50 min	1,7
	do 0,55	1,5
Sériová	do 0,1 min	2,0
	do 0,3 min	1,8
	nad 0,3 min	1,5
Hromadná	do 0,3 min	1,5
	nad 0,3 min	1,3

Počet náměrů lze zjistit podle tab. 2. Faktorem pro určení počtu potřebných náměrů je přibližný objem práce a velikost koeficientu rozpětí  $K_r$ .

*Objem práce* je předpokládaná velikost měřené spotřeby času krát počet opakování (množství práce na jednotku a jejich počet za směnu). (Lhotský, 2005, s. 74)

Tab. 2: Určení počtu náměrů (vlastní zpracování dle Lhotského, 2005, s.

Přibližný objem práce, který představuje měřený úkon jednoho pracovníka za pracovní směnu v norminutách	Počet měření při koeficientu rozpětí $K_r$ časové řady			
	do 1,5	2	3	4 a více
do 2,5	5	5	10	10
2,6 - 5,0	5	6	12	15
5,1 - 10,0	5	8	15	20
10,1 - 25,0	6	12	20	25
25,1 - 50,0	8	15	25	35
50,1 - 100,0	10	25	40	50
100,1 - 250,0	20	35	60	85
nad 250,0	30	60	110	150

### **Postup vyhotovení kontinuálního sledování**

1. Výběr pracovníka.
2. Seznámení se s pracovištěm.
3. Vymezení sledovaných dějů.
4. Stanovení počtu snímků.
5. Měření.
6. Vyhodnocení snímku. (API, © 2005-2017)

Měření je nejpodstatnější částí pozorování. Lhotský (2005) ve své knize uvedl vhodný postup pro měření času.

### **Postup měření času**

1. Vymezení cíle zkoumání a měření času.
2. Určení vhodného objektu měření.
3. Zabezpečení spolupráce – s pozorováním předem seznámit mistry a pracovníky
4. Analýza základních identifikačních údajů – Analýza pracoviště, jeho umístění, číslo dílny, technologické parametry, prostorové uspořádání, faktory práce atd.
5. Zvolení metody pro měření práce – je nutné brát v úvahu požadovanou přesnost měření, typ výroby, pracnost operací apod.
6. Rozdělení zkoumané činnosti na dílčí operace - dílčí úkony je nutné popsat.
7. Určit plán měření - délku trvání pozorování, určení počtu náměru apod.
8. Příprava formulářů a pomůcek pro měření.

## B) Nepřímé měření

Metoda, která využívá systém předem určených časů, tzv. MOST. Podstatou metody je podrobná dekompozice operací a činností na elementární úkony a pohyby, kterým je dle náročnosti provedení přiřazen index spotřeby času.

Určování norem touto metodou je velmi objektivní. Lze jí použít i pro budoucí, zatím neprováděné operace a napomáhá při realizaci pracovního postupu, případně celého pracoviště. (API, © 2005-2017)

### 3.1.3 Pohybové a prostorové studie

Tyto metody zobrazují pracovní toky v podniku. Jedná se o metody zaměřující se na pohyb materiálu nebo pracovníků, případně to může být jejich kombinace.

Cílem těchto studií jsou návrhy pro uspořádání pracovního procesu, pracoviště nebo úprava pracovního postupu. Studie jsou prováděny za pomoci postupových diagramů nebo grafů, schémat, nebo modelování pracovišť. Jedním ze základních diagramů je layout a na něj navazující spaghetti diagram. (Lhotský, 2005)

## 3.2 Měření efektivity výrobního zařízení

Český název pro sledování efektivity výroby je CEZ – celková efektivita zařízení; často používaným výrazem převzatým z angličtiny je OEE - Overall equipment. Hodnota tohoto ukazatele se udává v procentech. Vzhledem k tomu, že žádné zařízení nemůže pracovat na 100%, je považováno za relativní úspěch využívání stroje alespoň na 85%. Dle typu výroby se ukazatel zvyšuje nebo snižuje. Ekonomické výsledky společnosti jsou přímo ovlivněny právě OEE, proto firmy pravidelně sledují efektivitu zařízení a zabývají se jejím zvyšováním. (CO JE OEE, © 2016)



Obr. 1: Celková efektivita zařízení (ATS, © 2017)

### Výpočet OEE

Celková efektivita zařízení je ovlivněna 3 základními faktory: (CO JE OEE, © 2016)

$$OEE = \text{dostupnost zařízení} * \text{výkon zařízení} * \text{kvalita výroby}$$

*Dostupnost zařízení* - čas, reálné strojní práce, je podělen časem, kdy může stroj pracovat.

*Výkon zařízení* - je vypočítán na základě vyrobených kusů. Reálné množství vyrobených kusů / teoretické množství výrobků.

*Kvalita výroby* - je udávána jako podíl kvalitních výrobků a celkového počtu výrobků.

### 3.3 SMED

Jak ze vzorce pro OEE vyplývá, k práci výrobního zařízení neodmyslitelně patří i jeho prostoje. Velmi častou formou prostojů strojů je přenastavení stroje na jiný druh výrobku tzv. přetytování. Zákazník dnešní doby je charakteristický pro svou potřebu různých výrobků v malém množství, což pro výrobní společnost znamená mnohem častější přetytování strojů, a proto je potřeba se zaměřit na to, aby seřízení strojů bylo co nejkratší. (Bauer, 2012)

Metoda SMED = Single Minute Exchange of Dies, neboli metoda zkracování časů přetytování výrobního zařízení, byla zformulována japonským průmyslovým inženýrem Shigeo Shinguem už v roce 1950. Zaměřuje se na eliminaci plýtvání při přetytování.

Základním principem je rozdělení operací seřizování do dvou kategorií:

Interní operace – mohou být konány pouze za předpokladu, že stroj je v klidu.

Externí operace – mohou být konány i za chodu stroje (Mašín, 2000).

Během přetytování strojního zařízení jsou nejběžnější čtyři základní skupiny prostojů:

**Příprava na výměnu** – příprava nástrojů, náradí, přípravků, případné jejich hledání nebo čekání na jejich dodání. Příprava na výměnu zabere průměrně 30 % času změny.

**Plýtvání při montáži a demontáži** – povolování a utahování šroubů, manipulace s materiálem, přípravky a náradím. Průměrná spotřeba je uváděna jako 5 % času.

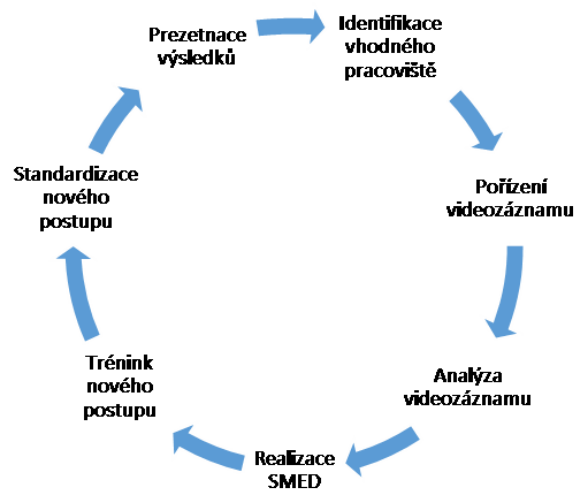
**Plýtvání při seřizování** – různá měření, kontrola poloh, kalibrace, nastavení programu apod. Průměrná spotřeba činí 15 % času na změnu.

**Plýtvání při rozběhu výroby** – zkušební provoz, čekání na zprovoznění stroje. Uvádí se až 50 % času. (Productivity Press – Development team, 1996)

**Postup při redukci přestavovacích časů**

1. Analýza stávajícího postupu přetypování stroje.
2. Rozdělení operací na externí a interní.
3. Redukce interních operací, případně předení na externí.
4. Redukce externích operací.
5. Standardizace nového postupu. (Mašín, 2000, s. 78)

Kormanec realizaci SMED na pracovišti rozvádí do větších detailů a tento postup rozšířil celkem na 8 kroků, které názorně předvádí obr. 2.



Obr. 2: Postup realizace metody SMED

(vlastní zpracování dle Kormanec, 2017)

1. krok – nejdříve je nutné zaměřit se na takový proces, který představuje nejužší místo ve výrobě. Nejčastěji to bývá pracoviště s nejdelšími procesními časy a nejčastějšími prostoji z důvodu přetypování.
2. krok – sledování a záznam jednotlivých kroků při současném způsobu seřízení stroje.
3. krok - veškeré videozáznamy je třeba zanalyzovat z různých pohledů. Je zapotřebí popsat jednotlivé úkony, přeměřit dobu trvání jednotlivých úkonů, sledovat plýtvání při přetypování a změřit veškeré vzdálenosti. (Mašín, 2000). Tento krok zahrnuje také rozdělení činností do externích a interních skupin operací. Pro lepší vizualizaci výsledků analýzy, je vhodné je vyjádřit procentuálně a graficky.
4. krok – po pečlivé analýze nastává samotná realizace. Na základě výsledků se hledá způsob jak zrychlit, zjednodušit a zefektivnit přetypování.



5. krok – Zavedení nápravných opatření do praxe. Součástí je i ověřování, zda nápravná opatření přinesla požadované výsledky. V případě přetrvávajících nedostatků, je nutné proces zopakovat dokud není dosaženo požadovaných výsledků.
6. a 7. krok – po optimalizaci postupu nastává trénink nového postupu a jeho následná standardizace.
8. krok – závěrečná fáze představuje prezentaci dosažených výsledků a zhodnocení z hlediska nákladů a výnosů. (Kormanec, 2007)

### 3.4 Layout

Dle Mašína (2005, s. 44) je layout „*prostorové uspořádání strojů a předmětů na daném prostoru (výrobním provozu, skladu, dílně apod.)*“

Maynard (2001, s. G22, s. G10) popisuje layout více detailně jako „*uspořádání položek v rámci výrobní oblasti. Položky mohou zahrnovat silnice, železnice, budovy, kanceláře, oddělení, sklady, vybavení, strojový nábytek, zařízení, uličky atd.*“ a blíže popisuje výrobní layout jako „*uspořádání nástrojů, svítidel, kontejnerů a dalších zařízení patřících ke konkrétnímu pracovišti*“

Firmy se v dnešní době stále více zaměřují na zeštíhlení layoutu, díky kterému získají větší plochu, která může být efektivněji využita např. pro rozšíření strojového parku. Firma tím dosáhne eliminace skladových prostor a zásob, což snižuje celkové náklady na skladování, odstraní se zbytečný pohyb a především dojde ke zpřehlednění toku materiálu. (Košturiak a kol., 2006)

Parametry štíhlého layoutu:

- přímý materiálový tok
- minimální transportní vzdálenosti mezi pracovišti
- minimální plochy na zásobníky a mezisklady
- dodavatel vstupů je co nejbližší zákazníkovi
- minimální průběžné časy
- eliminace nebo úplné odstranění nadbytečné manipulace
- využití štíhlých principů (FIFO, Kanban, DBR, tahový systém)
- nízké náklady na instalaci (Košturiak a kol., 2006, s. 135)

### 3.5 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram zobrazuje vnitřní tok materiálu, ale také pohyby pracovníků. Díky této metodě je na první pohled patrná celková organizace práce a lze jednoduše najít vhodnou cestu nebo navrhnout nový layout pracoviště.

Tvorba spaghetti diagramu je založena na přesném zakreslení všech pohybů (i zbytečné cesty) zaměstnance na daném pracovišti včetně časového úseku. Do diagramu lze zaznačit jak cesty, tak úkony, které jsou pro větší přehlednost odlišeny barvou. Často se zaznamenávají i vzdálenosti, popřípadě časy přesunu materiálu. Diagram lze vytvořit ručně, kdy do plánu pracoviště zakreslujeme danou cestu. Dnes ale existuje několik informačních softwarů, které tuto práci ulehčují. (Jurová a kol., 2016)

### 3.6 Standardizace

Dle Zandina (2001, s. G19) je standardizace managementem sponzorovaný proces, který stanovuje politiku nebo kritéria jednotlivých postupů a podmínek v rámci společnosti, které umožňují kontrolu a hodnocení těchto postupů. Standardizace je využívána především v oblasti kvality a množství práce, pracovních podmínek, výrobních metod a určování mzdových nákladů.

Dle Dennise je standard postup práce, který je pro společnost nejefektivnější a zároveň nejbezpečnější a nejsnadnější způsob provedení práce pro její zaměstnance. Současně zohledňuje i kvalitu pro zákazníka. (Dennis, 2016)

Standard - obecně jednoduchým způsobem popisuje proces, dílčí činnosti, jejich pořadí, kritéria a čas. Cílem standardu je zabezpečení vytvoření bezchybného produktu na první pokus tak, aby to bylo efektivní, bez plýtvání a aby nevznikaly negativní vlivy na člověka či okolí. Pro snadné a rychlé pochopení standardů slouží jeho vizualizace. Standardy jsou závazné pro všechny zainteresované strany. (Košturiak, 2010)

Podle Imaie (2005) rozlišujeme dva základní druhy standardů.

1. Manažerské standardy - řízení zaměstnanců, administrativní účely.
2. Provozní standardy - způsob, jakým zaměstnanci provádí svou práci.

Základním cílem standardizace „je systematicky snižovat a omezovat nahodilost v řízeném procesu.“ (Heřman, 2001, s. 84)

Hlavním cílem standardů je:

- vyšší procento využití výrobních faktorů
- vyšší úroveň výrobků z technologického i ekonomického pohledu
- jednoduchá evidence, plánování a řízení
- vyšší automatizace
- lepší pracovní prostředí (Heřman, 2001)

Vlastnosti standardu:

- nejlepší způsob, jak provádět danou činnost
- zachování a využití odborných znalostí
- určují způsob měření výkonu
- popis vztahu mezi příčinou a následkem
- základ pro udržování a zlepšování výrobní situace
- definují cíle a oblast pro rozvoj zaměstnanců
- základ pro školení zaměstnanců
- slouží pro audity
- poskytuje prostředky k zabránění opakování chyb (Imai, 2005, s. 63 – 65)

### 3.7 Ergonomie

Pojem ergonomie vznikl spojením dvou řeckých slov – ergon = práce a nomos = zákon. Existuje několik definicí pojmu ergonomie.

Mezinárodní ergonomická společnost Evropská norma ČSN EN 614–1: 2006 (83 3501) tento pojem definuje jako *„Ergonomie (studium lidských činitelů) se zabývá studiem vzájemných vztahů (interakcí) mezi lidmi a dalšími prvky systému. Ergonomie aplikuje teoretické poznatky, zásady, empirická data a metody pro navrhování na optimalizaci pohody osob a celkovou výkonnost systému.“*

IEA uvádí definici: *„Ergonomie je vědecká disciplína založená na porozumění interakcí člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví i výkonnost“.*

Obecně je ergonomie charakterizována jako *„interdisciplinární věda, která se zabývá optimalizací vztahů mezi člověkem, pracovními prostředky a pracovním prostředím. (Svět produktivity, © 2012)*

Základní myšlenka je vždy stejná. Jde o vytvoření pracovních podmínek s ohledem na zdraví člověka, tak aby pracoviště nebylo jen zdravotně nezávadné a příjemné pro pracovníka, ale především, aby umožnilo vyšší efektivitu práce a zároveň snížení fyzické zátěže. Ergonomie je velmi komplexní obor, který využívá poznatky z biomechaniky, fyziologie práce nebo ze společenských či ekonomických oborů. (Marek, 2009)

### **Pracovní prostor**

Prostor, ve kterém se pracovník pohybuje, by měl odpovídat tělesným proporcím pracovníka. Při tvorbě pracovního prostoru je nutné zohlednit přístup, pracovní polohu, prováděné pohyby, umístění ovládacích prvků. Prostor musí být dostatečně velký, aby umožnil volný a bezpečný pohyb osob. (Gilbertová, 2002)

### **Pracovní zátěž**

Pracovní zátěž je míra vyváženosti mezi výkonovou kapacitou pracovníka a požadavky na jeho práci spolu s podmínkami, které má pro vykonávání své pracovní náplně. Pokud jsou tyto faktory v rovnováze, jedná se o přiměřenou pracovní zátěž. Při tvorbě pracoviště s ohledem na ergonomii, se snažíme docílit přiměřené pracovní zátěže. Jestliže je poměr nevyvážený, dochází k přetížení pracovníka a jde o nadlimitní zátěž. Pokud není využit pracovní potenciál zaměstnance, jedná se o sublimitní zátěž. (Gilbertová, 2002)

#### **3.7.1 Legislativa**

Ergonomické podmínky jsou přísně kontrolovány a řízeny velkým množstvím norem, které se zaměřují jak na ergonomii samotnou, tak i na bezpečnost práce. Následující seznam norem je jen výčet základních předpisů, zabývající se ergonomií.

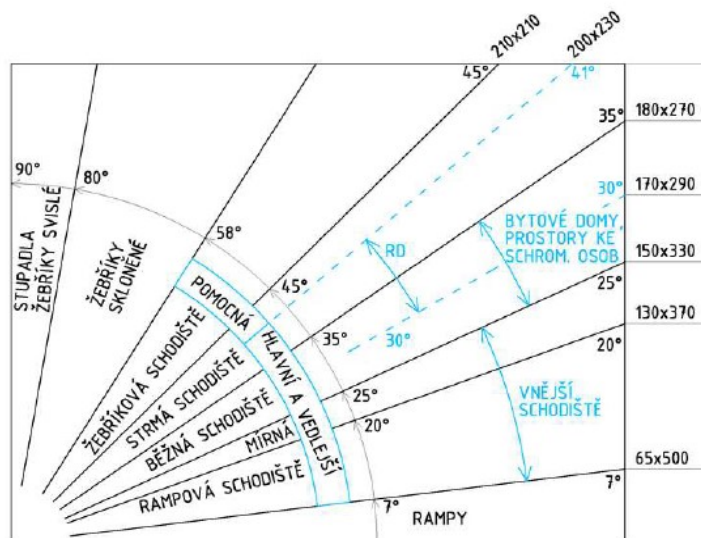
- ČSN EN 547-3 Bezpečnost strojních zařízení - Tělesné rozměry část 3: Antropometrické údaje (83 3502)
- ČSN EN 614-1: 2016 Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické zásady pro projektování
- ČSN ISO 6385 Ergonomické zásady pro navrhování pracovních systémů
- EN 1005-2 Ruční manipulace s předměty
- EN 1005-4 Hodnocení pracovních poloh
- ISO 11228 Ergonomie - ruční manipulace s břemenem, s nákladem – zvedání a transport

Pro potřeby této práce byly použity i normy technické, které se zabývají optimálními rozměry pracovišť, uliček a schodišť. Jsou zde uvedeny i konkrétní výňatky z těchto norem.

- ČSN 73 5105 (735105) A Výrobní průmyslové budovy

čl. 7.7.2 ČSN 73 5105: *nejmenší šířka obslužných a montážních průchodů je 600 mm, přičemž tato šířka nesmí být v žádném místě zúžena zařízením (jedná se např. o uličku mezi strojním zařízením a zdí – nejde o kolizi s požadavkem § 48 nařízení vlády č. 361/2007 Sb. na šíři spojovací cesty, která nesmí být v žádném místě zúžena stabilním zařízením pod 1 m, neboť se vztahuje k podlahové ploše prostoru pro trvalou práci.*

- ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky



Obr. 3: Největší povolený sklon schodišťových ramen  
(Kolář, 2014 dle normy ČSN 73 4130)

V evropských normách jsou zahrnuty i postupy pro posouzení rizika práce. Uplatňují se zde metody z oblasti psychologie, fyziologie nebo biomechaniky. (ÚNMZ, © 2017)

Ergonomické podmínky nejsou pouze předmětem evropských norem, ale jsou také řízeny českými zákony například:

- Zákon č.258/200 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů nebo zákon č. 262/2006 Sb.

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění pozdějších předpisů. (Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky, ©2012)

## 4 ANALYTICKÉ METODY PROJEKTU

Při každé akci - projektu, který se chystáme zrealizovat, ať už jde o stavbu vysokého mrakodrapu, rekonstrukce bytu nebo organizaci společenské akce, je potřeba mít vizi a plán, abychom věděli, za čím a proč jdeme.

### 4.1 Projekt

Projekt jako takový můžeme vnímat z různých úhlů pohledu, protože v českém jazyce má tento termín různé významy.

Dle IPMA standardu ICB v 3.1: *„Projekt je jedinečný, časově, nákladově a zdrojově omezený proces, realizovaný za účelem vytvoření definovaných výstupů v požadované kvalitě a v souladu s platnými standardy a odsouhlasenými požadavky.“*

Doležal tuto definici zkrátil, zjednodušil a zobecnil na *„změnu výchozího stavu do cílového stavu.“* (Doležal, 2016, s. 17)

#### 4.1.1 Projektová kritéria

Projekt má určité znaky, které ho charakterizují a kterými se liší od podobných procesů, jako může být pracovní úkol, skupinové řešení, program nebo akce. Projektovými kritérii jsou:

- Jedinečnost – projekt představuje novou akci, která ještě nikdy předtím neproběhla.
- Vymezení – projekt má své definované hranice. Nejčastěji je to finanční rozpočet, časový rámec, lidské, technické a technologické zdroje, ale také legislativa.
- Projektový tým – pro realizaci projektu je zapotřebí pracovníků z různých oborů.
- Komplexnost a složitost – tento bod úzce souvisí s projektovým týmem. Projekt vyžaduje zdroje napříč několika odvětvími. Zároveň projekt neřeší běžný problém.
- Nadprůměrné riziko - pokud na projektu ještě nikdo nikdy nepracoval, nejsou známá všechna rizika, která mohou během práce nastat. Navíc jsou zde různá omezení, která mohou práci ztížit nebo narušit. Je zde proto vysoká pravděpodobnost neúspěchu. (Doležal, 2016)

#### 4.1.2 Cíl projektu

Aby byl projekt úspěšný, je zapotřebí, aby byl správně definovaný cíl, kterého má projekt dosáhnout. Pokud bude cíl definován příliš obecně, tak ani výsledek nebude takový, jaký se očekával.

Dobře definovaný cíl nepopisuje jen základní konečný stav, ale je nezbytné, aby si všechny zúčastněné strany rozuměly a chápaly podstatu a záměr výsledku, na který je projekt zaměřen.

#### SMART cíl

Existuje několik způsobů jak definovat cíl, ale tím nejběžnějším a nejsnadnějším způsobem je definovat cíl pomocí SMART techniky.

Projekt má být:

- S - specifický: konkrétní a jasný cíl, aby bylo zřejmé, na čem se bude pracovat
- M - měřitelný: definovat si měřítko nebo ukazatele podle kterých se pozná, že projekt byl úspěšný, a zda byl požadovaný cíl opravdu naplněn
- A - akceptovaný: jistota, že všechny zainteresované strany pochopili, co a jak mají dělat
- R - realistický: musíme si být jistí, že cíle je opravdu možné dosáhnout
- T - termínovaný: každý projekt musí mít začátek a konec (Doležal, 2016, s. 79)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

### Základní údaje o společnosti:

Obchodní firma:	AERO Vodochody AEROSPACE a.s.
Sídlo:	Odolena Voda, Dolínek, ul. U Letiště č. p. 374, PSČ 250 70
Právní forma:	akciová společnost
Počet zaměstnanců:	1 900

Společnost Aero Vodochody AEROSPACE a.s. (dále jen Aero) vznikla roku 2011, ale její kořeny sahají až do roku 1919. V současné době je největším výrobcem letecké techniky v ČR a soustředí se především na rozvoj lehkého bojového letounu L-159 a L-39NG. Mezi další činnosti této společnosti patří údržba, opravy a modernizace vojenských proudových, ale také civilních letadel. Dále provádí letové zkoušky a výcvik.

Aero spolupracuje i s dalšími světovými leteckými výrobci na několika projektech. Jedná se o kompletní výrobu vrtulníku S-76 nebo výrobu dílů na Black Hawk pro Sikorsky Aircraft Corporation, vývoj a výrobu částí na KC-390 pro společnost Embraer, vývoj a produkce náběžné hrany křídla letounu Cseries od Bombardier a v neposlední řadě Aero dodává skořepinové konstrukce, sestavy a kompozitové díly pro Airbus.

Klíčovým cílem této společnosti je získat vedoucí pozici na trhu výroby lehkých bojových a cvičných letounů a stát se partnerem předních OEM výrobců. V roce 2016 došlo ke změně organizační struktury, jejímž hlavním cílem je zvýšit integraci v celé společnosti a zaměřit se na strategický projekt L-39NG. (Aero Vodochody, © 2014)

### 5.1 Výroba

Společnost vyrábí především konstrukční díly pro výrobu bojových i civilních letadel a provádí montáž velkých i malých sestav.

V Aeru je velmi rozmanitý provoz. Uplatňuje se zde především kusová a malosériová výroba, která u některých projektů představuje kolem 300 dílů za rok. Výroba funguje v jednosměnném, dvousměnném i nepřetržitém provozu v závislosti na výrobním programu.

Optimalizované pracoviště MAG1, které je předmětem této diplomové práce, se nachází ve výrobní hale, kde také probíhá obrábění dílů, tváření plechů, jejich svařování a zpracování potrubí. (Aero Vodochody, © 2014))

## 5.2 Integrovaný systém řízení

V Aero funguje certifikovaný systém řízení kvality dle AS 9100/ISO 9001. Společnost je držitelem všech potřebných certifikátů pro svou činnost dle národních i mezinárodních norem.

Aero vytvořilo interní systém řízení WING – Ways of Improvement Navigate us to Growth, volně přeloženo jako „cesty zlepšování, které nás vedou k růstu“.

Jedná se o soubor hodnot, nástrojů a metod průmyslového inženýrství, které vedou k efektivnímu řízení výroby a které zaručí kvalitu výrobků a poskytovaných služeb.

Struktura WING se dělí na 3 základní části:

- základní principy
- pilíře řízení
- nástroje (Aero Vodochody, © 2014)

**Aero** | VODOCHODY



Obr. 4: Logo společnosti a nový cvičný letoun L-39NG (interní zdroj)

## 6 VYMEZENÍ PROJEKTU RACIONALIZACE PRACOVIŠTĚ

V této kapitole je popsána realizace projektu. Nejdříve jsou zde definovány základní charakteristiky projektu. Jako výchozí analýza pro úspěšnost projektu byla zvolena SWOT analýza. Cíle a přínosy projektu blíže popisuje logický rámec a dílčí činnosti včetně jejich časových hranic vymezuje časový harmonogram. Jednotlivá řešení projektu pro racionalizaci pracoviště jsou podrobněji popsána v následujících kapitolách.

### 6.1 Základní charakteristika projektu

Projekt racionalizace pracoviště MAG1 byl zvolen společností z důvodu neefektivní práce, která je spojená s vykazováním příliš nízké efektivity strojního zařízení i pracovníka. Zároveň se jedná o jedno z finančně nejnáročnějších pracoviště na výrobní hale. Základní informace o projektu zobrazuje tab. 3.

Tab. 3: Základní charakteristiky projektu (vlastní zpracování)

<b>NÁZEV PROJEKTU</b>	Racionalizace pracoviště MAG1 ve společnosti Aero Vodochody Aerospace a.s
<b>Hlavní cíl:</b>	Zefektivnění práce na pracovišti MAG1
<b>Přínosy:</b>	Vyšší produktivita strojního zařízení. Vyšší produktivita pracovníků. Nižší fyzická zátěž pracovníků.
<b>Výstup:</b>	Diplomová práce
<b>Zahájení</b>	02.10.2017
<b>Ukončení:</b>	15.04.2018
<b>Vedoucí projektu:</b>	Bc. Monika Mocová
<b>Konzultanti</b>	prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD. (vedoucí DP) Ing. Jana Barabášová (průmyslový inženýr - technologický rozvoj)

## 6.2 SWOT analýza projektu

Pro vyhodnocení výchozí situace projektu byla zvolena SWOT analýza viz tab. 4. Váha představuje velikost vlivu na projekt. Hodnocení je aktuální stav a postoj společnosti vůči projektu, přičemž -5 je nejhorší a 5 nejlepší.

Tab. 4: SWOT analýza projektu (vlastní zpracování)

Silné stránky	Váha	Hodnocení
Aktivní projektový tým	0,3	5
Kvalifikovaný personál	0,2	4
Poskytnutí času na vypracování projektu během pracovní doby	0,3	3
Zájem firmy o projekt	0,2	2
Příležitosti	Váha	Hodnocení
Změna pracovní pozice v případě úspěšnosti projektu	0,4	5
Možnost racionalizace i na dalších pracovištích	0,6	5
Slabé stránky	Váha	Hodnocení
Nepravidelný výrobní plán	0,3	-4
Časově náročný sběr dat	0,3	-3
Rozdílné pracovní doby	0,2	-1
Nedostatek zkušeností s danou problematikou	0,2	-2
Hrozby	Váha	Hodnocení
Neochota pracovníků přijmout změny	0,3	-2
Odmítnutí projektu z důvodu finanční náročnosti	0,4	-4
Špatně zpracovaný projekt	0,3	-3

### Silné stránky a příležitosti

Jeden z hlavních faktorů úspěchu jakéhokoliv projektu je tým lidí, kteří na něm pracují. V tomto případě projektový tým není příliš velký, ale jedná se o aktivní lidi, kteří mají o danou problematiku zájem a chtějí se jí věnovat i ve svém volném čase, což je pro projekt velkým přínosem. Pracovníci, kterých se projekt nejvíce týká, a těmi jsou samotní operátoři, mají vysokou kvalifikaci, a tudíž mohou svými znalostmi a názory projektu opravdu přispět. Dalším významným faktorem je samotný přístup společnosti. Ačkoliv projekt pro společnost není naprostou prioritou, vedení společnosti jí poskytuje dostatečný prostor pro zpracování projektu i během běžné pracovní doby.

V tomto projektu vidím také velkou příležitost k možné změně vlastního pracovního zařazení a to na pracovní pozici průmyslového inženýra. V takovém případě bych mohla projekt racionalizace pracoviště MAG1 rozšířit i na ostatní pracoviště a postupně tak zlepšovat chod celé výrobní haly.

### **Slabé stránky a hrozby**

Velkou rezervou této firmy je nepravidelný výrobní plán kusové a malosériové výroby, který má velký vliv na sběr dat. Je složité předem určit čas náměrů, od kterých se odvíjí průběh celého projektu.

K situaci nepřispívá ani odlišná pracovní doba projektového týmu a operátorů. Velké množství nových zakázek, kdy se stroje přetypovávají, se začíná až na odpolední směně a není tak možné nastavení stroje na novou dávku změřit. Důležitým faktorem na zpracování projektu jsou i zkušenosti projektového týmu. Může se vyskytnout chyba při provádění náměrů a jejich vyhodnocování, ale také to, že i dobré nápady mohou být špatně zpracovány.

Jako u každých širších změn je i zde riziko, že operátoři nepřijmou změny na pracovišti a neztotožní se s cílem projektu. Je zde také pravděpodobnost, že ačkoliv společnost má o projekt zájem, tak ji finanční náklady odradí od jeho realizace.

## 6.3 Logický rámec

Tab. 5: Logický rámec projektu (vlastní zpracování)

LOGICKÝ RÁMEC	OBJEKTIVNĚ OVĚŘENÉ UKAZATELE	ZPŮSOB OVĚŘENÍ	RIZIKA
<b>CÍL:</b> Zefektivnění práce na pracovišti MAG1	Zvýšení efektivitu stroje, alespoň o 20%	Interní reporting	
<b>PŘÍNOSY:</b> Vyšší efektivita pracovníků Nižší fyzická zátěž na pracovníky	Zvýšení efektivita pracovníka alespoň o 20% Zkrácení nutné chůze na pracovišti, alespoň o 15%	DP kapitola č. 8.1 + .8.2 DP kapitola č. 8.1	- Nenaaplňování cíle projektu
<b>VÝSTUPY:</b> 1.1 Zpracovaná DP	Sepsána teoretická a praktická část zabývající se danou problematikou, v rozsahu minimálně 75 stran.	Odevzdaná DP ve stanoveném termínu	- Nedostatek vstupních dat - Nesplnění termínu odevzdání - Chybně zpracovaná data
1.2. Vytvořený projektový plán	Vytvořená projektová dokumentace v rozsahu alespoň 5 stran	DP kapitola č. 6	- Nekvalitně zpracovaná projektová dokumentace
1.3 Navrhnutá řešení pro racionalizaci pracoviště	Návrhy na zlepšení v rozsahu alespoň 20 stran	DP kapitola č. 8	- Příliš složité a nereálné návrhy, které nenaplňují cíl
<b>AKTIVITY:</b> 1.1.1 Výběr pracoviště a vymezení obsahu DP 1.1.2 Sběr dat 1.1.3 Analýza získaných dat 1.1.4 Vyhodnocení analýzy 1.2.1 Definování cílů projektu 1.2.2 Tvorba projektové dokumentace 1.3.1 Vytvoření návrhů na zlepšení	<b>PROSTŘEDKY:</b> Fotoaparát, kamera, PC, aplikace AnyRecorder  Přesná potřeba Interní dokumentace Informace od mistrů a operátorů Znalost problematiky	<b>ČASOVÝ RÁMEC:</b> Výběr pracoviště: 2.10.2017  Sběr a analýza dat do 31.12.2017 Vytvoření návrhů na zlepšení do 28.2.2018 Odevzdání DP do 15.4.2018	- Neochota managementu spolupracovat na projektu - Neochota pracovníků spolupracovat se studentem - Chybně provedený sběr dat a jejich následné špatné vyhodnocení - Nedostatečná znalost problematiky - Nedostatečný obsah - Odmítnutí návrhů managementem
<b>PŘEDBĚŽNÉ PODMÍNKY:</b>			- Zájem ze strany společnosti - Vytvoření osnovy postupu práce - Spolupráce s pracovníky - Aktivní přístup k projektu

## 6.4 RIPRAN analýza

Tab. 6: RIPRAN analýza projektu (vlastní zpracování)

ID	Hrozba	P-st hrozby	ID	Scénář	P-st scénáře	Celková p-st	Do- pad	Hodn. rizika	Opatření	
1	Neochota společnosti spolupracovat	50%	1.1	Nedokončení a nesplnění DP	70%	35%	SP	VD	VHR	Představení přínosů projektu a přesvědčení o jeho potřebě
2	Nespolupráce zaměstnanců na daném pracovišti	50%	2.1	Neúspěch projektu	80%	40%	SP	VD	VHR	Motivovat pracovníky
			2.2	Nevypovídající data, protože pracovníci schválně zdržují práci	90%	45%	SP	SD	SHR	Studium postupu dané práce
3	Chybně provedený sběr dat	40%	3.1	Nulová vypovídající hodnota získaných dat	90%	36%	SP	SD	SHR	Studium metod, více náměrů, konzultace s kvalif. osobou
4	Chybné vyhodnocení dat a interpretace výsledků	70%	4.1	Nulová vypovídající hodnota prováděných analýz	80%	56%	SP	SD	SHR	Konzultace a ověření správnosti vyhodnocení kvalifikovanou osobou
			4.2	Chybné návrhy na zlepšení současného stavu pracoviště	30%	21%	MP	SD	NHR	Ověření proveditelnosti návrhu kvalifikovanou osobou
5	Nedostatečná znalost problematiky	45%	5.1	Nekvalitní analýza, neschopnost samostatné práce	75%	34%	SP	SD	SHR	Řádné studium potřebné literatury
6	Návrhy nevedou k očekávaným výsledkům	50%	6.1	Nenaplnění cíle projektu	80%	40%	SP	VD	VHR	Průběžné kontroly a ověřování vlivu daného návrhu na pracoviště
			6.2	Společnost nenabídne další spolupráci	95%	48%	SP	MD	NHR	Průběžné kontroly a ověřování vlivu daného návrhu na pracoviště
7	Odmítnutí návrhů společností	15%	7.1	Nedosažení vyšší produktivity	50%	8%	MP	VD	SHR	Prezentace výho a nevýhod navrhovaných změn
			7.2	Nedojde k eliminaci chůze	50%	8%	MP	VD	SHR	Získat podporu a důvěru společnosti na základě dobře vypracovaného projektu
8	Nedodržení časového harmonogramu	30%	8.1	Neodevzdání DP v požadovaném termínu	80%	24%	MP	VD	SHR	Vytvoření časového plánu, stanovení a striktní dodržování průběžných termínů
9	Špatná komunikace s vedoucím DP	50%	8.1	Nesprávně napsaná DP	30%	15%	MP	SD	NHR	Pravidelné konzultace s vedoucím DP

**Legenda:**

Dopad na projekt		
VD	Velký nepříznivý dopad	ohrožení cíle projektu; ohrožení koncového termínu projektu; možnost překročení celkového rozpočtu
SD	Střední nepříznivý dopad	ohrožení termínu, nákladů - bude vyžadovat mimořádné akční zásahy do plánu projektu
MD	Malý nepříznivý dopad	dopady vyžadující určité zásahy do plánu

Hodnocení rizika			
	VD	SD	MD
VP	VHR	VHR	SHR
SP	VHR	SHR	NHR
MP	SHR	NHR	NHR

Pravděpodobnost rizika a scénáře		
MP	Malá p-st	10-25%
SP	Střední p-st	26-65%
VP	Vysoká p-st	66-100%





## 7 ANALÝZA VYBRANÉHO PRACOVIŠTĚ VE VÝROBNÍM PROCESU

Pracoviště bylo podrobena analýze z hlediska výrobního procesu, pohybu pracovníka, efektivity a prostorového uspořádání pracoviště. Analýza zobrazuje současný stav pracoviště a její součástí jsou i časové náměry.

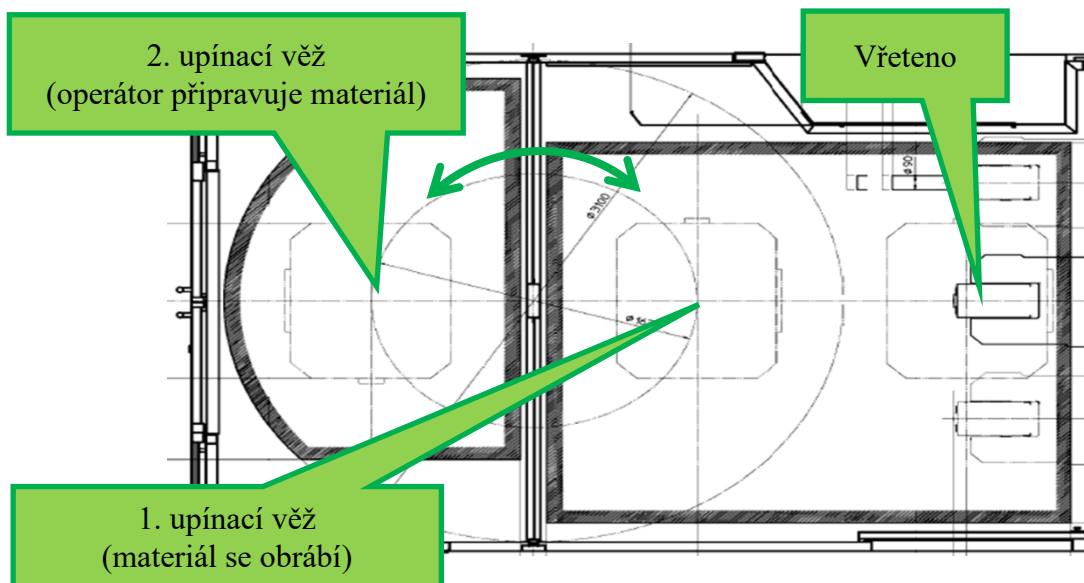
### 7.1 Analýza současného stavu pracoviště

MAG1 (dále Makino) je 5ti-osé horizontální obráběcí centrum s vysokou produktivitou obrábění hliníkových dílů používaných v leteckém průmyslu. Tento stroj má patentovaný design vřetene, který umožňuje vysokou míru odstraňování kovů. (Makino, © 2017)



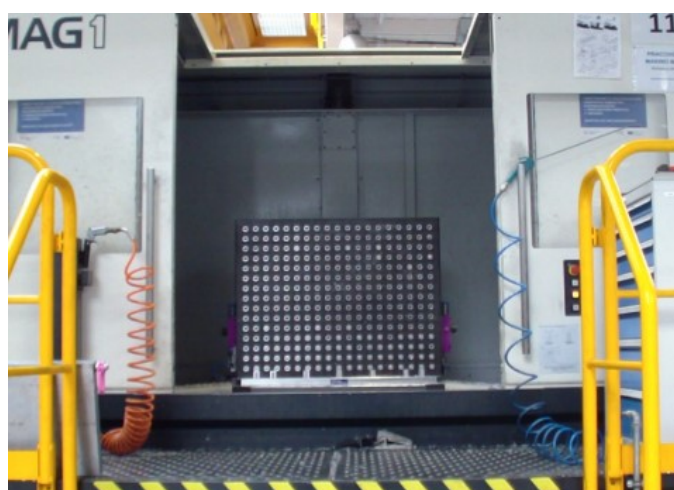
*Obr. 5: Obráběcí centrum Makino - MAG1 (interní zdroj)*

Toto obráběcí centrum je vysoce výkonné především pro svůj automatický, dvou-komorový systém obrábění – karusel. Na otočném stole jsou instalovány dvě upínací věže. Na 1. věži je upnut materiál a ten je poté obráběn, zatímco operátor může upínat materiál na 2. upínací věž nebo přetypovávat na další výrobní dávku. Po ukončení obrábění se věže otočí – obrábí se materiál na 2. upínací věži, zatímco operátor sundává hotový obrobek z 1. upínací věže. Tento systém obrábění umožňuje téměř nepřetržitý chod stroje a prostoje, vznikající během přetypování, tak mohou klesnout na minimum. Dvou-komorový systém, který je typický pro tento stroj, je představen na obr. 6.



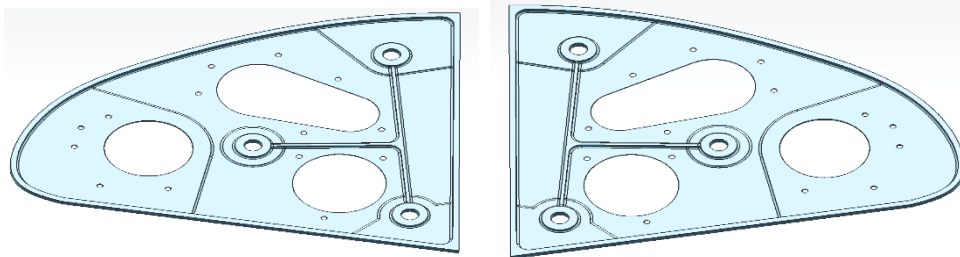
Obr. 6: Konstrukční řešení MAG1 - dvou-komorový systém (vlastní zpracování)

V současné době Aero disponuje pouze jednou upínací věží v tomto stroji, což je jeden z důvodů velkých časových prodlev při přetypování.



Obr. 7: Upínací věž (interní zdroj)

Na tomto pracovišti se vyrábí spíše v malých dávkách, kdy průměrná výrobní dávka je 7 kusů. Vyskytují se zde i jedno-kusové zakázky. Procentuální využití výrobní kapacity je velmi nerovnoměrné, vzhledem k rozmanitosti a velikosti zakázek. Je zde patrná nutnost častého přetypování a vznik velkých časových prodlev, což snižuje vytíženost stroje a zvyšuje náklady.



Obr. 8: Žebro - nejčastěji vyráběný díl na Makinu (interní zdroj)

Za současné situace má operátor na přední rampě plechový úložný box s nástroji, šrouby, upínkami či svěráky, které potřebuje při přetypování upínací věže na novou dávku. Box má rozměry 700 x 800 x 1010 mm. Obr. 9 představuje obsah jednotlivých přihrádek boxu.



Obr. 9: Obsah úložného boxu na přední rampě (interní zdroj)

Veškeré vybavení v boxu je nezbytně nutné pro práci a je potřebné i několikrát denně, ale je také patrné, že prostory boxu nejsou zcela využity a v případě potřeby je možné box zmenšit, aby zabíral méně pracovní plochy.

Na pracovišti pracuje pouze jeden pracovník. Vzhledem k velikosti stroje a jeho konstrukčnímu řešení, je na obsluhu stroje vyvíjen fyzický tlak v podobě častého chození kolem stroje.

V příloze P I je znázorněn půdorys pracoviště v současném stavu.

## 7.2 Analýza standardního výrobního procesu

Veškeré operace na tomto pracovišti jsou prováděny jedním operátorem v následujícím pořadí:

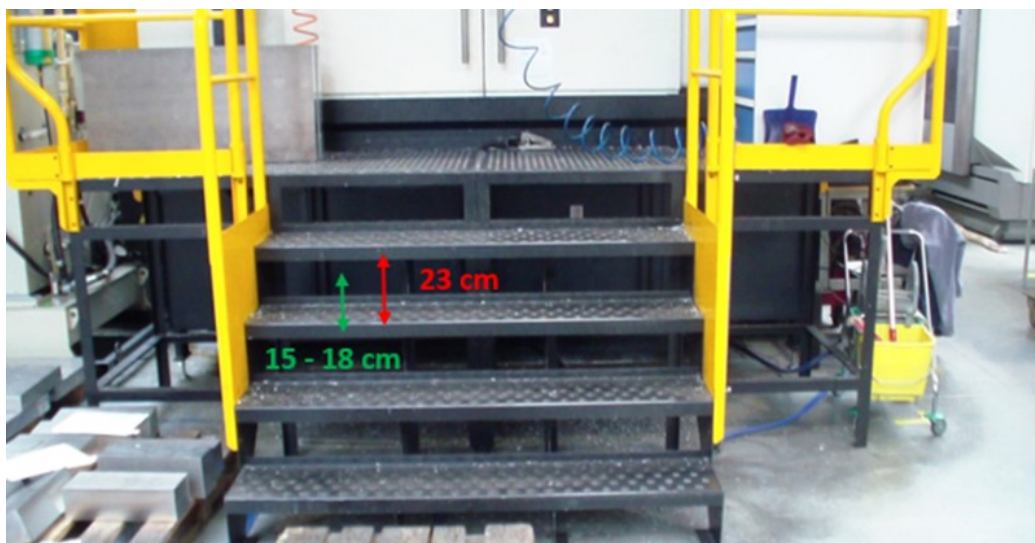
1. *Výměna nástrojů* - Pracovník otevře dvířka zásobníku, vyjme starý nástroj, vloží nový nástroj, zavře dvířka zásobníku a nastaví pozice nástroje. 60 nástrojů je standardně uloženo na svých pozicích a není s nimi manipulováno, dalších 60 nástrojů je speciálních. Liší se pro jednotlivé druhy obráběných dílů a je třeba je pro každou zakázku vyměnit.
2. *Korekce* - operátor musí do programu nastavit pozice speciálních nástrojů. Speciální nástroje jsou ojedinělé pro každou zakázku a pokaždé je potřeba nastavit nově jejich pozice.
3. *Zadání programu* - do strojního počítače operátor nahrává aktuální obráběcí program a zároveň maže program předchozí, aby se zabránilo případné záměně programu.
4. *Testování programu* - před zahájením obrábění operátor spustí testování programu strojem. Jedná se o rychlou simulaci programu pro kontrolu, zda je může program spustit.
5. *Upnutí závěsných ok* - vstupní materiál ve formě hliníkové desky o různých rozměrech je připraven na paletách před strojem. Pro jejich velkou hmotnost je pro manipulaci materiálu potřeba jeřábu. Na desce jsou předvrtané závity pro zašroubování závěsných ok, které slouží právě pro zavěšení na jeřáb.
6. *Přivolání jeřábu* - pro celou kóji strojů, kde se nachází i Makino, je k dispozici jeden jeřáb. Operátor proto musí dojít pro jeřáb, který se může nacházet na různém místě haly, nejvzdálenější místo je vzdáleno 50 metrů.
7. *Zavěšení na jeřáb* - operátor zavěsí na kurty jeřábu vstupní materiál.
8. *Manipulace desky jeřábem ke stroji* - přemístění desky z palety ke dveřím stroje.
9. *Upnutí do svěráku* - Nejdříve operátor očistí upínací věž po předchozí zakázce vysokotlakou hadicí od špon a nečistot. Musí povolit čelisti svěráku a ručně je očistit. Počet svěráků se může lišit v závislosti na velikosti desky a programu. Podle technologické průvodky operátor nastaví vzdálenost a umístění čelistí. Ustanoví desku do čelistí pomocí jeřábu a jednotlivě šrouby utáhne ráčnou. Zavře dveře a zapne otáčení paletového stolu.
10. *Programování* - do počítače stroje operátor zadá korekce nástrojů, povolené odchylky a nastaví nulové body. Nahraje předepsaný program a zahájí obrábění.

11. *Hrubování* - provádí se, aby se zabránilo pnutí a následné deformaci materiálu. Obrobí se pouze malá vrstva materiálu. Tato činnost trvá průměrně 10 minut.
12. *Utažení svěráku* - během hrubování je nutné obrábění přerušit, aby se znovu utáhly svěráky.
13. *Konec hrubování*
14. *1. upnutí* - Operátor očistí hrubovanou desku i upínací věž a našroubuje závěsná oka na desku pro další manipulaci. Poté povolí svěráky ráčnou a vyjme desku. Otočí jí, očistí od špon a opět ustanoví do svěráku. Následně svěrák utáhne, sundá závěsná oka a zavře dveře stroje.
15. *Programování* - u stolního počítače potvrdí zahájení práce do systému. Poté do strojního počítače nahraje příslušný program, nastaví nulový bod, seřídí obráběcí osy a zahájí obrábění.
16. *Chůze do nástrojárny pro měřidla* - ve fázi prvního upnutí se vyvrtávají otvory, které je třeba změřit a zkontrolovat správnost rozměrů. Na dílně se nachází jedna sada měřidel pro několik CNC strojů a je třeba si je vypůjčit v nástrojárně. Operátor musí dojít do nástrojárny, vypůjčit si sadu měřidel a po použití ji vrátit zpět.
17. *Kontrola testovacích otvorů* - přerušení obráběcího programu za účelem kontroly otvorů.
18. *Obrábění - konec prvního upnutí*
19. *2. upnutí* - operátor očistí desku i upínací věž, našroubuje závěsná oka. Poté povolí svěráky ráčnou, vyjme a otočí desku pomocí jeřábu. Poté otočí obráběcí věž, našroubuje upínací šrouby a připevní desku na věž. Následně utáhne středící kolíky, sundá závěsná oka, otočí věž a zavře dveře stroje.
20. *Programování* – operátor nastaví nulový bod, seřídí obráběcí osy a zahájí obrábění.
21. *Konec druhého upnutí* - Operátor našroubuje závěsná oka, vyšroubuje upínací šrouby, vyjme obrobek pomocí jeřábu, očistí desku i věž. Dále umístí obrobek na paletu, sundá z jeřábu a odšroubuje závěsná oka.
22. *Odnos obrobku k zámečnickovi* - hotový díl je stále v tzv. rámečku. Zámečníci odstraní zbylé můstky a oddělí tak hotový díl od zbytkového materiálu. Po skončení práce odnesou výrobek zpět na Makino.
23. *Odnos obrobku na Opton* - Pokud se jedná o první díl série, operátor odnese hotové výrobky na měřicí jednotku Opton, kde probíhá detailní a přesná kontrola rozměrů. Až po této kontrole může pracovník pokračovat v obrábění dalších kusů v sérii.

### 7.3 Analýza pohybu na pracovišti během výroby

Makino je prostorově náročné obráběcí centrum. Jeho rozměry jsou 6934x5762 milimetrů. Stroj má pevné základy v podlaze a nelze s ním žádným způsobem manipulovat.

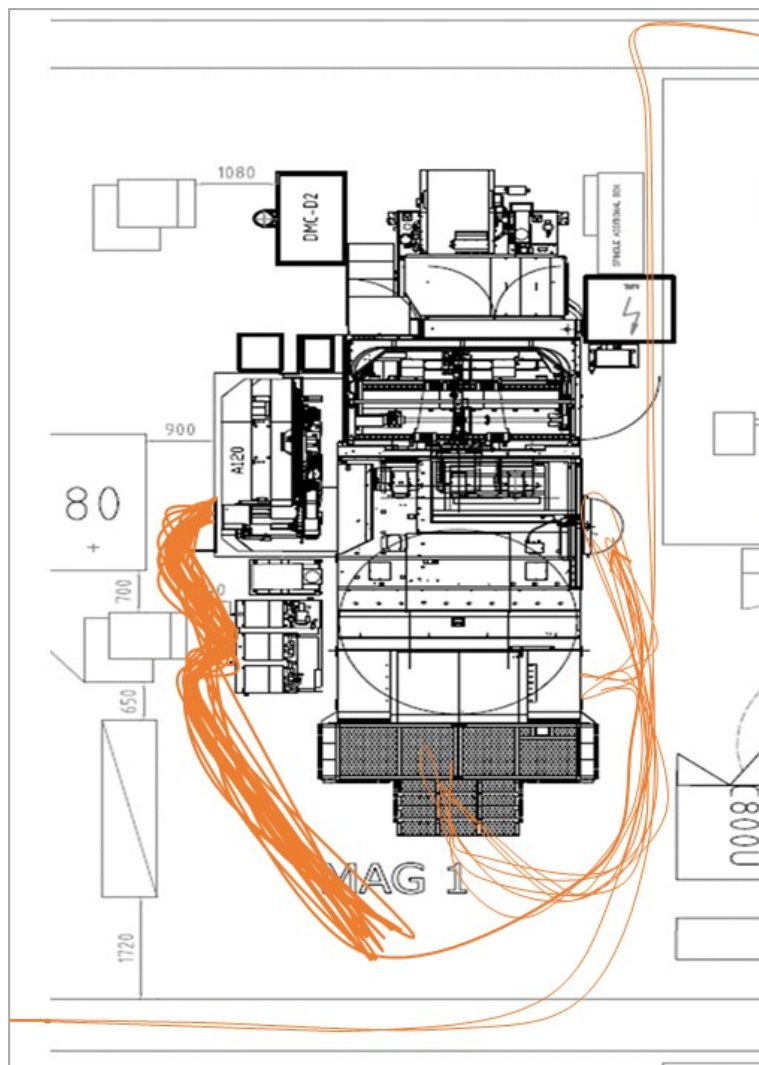
Ovládací prvky stroje a prostor, kde se obsluha pohybuje, jsou na různých místech. Při standardním výrobním procesu musí operátor několikrát změnit pozici. Vzhledem k velikosti stroje a pozici pracovního prostoru musí operátor použít schodiště. K upínací věži vede 5 schodů o výšce 23 cm a ke strojnímu panelu vedou 4 schody o výšce 25 cm.



Obr. 10: Schodiště vedoucí k upínací věži (vlastní zpracování)

Výška schodišťového stupně odpovídá normě pro pomocná žebříková schodiště. Sklon předních schodišťových ramen svírá  $52^\circ$  a výška schodišťového stupně je 23 cm. U bočního schodiště vedoucí k panelu, je to  $55^\circ$  a výška 25 cm. Schody k upínací věži převyšují běžné schodiště o 5 cm, v případě schodiště k panelu, je zde převýšení o 8 cm od běžné výšky schodů. Během výroby jednoho kusu výrobku operátor celkem 6krát vyjde a sejde schodiště vedoucí k upínací věži (výška schodu 5x 23 cm) a 5krát vyjde a sejde schodiště vedoucí k panelu stroje (výška schodu 4x 25 cm). Na operátora je zde kladena zvýšená fyzická zátěž, která může z dlouhodobého hlediska vést ke zdravotním potížím.

Názornou ukázkou pohybu operátora, při výrobě jednoho dílu, představuje následující spaghetti diagram (obr. 11). Diagram zobrazuje začátek výrobní dávky a zahrnuje tedy i výměnu nástrojů.



Obr. 11: Spaghetti diagram – pohyb operátora  
(vlastní zpracování)

Během obrábění je nutné provést kontrolu testovacích otvorů, která je součástí standardního pracovního postupu. Operátor musí vypnout stroj a vstoupit do kabiny stroje z boční strany, aby provedl příslušné měření. Během analýzy bylo zjištěno, že k této činnosti nejsou z bezpečnostního hlediska vhodné podmínky, protože v kabině nejsou instalovány schůdky nebo jiné zřízení, které by zajistilo stabilitu operátora. Pracovník tak stojí na šikmé rovině, která bývá polita chladicí emulzí. Celý povrch je velmi kluzký. Obr. 12 zobrazuje, jak probíhá měření testovacích otvorů.



*Obr. 12: Pozice operátora při měření otvorů během obrábění (interní zdroj)*

#### **7.4 Analýza časů jednotlivých operací při přetypování**

Pro analýzu časové náročnosti operací při přetypování na sledovaném pracovišti bylo náhodně vybráno 10 dílů na základě podobnosti.

Byly identifikovány základní skupiny činností, které pracovník během procesu vykonává. Konkrétní popis činností je popsán v kap. 7.2.

Obráběcí centrum nyní disponuje pouze jednou upínací věží, tudíž veškeré prováděné činnosti spadají do skupiny interních operací.

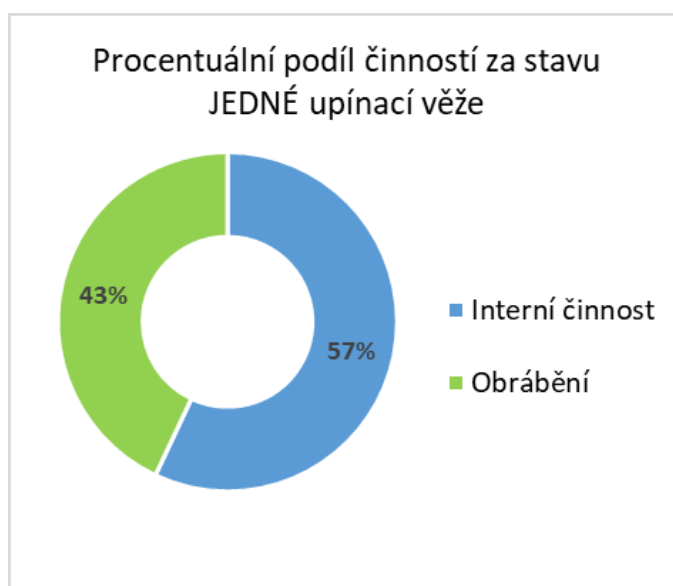
Následující tab. 8 představuje časový součet jednotlivých operací u všech provedených náměrů. Náměry byly pozměněny o, společností daný, koeficient, aby bylo zamezeno úniku citlivých informací pro společnost.



Tab. 8: Celkový náměr všech definovaných operací  
(vlastní zpracování)

Činnost	Průměrná doba trvání dané činnosti [hh:mm:ss]	% podíl
<b>Celkový součet</b>	<b>3:17:27</b>	<b>100,00%</b>
Zadávání korekcí	0:06:56	3,51%
Ostatní	0:00:48	0,40%
Programování	0:10:45	5,44%
Výměna nástrojů	0:08:19	4,23%
Chůze	0:05:41	2,88%
Chůze na opton	0:12:39	6,40%
Chůze pro nástroj	0:03:16	1,65%
Přetypování	0:36:49	18,64%
Obrábění	1:52:14	56,83%

Z předchozí tabulky byl proveden jednoduchý souhrn, který byl převeden do grafické podoby, viz graf 1.



Graf 1: Poměr činností - současný stav

(vlastní zpracování)

Za současného stavu jsou veškeré činnosti interní, jelikož je pracovník provádí, když stroj stojí. V těchto podmínkách pak interní činnosti přetypování představují na jednu výrobní dávku průměrně 43%.

**OEE za současného stavu**

V případě, že budeme brát v úvahu zjištěné informace z provedených náměrů, pak:

Jednotkový čas	112 min/ks
Přetypování	37 min/dávku
Dávka	7 ks
Čas na přetypování na 1 kus	5,3 min/ks
Teoretická dostupnost zařízení	660 min/směnu
Reálná dostupnost zařízení (57%)	376,2 min/směnu
Teoretický výkon zařízení	5,6 ks/směnu
Reálný výkon zařízení	3,2 ks/směnu
Počet kvalitních výrobků	3 ks/3,2 ks/směnu
Dostupnost zařízení	57%
Výkon zařízení	57%
Kvalita zařízení	94%

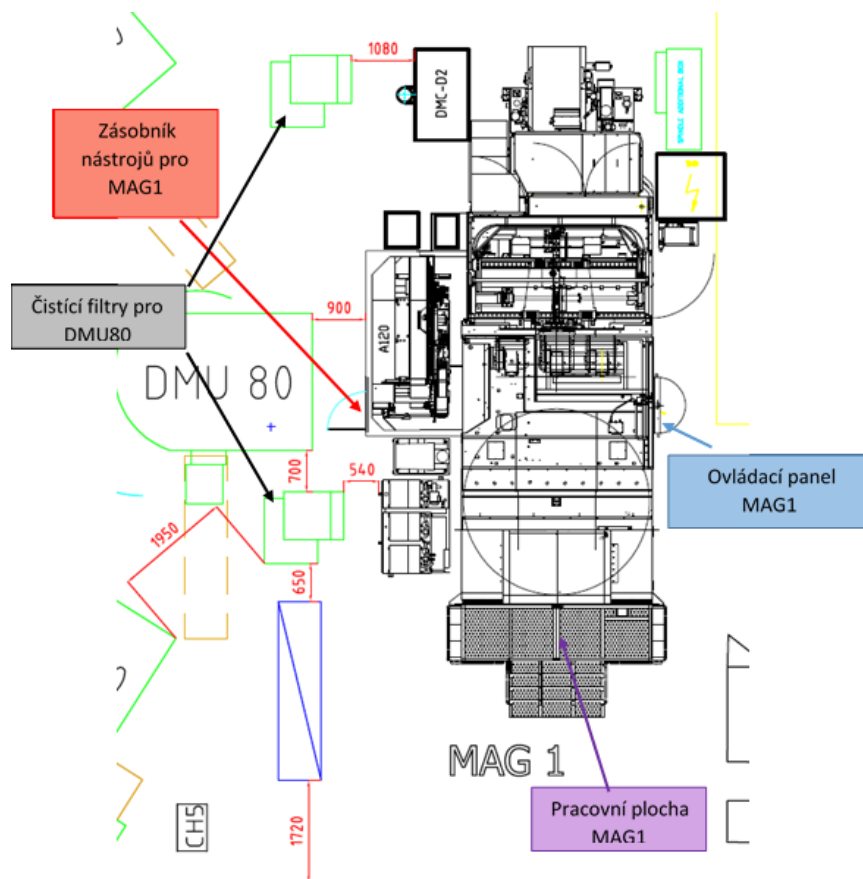
$$OEE = 0,57 * 0,57 * 0,94$$

$$OEE = 0,305$$

Za předpokladu průměrných naměřených hodnot a za současného stavu využití stroje, stroj Makino vykazuje efektivitu pouhých **30%**.

## 7.5 Analýza pohybu během výměny obráběcích nástrojů

S každou novou zakázkou je nutné vyměnit obráběcí nástroje v zásobníku, který se nachází v zadní části stroje. Počet nástrojů pro jednotlivé díly se různě liší a je závislý na složitosti obrobku. Následující obr. 13 zobrazuje prostorové uspořádání pracoviště včetně rozměrů pracovní plochy.



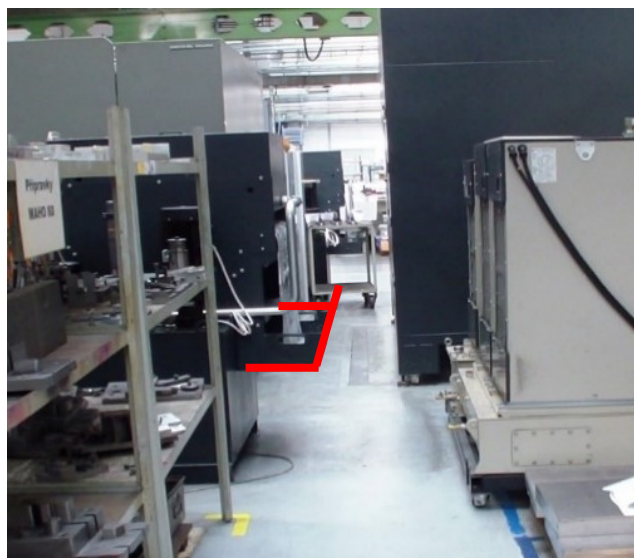
Obr. 13: Uspořádání pracoviště MAG1  
(interní zdroj - vlastní zpracování)

Šířka nejúžší uličky je 54 cm a šířka vozíku s nástroji je 60 cm. Vzhledem k pracovnímu prostoru není možné si vozík s nástroji dovézt přímo před zásobník. Nelze si tak nevšimnout, že se operátoři při výměně nástrojů velmi nachodí. Postavení tohoto stroje a sousedních strojů, neumožňuje operátorům standardní, bezpečnou a rychlou výměnu nástrojů.

Tato činnost není nijak standardizována a není přesný popis, jak ji provádět. Operátor má tedy více možností, jakým způsobem nástroje vymění. Na tomto pracovišti se nepravidelně střídají dva operátoři a každý z operátorů si volí jinou variantu způsobu výměny nástrojů, která je, pro něj osobně, pohodlnější.

Operátor č. 1 volí variantu, při které si vozík s nástroji nechá před strojem a po jednom kusu nástroje postupně vyměňuje. Z důvodu častého zastavení pracovní plochy paletami, si operátor č. 1 nemůže převést vozík blíž k zásobníku. Vozík zůstane před strojem připravený na odvoz pracovníky z nástrojárny. Tato varianta není příliš vhodná z několika důvodů.

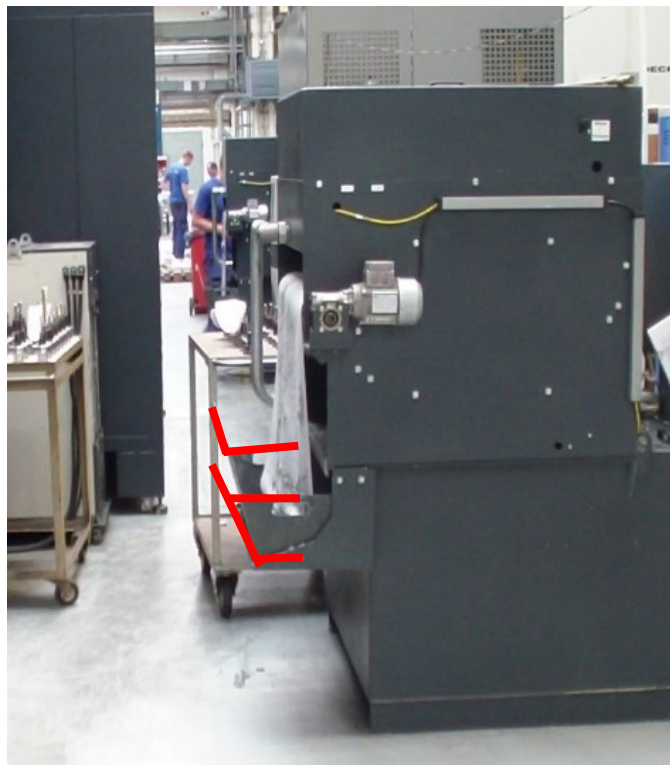
1. Zbytečná chůze – operátor musí udělat cca 13 kroků k zásobníku, které ujde za přibližně 8 sekund. Samotná výměna nástroje trvá asi 24 sekund a cesta zpět je dalších 8 vteřin pro další nástroj. Pokud do tohoto procesu zapojíme vyjmutí původního nástroje a vložení nového, pak tento jeden úkon- vyměnění jednoho nástroje, průměrně trvá 40 sekund, včetně chůze. Při průměrném počtu 13,5 nástrojů, které je potřeba s každou zakázkou vyměnit, pak celá výměna nástrojů trvá 9 min, včetně chůze a času potřebného na přípravu jako na např. čtení průvodky, čtení pozice nástrojů apod.
2. Riziko chyby - Během cesty k zásobníku si operátor musí pamatovat pozici, na kterou má příslušný nástroj uložit. V tomto případě je zde riziko, že operátor pozici zapomene a bude se muset vracet, nebo se splete a uloží nástroj na špatnou pozici, což způsobí neshodu výrobku.
3. Bezpečnost a ergonomie – V cestě k zásobníku stojí nevhodně vysunutý filtr od sousedního obráběcího stroje. Zásobník má ostré rohy a obsluha se mu musí vyhýbat, viz obr. 14. Ulička je dostatečně široká, aby člověk prošel, ale musí dbát zvýšené opatrnosti. Pracovník zároveň často musí překračovat palety.



Obr. 14: Čisticí filtr od stroje DMU 80 – ulička, kterou musí operátor č. 1, projít při výměně nástrojů (interní zdroj)

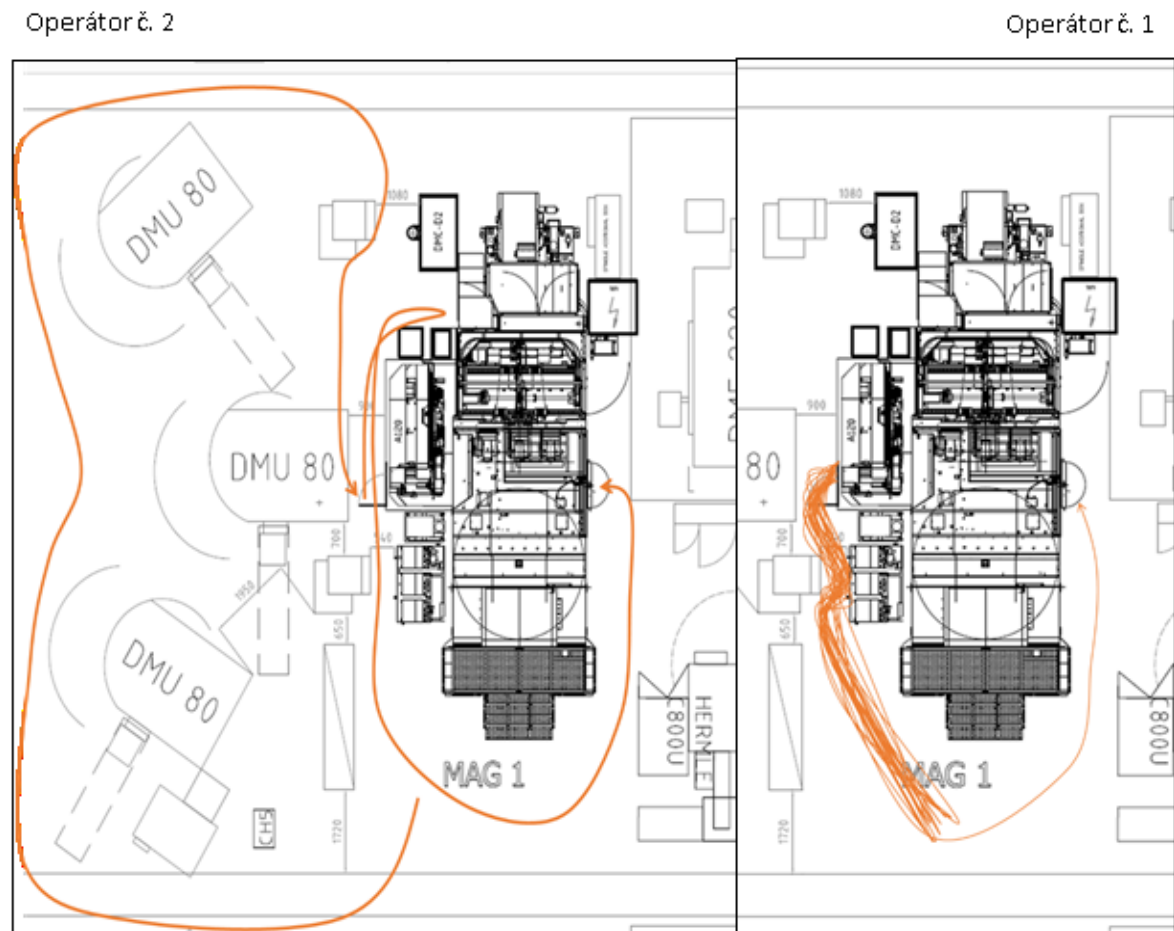
Operátor č. 2 volí rychlejší variantu, kdy si vozík převezme přes jiné pracoviště k zadní části stroje a tím si může vozík přivést až k zásobníku. Po vyjmutí a vložení nástrojů vozík nechá v zadní části a uklidí jej až ve „volném čase“ během obrábění. Tato možnost je podstatně rychlejší, ale nelze říct, že by byla optimální.

1. Zbytečná chůze – Pracovník musí ujít 50 kroků k zásobníku a vyměnit nástroje. Tento počet kroků je podstatně menší, ale stále je zbytečně vysoký. Výměna nástrojů v případě varianty č. 2 pak průměrně trvá 7 minut a 42 sekund, včetně chůze a času potřebného na přípravu.
2. Svou přítomností ruší ostatní operátory na vedlejším pracovišti.
3. Bezpečnost a ergonomie – I při této variantě výměny nástrojů stojí v cestě filtr od sousedního stroje. Operátor se této překážce musí vyhnout pouze jednou a je zde i více prostoru pro pohyb, ale stále je zde riziko úrazu, viz obr. 15.



*Obr. 15: Čistící filtr od stroje DMU 80 – Ulička, kterou musí operátor č. 2, projít při výměně nástrojů (interní zdroj)*

Pro větší přehlednost a představu, obr. 16, pomocí Spaghetti diagramu zobrazuje cestu, kterou musí operátor ujit při výměně nástrojů a její zbytečnou složitost. Zároveň porovnává obě varianty.



Obr. 16: Spaghetti diagram – pohyb pracovníků při výměně nástrojů (vlastní zpracování)

### 7.5.1 Měření

Pro každou variantu bylo provedeno 5 náměrů, celkem tedy 10 náměrů. Zakázky byly vybírány na základě podobnosti dílů. Každý náměr zahrnuje čas na vyjmutí původního nástroje, vložení nového nástroje, strojní čas pro otočení zásobníku a, v případě operátora č. 1, čas na chůzi k zásobníku. Část chůze operátora č. 1 se kryje s procesním časem zásobníku, a proto v tabulce není uveden.

Každá zakázka vyžaduje různý počet vyjmutých a vložených nástrojů. Následující tab. 9 zobrazuje průměrný čas na výměnu 1 ks nástroje a počet nástrojů (vyjmutých i vložených) v jedné zakázce.

Tab. 9: Provedné náměry při výměně obráběcích nástrojů (vlastní zpracování)

číslo náměru	Čas ruční	Čas strojní	Čas chůze	Počet nástrojů	Výměna 1ks nástroje
1. náměr	0:00:24	0	0:00:16	13	0:00:40
2. náměr	0:00:25	0	0:00:18	14	0:00:43
3. náměr	0:00:23	0	0:00:14	13	0:00:37
4. náměr	0:00:24	0	0:00:17	12	0:00:41
5. náměr	0:00:23	0	0:00:16	16	0:00:39
6. náměr	0:00:22	0:00:10	0	13	0:00:32
7. náměr	0:00:21	0:00:10	0	16	0:00:31
8. náměr	0:00:20	0:00:10	0	12	0:00:30
9. náměr	0:00:23	0:00:10	0	13	0:00:33
10. náměr	0:00:23	0:00:10	0	13	0:00:33

Všechny časy byly rozděleny pro oba operátory zvlášť a zprůměrovány. Taktéž byl zprůměrován počet nástrojů. Průměrná doba trvání činnosti výměny nástrojů byla vypočítána součinem průměrného času na 1ks nástroje (zahrnuje vyjmutí a vložení nástroje) a průměrným počtem nástrojů. U operátora č. 2 byl navíc přičten čas 30 sekund, který odpovídá dovezením vozíku s nástroji před zásobník přes vedlejší pracoviště. Výsledné informace zobrazuje tab. 10.

Tab. 10: Výsledná data (vlastní zpracování)

	Průměrný čas na 1 nástroj	Průměrný počet nástrojů	Průměrná doba trvání, činnosti výměny nástrojů
Operátor č. 1	0:00:40	13,5	0:09:00
Operátor č. 2	0:00:32	13,5	0:07:42

Z výsledku je zřejmé, že operátor č. 1 vyměňuje nástroj o 8 sekund déle, což v konečném výsledku při průměrných 13,5 nástrojů činí o 1,2 minuty déle. Kdyby však operátor č. 2 nemusel chodit s vozíkem přes sousední pracoviště, jeho čas výměny by byl ještě o 30 sekund kratší.

## 7.6 Shrnutí analytické části projektu

Při podrobné analýze pracoviště bylo odhaleno několik nedostatků z hlediska efektivity a bezpečnosti práce.

1. **Zvýšená fyzická zátěž** - Vzhledem k výrobnímu procesu operátor musí několikrát během výroby přejít z místa na místo za využití schodiště. Průměrně tak 6krát vyjde a sejde schodiště vedoucí k upínací věži (výška schodu 5x 23 cm) a 5krát vyjde a sejde schodiště vedoucí k panelu stroje (výška schodu 4x 25 cm). Na tomto pracovišti byl také objeven nedostatek, z hlediska bezpečnosti, při měření otvorů. Pracovník po vypnutí stroje vstoupí na nakloněnou rovinu v kabině stroje. Tento prostor je velmi kluzký a nejsou zaručené stabilní podmínky pro práci.
2. **Chybějící upínací věž** - Stroj MAG1 je zkonstruován jako karusel, který má na každé polovině otočného stolu jednu upínací věž. Díky tomuto konstrukčnímu řešení lze na stroji pracovat velmi efektivně a bez zbytečných časových prodlev z důvodu výměny obráběných výrobků, či přetypování na jinou dávku. V současné době, společnost vlastní pouze jednu upínací věž. Výrobní potenciál tohoto stroje je tak zcela nevyužitý.  
Průměrně 30% výrobního času operátor stráví přetypováním nebo jinou neefektivní činností, kterou by mohl vykonávat za chodu stroje v případě dvou upínacích věží.
3. **Prostorové uspořádání pracoviště v místě výměny nástrojů** - Výměna nástrojů je častou činností ve výrobním procesu. Vzhledem k prostorovému uspořádání pracoviště není možné plynule, bez zbytečných časových prodlev, nástroje vyměnit. Operátoři si tak volí různé varianty pro vykonání této činnosti. Navíc při obou možnostech výměny je zvýšené riziko úrazu.



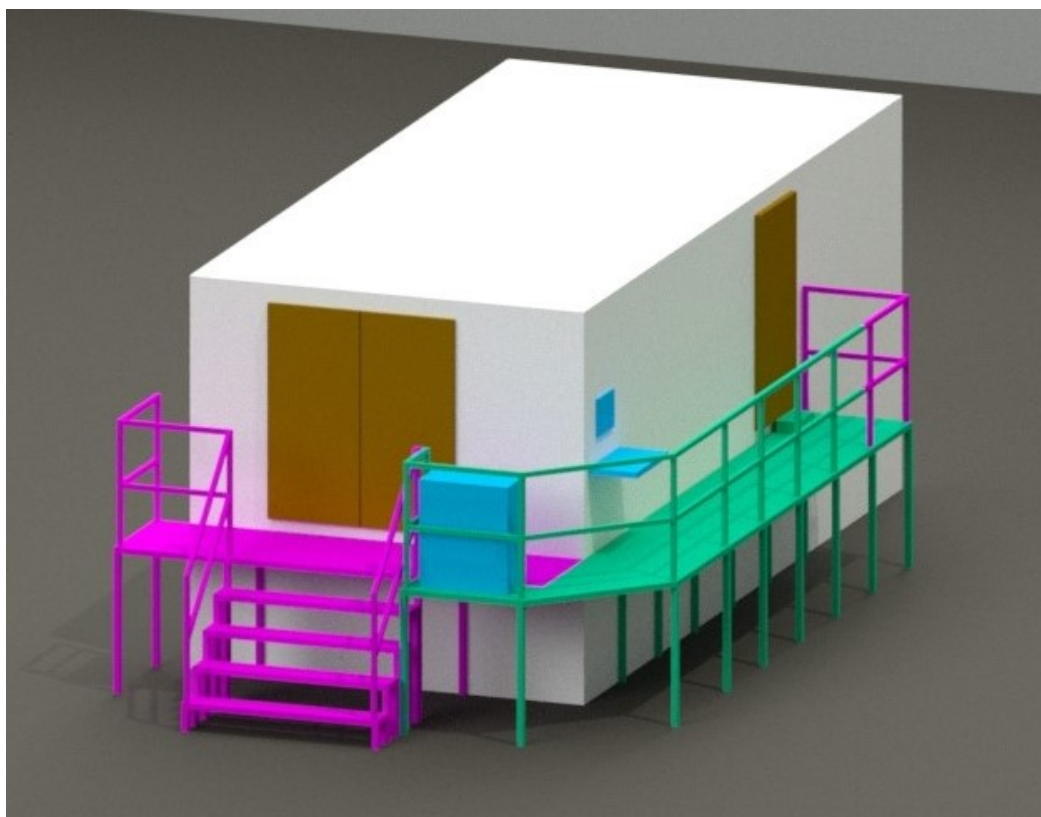
## 8 NÁVRH VHODNÝCH MOŽNOSTÍ RACIONALIZACE PRACOVÍŠTĚ

Na základě analýz z předchozí kapitoly, byly vypracovány návrhy na racionalizaci zkoumaného pracoviště.

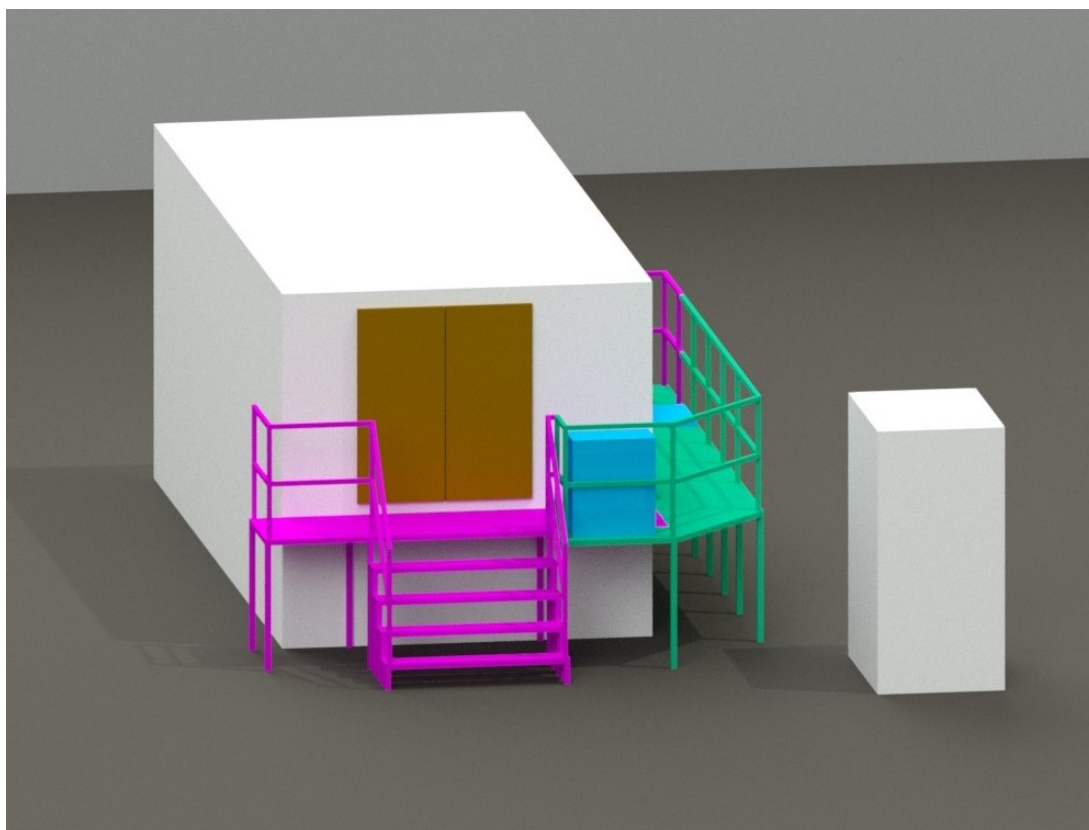
### 8.1 Návrh č. 1: Zlepšení ergonomických podmínek na pracovišti

Pro zmírnění fyzické zátěže způsobené nadměrnou chůzí po nestandardním schodišti, navrhuji konstrukční řešení, které zlepší pracovní podmínky operátorům.

Podstatou návrhu je vytvoření ochozu, spojující obě přístupová schodiště. Tímto spojením by došlo k omezenému přístupu ke stolnímu počítači, který operátor využívá ke každodenní práci. Z tohoto důvodu je potřeba počítač přemístit na ochoz. Jak lze vidět na modelu, viz obr. 17 a 18, je zajištěn bezpečný průchod na plošině. V případě potřeby použití počítače, si operátor snadno připraví prostor pro práci vysunutím pracovní desky a sedací stoličky.



Obr. 17: Model pracoviště s ochozem (vlastní zpracování)



*Obr. 18: Model pracoviště s ochozem – pohled na průchod mezi sousedním strojem (vlastní zpracování)*

### **Ochoz na stroji**

Vzhledem k tomu, že původní přední a boční schodiště mají odlišnou výšku, musí dojít ke zvýšení boční rampy, aby nově vytvořený ochoz nezahrnoval schůdek vyrovnávající výškový rozdíl. Pro snížení materiálních nákladů bude částečně použita původní konstrukce. Vytvoří se nová konstrukce, která rampu podepře, ale samotná rampa i se zábradlím se ponechá.

Návrh zahrnuje i změnu umístění plechového boxu, který by na původním místě zamezil průchodu po ochozu. Úložný box bude přemístěn na nově vytvořenou plošinu na přední rampě, přičemž se změní směr otvírání zásuvek. Operátor nemá zásuvky po pravém boku, ale nyní je má za zády. Box má menší rozměry, jelikož nebyla plně využita jeho prostorová kapacita. Rozměry boxu jsou nyní 700 x 400 x 1010 mm. Vybavení boxu se nijak nezměnilo, jelikož operátor všechno uložené nářadí potřebuje ke každodenní činnosti. Změnilo se pouze rozmístění v zásuvkách tak, aby byla plně využita prostorová kapacita boxu. Nová struktura zásuvek je zobrazena na obr. 19.



*Obr. 19: Obsah nového úložného boxu (interní zdroj)*

Pro umístění boxu nebyl použit prostor na levé straně vzhledem ke vstupu do kabiny stroje, protože tento prostor je operátory využíván jako tzv. přípravné pracoviště, kam si pracovníci odkládají buď hotové desky, které uklidí až po upnutí desky a zapnutí stroje nebo si zde během obrábění připraví desky nové, čekající na upnutí.

Šířka ochozu je dostatečně široká pro pohodlný a bezpečný pohyb. Tímto konstrukčním řešením se zmenší ulička rozdělující Makino a stroj DMU 80 z pravé strany. I v tomto případě však zůstane dostatečný prostor pro bezpečný průchod mezi pracovišti. V případě velkého nepohodlí pracovníků, je zde možnost DMU 80 posunout až o 30cm, aniž by došlo k omezení pracovního prostoru, pro operátory z DMU 80. Tento posun by ani neznamenal vysoké finanční náklady.

### **Přemístěné pracoviště pro práci na PC na ochozu**

Monitor je připevněn na stěně stroje na polohovatelné liště, aby si pracovník mohl dle potřeb nastavit výšku monitoru. Lze tak na počítači pracovat jak při práci vstoje, tak při práci vsedě, dle potřeb operátora. Posuvná lišta pro monitor je současně připevněna na otočném rameni, aby bylo možné monitor vychýlit za roh na přední rampu stroje. Tím se usnadní

a urychlí práce při přetypování. Operátor má technickou dokumentaci a informace nutné k přetypování uložené v tomto počítači. Tímto řešením operátor nemusí zbytečně chodit k počítači, aby se podíval nebo ujistil o nastavení upínací věže.

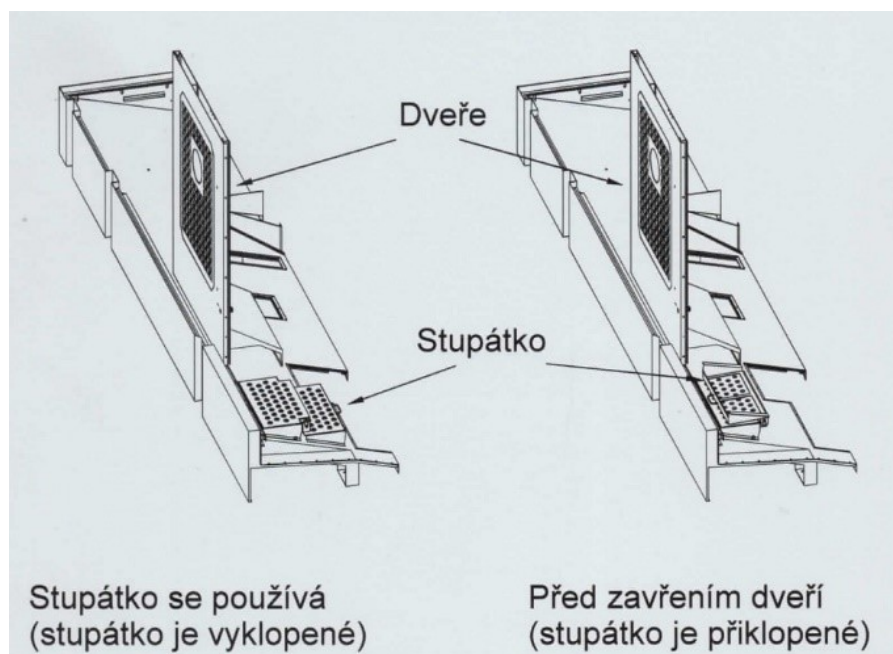
Stůl je také připevněn na stěně stroje, přičemž jej lze nastavit do svislé nebo vodorovné polohy.

Jsou zde zohledněny ergonomické a bezpečnostní požadavky. Všechny části pracoviště pro práci na PC (výška monitoru, pracovní desky, stoličky) jsou snadno nastavitelné pro individuální potřeby pracovníka.

V příloze P II je znázorněn půdorys pracoviště v budoucím stavu.

### Bezpečnostní stupátko

Pro zamezení úrazu z důvodu pádu po kluzké nakloněné rovině při měření otvorů v kabině stroje, navrhuji investici do bezpečnostních schůdků, viz obr. 20. Tyto schůdky jsou součástí doplňků, které lze ke stroji zakoupit. Není zde třeba žádných konstrukčních návrhů, protože jsou jednoduše v nabídkovém portfoliu firmy Makino. Schůdky zajistí stabilitu pracovníka, který tak může bez vyššího rizika provádět předepsanou práci.



Obr. 20: Bezpečnostní stupátko na MAG1 (interní zdroj)

### 8.1.1 Přínosy návrhu č. 1: Zlepšení ergonomických podmínek na pracovišti

Hlavním přínosem konstrukce spojující obě přístupová schodiště je zmírnění fyzické zátěže operátora. Sníží se počet absolvovaných cest po těchto schodištích, jejichž výškový stupeň se od standardního liší až o 8 cm. Operátor bude muset sejít schodiště pouze v případě upínání nové desky na věž. Díky tomuto opatření se sníží okamžitá únava pracovníka a zároveň to má vliv na jeho dlouhodobé zdraví a zatížení pohybového aparátu. Dalším významným přínosem této plošiny, je zkrácení doby přesunu operátora od upínací věže k panelu (a obráceně) téměř o polovinu. Z průměrných 5 minut a 41 sekund, by operátor strávil chůzí pouze 3 minuty na výrobu jednoho výrobku

Bezpečnostní stupátko zajistí stabilitu pracovníka během měření a pobytu uvnitř kabiny. Zamezí se tak možnému pádu a případnému zranění.

### 8.2 Návrh č. 2: Nový layout pracoviště

Pro odstranění plýtvání času způsobené chůzí operátorů při výměně nástrojů, byl navržen nový layout pracoviště, viz obr. 21, který vyřeší problémy obou variant způsobu výměny nástrojů. Větší rozlišení layoutu je v příloze P III.

Při této změně bude možné převézt vozík s nástroji přímo před zásobník nejkratší možnou cestou. Celá změna spočívá v posunu filtrů od sousedního pracoviště a posunu regálu pro nástroje, náradí a přípravky. Šipkami jsou tyto posuny znázorněny v obr. 21. Jsou zde také viditelné změny šířek uliček, kterými pracovníci chodí.

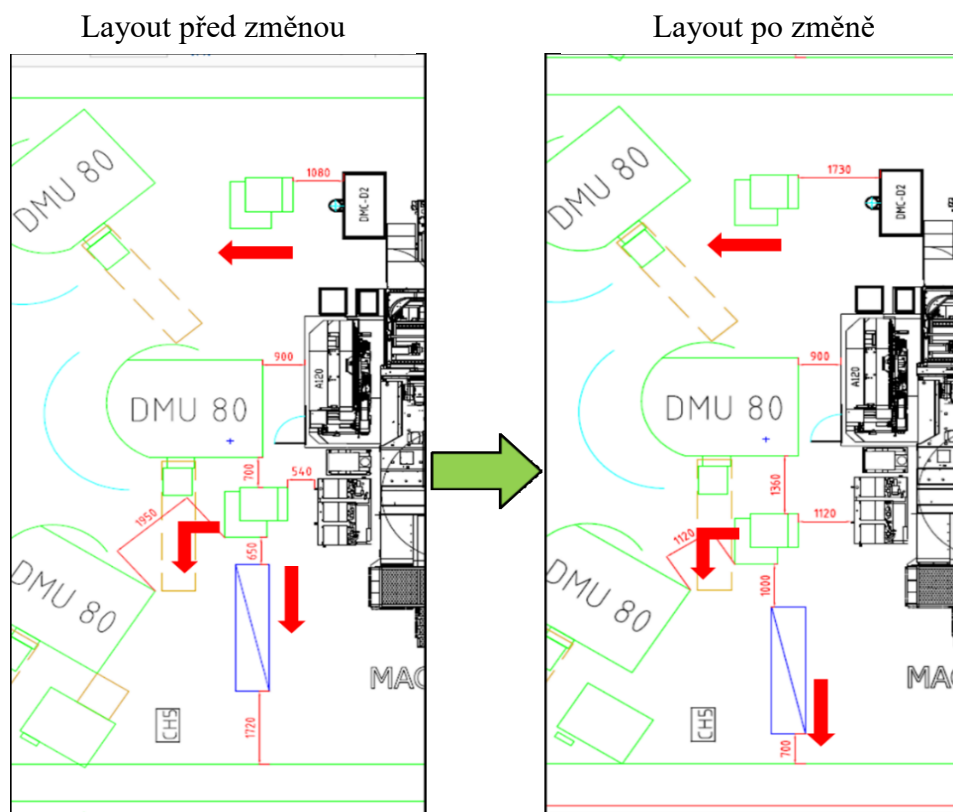
Tyto změny žádným způsobem neovlivní každodenní práci a pohyb pracovníků ze sousedního pracoviště na DMU 80.

Posunutím regálu o 1,2 metru blíže k cestě, vznikne větší prostor pro průchod mezi pracovišti o 450 mm. Touto uličkou obsluha z MAG1 chodí pro hadici s chladicí kapalinou, která visí na sloupu CH5 a touto změnou se mu opět rozšíří pracovní prostor.

Posunutím prvního filtru vznikne sice užší ulička, kterou chodí pracovníci ze sousedního pracoviště do regálu pro nástroje, ale tato ulička stále zůstane dostatečně široká pro hladký a bezpečný průchod. Posun nebude omezovat ani dopravník z DMU 80. Znatelně se rozšíří nejužší prostor mezi tímto filtrem a Mकिनem a to o necelých 60 cm. Vznikne tak dostatečný prostor pro pohyb i s širším vozíkem. Zároveň se tím eliminuje i riziko úrazu.

Posun zadního filtru žádným způsobem neovlivní ostatní operátory, ale rozšíří se tím pracovní prostor pro obsluhu na Makinu. Větší prostor v této oblasti ocení i pracovníci údržby, jelikož v těchto místech se nachází přístup k hadicím a elektrickým rozvaděčům vedoucích do stroje. Tato změna také zlepšuje celkový pohled na pracoviště z důvodu bezpečnosti.

Nový layout umožňuje operátorům nejrychlejší způsob provedení výměny nástrojů, který je zároveň bezpečný.



Obr. 21: Návrh na nový layout pracoviště MAG1 (vlastní zpracování)

Aby výměna nástrojů byla opravdu efektivní, je nutné vytvořit standard a popis výměny nástrojů. Takovým standardem se zamezí tomu, aby operátoři tuto činnost prováděli různými způsoby. Je nutné definovat proces od samotného počátku, tedy již v nástrojárně.

Navrhují vytvořit pracovní instrukci, která bude definovat místo uložení stolku s nástroji nástrojářem, přesný popis činnosti a následné uložení stolku s nástroji operátorem. Pro tento proces je taktéž nezbytné dodržovat prostor pracoviště, to znamená, aby pracovníci logistiky respektovali vyhrazené hranice pracoviště a nevkládali vstupní materiál na místo určené pro chůzi. Tento problém je přiblížen v kapitole č. 10.

### 8.2.1 Přínosy návrhu č. 2: Nový layout pracoviště

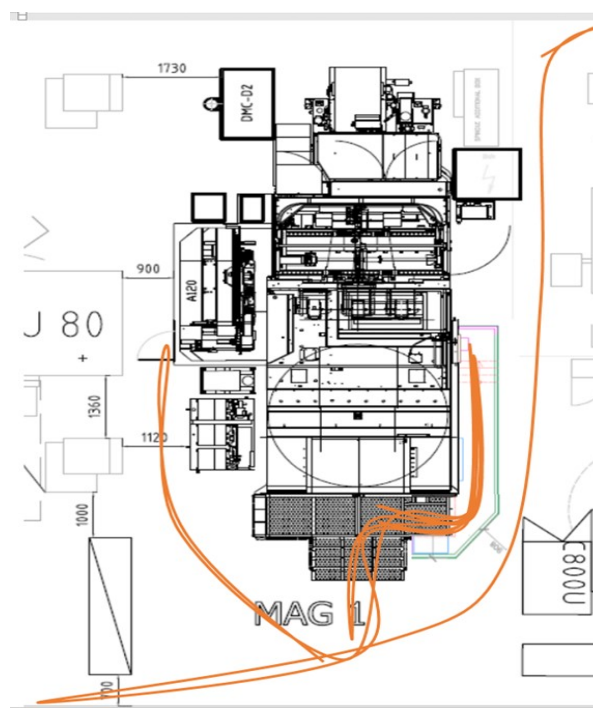
Změna layoutu analyzovaného pracoviště dle návrhu přispěje v několika směrech.

- Tento návrh zlepší prostorové a bezpečnostní podmínky pro pracovníky při vykonávání jejich práce.
- Poklesne zatížení a únava pracovníka způsobená nadměrnou chůzí.
- Díky tomuto opatření se výrazně zamezí možnosti chybného založení nástroje z důvodu chyby operátora, např. že zapomněl či si spletl správnou pozici v zásobníku. Špatně založený nástroj může způsobit už neopravitelné neshody.

Hlavním přínosem z produktivního hlediska je zkrácení průběžné doby při výměně nástrojů. Při průměrném počtu 13,5 kusu, se z průměrných 8 minut a 21 sekund, zkrátí čas na pouhých 7 minut 12 sekund, včetně přípravy a bez rizika špatného uložení nástroje do zásobníku.

Tato změna layoutu představuje pro operátory i větší komfort při práci. Uličky se podstatně rozšíří a pracovníci se nebudou muset vyhýbat ostrým hranám filtru, které nyní vyčnívají do uličky. Díky posunu sousedních filtrů se výrazně sníží riziko pracovního úrazu. Přínosem je také fakt, že by změna nebyla výrazně finančně ani časově náročná.

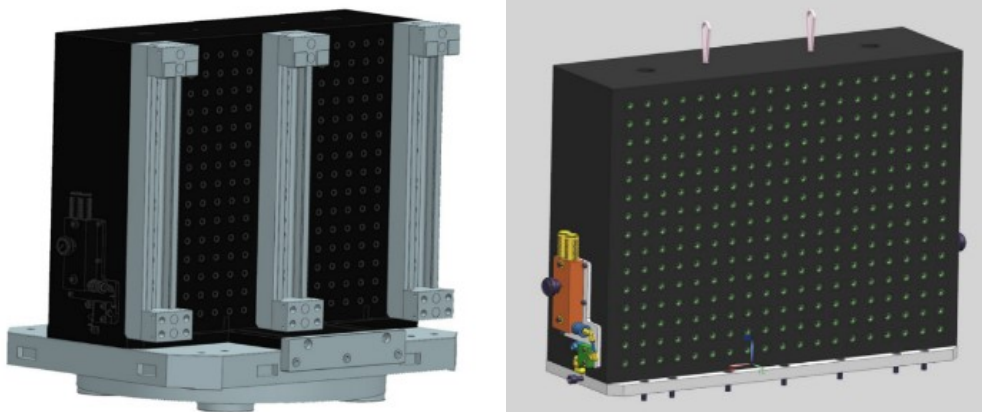
Následující spaghetti diagram (obr. 22) zobrazuje změnu délky a struktury trasy, kterou operátor ujde při výrobě jednoho kusu výrobku. Jsou zde zohledněny návrhy č. 1 a č. 2.



Obr. 22: Spaghetti diagram po zavedení návrhu č.1 a č. 2 (vlastní zpracování)

### 8.3 Návrh č. 3: Koupě druhé upínací věže

Již z podstaty fungování a konstrukčního řešení Makina je na první pohled patrné, že absence druhé upínací věže je značný problém. Dochází k velkému plýtvání časem při přetypování, což způsobuje nízkou efektivitu stroje, protože pracuje jen na 50% svých možností. Doporučuji co nejdříve zainvestovat do koupi druhé upínací věže.



Obr. 23: Model upínací věže - přední a zadní strana (interní zdroj)

#### 8.3.1 Výpočet množství upínacích věží

Pro potvrzení nutnosti investice do nové upínací věže byl proveden matematický výpočet potřebného množství upínacích věží. Pro potřeby této práce byl použit obecný vzorec pro výpočet množství potřebných strojů. (Lorenc.info, © 2007 - 2013)

Pro výpočet potřebného množství upínacích věží byly použity následující vzorce:

1. Výpočet normy strojní pracnosti = 
$$\text{Kusový čas} + \frac{\text{čas na seřízení stroje}}{\text{Velikost dávky}}$$
2. Výpočet využitelného čas. fondu 1 stroje = 
$$\text{Časové možnosti} * \text{počet směn} * \text{délka směny}$$
3. Výpočet potřebného počtu upínacích věží
  - a. Potřebná kapacita = 
$$\text{Roční produkce} * \text{norma strojní pracnosti}$$
  - b. Počet upínacích věží = 
$$\frac{\text{Potřebná kapacita}}{\text{Využitelný časový fond}}$$



K dispozici jsou všechny potřebné informace:

Roční produkce pracoviště	4200	ks
Velikost průměrné dávky	7	ks
Čas seřízení stroje po výrobě 1 dávky	37	min
Průměrný kusový čas	112	min
Počet pracovních dnů v roce	350	dnů
Celozávodní dovolená (pouze pracovní dny)	14	dnů
Plánovaný čas opravy jednoho stroje za rok	12	dnů
Počet směn	1	směna
Délka jedné směny (počet hodin využitelného času)	11	hod

1. Výpočet normy strojní pracnosti =  $112 + \frac{37}{7} = 117 \text{ min/kus}$
2. Výpočet využitelného časového fondu jednoho stroje =  $(350 - 14 - 12) * 11 = 3\,564 \text{ hod}$
3. Výpočet potřebného počtu upínacích věží
  - a. Potřebná kapacita =  $(4\,200 * 117) / 60 = 8\,210 \text{ hod}$
  - b. Počet upínacích věží =  $\frac{8\,210}{3564} = 2,3036 \text{ strojů (upínacích věží)}$

Na základě výpočtu lze potvrdit, že aby společnost byla schopna vyrobit plánované množství výrobků na tomto pracovišti, je nezbytné vynaložit investici na koupi druhé upínací věže.

### 8.3.2 Zvýšení kapacity stroje

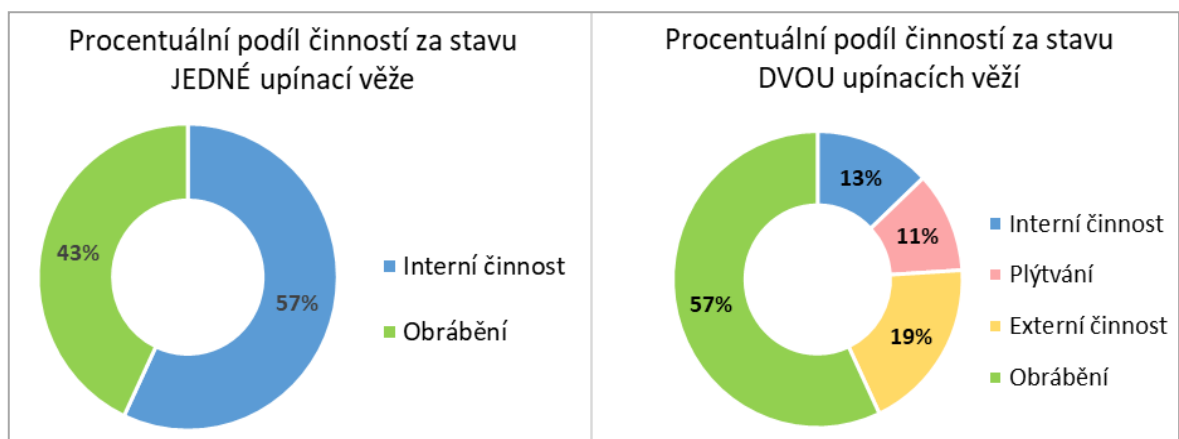
Při projektu zvýšení kapacity stroje MAG1, který operuje se dvěma upínacími věžemi, lze činnosti rozdělit do 2 skupin – externí a interní činnosti:

Interní činnosti - nelze provádět za chodu stroje bez ohledu na počet upínacích věží.

- výměna nástrojů a zadávání korekcí
- programování
- obrábění

Externí činnosti (přetypování) - lze provádět za chodu stroje, který současně obrábí obrobek upnutý na jedné upínací věži.

- přivolání jeřábu
- upnutí do svěráku
- 1. upnutí a 2. upnutí
- sundání desky
- čištění
- odnos obrobku k zámečnickovi/ na Opton



Graf 2: Procentuální poměr činností (vlastní zpracování)

Převodem některých činností do externí skupiny se procento interních činností snížilo o 19%. Z pohledu vytíženosti stroje se odbouralo i plýtvání časem způsobené chůzí o dalších 11%. Z pohledu efektivity práce pracovníka se stále jedná o plýtvání a je třeba tento problém dále analyzovat a usilovat o jeho odbourání nebo alespoň snížení. Graf 2 zobrazuje procentuální podíl činností po instalaci 2. upínací věže. Neuvažuje se zde žádné jiné zlepšení, pouze samotná instalace věže.

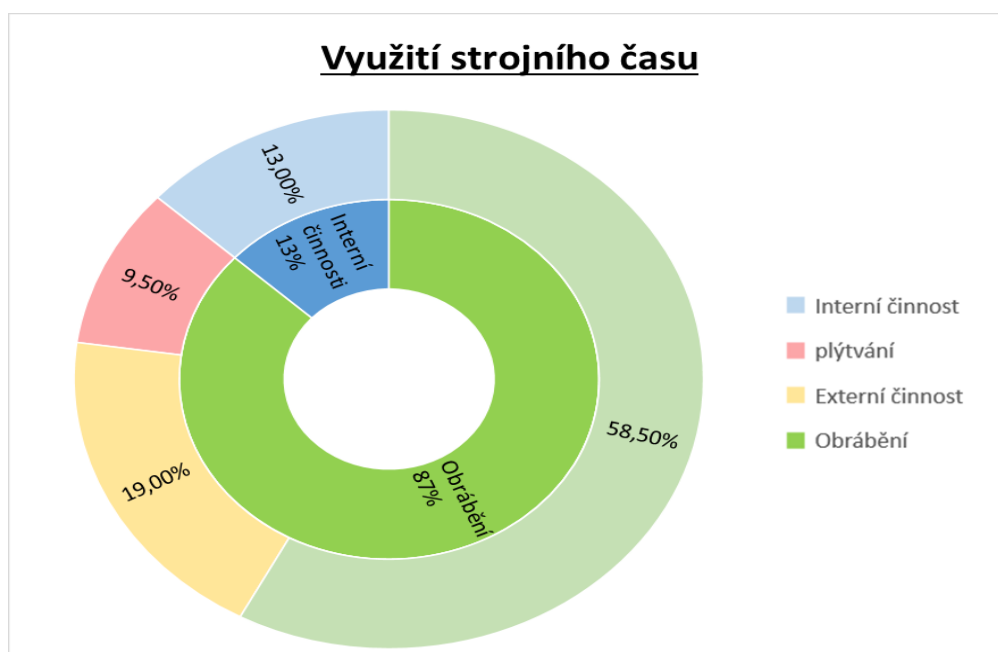
Po realizaci výše uvedených návrhů tj. instalace ochozu, změna layoutu pracoviště a koupě druhé upínací věže, dojde k úspoře času především v podobě zbytečné chůze.

Následující tab. 11 zobrazuje procentuální změnu ve spotřebě času pro jednotlivé činnosti. Tab. 11 poskytuje přehlednost a zároveň porovnává současný a budoucí stav, po zavedení návrhů

Tab. 11: Porovnání spotřeby času na jednotlivých činnostech (vlastní zpracování)

Druh činnosti	Činnost	Současný stav		Budoucí stav	
		Průměrná doba trvání dané činnosti [hh:mm:ss]	% podíl	Průměrná doba trvání dané činnosti [hh:mm:ss]	% podíl
	<b>Celkový součet</b>	<b>3:17:29</b>	<b>100,00%</b>	<b>3:13:38</b>	<b>100,00%</b>
Interní činnosti	Zadávání korekcí	0:06:56	3,51%	0:06:56	3,58%
	Ostatní nutné činnosti	0:00:48	0,40%	0:00:48	0,41%
	Programování	0:10:45	5,44%	0:10:45	5,55%
	Výměna nástrojů	0:08:21	4,23%	0:07:12	3,72%
Obrábění	Chůze	0:05:41	2,88%	0:03:00	1,55%
	Chůze na opton	0:12:39	6,40%	0:12:39	6,53%
	Chůze pro nástroj	0:03:16	1,65%	0:03:16	1,69%
	Přetypování	0:36:49	18,64%	0:36:49	19,01%
	Obrábění	1:52:14	56,83%	1:52:14	57,96%

Tabulka byla převedena do grafické podoby, viz graf 3, kde je patrné rozdělení činností podle jejich druhu a celkové využití strojního času.



Graf 3: Procentuální využití strojního času (vlastní zpracování)

**OEE po instalaci druhé upínací věže**

Jednotkový čas	112 min/ks
Přetypování	37 min/dávku
Dávka	7 ks
Čas na přetypování na 1 kus	5,2 min/ks
Teoretická dostupnost zařízení	660 min/směnu
Reálná dostupnost zařízení (87%)	574 min/směnu
Teoretický výkon zařízení	5,6 ks/směnu
Reálný výkon zařízení	4,9 ks/směnu
Počet kvalitních výrobků	4,6 ks z 4,9 ks/směnu
Dostupnost zařízení	<b>87%</b>
Výkon zařízení	87%
Kvalita zařízení	94%

$$OEE = 0,87 * 0,87 * 0,94$$

$$OEE = 0,711$$

Za předpokladu 2 upínacích věží se efektivita zvýšila z **30%**, na **71%**. Přičemž procento vyrobených výrobků se zvýšilo o **65%**.

### Výpočet nákladů na provoz pracoviště

Jednoduchý průměrný propočet nákladů na provoz pracoviště je zobrazen v následující tabulce. Ve výpočtech se pracuje s údaji:

- 11 hodinová směna (+1 hodina na přestávku)
- 7 pracovních dní v týdnu
- 30 pracovních dnů v měsíci
- 350 pracovních dnů v roce
- hodinová sazba na stroj je 1 000,3 Kč, na 1 pracovníka činí 449 Kč
- Ve výpočtu nejsou zahrnuty pravidelné údržby stroje, prostoje z důvodu náhlých poruch apod.

Tab. 12: Výpočet průměrných nákladů na pracoviště s jednou upínací věží (vlastní zpracování)

Průměrné náklady na provoz pracoviště v současném stavu						
Čas trvání 1 směny	11:00:00	100%	hod	Kč / směna	Kč / měsíc	Kč / rok
Interní čas	4:43:48	43%	4,73	6 855,19	205 655,67	2 399 316,15
Obrábění	6:16:12	57%	6,27	9 087,11	272 613,33	3 180 488,85
Náklady celkem				15 942,30	478 269,00	5 579 805,00

Za současné situace je nutné, a to jak pro interní čas, tak pro čas obrábění, počítat s hodinovou sazbou na stroj i na pracovníka. V interním čase nepracuje stroj a během obrábění nepracuje pracovník. Náklady na provoz celého pracoviště jsou tedy 1 449 Kč/hod. bez ohledu na to, jak je tento čas využit. Celkové roční odhadované náklady na pracoviště činí **5 579 805 Kč**.

Po instalaci druhé věže průměrné plánované náklady na pracoviště klesnou o více jak 500 000 Kč. Zároveň se výrazně změní využitelnost časového fondu. Při dvou věžích lze externí činnosti provádět za chodu stroje, čímž se zvýší využitelný čas pro obrábění.

Tab. 13: Výpočet průměrných nákladů na pracoviště MAG1 - 2 upínací věže (vlastní zpracování)

Průměrné náklady na provoz pracoviště v budoucím stavu (2 upínací věže)						
Čas trvání 1 směny	11:00:00	100%	hod	Kč / směna	Kč / měsíc	Kč / rok
Interní čas	1:25:48	13%	1,43	2 072,50	62 174,97	725 374,65
Externí čas	3:18:00	30%	3,30	1 481,70	44 451,00	518 595,00
Obrábění	9:34:12	87%	9,57	12 388,10	371 643,03	4 335 835,35
Náklady celkem				14 460,60	433 818,00	5 061 210,00

Náklady na externí činnosti nyní obsahují pouze hodinovou sazbu na pracovníka. Tento čas není započítán do celkových součtů, protože jsou prováděny dvě činnosti zároveň. Ačkoliv se náklady na obrábění zvýšily, celkové náklady jsou nižší, protože byly odbourány náklady na plýtvání v podobě externích činností.

Z konečných výsledků vyplývá, že rozdíl ročních nákladů je 518 595 Kč. Interní čas klesl ze 4 hodin a 43minut za směnu na pouhou **1hodinu a 25 minut za směnu**, přičemž vytíženost stroje vzrostla o **41%**.

### **8.3.3 Přínosy návrhu č. 3: Koupě druhé upínací věže**

Hlavním důvodem investování do upínací věže je ekonomický přínos. Efektivita zařízení se zvýší až o **41%**, přičemž náklady na provoz stroje se ročně sníží o 518 595 Kč.

Díky této investici se zvýšila produktivita pracovníka, jelikož si může připravovat další práci již během obrábění.

Koupí druhé upínací věže také klesly roční náklady na toto pracoviště, zároveň počet vyrobených dílů vzrostl o 65%.

## 9 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ

V této části práce bude představeno celkové zhodnocení všech návrhů na racionalizaci daného pracoviště. Hodnocení je vyjádřeno z pohledu realizace návrhu, což zahrnuje podmínky pro zpracování, náročnost a možnosti realizace. Druhým faktorem hodnocení bude finanční náročnost, časové a finanční úspory a přínosy. Poslední bod popisuje stanovisko společnosti k jednotlivým návrhům.

### 9.1 Zhodnocení návrhu č. 1 – Zlepšení ergonomických podmínek na pracovišti

#### Realizace návrhu

Vyrobení ochozu, který by spojil obě schodiště, není příliš náročné zrealizovat. Společnost může využít vlastních kapacit z řad konstruktérů, svářečů a dělníků, kteří by spojovací rampu vyrobili. Na realizaci by se podílelo celkem 5 pracovníků z různých oddělení. Kompletní zpracování od konstrukčního návrhu po samotnou instalaci, včetně nákupu vstupního materiálu, by trvalo přibližně 1 měsíc.

Bezpečnostní stupátko je součástí nabídky doplňků pro stroj Makino. Pořizovací cena originálního stupátka z firmy Makino je přibližně 110 000 Kč, včetně dopravy a montáže. Taková cena je pro společnost příliš vysoká a zcela neakceptovatelná. V tomto případě firma může opět využít vlastních pracovních kapacit a stupátko si vyrobit sama.

Za použití pororoštu, který firma nakoupí jako polotovar, lze, podle předlohy stupátka z firmy Makino, jednoduchým svařením zhotovit bezpečnostní stupátko o dvou schodech. Pracovníci údržby poté stupátko přivaří přímo k šikmé stěně v komoře stroje. Tab. 14 zobrazuje potřebný počet pracovníků a časovou náročnost.

Tab. 14: Časový plán pro realizaci návrhu č. 1 (vlastní zpracování)

Ochoz na stroji		
Činnost	Počet pracovníků	Počet dní pro splnění
Konstrukční návrh	1	4
Koupě materiálu	1	20
Výroba	1	2
Instalace	2	1
<b>Celkem</b>	<b>5</b>	<b>27</b>

Bezpečnostní stupátko		
Činnost	Počet pracovníků	Počet dní pro splnění
Konstrukční návrh	1	1
Koupě materiálu	1	10
Výroba	1	1
Instalace	1	1
<b>Celkem</b>	<b>4</b>	<b>13</b>

## Finanční analýza návrhu

### 1. Ochoz na stroji

#### a) Náklady

Náklady na výrobu ochozu zahrnují nakupovaný materiál, finanční prostředky vynaložené na vyplacení mezd pracovníkům za zpracování a realizaci, ale také opotřebení výrobních strojů a spotřebu energie. Celkové náklady na ochoz tak činí 20 000 Kč.

#### b) Úspory

Ochoz vytvoří viditelné úspory především v eliminaci chůze. Z průměrných 5 minut a 41 sekund chůze na výrobu jednoho výrobku, klesne spotřeba času na 3 minuty, což znamená úsporu 2 minut a 41 sekund na jednom výrobku. Podle výrobního plánu na rok 2018 je v plánu vyrobit 4 200 ks výrobků. Úspora za rok činí minimálně 263 718 Kč.

Detailnější finanční analýza je zpracována v tab. 15.

Tab. 15: Finanční analýza – ochoz na stroji (vlastní zpracování)

Spotřeba času na chůzi na výrobu 1ks (původní stav) [mm:ss]	05:41
Spotřeba času na chůzi na výrobu 1ks (nový stav) [mm:ss]	03:00
Úspora času [mm:ss]	02:41
Plánovaná výroba za rok [ks]	4 200
Náklady na pracoviště [Kč/hod]	1 449
Náklady na pracoviště [Kč/min]	24,15
<b>Celková úspora [Kč/rok]</b>	<b>263 718,00</b>
Zpracování konstrukčního plánu [Kč]	5 000
Materiál [Kč]	13 000
Instalace ochozu [Kč]	2 000
Amortizace a energie	1 000
<b>Náklady celkem [Kč]</b>	<b>20 000</b>



## 2. Bezpečnostní stupátko

### a) Náklady

Zpracování konstrukčního plánu	700 Kč
Materiál	1000 Kč
Instalace stupátka	300 Kč

Celkové náklady na výrobu a instalaci bezpečnostního stupátka činí 2 000 Kč.

### b) Úspory

Investice do bezpečnostního stupátka nepřináší časové úspory. Úspory toho opatření můžeme shledat především v nižším procentu úrazovosti a s ním spojenými náklady v podobě 100% náhrady mzdy v době pracovní neschopnosti z důvodu pracovního úrazu.

Celkové náklady na realizaci návrhu č. 1 činí 22 000 Kč. Za předpokladu, že sazba pracoviště je 1 449 Kč/hod, je návratnost investice přibližně 2 měsíce.

### Konečné hodnocení návrhu č. 1

Konstrukce a instalace ochozu nepředstavuje pro společnost velké finanční náklady ani příliš velké časové ztráty. Oproti tomu časové úspory jsou značné, navíc se zvýší i komfort pro samotného operátora. Návrh na výrobu ochozu společnost zaujal a plánuje jeho realizaci v červenci roku 2018.

Bezpečnostní stupátko bylo instalováno již po konzultaci s vedením bezpečnosti a údržby, během tvorby projektu, viz obr. 24.



Obr. 24: Instalované bezpečnostní stupátko - složený a rozložený stav (interní zdroj)

## 9.2 Zhodnocení návrhu č. 2 – Nový layout

### Realizace návrhu č. 2

Změna layoutu, která zahrnuje posun dvou filtrů patřících k vedlejšímu pracovišti a posunu regálu na nástroje, nepředstavuje pro společnost žádný problém. Pro práci je zapotřebí dvou pracovníků údržby a vysoko zdvižný vozík. Celá akce by trvala přibližně 4 hodiny.

### Finanční analýza návrhu č. 2

#### a) Náklady

Finanční náklady zahrnují především mzdu pracovníků, kteří práci vykonají.

Celkové odhadované náklady činí 1 600 Kč

#### b) Úspory

Nový layout přinese časovou úsporu 1 minutu a 10 vteřin při výměně obráběcích nástrojů na jednu výrobní dávku. Podle výrobního plánu na rok 2018 je v plánu vyrobit 4 200 ks výrobků, což je celkem asi 600 výrobních dávek. Vstupní informace pro finanční analýzu zobrazuje tabulka č. 16.

Úspora za rok činí minimálně téměř 16 000 Kč. Návratnost této investice je přibližně 1 měsíc.

Tab. 16: Finanční analýza pro realizaci návrhu č. 2 (vlastní zpracování)

Čas výměny nástrojů (původní stav) [mm:ss]	08:21
Čas výměny nástrojů (nový stav) [mm:ss]	07:12
Celková úspora času na jednu výměnu nástrojů [mm:ss]	01:09
Plánovaný počet dávek [počet/rok]	600
Náklady na pracoviště [Kč/hod]	1 449,00
Náklady na pracoviště [Kč/min]	24,15
<b>Celková úspora [Kč/rok]</b>	<b>15 939,00</b>
<b>Náklady celkem [Kč]</b>	<b>1 600,00</b>

### Konečné hodnocení návrhu č. 2

Může se zdát, že nový layout nepřináší tak velkou finanční úsporu. Ale nutno podotknout, že v tomto případě se nejedná pouze o časové a finanční úspory. Toto řešení přinese také snížení rizika úrazu a větší komfort pro pracovníky. Společnost návrh přijala pozitivně, ale zatím nedokázala určit přesné datum, kdy by mohlo dojít k jeho realizaci.

### 9.3 Zhodnocení návrhu č. 3 – Koupě druhé upínací věže

#### Realizace návrhu č. 3

Realizace návrhu č. 3 je již zahájena od druhé poloviny února roku 2018. Na projektu se podíleli celkem 2 pracovníci z oddělení technologického rozvoje. Největší časovou prodlevou bude výroba upínací věže dle individuálních potřeb společnosti. Tab. 17 zobrazuje potřebný počet pracovníků a časovou náročnost.

Tab. 17: Časový plán pro realizaci návrhu č. 3 (vlastní zpracování)

Činnost	Počet pracovníků	Počet dní pro splnění
Investiční návrh	1	9
Schválení návrhu vedením	1	14
Tvorba objednávky	1	1
Výroba upínací věže	x	90
Doprava + instalace	x	2
<b>Celkem</b>	<b>3</b>	<b>116</b>

#### Finanční analýza návrhu č. 3

##### a) Náklady

Náklady zahrnují vypracování investičního návrhu interními pracovníky, tj. jejich mzda za zpracování. Součástí je koupě upínací věže, kde je zahrnuta pořizovací cena věže, doprava, instalace a uvedení do provozu, což zajistí pracovníci firmy Makino. Celkové náklady pro zavedení druhé upínací věže je 751 000 Kč.

##### b) Úspory

Instalací druhé upínací věže se výrazně zvýší efektivita strojního zařízení a to o 41%. Časové prostoje z důvodu přetypování upínací věže se sníží o 19%, což představuje 37 minut na 1 výrobní dávku. Podle výrobního plánu 4 200 ks (přibližně 600 výrobních dávek) jde v průměru o úsporu přibližně 370 hodin za rok.

Detailnější finanční analýza je zpracována v tab. 18.

Tab. 18: Finanční analýza pro realizaci návrhu č. 3 (vlastní zpracování)

Náklady na pracoviště - 1 upínací věž [Kč/rok]	5 579 805,00
Náklady na pracoviště - 2 upínací věže [Kč/rok]	5 061 210,00
<b>Celková úspora nákladů na pracoviště [Kč/rok]</b>	<b>518 595,00</b>
Zpracování investičního návrhu (interní činnost)	13 000,00
Upínací věž	700 000,00
Doprava + instalace (externí činnost)	41 000,00
<b>Náklady celkem</b>	<b>754 000,00</b>

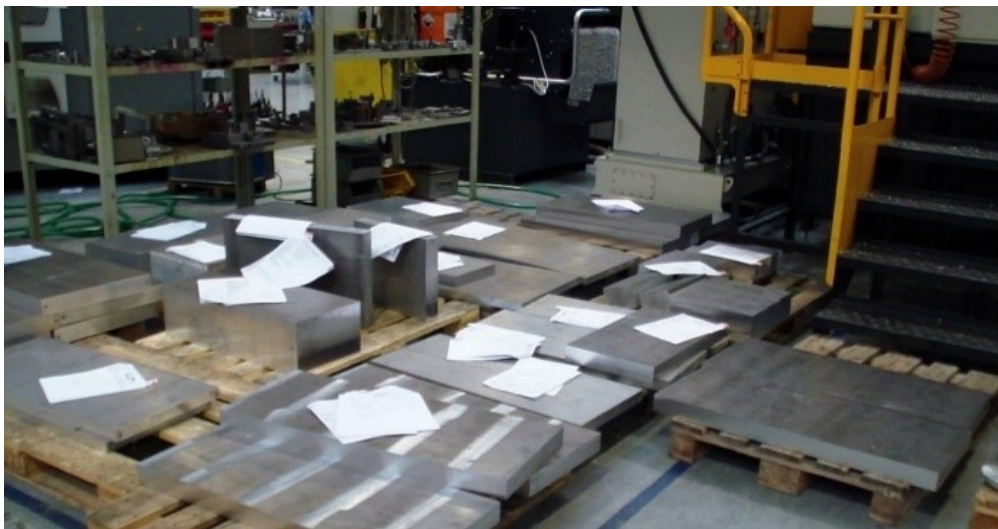
### Konečné hodnocení návrhu č. 3

Společnost k tomuto návrhu přistupuje velmi pozitivně již od zahájení tohoto projektu. K datu 1. 3. 2018 byl, ve spolupráci s oddělením technologického rozvoje, zpracován investiční návrh a odevzdán hlavnímu vedení společnosti, které návrh schválilo. V dubnu 2018 je plánovaná realizace objednávky pro koupi druhé upínací věže. Vzhledem k individuálním potřebám výroby společnosti Aero Vodochody, je nutné vyrobit upínací věž na míru, která není ve standardní nabídce firmy Makino. Proto samotná výroba bude trvat 3 měsíce. Konečná instalace a uvedení upínací věže do provozu je plánováno na červenec roku 2018.

## 10 DOPORUČENÍ K DALŠÍMU ZLEPŠOVÁNÍ

V celé výrobní hale je na první pohled patrný problém se zásobováním a skladováním vstupního materiálu. Ačkoliv jsou zde vyznačena místa určující skladovací prostor, jsou tyto hranice často porušovány. Je to dáno především nestabilním výrobním plánem, který se operativně mění na základě „ručně“ vytvořených prioritních zakázek.

Vzniká pak situace, kdy na hale je připravený materiál na zakázky, které byly z plánu vyjmuty a není místo na materiál pro nově vytvořenou zakázku, která má být přednostně zpracována. Logistickí pak ukládají materiál tam, kde je zrovna místo. Vznikají tak prostoje v podobě hledání materiálu. Takovéto skladování zásobování je prostorově náročné.



*Obr. 25: Způsob skladování vstupního materiálu před Mकिनem (interní zdroj)*

V první řadě bych se zaměřila na analýzu plánování výrobních zakázek a zavedla systém Kanban. Vzhledem k typu výroby a velmi často měnících se prioritních zakázek, může být složité tento systém zásobování zrealizovat v krátkém časovém horizontu.

Jedno z rychlejších řešení, kterým by se odstranilo alespoň plýtvání v podobě hledání vstupního materiálu, by mohlo být zavedení regálového uskladnění. Je nutné ale dbát na váhu desek. Některé desky váží jen 15kg. Takové desky by bylo možné skladovat v regálech. Těžší desky by pak mohly zůstat přímo na podlaze.

Na tuto skutečnost je potřeba se blíže zaměřit, detailně zanalyzovat a identifikovat hlavní příčinu problému.

## ZÁVĚR

Podstatou mé diplomové práce byla racionalizace vybraného pracoviště, jejíž cílem bylo na základě analýz aktuálního stavu navrhnout taková opatření, která povedou ke zvýšení efektivity celého pracoviště a eliminaci chůze.

Předložené návrhy se týkaly především fyzických změn na pracovišti.

První změnou byla instalace ochozu kolem stroje. Byla navržena konstrukce plošiny, spojující dvě přístupová schodiště o různých výškách. Tímto opatřením se snížil průměrný potřebný čas chůze během výroby jednoho kusu výrobku o 2 minuty a 41 sekund, přičemž byla snížena fyzická zátěž z chůze po schodišti o nestandardní výšce. Součástí prvního návrhu byla také instalace bezpečnostního stupátka v kabině stroje pro bezpečnou práci.

Další návrh se týkal změny layoutu, především v okolí stroje. Jednalo se o nenáročné posuny filtrů ze sousedního pracoviště a regálu v průměru o půl metru. Těmito posuny tak vznikl dostatečný prostor mezi pracovišti, který umožnil nejen komfortní průchod, případně lepší přístup k zadním částem všech strojů, ale především zrychlil výměnu nástrojů na Makinu v průměru o 1 minutu a 10 sekund.

Poslední návrh zahrnoval zvýšení kapacity stroje a to koupí druhé upínací věže, na kterou je stroj primárně konstruován. Díky tomuto návrhu se zvýšila efektivita stroje na 71% a zároveň se zvýšila produkce o 65% oproti dosavadnímu stavu.

Na základě výsledků, nákladových propočtů a výčtu přínosů, společnost Aero Vodochody AEROSPACE a.s pozitivně přistoupila k navrhovaným změnám a chystá se je během tohoto roku zrealizovat.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, xxvi, 223. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DOLEŽAL, Jan. *Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů*. Praha: Grada Publishing, 2016, 418 s. Expert. ISBN 978-80-247-5620-2.

GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada, 2002, 239 s. ISBN 80-247-0226-6.

HEŘMAN, Jan. *Řízení výroby*. Slaný: Melandrium, 2001, 164 s. ISBN 8086175154.

HÜTTLOVÁ, Eva. *Organizace práce v podniku*. Praha: Vysoká škola ekonomická, Fakulta podnikohospodářská, 1999, 128 s. ISBN 80-7079-778-9.

IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen*. Brno: Computer Press, 2005, viii, 314 s. Business books. ISBN 80-251-0850-3.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016, 254 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012, xxi, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.

KORMANEC, Peter. *SMED*. Žilina: IPA Slovakia, 2008, 42 s. ISBN 978-80-89667-07-9

KOŠTURIAK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9. Dostupné také z: [http://toc.nkp.cz/NKC/200701/contents/nkc20061651846\\_1.pdf](http://toc.nkp.cz/NKC/200701/contents/nkc20061651846_1.pdf)

KOŠTURIAK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno: Computer Press, 2010, v, 234 s. Business books. ISBN 978-80-251-2349-2. Dostupné také z: [http://toc.nkp.cz/NKC/201011/contents/nkc20102126825\\_1.pdf](http://toc.nkp.cz/NKC/201011/contents/nkc20102126825_1.pdf)

LHOTSKÝ, Oldřich. *Organizace a normování práce v podniku*. Praha: ASPI, 2005, 104 s. Lidské zdroje. ISBN 80-7357-095-5.

MAREK, Jakub; SKŘEHOT, Petr. *Základy aplikované ergonomie*. Praha : VÚBP, v.v.i., 2009, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6. <http://www.vubp.cz/ces/soubory/zaklady-aplikovane-ergonomie-publikace.pdf>

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, 254 s. ISBN 8090223508.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 80-902235-6-7.

MAYNARD, Harold B. a Kjell B. ZANDIN. *Maynard's industrial engineering handbook*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, c2001, 1 sv. (různé stránkování). McGraw-Hill standard handbooks. ISBN 0-07-041102-6. Dostupné také z: <http://www.loc.gov/catdir/toc/mh021/00046286.html>

*Quick changeover for operators: the SMED system*. New York: Productivity Press, c1996, xiii, 77 s. Shopfloor series. ISBN 1563271257.

SALVENDY, Gavriel. *Handbook of industrial engineering: technology and operations management*. 3rd ed. New York: Wiley, 2001, xxxiv, 2796 s. ISBN 0-471-33057-4. Dostupné také z: <http://www.loc.gov/catdir/description/wiley034/2001022320.html>

ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. V Praze: C.H. Beck, 2007, xi, 227 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-534-6. Dostupné také z: [http://toc.nkp.cz/NKC/200704/contents/nkc20071706888\\_1.pdf](http://toc.nkp.cz/NKC/200704/contents/nkc20071706888_1.pdf)

TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. Vyd. 2. upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 298 s. ISBN 8073183811.

ÚNMZ: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [online], © 2017. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z [http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html\\_nahledy/83/64947/64947\\_nahled.htm](http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/83/64947/64947_nahled.htm)

*Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*. Liberec: Institut technologií a managementu, 2005, 106 s. ISBN 80-903533-1-2.



**Elektronické zdroje:**

AERO Vodochody. Integrovaný systém řízení. *Aero.cz* [online]. © 2014 [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://www.aero.cz/cz/o-nas/spolecnost/integrovaný-system-řízení/>

API - Akademie produktivity a inovací. Analýza a měření práce. *e-api.cz*. [online]. © 2005-2017 [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

ATS aplikované technické systémy. OEE(Celková efektivita zařízení). *Ats-global.com* [online]. © 2017 [cit. 2017-05-01] Dostupné z: [http://www.ats-global.com/oee-celkova-efektivita-zarizeni\\_2089\\_czcs](http://www.ats-global.com/oee-celkova-efektivita-zarizeni_2089_czcs)

BOZPinfo.cz. Šíře uliček a komunikací na pracovišti. *BOZPinfo.cz*. [online]. © 2002 [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/sire-ulicek-komunikaci-na-pracovisti>

COMES OEE. Co je OEE. *Oee.cz* [online]. © 2010 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.oeecz.co-je-oeecz>

DLABAČ, Jaroslav. *Techniky analýzy a měření práce I - PDF*. [online]. © 2014 [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/5760817-Techniky-analyzy-a-mereni-prace-i.html>

IEA. Definition and Domains of Ergonomics. *iea.cc* [online]. © 2016 [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: <http://www.iea.cc/whats/index.html>

Lorenc.info. Kapacitní normy. *Lorenc.info*. [online]. © 2007 – 2013 [cit. 20.02.2018]. Dostupné z: <http://lorenc.info/3MA112/uvodni-informace.htm>

MAKINO. MAG1 Horizontal Machining 5 Axis. *Makino.com* [online]. © 2017 [cit. 2017-12-30]. Dostupné z: <https://www.makino.com/horizontal-machining-5-axis/mag1/>

*Produktivita.cz*. Co je Průmyslové inženýrství a k čemu slouží. *PRODUKTIVITA.CZ*. [online]. © 2000 [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://www.produktivita.cz/cs/nase-sluzby/co-je-prumyslove-inzenyrstvi-a-k-cemu-slouzi.html>

Svět produktivity. Ergonomie. *Svetproduktivita.cz*. [online]. © 2012 [cit. 2017-05-01] Dostupné z: <http://www.svetproduktivita.cz/slovník/Ergonomie.htm>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Celková efektivita zařízení (ATS, © 2017)</i> .....	21
<i>Obr. 2: Postup realizace metody SMED (vlastní zpracování dle Kormance, 2017)</i> .....	23
<i>Obr. 3: Největší povolený sklon schodišťových ramen (Kolář, 2014 dle normy ČSN 73 4130)</i> .....	28
<i>Obr. 4: Logo společnosti a nový cvičný letoun L-39NG (interní zdroj)</i> .....	33
<i>Obr. 5: Obráběcí centrum Makino - MAG1 (interní zdroj)</i> .....	40
<i>Obr. 6: Konstrukční řešení MAG1 - dvou-komorový systém (vlastní zpracování)</i> .....	41
<i>Obr. 7: Upínací věž (interní zdroj)</i> .....	41
<i>Obr. 8: Žebro - nejčastěji vyráběný díl na Makinu (interní zdroj)</i> .....	42
<i>Obr. 9: Obsah úložného boxu na přední rampě (interní zdroj)</i> .....	42
<i>Obr. 10: Schodiště vedoucí k upínací věži (vlastní zpracování)</i> .....	45
<i>Obr. 11: Spaghetti diagram – pohyb operátora</i> .....	46
<i>Obr. 12: Pozice operátora při měření otvorů během obrábění (interní zdroj)</i> .....	47
<i>Obr. 13: Uspořádání pracoviště MAG1</i> .....	50
<i>Obr. 14: Čisticí filtr od stroje DMU 80 – ulička, kterou musí operátor č. 1, projít při výměně nástrojů (interní zdroj)</i> .....	51
<i>Obr. 15: Čisticí filtr od stroje DMU 80 – Ulička, kterou musí operátor č. 2, projít při výměně nástrojů (interní zdroj)</i> .....	52
<i>Obr. 16: Spaghetti diagram – pohyb pracovníků při výměně nástrojů (vlastní zpracování)</i> .....	53
<i>Obr. 17: Model pracoviště s ochozem (vlastní zpracování)</i> .....	56
<i>Obr. 18: Model pracoviště s ochozem – pohled na průchod mezi sousedním strojem</i> .....	57
<i>Obr. 19: Obsah nového úložného boxu (interní zdroj)</i> .....	58
<i>Obr. 20: Bezpečnostní stupátko na MAG1 (interní zdroj)</i> .....	59
<i>Obr. 21: Návrh na nový layout pracoviště MAG1 (vlastní zpracování)</i> .....	61
<i>Obr. 22: Spaghetti diagram po zavedení ocnávrhu č.1 a č. 2 (vlastní zpracování)</i> ..	62
<i>Obr. 23: Model upínací věže - přední a zadní strana (interní zdroj)</i> .....	63
<i>Obr. 24: Instalované bezpečnostní stupátko - složený a rozložený stav (interní zdroj)</i> .....	72
<i>Obr. 25: Způsob skladování vstupního materiálu před Makinem (interní zdroj)</i> .....	76

**SEZNAM TABULEK**

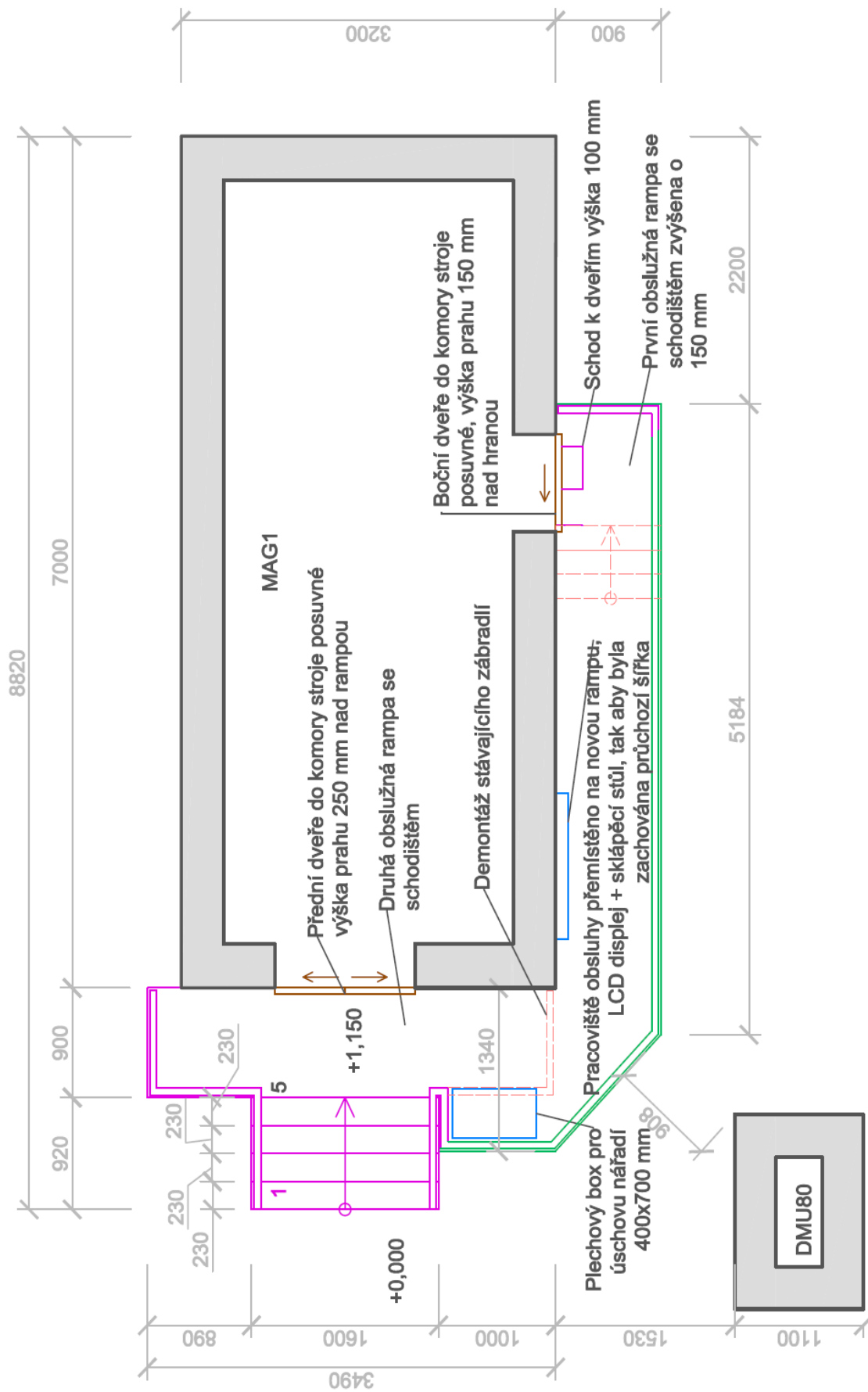
<i>Tab. 1: Koeficient rozpětí Kr (vlastní zpracování dle API) .....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 2: Určení počtu náměrů (vlastní zpracování dle Lhotského, 2005, s. 74).....</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 3: Základní charakteristiky projektu (vlastní zpracování) .....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 4: SWOT analýza projektu (vlastní zpracování).....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 5: Logický rámec projektu (vlastní zpracování).....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 6: RIPRAN analýza projektu (vlastní zpracování) .....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 7: Časový harmonogram projektu (vlastní zpracování).....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 8: Celkový náměr všech definovaných operací (vlastní zpracování) .....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 9: Provedné náměry při výměně obráběcích nástrojů (vlastní zpracování) .....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 10: Výsledná data (vlastní zpracování) .....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 11: Porovnání spotřeby času na jednotlivých činnostech (vlastní zpracování) .</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 12: Výpočet průměrných nákladů na pracoviště s jednou upínací věží .....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 13: Výpočet průměrných nákladů na pracoviště MAG1 - 2 upínací věže .....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 14: Časový plán pro realizaci návrhu č. 1 (vlastní zpracování) .....</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 15: Finanční analýza – ochoz na stroji (vlastní zpracování) .....</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 16: Finanční analýza pro realizaci návrhu č. 2 (vlastní zpracování) .....</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 17: Časový plán pro realizaci návrhu č. 3 (vlastní zpracování) .....</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 18: Finanční analýza pro realizaci návrhu č. 3 (vlastní zpracování) .....</i>	<i>75</i>

**SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA P I: PŮDORYS PRACOVIŠTĚ – SOUČASNÝ STAV .....	84
PŘÍLOHA P II: PŮDORYS PRACOVIŠTĚ – NAVRHOVANÝ STAV .....	84
PŘÍLOHA P III: NÁVRH NA ZMĚNU LAYOUTU .....	84



## PŘÍLOHA P II: PŮDORYS PRACOVIŠTĚ – NAVRHOVANÝ STAV



# PŘÍLOHA P III: NÁVRH NA ZMĚNU LAYOUTU

