

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Racionalizace procesů ve výrobě napínacích systémů řemenů

Autor: **Bc. Radim KUKLA**  
Vedoucí práce: **Ing. Marek BUREŠ, Ph.D.**

Akademický rok 2019/2020

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní  
Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Radim KUKLA**  
Osobní číslo: **S18N0017P**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Racionalizace procesů ve výrobě napínacích systémů řemenů**  
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

### Zásady pro vypracování

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

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

### Seznam doporučené literatury:

CHROMJAKOVÁ, Felicitá, TUČEK, David a BOBÁK, Roman. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Vydavatelství UTB, 2017. ISBN 978-80-7454-680-8.

CHROMJAKOVÁ, Felicitá. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování účinnosti štiřlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5.

SLAMKOVÁ, Eva, DULINA, Ľuboslav a TABAKOVÁ, Michaela. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG, 2010. 261 s. ISBN 978-80-89401-09-3.

ZANDIN, Kjell B. *MOST work measurement systems*. 3rd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, c2003. ISBN 978-0-8247-0953-2.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**  
Regionální technologický institut  
Konzultant diplomové práce: **M.ENG., Dipl.-Ing. Jan Rüenauer**  
Mubea, spol. s r.o., Žebrák

Datum zadání diplomové práce: **23. září 2019**  
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2020**



**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan



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

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za veškerou pomoc a cenné rady, poskytnuté během vypracování této práce.

Dále bych rád poděkoval společnosti Mubea, s.r.o. se sídlem v Žebráku a všem jejím zaměstnancům, kteří mi během psaní této práce poskytli důležité informace a podklady, potřebné pro její dokončení, zejména pak panu M.Eng. Janu Rüenauverovi a panu Ing. Otomaru Šedivému, Ph.D.

V neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině a bližním přátelům za jejich nekončící podporu, jež mi poskytovali během studia.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Bc. Kukla	<b>Jméno</b> Radim	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Bureš, Ph.D.	<b>Jméno</b> Marek	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - RTI		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Racionalizace procesů ve výrobě napínacích systémů řemenů		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	108	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	91	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	17
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS</b> (MAX 10 ŘÁDEK)  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL</b>  <b>POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Diplomová práce je zaměřena na racionalizaci výrobního procesu na zvoleném pracovišti výrobního systému společnosti Mubea, s.r.o., jež je zaměřen na produkci systémů napínání řemenů. Cílem této studie je provést optimalizaci současného stavu procesu, aby bylo možné dosáhnout jeho zlepšení a zvýšit tak efektivitu daného pracoviště. V práci jsou uvedeny základy teorie z oblasti výrobního procesu a jeho racionalizace, na které je poté navázáno praktickou částí. V té je provedena analýza současného stavu pracoviště, na jejímž základě jsou navrženy a implementovány racionalizační návrhy. Nově vzniklý stav je poté vyhodnocen z hlediska navýšení produktivity systému a také z ekonomického pohledu.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA</b>  <b>JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>racionalizace; výroba; proces; napínací systém řemene; analýza; REFA; MOST; pracovní cyklus; produktivita; ekonomické zhodnocení</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Bc. Kukla	<b>Name</b> Radim	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 „Industrial Engineering and Management“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Bureš, Ph.D.	<b>Name</b> Marek	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - RTI		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Rationalization of processes in production of belt tensioners		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2020
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	108	<b>TEXT PART</b>	91	<b>GRAPHICAL PART</b>	17
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>The diploma thesis is focused on the rationalization of the production proces at a selected workplace of the production system of the company Mubea, s.r.o., which is focused on the production of belt tensioning systems. The goal of this study is to optimize the current state of the proces in order to improve it and increase the efficiency of the workplace. The work presents the basics of the theory of the production proces and his rationalization, followed by a practical part. There is performed an analysis of the current state of the workplace, on which basis the rationalization proposals are designed and implemented. The newly created state is then evaluated in terms of increasing the productivity of the system and also in terms of economics.</p>
<b>KEY WORDS</b>	<p>rationalization; production; process; belt tensioner; analysis; REFA; MOST; work cycle; productivity; economic evaluation</p>

## Obsah

Seznam obrázků .....	10
Seznam tabulek .....	12
Přehled použitých zkratk a symbolů.....	13
Úvod .....	15
1 Výrobní proces a jeho části .....	16
1.1 Definice výrobního procesu.....	16
1.2 Definování složek výrobního procesu .....	17
2 Racionalizace výrobního procesu .....	18
2.1 Účel a cíle racionalizace.....	18
2.2 Druhy racionalizace .....	20
3 Koncept štíhlé výroby .....	21
3.1 Objasnění pojmu štíhlá výroba.....	21
3.2 Princip tahu („PULL“) ve výrobním systému .....	21
3.3 Řízení front ve výrobním systému metodou FIFO.....	22
3.4 Tok jednoho kusu ve výrobním systému (One Piece Flow).....	23
3.5 Základní druhy plýtvání ve výrobě .....	24
3.5.1 Identifikace forem plýtvání ve výrobě.....	25
3.5.2 Muda nadprodukce .....	25
3.5.3 Muda zásob .....	26
3.5.4 Muda opravy vadných výrobků .....	26
3.5.5 Muda zbytečných pohybů .....	27
3.5.6 Muda nadbytečného zpracování.....	27
3.5.7 Muda čekání .....	27
3.5.8 Muda dopravy .....	28
3.5.9 Mura (nepravidelnost).....	28
3.5.10 Muri (přetěžování).....	28
3.6 Princip neustálého zlepšování procesů .....	29
3.6.1 Kaizen .....	29
3.6.2 Business Process Reengineering (BPR).....	29
3.6.3 BPR + Kaizen .....	30
4 Metody a nástroje pro zavádění racionalizace pracoviště a konceptu štíhlé výroby .....	31
4.1 Demingův cyklus – PDCA/SDCA.....	31
4.2 Metody měření a normování procesních časů.....	33
4.2.1 Přímé měření .....	33

4.2.2	Nepřímé měření .....	34
4.3	Celková efektivita zařízení – OEE.....	38
4.3.1	Výpočet OEE .....	39
4.3.2	Typy a výpočet ztrát ovlivňujících výslednou hodnotu OEE.....	39
5	Charakteristika výrobního systému.....	42
5.1	Představení společnosti Mubea, s.r.o. ....	42
5.2	Závod společnosti Mubea, s.r.o. v Žebráku.....	43
5.2.1	Popis výrobní haly na výrobu systémů napínání řemenů .....	43
5.2.2	Základní informace o systémech napínání řemenů .....	44
5.2.3	Popis pracoviště určeného pro montáž systémů napínání řemene řady DAT .....	46
6	Analýza současného stavu na pracovišti linky DAT2 .....	57
6.1	Analýza současného pracovního postupu na jednotlivých stanovištích .....	57
6.2	Analýza měření spotřeby času na jednotlivých stanovištích.....	57
6.2.1	Analýza dat přímého měření spotřeby času s použitím metodiky REFA.....	57
6.2.2	Analýza nepřímého měření spotřeby času metodou Basic-MOST.....	61
7	Návrh a realizace řešení racionalizace výrobního procesu .....	67
7.1	Technologická předúprava distančního pouzdra na stanovišti AP5.....	67
7.2	Barevné značení materiálu na linkách.....	68
7.3	Použití lampičky s integrovanou lupou na stanovišti AP8.....	69
7.4	Úprava a zefektivnění procesu balení .....	70
7.4.1	Použití nového typu balící kartonáže .....	70
7.4.2	Návrh nového uspořádání stanoviště balení.....	72
7.4.3	Vliv úprav stanoviště balení na čas cyklu a jeho přepočít .....	74
7.5	Úprava sledu operací pracovních cyklů operátorů.....	75
7.5.1	Operátor OP1 .....	75
7.5.2	Operátor OP2 .....	76
7.5.3	Operátor OP3 .....	77
7.5.4	Operátor OP4 .....	78
8	Zhodnocení a přínos racionalizačních kroků na lince DAT2 .....	79
8.1	Porovnání všech časů cyklů před a po racionalizaci.....	79
8.2	Výpočet a porovnání produktivity operátorů.....	81
8.3	Výpočet a porovnání výrobní kapacity linky .....	82
8.4	Ekonomické zhodnocení racionalizačních návrhů.....	83
8.4.1	Stanovení a propočít nákladů.....	83
8.4.2	Výpočet peněžních úspor .....	84
8.4.3	Doba návratnosti investice.....	85



8.5 Celkové shrnutí přínosů racionalizačních návrhů.....	86
Závěr.....	87
Seznam použité literatury a zdrojů .....	88
Seznam příloh.....	90

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma výrobního procesu .....	16
Obrázek 2 Schéma hlavních složek výrobního procesu.....	17
Obrázek 3 Grafické znázornění racionalizace jako procesu neustálého zlepšování .....	18
Obrázek 4 Oblasti racionalizace v podniku [4] .....	20
Obrázek 5 Tažný výrobní systém .....	22
Obrázek 6 Řízení front výrobního systému metodou FIFO .....	23
Obrázek 7 Reálný tok jednoho kusu ve výrobním systému .....	24
Obrázek 8 Muda nadprodukce.....	25
Obrázek 9 Muda zásob .....	26
Obrázek 10 Muda opravy zmetků .....	26
Obrázek 11 Muda zbytečných pohybů.....	27
Obrázek 12 Muda nadbytečného zpracování.....	27
Obrázek 13 Muda čekání.....	27
Obrázek 14 Muda dopravy .....	28
Obrázek 15 Mura (nepravidelnost) .....	28
Obrázek 16 Muri (přetěžování) .....	28
Obrázek 17 Grafické znázornění neustálého zlepšování podnikových procesů [11] .....	30
Obrázek 18 Demingův cyklus – PDCA [13] .....	31
Obrázek 19 PDCA smyčka [12] .....	32
Obrázek 20 Grafické znázornění OEE [24].....	40
Obrázek 21 Logo společnosti Mubea s.r.o. [25].....	42
Obrázek 22 Základní struktura systému napínání klínového řemene (typ E3) [30] .....	44
Obrázek 23 Systém napínání řemene DAT se standardním provedením (vlevo) a invertním provedením (vpravo) [29] .....	45
Obrázek 24 Finální produkt systému napínání řemene řady DAT.....	46
Obrázek 25 Pracoviště montážní linky DAT2.....	47
Obrázek 26 První montážní stanoviště (AP1) linky DAT2 .....	48
Obrázek 27 Druhé montážní stanoviště (AP2) linky DAT2 .....	49
Obrázek 28 Třetí montážní stanoviště (AP3) linky DAT2.....	50
Obrázek 29 Čtvrté montážní stanoviště (AP4) linky DAT2 .....	51
Obrázek 30 Páté montážní stanoviště (AP5) linky DAT2 .....	52
Obrázek 31 Šesté montážní stanoviště (AP6) linky DAT2.....	53
Obrázek 32 Sedmé stanoviště (pozice AP7.1 a AP7.2) linky DAT2 .....	54
Obrázek 33 Osmé stanoviště (AP8) linky DAT2 .....	55
Obrázek 34 Paleta s naplněnými KLT boxy určenými k expedici.....	56
Obrázek 35 Stojan s prázdnými KLT boxy a balicí kartonáží.....	56
Obrázek 36 Graf analýzy času cyklu na jednotlivých stanovištích linky DAT2 .....	58
Obrázek 37 Graf spotřeby času pracovního cyklu operátorů na pracovišti linky DAT2 – obecný .....	60
Obrázek 38 Graf spotřeby času pracovního cyklu operátorů na pracovišti linky DAT2 – detailní .....	60
Obrázek 39 Distanční pouzdro .....	67
Obrázek 40 Barevné značení distančního pouzdra na AP5 (vlevo), označení místa umístění na přípravku (vpravo).....	69
Obrázek 41 Barevné značení šroubů na AP6 (vlevo), označení místa umístění na přípravku (vpravo) .....	69
Obrázek 42 Lampička s integrovanou lupou .....	70
Obrázek 43 Nový typ balicí kartonáže.....	71

Obrázek 44 Způsob skladování nového typu balící kartonáže (vlevo) a starého typu (vpravo) na lince DAT2 .....	71
Obrázek 45 Současné uspořádání pracoviště linky DAT2.....	72
Obrázek 46 Návrh nového uspořádání pracoviště linky DAT2 .....	73

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Část normativní tabulky určené pro měření spotřeby času metodou MTM – 1 [19].....	35
Tabulka 2 Srovnání analytické práce pro metody MTM a MOST [21].....	36
Tabulka 3 Normativní hodnoty indexů pro sekvenci obecného přemístění u metody MOST [22].....	37
Tabulka 4 Přehled ztrát ovlivňujících hodnotu OEE [23].....	41
Tabulka 5 Výsledné hodnoty měření spotřeby času metodikou REFA.....	58
Tabulka 6 Hodnoty měření spotřeby času pracovního cyklu operátorů metodikou REFA .....	59
Tabulka 7 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP1 metodou Basic-MOST.....	61
Tabulka 8 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP2 metodou Basic-MOST .....	61
Tabulka 9 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP3 metodou Basic-MOST.....	62
Tabulka 10 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP1 metodou Basic-MOST.....	62
Tabulka 11 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP4 metodou Basic-MOST .....	62
Tabulka 12 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP5 metodou Basic-MOST.....	63
Tabulka 13 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP2 metodou Basic-MOST.....	63
Tabulka 14 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP6 metodou Basic-MOST.....	64
Tabulka 15 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP7.1 metodou Basic-MOST .....	64
Tabulka 16 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP7.2 metodou Basic-MOST.....	64
Tabulka 17 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP3 metodou Basic-MOST.....	65
Tabulka 18 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP8 metodou Basic-MOST .....	65
Tabulka 19 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti balení metodou Basic-MOST .....	66
Tabulka 20 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP4 metodou Basic-MOST.....	66
Tabulka 21 Čas cyklu na stanovišti AP5 .....	68
Tabulka 22 Čas cyklu na stanovišti AP5 - optimalizovaný .....	68
Tabulka 23 Porovnání času cyklu na stanovišti AP8 bez a s využitím lampičky .....	70
Tabulka 24 Čas cyklu na stanovišti balení .....	74
Tabulka 25 Čas cyklu na stanovišti balení - optimalizovaný.....	75
Tabulka 26 Pracovní cyklus operátora OP1 .....	75
Tabulka 27 Pracovní cyklus operátora OP2.....	76
Tabulka 28 Pracovní cyklus operátora OP3.....	77
Tabulka 29 Pracovní cyklus operátora OP3 - optimalizovaný .....	78
Tabulka 30 Pracovní cyklus operátora OP4.....	78
Tabulka 31 Pracovní cyklus operátora OP4 - optimalizovaný .....	78
Tabulka 32 Pracovní cyklus operátora OP4 (kombinovaný náměr) .....	79
Tabulka 33 Pracovní cyklus operátora OP4 (kombinovaný náměr) - optimalizovaný .....	79
Tabulka 34 Porovnání všech časů cyklů na lince DAT2 .....	80
Tabulka 35 Porovnání hodinového výkonu operátorů linky DAT2.....	82
Tabulka 36 Porovnání výrobní kapacity linky DAT2 .....	83

## Přehled použitých zkratk a symbolů

Zkratka/symbol	Jednotka	Název/vysvětlení
CONWIP		Constant Work in Progress
DBR		Drum-Buffer-Rope
FIFO		First in – First out
3MU		Muda, Mura, Muri
CPI		Continual Process Improvement
BPR		Business Process Reengineering
PDCA		Plan-Do-Check-Act
PDSA		Plan-Do-Study-Act
SDCA		Standardize-Do-Check-Act
REFA		Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung
HM		Hundertstel Minute
MTM		Methods Time Measurement
MOST		Maynard Operation Sequence Technique
TMU		Time Measurement Unit
Ax, Bx, Gx, ...		obecné symboly metodiky MOST
Y		symbol pro hodnotu času sekvence MOST
OEE		Overall Equipment Effectiveness
mOEE		Management Overall Equipment Effectiveness
A		míra dostupnosti
P		míra výkonu
Q		míra kvality
THP		technicko-hospodářský pracovník
DAT		Dual Arm Tensioner
KLT		Kleinladungsträger
OK		zkratka pro bezzávadné díly
NOK		zkratka pro vadné díly
AP		Arbeitsplatz
OP		Operator
$t_t$	[s/ks]	Takt Time
$V_n$	[ks/h]	normovaný hodinový výkon
$V_h$	[ks/h]	hodinový výkon
T	[čas. jednotka]	časový fond
Q	[ks/čas. období]	výrobní kapacita

<b>Zkratka/symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Název/vysvětlení</b>
DPH		daň z přidané hodnoty
PÚ	[Kč/čas. období]	peněžní úspora
ČÚ	[h/ks]	časová úspora
OP	[ks/čas. období]	objem produkce
ČF	[čas. jednotka]	časový fond
NO	[Kč/čas. jednotka]	náklady na operátora

## Úvod

Průmyslová výroba je dnes jedním ze základních pilířů fungování většiny podniků po celém světě. Pomocí výrobních i nevýrobních procesů je umožněno podnikům vytvářet produkty, jež jsou nositeli hodnot pro zákazníky, a kterými je tak umožňováno společně generovat zisk, prostřednictvím prodeje těchto produktů na cílovém trhu. S téměř stoprocentní jistotou je možné říci, že žádný z procesů není dostatečně dokonalý tak, aby ho již nebylo možné dále optimalizovat. V každém procesu je možné vyhledat nějaké úzké místo nebo prvek, jež je třeba pomocí různých metod průmyslového inženýrství odstranit. Tento krok, je-li prováděn opakovaně, má za následek postupné zlepšování daného procesu, jehož následkem může být zpravidla zvýšení produktivity daného výrobního úseku, efektivnosti a využitelnosti kapacity výrobních technologií, zvýšení kvality výrobků a snížení zmetkovitosti, zkrácení výrobních časů operátorů, zlepšení ergonomie při práci, toku materiálu ve výrobních uspořádáních a tak dále. Oblast, jež se zabývá touto optimalizací procesů ve výrobních systémech, je nazývána racionalizace procesů, při níž jsou dále využívány nástroje nejen z oblasti řízení štíhlé výroby, pro dosažení potřebných výsledků.

Celá tato studie je věnována této problematice a je koncentrována na oblast výrobního systému konkrétních produktů v rámci dané společnosti, kterou je společnost Mubea s.r.o. se sídlem v Žebráku. Jedná se konkrétně o produkty systémů napínání řemene, jež jsou používány v automobilovém průmyslu a pro jejichž zvolený výrobní systém je provedena analýza stávajícího stavu, na jejímž základě je navržena a zrealizována následná racionalizace a optimalizace systému, pro dosažení lepších výsledků, než jaké jsou současným stavem umožňovány. Na závěr je pak provedeno porovnání původního a optimalizovaného stavu a celkové zhodnocení přínosu po provedení příslušných změn, včetně ekonomického zhodnocení.

# 1 Výrobní proces a jeho části

Jak již bylo naznačeno v úvodu této studie, tak výrobní proces je jednou z hlavních činností podniků, kdy na základě jeho provozování je možné vyrábět produkty, které se pak prodávají určitým zákazníkům, čímž je možné generovat kapitál, jež podniky potřebují pro provozování podnikatelské činnosti. V této kapitole bude více představen princip výrobního procesu a bude provedeno jeho rozdělení na základní části, pro lepší pochopení komplexnosti této problematiky.

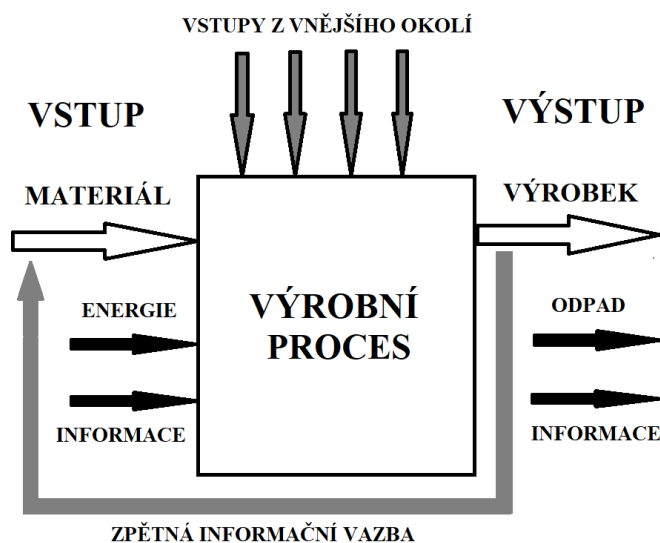
## 1.1 Definice výrobního procesu

Výrobní proces je možné definovat mnoha způsoby. Jednou z možných definic, která dle mého názoru vystihuje tento pojem nejlépe, je podle [1] tato: „*Výrobní proces strojírenského podniku je souhrnem technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, jejichž účelem je měnit tvar, rozměry, složení, jakost a spojení výchozích materiálů a polotovary z hlediska požadovaných technicko-ekonomických podmínek vyráběného výrobku.*“

V odborných literaturách je samozřejmě možné dohledat komplexnější a více přesné definice. Takové definice jsou však zbytečně složité pro účely této studie. Dále v této studii tedy budeme vycházet z této definice.

Z definice je patrné, že se výrobní proces skládá z určitých vstupů, které se pomocí určitých činností transformují do výstupů tak, aby bylo dosaženo požadovaných specifických vlastností. Dle [2] mezi vstupy řadíme potřebné materiály a polotovary, energie potřebné pro provedení transformačních činností a v neposlední řadě také informace, jež jsou nositeli určitých dat, jejichž správná interpretace slouží pro korektní provedení transformačních činností. Samotná transformace vstupů na požadované výstupy je během výrobního procesu umožněna na základě transformační činnosti použitých výrobních technologií a ostatních prostředků a nástrojů, samotných operátorů výrobních operací a také dalších asistujících prvků, vstupujících do tohoto procesu z vnějšího i vnitřního prostředí, které má vliv na celý výrobní proces a spolu s ním tvoří tzv. výrobní systém. Výstupy tohoto transformačního procesu jsou pak jednotlivé výrobky, odpad vzniklý během transformace a v neposlední řadě také výstupní informace.

Na obrázku níže (viz Obrázek 1) je znázorněno jednoduché schéma výrobního procesu, včetně všech výše popsaných vstupů a výstupů.

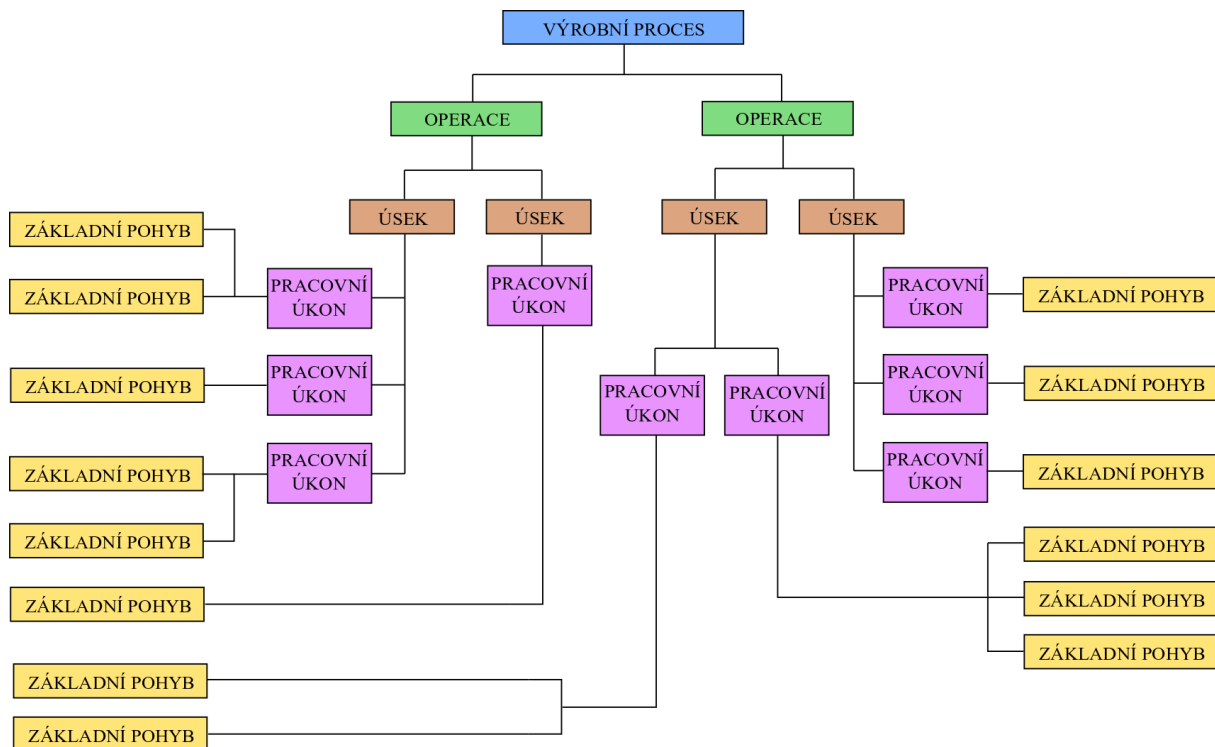


Obrázek 1 Schéma výrobního procesu



## 1.2 Definování složek výrobního procesu

Každý výrobní proces je možné rozdělit na několik částí. Všechny tyto části mají mezi sebou jasně danou posloupnost, jejíž vazby jsou na sobě vzájemně závislé. Všechny části jsou obecně děleny na hlavní a vedlejší, podle toho, jakou pozici zastávají ve výrobním procesu. Jednotlivými hlavními částmi jsou výrobní operace, výrobní úsek, pracovní úkon a základní pracovní pohyby. Posloupnost těchto hlavních částí je možné popsat následovně: Každý výrobní proces se skládá z několika výrobních operací. Každou výrobní operaci je možné rozdělit na několik výrobních úseků, které obsluhují jednotliví operátoři. Operátorem jsou na daném výrobním úseku vždy vykonávány určité pracovní úkony prostřednictvím základních pracovních pohybů. Základními pohyby jsou například sáhnutí po předmětu, jeho uchopení, přemístění, spojení a položení. Zjednodušené schéma této posloupnosti je zobrazeno na obrázku níže (viz Obrázek 2). [3]



Obrázek 2 Schéma hlavních složek výrobního procesu

Součástí výrobního procesu je také řada asistujících vedlejších složek, jež jsou nezbytné pro správné fungování výrobního procesu jako celku. Mezi tyto složky patří například pracovní postup, pracovní metoda a způsob provedení práce. Pracovní postup je složka, která obsahuje zejména detailní popis jednotlivých pracovních operací, jejich jednotlivých úseků, pracovních úkonů a provedení konkrétních základních pracovních pohybů tak, aby byl výrobní proces proveden správně. V této složce je také podrobně popsána výrobní technologie, sloužící pro uskutečnění transformace vstupů na požadované výstupy. Pracovní metoda je složka popisující provádění práce operátorem při určeném pracovním postupu. Každým operátorem je práce vykonávána individuálně podle pracovní metody. Tato individuálnost je popsána v poslední výše jmenované složce a tou je způsob provedení práce. [3]

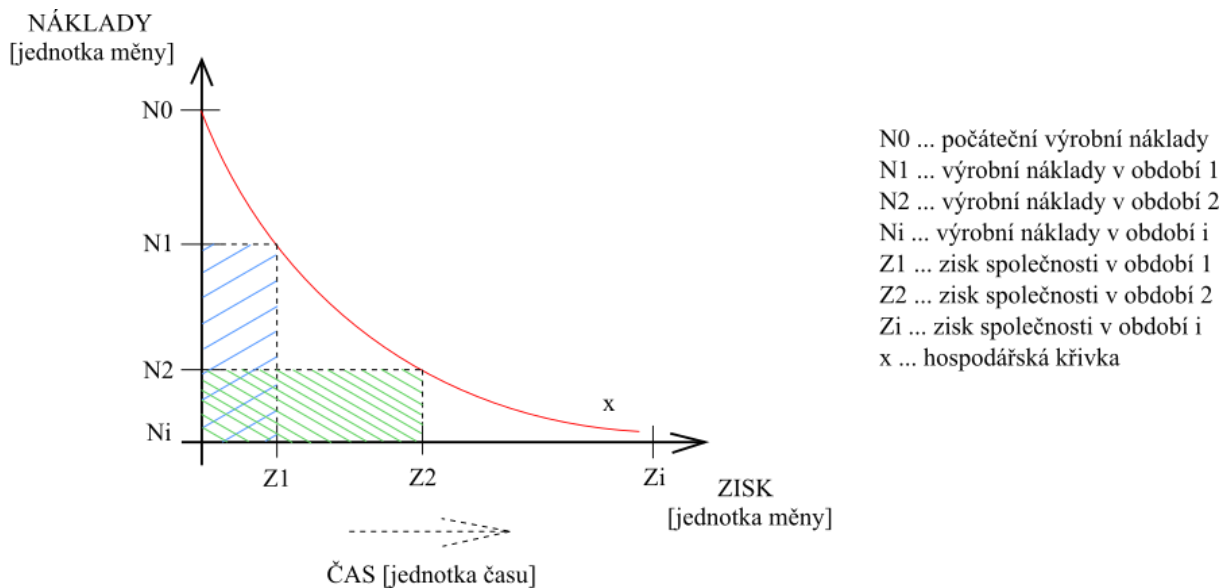
## 2 Racionalizace výrobního procesu

Racionalizace výrobního procesu je pojem, se kterým je dnes možné se setkat téměř v každém výrobním i nevýrobním podniku. Neustálý dynamický rozvoj výrobních organizací, jejichž účelem je uvedení celého výrobního procesu do souladu s aktuálním vědecko-technickým rozvojem, má za následek, že se na racionalizaci kladou stále větší nároky. Hledají se tak možnosti ke zvýšení efektivity výrobních pracovišť, jejichž následkem je celkové zvýšení produktivity daného výrobního systému a společnosti jako celku. [4]

### 2.1 Účel a cíle racionalizace

Hlavním účelem racionalizace je nepřetržité kontinuální zlepšování stávajícího výrobního procesu na takovou úroveň, která není při stávajícím stavu ani myslitelná. Dle [3] je možné racionalizaci přesněji definovat jako soubor technicko-organizačně-psychologických metod, postupů a opatření, jež vedou ke zvýšení produktivity práce na takovou úroveň, která není za stávajících výrobních podmínek ani představitelná.

Jak již bylo řečeno, tak výrobní organizace za pomoci racionalizace hledají nové způsoby zvyšování produktivity výrobního systému, v zájmu zlepšování ekonomických výsledků hospodaření i zvyšování samotné konkurenceschopnosti podniku na trhu. Je možné tedy konstatovat, že hlavním cílem racionalizace je **maximální zvýšení produktivity výrobního systému, z důvodu maximalizace zisku společnosti při minimálních možných výrobních nákladech a za předpokladu neustálého zvyšování kvality finálních produktů**, jež jsou nositeli hodnot pro zákazníky. Grafické znázornění racionalizace jako procesu neustálého zlepšování je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 3). [4]



Obrázek 3 Grafické znázornění racionalizace jako procesu neustálého zlepšování

Z grafu je patrné, že každý výrobní proces začíná při vstupních počátečních výrobních nákladech. V tomto okamžiku nemá společnost zisk, neboť toho je dosaženo, až prvním prodejem vyrobených produktů. Poté je možné předpokládat, že je společností dosahováno nějakého konstantního zisku při vynaložení nějakých konkrétních výrobních nákladů. V momentě, kdy bude správně aplikován princip racionalizace, dojde k tomu, že budou s každým novým racionalizačním zásahem snižovány náklady na výrobu a bude zvyšován zisk společnosti. Toto je na grafu zobrazeno vyšrafovanými částmi (modrá část pro období první a zelená část pro období druhé).

Cílem je v tomto zavádění racionalizace pokračovat, dokud nebude dosaženo „ideálního“ stavu v bodě, ve kterém bude společnost dosahovat maximálního zisku při nulových nákladech. Tento stav je pochopitelně idealizovaný a ve své podstatě nereálný. Samotná hospodářská křivka se ale bude k tomuto bodu neustále přibližovat s postupným aplikováním racionalizace.

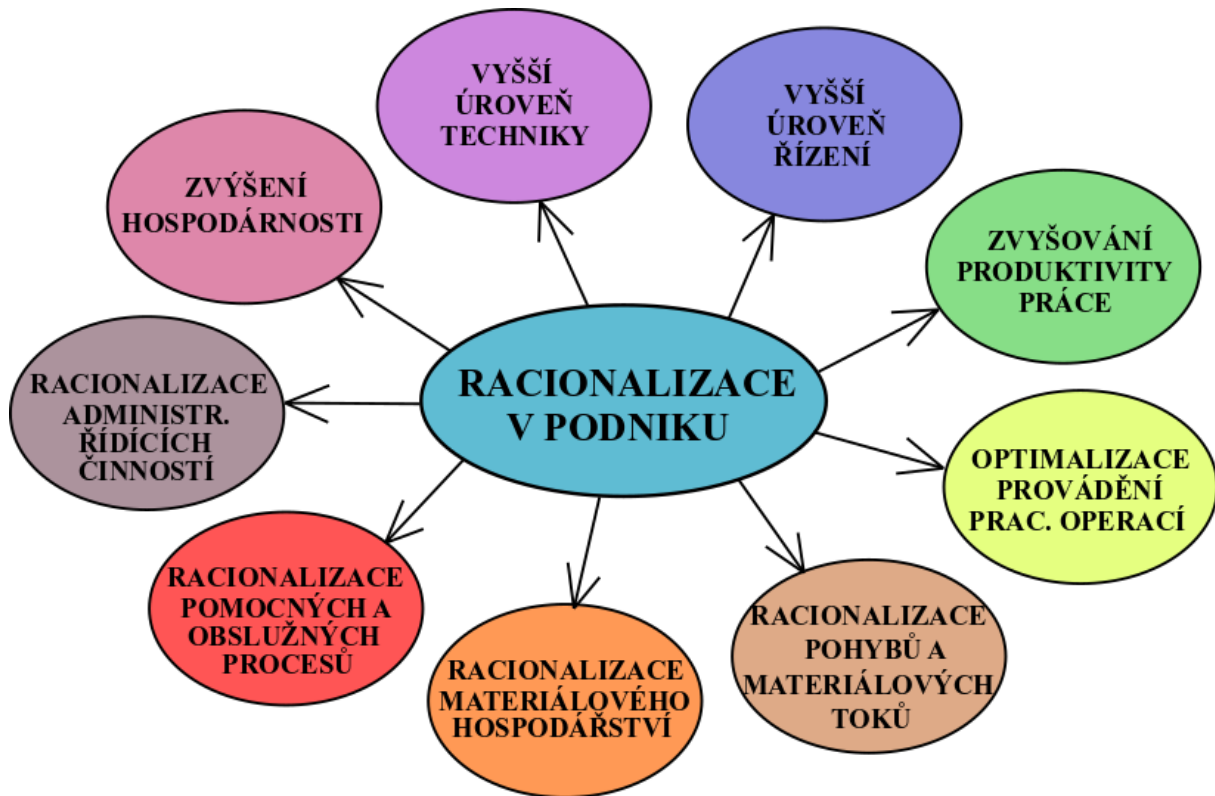
V zásadě jde tedy o to, aby byl výrobní proces uskutečňován na stále vyšší úrovni z hlediska techniky, technologie, organizace práce, výroby i jejího řízení. Základem každé racionalizace je vyloučení zbytečných výrobních ztrát a lepší využití existujících výrobních rezerv, vzniklých nežádoucím stavem stávajícího výrobního systému. Racionalizace také obvykle směřuje k zavádění nových technických, technologických a organizačních opatření. Součástí racionalizace je též snaha o vytvoření takových pracovních podmínek, při nichž dochází ke zvyšování pohodlí operátorů během výrobního procesu, což má za následek zvýšení jejich pracovní výkonosti sli- vem šetření pracovní síly, z důvodu odstranění přebytečného namáhání svalového a pohybo- vého aparátu. Této oblasti je věnována samostatná disciplína, která se nazývá ergonomie. [4]

K zavádění a uplatňování principů racionalizace je využívána celá škála nástrojů, mezi které patří zejména optimalizace provádění pracovních operací, ergonomie pracoviště, technické úpravy pracovišť (přípravky, držáky, upravené nástroje, ...), technologičnost konstrukce a uspořádání pracovišť. Při samotném zavádění racionalizace je nutné dodržovat určitý základní postup, aby byla implementace racionalizace úspěšná. Tento postup je možné popsat násled- dovně:

- 1) provedení analýzy současného výrobního systému
- 2) provedení návrhu na potřebné změny
- 3) zpracování, porovnání a vyhodnocení přípustných variant řešení
- 4) implementace vybrané varianty, případně více variant řešení
- 5) analýzy nového stavu a vyhodnocení přínosů implementovaných změn

Tento proces je pak nutné neustále opakovat, aby byl zajištěn princip kontinuálního zlepšování výrobního procesu. [4]

Racionalizace se samozřejmě nezaměřuje pouze na výrobní proces, ale zasahuje do téměř všech oblastí v daném podniku (viz Obrázek 4).



Obrázek 4 Oblasti racionalizace v podniku [4]

## 2.2 Druhy racionalizace

Racionalizaci lze z hlediska jejího poslání v podniku rozdělit na dva základní druhy, a to racionalizaci preventivní a korektivní.

Racionalizace **preventivní** je zaměřena na plánovací fázi projektů, neboť se snaží o posouzení přípravné dokumentace z hlediska její komplexnosti, tj. zda obsahuje všechna potřebná technická řešení a také organizační uspořádání daného procesu. Zejména je zde zkoumáno stanovení optimálního počtu pracovních míst, rozmístění pracovišť, optimalizace pracovních postupů, pracovní podmínky a vynakládání pracovní síly pro operátory procesu. [4]

**Korektivní** racionalizace je zaměřena na již existující výrobní prostředí, ve kterém jsou přítomny jasně definované pracovní podmínky, technické vybavení, výrobní technologie, uspořádání pracoviště a materiálový a informační tok. Základem je zanalyzovat, navrhnout a zdokonalit současný stav prostřednictvím provedení změn v organizačním uspořádání pracovního procesu a změn technického charakteru. Veškeré změny jsou pak promítány do norem spotřeby práce, případně výkonostních norem, kde pak dochází k vyhodnocení efektivnosti nových implementovaných řešení. Předmětem korektivní racionalizace tedy je racionalizace počtu pracovníků, materiálových toků, pracovních postupů, norem spotřeb a uspořádání pracovišť. [4]

Korektivní racionalizací se zabývá právě tato studie, neboť jejím cílem je analýza a optimalizace již existujícího výrobního systému.

### 3 Koncept štihlé výroby

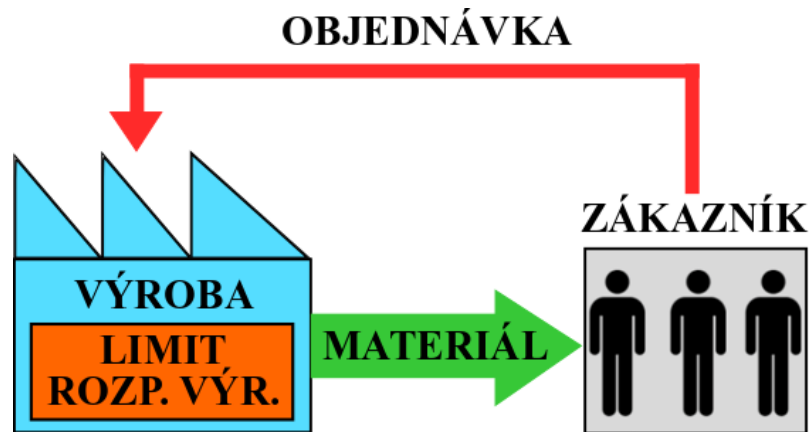
Štihlá výroba je pojem, s nímž je možné se dnes stále více setkávat v průmyslových podnicích. Jedná se o poměrně komplikovaný pojem, který není jednoduché, ne-li doslova nemožné přesně definovat, neboť každý chápe štihlou výrobu trochu jinak. Pro někoho je štihlá výroba strategií podniku pro dosažení větší produktivity a konkurenceschopnosti, jiní si zase pod tímto pojmem představí sadu nástrojů a principů pro řízení a optimalizaci výroby a jejího procesu jako celku. V této kapitole bude tedy blíže představen koncept štihlé výroby pro její lepší pochopení a také budou popsány některé vybrané nástroje pro úspěšné implementování jejích principů v podniku. Většina z těchto metod bude následně využita v pozdějších částech této studie, zejména pak v její praktické části.

#### 3.1 Objasnění pojmu štihlá výroba

Jak již bylo řečeno, tak definovat přesně štihlou výrobu je poměrně obtížné. Nejběžnějším zažitým chápáním štihlé výroby v průmyslu je to, že se jedná o princip řízení a uspořádání průmyslové výroby takovým způsobem, aby bylo dosaženo co největší produktivity a efektivity výrobního systému, při co nejmenších nákladech a bez zbytečného plýtvání. Toto chápání je ve své podstatě správné, nikoliv však dostatečně přesné. Štihlou výrobu je třeba chápat především jako koncept, jehož principy jsou aplikovány pomocí různých metod a nástrojů ve výrobním systému a jehož dlouhodobým a neustálým implementováním je možné dosáhnout takové výroby, která bude z hlediska nákladů, kvality a efektivity natolik optimální, že dojde k maximálnímu navýšení hodnoty produktů společnosti pro zákazníka a současně k minimalizaci nebo úplnému odstranění jakékoliv formy plýtvání ve výrobě. To má za následek dosažení maximální ziskovosti společnosti a také maximální zvýšení produktivity výrobního systému, vlivem zvýšení využitelnosti všech dostupných zdrojů a odstraněním neproduktivních činností. Svým způsobem je tedy hlavním principem eliminace jakéhokoliv neproduktivního času a činnosti v podniku. [5]

#### 3.2 Princip tahu („PULL“) ve výrobním systému

Princip tahového výrobního systému je jednou ze základních a klíčových charakteristik konceptu štihlé výroby. Běžně je tento princip formulován jako výroba na zakázku. Jde tedy v podstatě o to, že výroba by neměla začít dříve, než dokud firma nedostane objednávku od zákazníka a tím pádem by neměly být vyráběny zásoby na sklad, neboť pak by se jednalo o tzv. tlakový princip („PUSH“), který nespadá do konceptu štihlé výroby. Toto tvrzení je však pravdivé jen z části. Nesmí být opomenuto například to, že ve výrobním systému může být přítomno určité množství rozpracované výroby a také to, že firmy mívají zpravidla určité množství tzv. pojistných zásob na skladě, z důvodu možného výpadku výrobního systému. Přesněji by tedy bylo vhodné tahový princip výroby definovat jako systém výroby, kterým je omezoováno množství rozpracované (nedokončené) výroby, jež může být uvnitř výrobního systému. Je-li tento princip aplikován správně, tak je výroba zahájena pouze tehdy, nebyl-li překročen stanovený limit rozpracovanosti výroby. Jednoduché schéma tohoto principu je zobrazeno na obrázku níže (viz Obrázek 5). [6]



Obrázek 5 Tažný výrobní systém

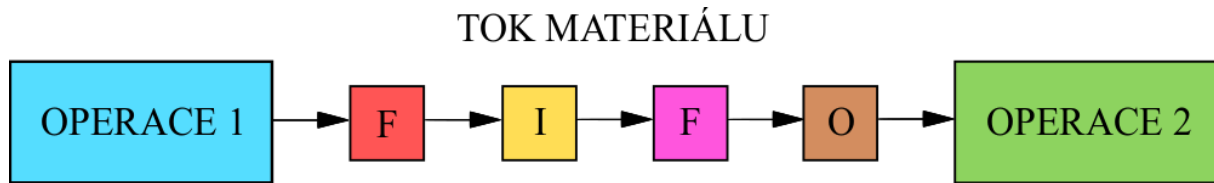
Pro řízení tahového principu existuje celá řada metod a nástrojů, jako jsou například KANBAN (pro velké objemy malého počtu typů výrobků) a CONWIP (pro malé objemy velkého počtu typů výrobků) karty, metoda DBR (Drum-Buffer-Rope), případně modely pro řízení front v systému, z nichž nejdůležitější pro tahový princip jsou FIFO a supermarkety. Model FIFO bude podrobně představen v následující podkapitole.

### 3.3 Řízení front ve výrobním systému metodou FIFO

Metoda FIFO je jednou ze základních metod pro řízení front ve výrobním systému, která je naprosto klíčová pro úspěšné zavádění tahového principu ve výrobě a tím pádem je jedním ze základních nástrojů pro implementaci štíhlé výroby v podniku. Zkratka FIFO znamená v anglickém originále „**First In – First Out**“, neboli v překladu „první dovnitř – první ven“. Jak již z názvu vyplívá, tak základní myšlenkou této metody je, že první položka, která vejde do procesu nebo skladu, z něj odchází jako první. Ve výrobním systému je tedy jasně daná sekvence, které položky a v jakém pořadí jsou zpracovávány. Tato sekvence nesmí být nijak narušena, aby nedošlo k narušení souslednosti položek uvnitř fronty. Obvykle jsou pro každou frontu stanoveny konkrétní limity maximálního počtu položek uvnitř fronty. Jakmile dojde k zaplnění fronty tak, že se sem již další položka nevejde, měl by být předchozí proces na počátku fronty zastaven, aby nedošlo k dalšímu zásobování již zaplněné fronty dalšími položkami. Implementace a využívání FIFO front ve výrobě je velmi snadné. Stačí, aby měl první proces jasné informace o tom, jaké položky a jakým způsobem má vyrábět a všechny ostatní následující procesy už jen zpracovávají příchozí položky z předcházejících procesů, podle definovaných postupů.

Správným dodržováním pravidel FIFO metody je možné předcházet jakékoliv nadvýrobě díky kapacitním limitům jednotlivých front, čímž je zároveň docíleno zamezení „ucpávání“ výrobního systému a naopak dojde ke zvýšení jeho efektivity vlivem omezení celkové rozpracovanosti výroby a skladových zásob. Díky kapacitním limitům je také výrobní systém schopen pružně reagovat na případné změny ve výrobním programu. Mezi další výhody FIFO front patří jasně definovaný materiálový tok, čehož je možné s výhodou využít při plánování materiálových toků a zásobování výrobních pracovišť materiálem. FIFO fronty také umožňují lepší kontrolu plnění výrobních a současně dodacích termínů pro zákazníky, neboť jsou položky většinou zpracovávány podle sledu nebo priority jednotlivých výrobních zakázek. Pokud je sled zakázek dodržen a nejsou jednotlivé položky jednotlivých zakázek promixovány, tak je možné přesně určit, kolik položek na danou zakázku ještě ve výrobním systému zbývá a prostřednictvím FIFO fronty by nemělo dojít k situaci, kdy bude nějaká položka ztracena mezi položkami jiné zakázky, čímž by mohlo jinak dojít ke zpoždění dodací lhůty, případně k dodání nesprávných položek zákazníkům a řešení následných reklamací.

V neposlední řadě je pomocí FIFO front docíleno lepší vizualizace výrobního systému, neboť stavem jednotlivých front jsou snadněji identifikována tzv. úzká místa v systému, na něž je možné se následně zaměřit a odstranit je. Závěrem je dobré konstatovat, že zavedením FIFO front ve výrobním systému je snadněji dosahováno tzv. toku jednoho kusu (One Piece Flow), který je stěžejní pro dosažení štíhlé výroby. Jednoduchá vizualizace FIFO fronty je znázorněna na obrázku níže (viz Obrázek 6). [7] [8]

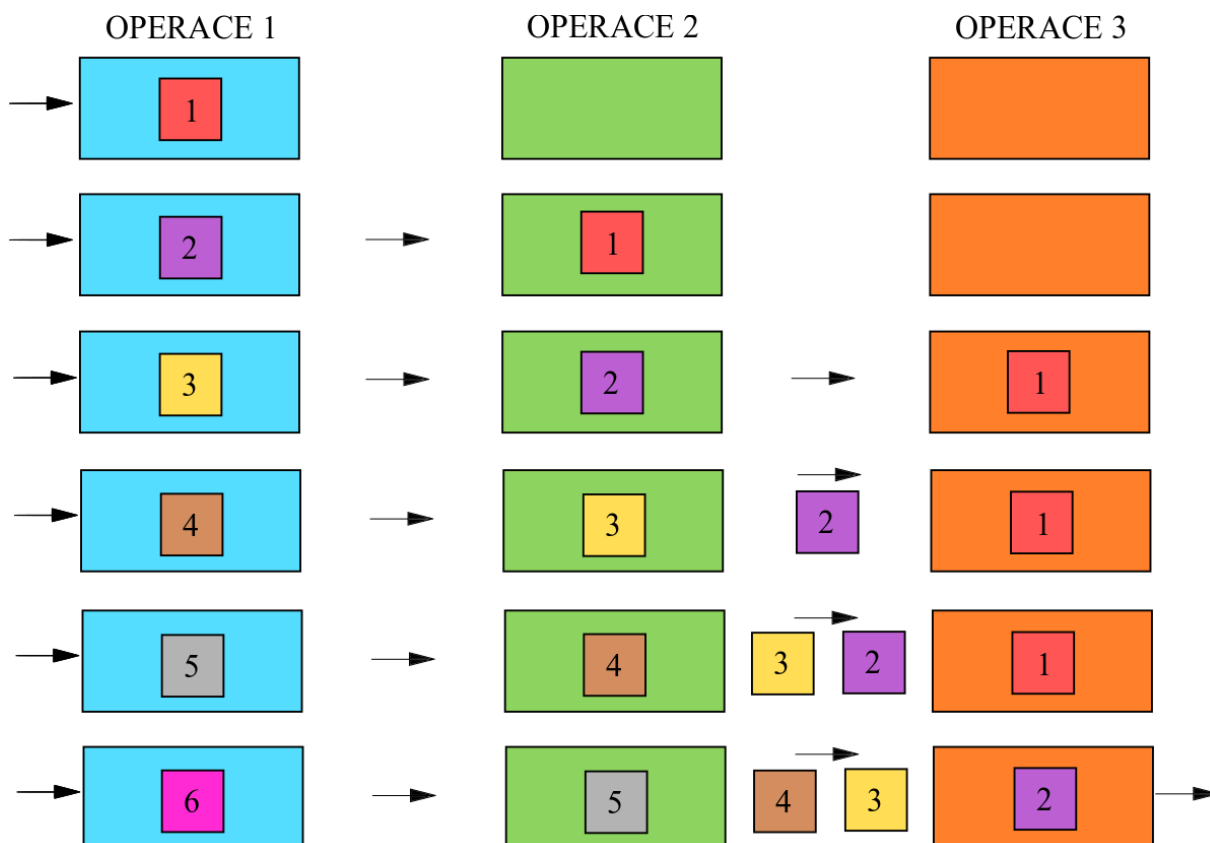


Obrázek 6 Řízení front výrobního systému metodou FIFO

### 3.4 Tok jednoho kusu ve výrobním systému (One Piece Flow)

Zajištění toku jednoho kusu položky ve výrobním systému je dalším klíčovým faktorem pro dosažení štíhlosti výroby v podniku. V zásadě jde o to, aby v daný časový okamžik byla vyráběna na příslušné operaci pouze jedna položka, která by po skončení této operace byla bezprostředně předána na operaci následující. Poté by na předchozí operaci mohla být opět zpracovávána další položka. Samozřejmě je nutné vzít v potaz, že reálné výrobní systémy mají určité dynamické chování, které způsobuje, že se každá část výrobního systému bude chovat v každém časovém okamžiku trochu jinak. Každá výrobní operace může zpracovávat danou položku v různých okamžicích s jiným operativním časem, což bude mít za následek vznik front nebo prostojů ve výrobním systému. Tento stav je zcela běžný a je nutné s ním počítat. Reálný tok jednoho kusu ve výrobním systému je znázorněn na obrázku níže (viz Obrázek 7). [9]

Tento obrázek zachycuje posloupnost tří výrobních operací v šesti okamžicích výrobního procesu. V prvním okamžiku je na první operaci dopravena první položka, která je ihned zpracovávána. V druhém okamžiku je první položka předána následující operaci ke zpracování a první operací začne být ve stejném okamžiku zpracovávána druhá položka. V dalším okamžiku proběhne ten samý proces, kdy jsou první dvě položky tahovým principem předány dále, a do výrobního systému je přidána třetí položka. V následujícím okamžiku je do systému přidána čtvrtá položka, avšak v ten samý okamžik je třetí operací stále zpracovávána první položka, čímž dojde k vytvoření fronty mezi třetí a druhou operací vlivem vzniku časového rozdílu mezi jednotlivými výrobními časy daných operací. V předposledním časovém okamžiku dojde ke stejné situaci, avšak do fronty bude přidána další položka, která bude ve frontě zařazena podle metody FIFO, aby byl stále dodržen tok jednoho kusu. V posledním časovém okamžiku dojde již k uvolnění třetí výrobní operace a tím pádem je možné začít zpracovávat první položku ve frontě, do které bude zároveň zařazena položka z předchozí operace. V těchto šesti okamžicích je možné vidět, jak by měl správně vypadat tok jednoho kusu ve výrobním systému i s využitím vzniku front, jež jsou řízeny principem FIFO, který je pro tok jednoho kusu nezbytný. Dodržením těchto dvou principů je zároveň možné říci, že dochází k uplatňování tahového principu ve výrobě a tím pádem i k dodržování hlavních zásad štíhlé výroby.



Obrázek 7 Reálný tok jednoho kusu ve výrobním systému

Tok jednoho kusu přináší také řadu jiných výhod, mezi které patří zejména snížení rozpracovanosti výroby, snížení průběžné doby výroby, rychlejší identifikace nekvality položek, redukce výrobních a skladovacích ploch a snadnější identifikace úzkého místa ve výrobním procesu.

### 3.5 Základní druhy plýtvání ve výrobě

Plýtvání je bohužel vždy součástí každého výrobního systému a to v mnoha různých formách. Jakákoliv forma plýtvání je zcela nežádoucí z hlediska produktivity výrobního procesu, neboť nám zvyšuje výrobní a logistické náklady na produkt a nepřidává tak společnosti žádnou hodnotu. Je nutné říci, že úplná eliminace plýtvání ve výrobním systému je v podstatě nemožná, a tak cílem každého výrobního podniku je alespoň snížit jakákoliv plýtvání na maximální možnou úroveň. Důvodem proč nelze plýtvání zcela odstranit je prostý fakt, že nic dokonalého v reálném světě neexistuje, a to včetně výrobních systémů. Jak již bylo řečeno dříve, tak každý výrobní systém se chová dynamicky, a tím pádem se v čase mění. Toto dynamické chování způsobuje, že bude vždy v systému přítomna nějaká forma plýtvání v daném čase. Jinak řečeno, aby v systému nebylo přítomno plýtvání, musel by systém fungovat se stoprocentní efektivností a účinností, jež by znamenala, že by každá položka v systému musela být v každém okamžiku zpracovávána, a tím pádem by docházelo k souvislému a neustálému zvyšování její hodnoty pro zákazníka. To však není v reálném systému možné a jedná se o idealizovaný stav.



### 3.5.1 Identifikace forem plýtvání ve výrobě

V každém procesu jsou přítomny činnosti, jež přidávají hodnotu výrobku a činnosti, které hodnotu nepřidávají. Ty je možné ještě dále dělit na činnosti, které jsou nezbytné pro následný průběh činností přidávajících hodnotu a na činnosti, jež jsou zcela postradatelné pro průběh výrobního procesu. Při identifikaci jakékoliv formy plýtvání je potřeba identifikovat všechny tyto činnosti nepřidávající hodnotu a následně zcela odstranit ty činnosti, jež jsou postradatelné a v maximální možné míře minimalizovat a optimalizovat ty činnosti, jež zcela odstranit nelze. [10]

Aby bylo možné identifikovat činnosti nepřidávající hodnotu, je nejprve nutné identifikovat činnosti, jež hodnotu přidávají. Tyto činnosti musí splňovat následující tři kritéria:

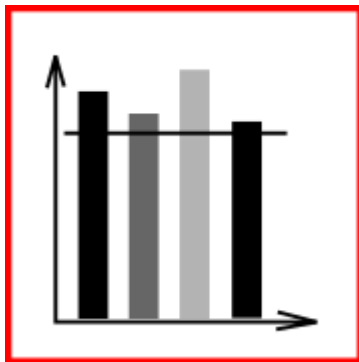
- 1) zákazníkem jsou tyto činnosti požadovány a je ochoten za ně platit
- 2) těmito činnostmi je materiál nebo potřebná informace přetvářena do nového stavu
- 3) tyto činnosti jsou udělány správně a napoprvé

Jakmile jsou takto identifikovány všechny činnosti přidávající hodnotu, tak je možné říci, že všechny ostatní činnosti hodnotu nepřidávají a je tedy možné je označit za nějaké formy plýtvání. [10]

Je zcela běžné, že většina procesů je tvořena z více jak 95 % činnostmi, kterými není hodnota přidávána a pouze 5 % a méně připadá na činnosti, které hodnotu přidávají. Každá položka ve výrobním systému může být obecně přítomna ve čtyřech stavech, a to doprava, skladování, kontrola a výroba. Je zcela evidentní, že jediným stavem obsahujícím činnosti přidávající hodnotu je výroba. [10]

Obecně lze plýtvání kategorizovat do sedmi základních druhů, které je možné jedním slovem označit jako **Muda**. Mezi těchto sedm základních druhů patří nadprodukce, zásoby, vady a opravy zmetků, zbytečné pohyby, nadbytečné zpracování, čekání a doprava. Kromě těchto sedmi druhů plýtvání jsou ve výrobním systému často přítomny také další nežádoucí stavy, z nichž nejproblémovějšími jsou nepravidelnost a nevyváženost systému a také nadměrné přetěžování jeho částí. Pro tyto stavy existují označení **Mura** (pro nepravidelnost) a **Muri** (pro přetěžování). Tato tři slova se většinou používají dohromady a jsou označovány jako 3MU a společně tvoří devět forem plýtvání ve výrobě, jež je třeba v maximální možné míře odstranit. [10]

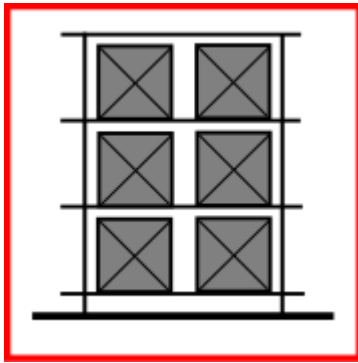
### 3.5.2 Muda nadprodukce



Obrázek 8 Muda nadprodukce

Tento druh plýtvání znamená, že jsou vyráběny výrobky ve větším množství, než je dáno výrobním plánem. Tato výroba většího než potřebného množství produktů má za následek ohromné plýtvání, neboť dochází ke spotřebě surovin předtím, než jsou potřeba, k plýtvání lidských a energetických zdrojů a k plýtvání kapacity výrobních zařízení, která by mohla být využita například na výrobu jiných typů produktů. Dále dochází ke zvýšení úrokové zátěže, prostorových nároků na uskladňování přebytečných zásob a zvýšení dopravních a administrativních nákladů. V neposlední řadě je ve vzniklých zásobách vázán kapitál, který není možné využít a jež tedy momentálně nepřidává společnosti žádnou hodnotu. [10]

### 3.5.3 Muda zásob



Obrázek 9 Muda zásob

Jakoukoliv formu zásob v podniku je možné označit za plýtvání, ať už se jedná o finální produkty, rozpracované produkty, obrobky, nebo různé součástky a montážní díly a v neposlední řadě nakupované a dodávané komponenty. Zásoby samy o sobě neposkytují žádnou hodnotu, naopak jsou zvyšovány provozní náklady tím, že zabírají místo a vyžadují nasazení dalších zařízení, jako jsou sklady a dopravní a manipulační technika (vysokozdvíhový vozík, pásové dopravníky, vyskladňovací robot, ...). K samotnému provozu a řízení skladů a techniky jsou navíc zapotřebí další lidské zdroje. V zásobách je navíc vázán nevyužitý kapitál společnosti, jež může časem navíc degradovat, protože zatímco je produkt ve skladu, tak začíná postupně stárnout a klesá tak jeho hodnota a kvalita. V nejhorším možném případě mohou být produkty dokonce poškozeny nebo zničeny vlivem manipulační nehody, požáru, či jiné pohromy. Nadměrné zásoby jsou vlivem nadprodukce, a tak spolu tyto dvě formy plýtvání vzájemně souvisí. [10]

### 3.5.4 Muda opravy vadných výrobků



Obrázek 10 Muda opravy zmetků

Jakékoliv vadné výrobky (zmetky) jsou nositeli hodnot, za které zákazník není ochoten zaplatit a musejí být proto opraveny. Zmetky jsou v podstatě výrobky, jejichž kvalita neodpovídá požadavkům zákazníka. Zmetky způsobují většinou přerušování výrobního procesu a samotného toku materiálu uvnitř výrobního systému. V nejhorším případě vede vznik několika zmetků za sebou k dočasnému nebo úplnému zastavení výroby, či její určité části, což může vést k časovému zpoždění plnění výrobních plánů a ke zpoždění dodávky výrobků zákazníkům. Zmetky navíc vyžadují často materiálně i časově nákladné opravy, nebo je nutné je často přímo vyhodit, což je ohromné plýtvání všemi možnými zdroji. Největší problémy pak představují nejružnější automatická výrobní zařízení, jež mohou během pár minut vychrlit obrovské množství neopravitelných zmetků, než dojde k odhalení problému. V horším případě by dokonce mohlo dojít k poškození drahých nástrojů, případně upínacích systémů nebo v nejhorším případě celého výrobního zařízení. Z tohoto důvodu by měla být tato zařízení vybavena mechanismy, které je zastaví v okamžiku, kdy bude objeven první vadný kus. [10]

### 3.5.5 Muda zbytečných pohybů



Obrázek 11 Muda zbytečných pohybů

Každý pohyb zaměstnanců, který není přímo spojen s přidáváním hodnoty výrobku, je neproduktivní, a tím pádem se jedná o plýtvání. Mezi tyto pohyby patří chůze po pracovišti, sahání pro vzdálené předměty, chůze pro materiál do skladu, ohýbání se pro bedny s polotovary a mnoho jiných. Zejména pak ohýbání se pro těžké předměty a jejich nošení je bráno jako jeden z největších problémů této formy plýtvání. Takovýto pohyb je jednak velmi fyzicky namáhavý a může v horším případě vést až k pracovnímu úrazu a také trvá přemístění předmětu z místa na místo zpravidla delší dobu, než u lehčích předmětů. Samotný výkon také stojí operátory značné množství energie, kterou by mohli jinak využít při produktivních činnostech. Tato forma plýtvání může být odstraněna vhodnou změnou uspořádání pracoviště a též použitím

vhodnějších nástrojů a pracovních pomůcek. [10]

### 3.5.6 Muda nadbytečného zpracování



Obrázek 12 Muda nadbytečného zpracování

Kdykoliv je výrobek nadbytečně zpracováván ať už výrobní technologií, nebo samotnými operátory, tak se jedná o plýtvání. Jakákoliv forma zpracování, kterou nepožaduje zákazník, je činnost, která již nepřidává výrobku hodnotu, protože za ní zákazník neplatí. Mezi toto plýtvání patří například přílišný náběh či přeběh obráběcího stroje, neproduktivní úder kovací lisu, broušení povrchu pro dosažení vyšší jakosti, než je požadována a provedení různých výrobních modifikací, jako je třeba nanesení dvojitě vrstvy lepidla. Občas může za tento druh plýtvání také nevhodně zvolená výrobní technologie. Aby bylo možné odstranit toto plýtvání, tak je potřeba dodržovat přesně stanovené výrobní postupy schválené zákazníkem a případně zvolit také vhodnější výrobní zařízení. [10]

### 3.5.7 Muda čekání



Obrázek 13 Muda čekání

V momentě kdy dojde k zastavení výrobních prací na výrobku, tak vzniknou neproduktivní časové prostoje, které jsou další formou plýtvání v podniku. K zastavení prací může dojít například z důvodu nerovnováhy a nevyváženosti výrobních operací v systému, nedostatku součástí a výrobních komponent, poruchy výrobního zařízení, nebo když zaměstnanec čeká na dokončení výrobní operace strojem, aby mohl pokračovat ve své činnosti. Nejhorším případem této Mudy je pak situace, kdy zaměstnanec záměrně nepracuje, což bude většinou představovat ohromnou ztrátu produktivního času. Posledním případem, který je dobré zmínit, je nemožnost vyrábět z důvodu čekání na výrobní zakázku. To je vůbec nejhorší forma plýtvání času v rámci celého

výrobního podniku, neboť nedochází k vytváření hodnot pro zákazníky. [10]

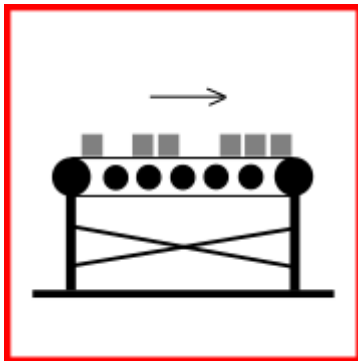
### 3.5.8 Muda dopravy



Obrázek 14 Muda dopravy

Muda dopravy patří mezi jedny z nejvíce viditelných forem plýtvání ve výrobním podniku. Ve výrobním provozu je možné si takřka ihned všimnout různých druhů dopravy, jako jsou paletové vozíky, vysokozdvizné vozíky a dopravní pásy. Je nutné poznamenat, že doprava je nezbytnou součástí každého výrobního procesu a nikdy nemůže být zcela eliminována. Jednotlivé výrobní operace a případně procesy vyžadují dopravu materiálu mezi sebou, i když sama o sobě nepřidává produktu žádnou hodnotu. Během samotné dopravy navíc může dojít k poškození výrobků, což vede ke vzniku materiálních škod. Je tedy nezbytně nutné pokusit se maximálně omezit dopravu a zkrátit všechny možné dopravní trasy na minimum. Zejména je pak vhodné co nejvíce omezit manuální dopravu prováděnou samotnými operátory, neboť ta vyžaduje k provozu také lidské zdroje, které by mohly být jinak využity pro provádění výrobních operací přidávající hodnotu. [10]

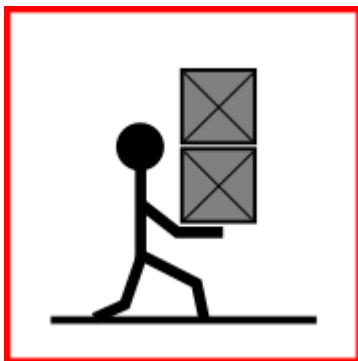
### 3.5.9 Mura (nepravidelnost)



Obrázek 15 Mura (nepravidelnost)

Jak již bylo řečeno dříve, tak Mura je označení pro neregulárnost, nerovnoměrnost, nevyváženost a nepravidelnost a stejně jako každou formu Muda, je potřeba i tento problém odstranit. Mura vznikne kdykoliv, je-li narušen hladký tok materiálu napříč výrobním systémem. Může se jednat o nerovnoměrnou práci stroje a jeho obsluhy, nepravidelný postup produktů na výrobní lince a dopravníkových pásích, ale také nevyvážené plnění plánů výroby. Na první pohled nejvíce viditelnou Murou je většinou nerovnoměrné plnění norem dvou operátorů na stejném pracovišti, ať už vlivem špatného zaškolení, nebo malé zapracovanosti, případně nevhodnými dispozicemi operátorů pro danou práci. [10]

### 3.5.10 Muri (přetěžování)



Obrázek 16 Muri (přetěžování)

Muri je označení pro namáhavou práci, která je způsobena přetěžováním operátorů, nebo strojů, vedoucí ke snížení produktivity a zvýšení rizikovosti práce, případně rizika poškození zařízení. Toto přetížení vzniká, pokud například zaměstnanec nemá dostatečné fyzické dispozice pro vykonání práce hladkými pohyby, čímž dochází ke kontinuálnímu zvyšování spotřeby energie a současněmu snižování výkonnosti. Přetížení může nastat i u výrobních technologií, kdy vlivem nadměrného zatížení strojních částí není schopen stroj provést danou operaci korektně. Tato nadměrná zátěž není dobrá ani v jednom z uvedených případů, neboť u operátora může způsobit pracovní úraz a poškodit tak jeho zdraví a v případě stroje se může jednat o nevratné poškození jeho konstrukce, což může vést až k jeho definitivnímu vyřazení z provozu. Zvláštním případem je pak ještě přetěžování personálu z hlediska množství a složitosti pracovních úkolů, kdy dochází k psychickému přetěžování. To je časté zejména mezi administrativními a řídicími pracovníky. [10]

### 3.6 Princip neustálého zlepšování procesů

Princip neustálého zlepšování podnikových procesů (Continual Process Improvement - CPI) je v podstatě nikdy nekončící a stále se opakující proces, která má za cíl zajistit neustálé zvyšování vspělosti podniku, aby docházelo k neustálému pohybu rozvoje, jež má za cíl zvýšit konkurenceschopnost podniku a jeho celkovou produktivitu a efektivnost ve vztahu k vytváření hodnot pro zákazníky a maximalizovat tak ziskovost podniku za současného minimalizování všech vynaložených nákladů na podnikové procesy. Tento princip je důležitý zejména z toho důvodu, že provést nějaké změny v podniku pouze jednou není z dlouhodobého hlediska dostačující. Neustálé zlepšování podnikových procesů je třeba chápat jako dlouhodobou strategii, jak udržet rozvoj společnosti a předejít tak stagnaci, jež by mohla vést až k zániku společnosti. Zlepšování podnikových procesů nastává zpravidla dvojím způsobem, buď se jedná o skokové zlepšení, tedy zlepšení, které je provedeno jednou za čas, ale má většinou radikální dopad na zlepšení současného stavu procesu (Business Process Reengineering - BPR), nebo po drobných zlepšeních, která jsou prováděna s velmi malým časovým odstupem, a jež mají v danou chvíli menší dopad na současný stav procesu (Kaizen). Oba přístupy jsou ve své podstatě v pořádku, jen znamenají odlišný přístup ke zlepšování procesů. Nyní budou tyto přístupy více představeny.

#### 3.6.1 Kaizen

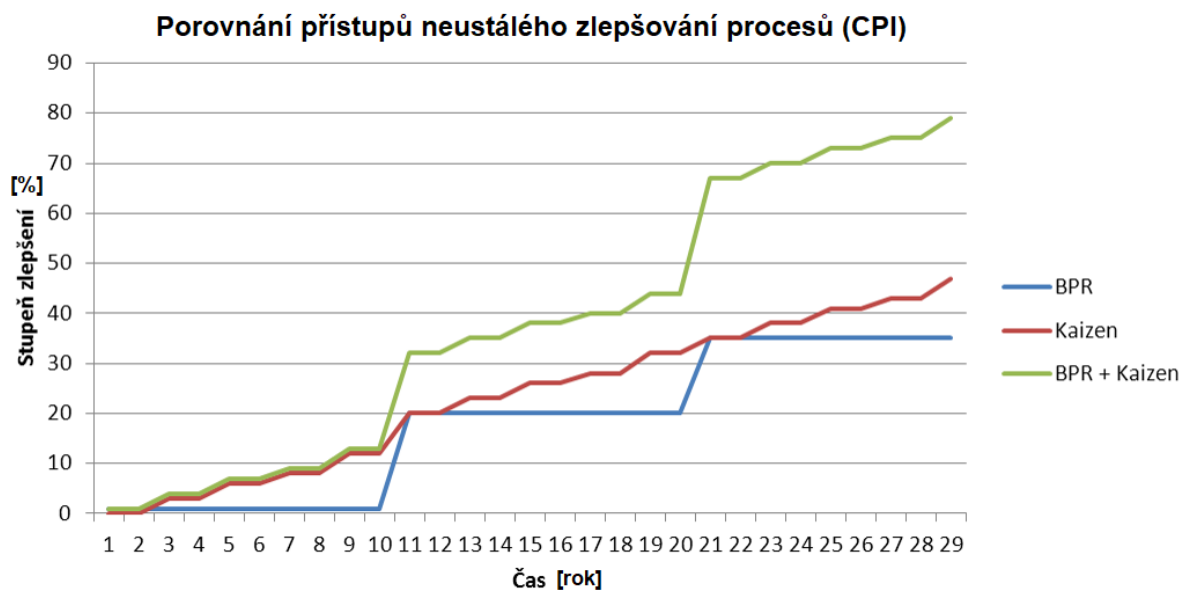
Prvním přístupem pro neustálé zlepšování procesů je koncepce zvaná Kaizen. Ta je založena na principu neustálého drobného zlepšování a zdokonalování procesů v krátkých časových intervalech. Je předpokládáno, že samotný proces zlepšování bude probíhat přímo v místě dění a nic nebude plánováno od stolu. Je tedy nutné jít a vždy se podívat přímo na proces, který chceme zlepšit a zde začít hledat možnosti ke zlepšení procesu. Aplikování změn není zpravidla tolik viditelné z pohledu změny v procesu, jako třeba u inovačních procesů, které jsou zaměřeny na změny zásadnějšího a většího charakteru. Výhoda těchto drobných vylepšení je ovšem v tom, že jich bývá více v kratším časovém období, a tak je jejich dopad na proces sice malý, ale jejich stálost je dlouhodobá. Další výhodou je také to, že se jedná většinou o málo nákladná řešení, která jsou snáze realizovatelná. Kaizen má také určité nevýhody. Tou zásadní je fakt, že Kaizen jako takový by měl být záležitostí všech zaměstnanců podniku, vrcholové vedení nevyjímaje, čehož je mnohdy velmi obtížné docílit. Pouze tehdy, pokud bude Kaizen chápán jako snaha dosáhnout za pomoci týmové práce určitých výsledků a neustále se vzdělávat, pak teprve bude možné udržet neustálý rozvoj zlepšování procesů. Jinak řečeno „Kaizen je věcí všech“. [11]

#### 3.6.2 Business Process Reengineering (BPR)

Druhým přístupem procesního zlepšování je metoda známá jako Business Process Reengineering. Základním principem tohoto přístupu je předpoklad, že současný stav procesu je nevyhovující a je třeba podstoupit radikální opatření vedoucí ke kompletní změně stavu od začátku, aby bylo možno dosáhnout zlepšení. Takovéto radikální přehodnocení a rekonstrukce podnikových procesů není záležitostí krátkého časového období. Vždy je třeba zvážit plno faktorů, které budou těmito změnami ovlivněny a také počítat s možnými komplikacemi, které s velkou pravděpodobností nastanou. Z tohoto důvodu jsou takto velké plánované změny téměř vždy vedeny v podobě dlouhodobějších projektů, jejichž dokončení a realizace může trvat až několik let. [11]

### 3.6.3 BPR + Kaizen

Třetím možným přístupem, je kombinace předchozích dvou přístupů. Základní myšlenka je v tom, že samotný BPR je poměrně pomalý a nedocházelo by v průběhu plánování projektů ke zlepšování procesů, čímž by vznikala tzv. nevyužitá okna, kdy by nedocházelo k rozvoji společnosti. Aby tedy bylo možné maximálně zužitkovat takto vzniklý prostor a čas, je možné tento přístup zkombinovat s předchozím Kaizen myšlením, čímž by docházelo k drobnému zlepšování procesu i v průběhu plánování těch radikálnějších změn. Tento přístup se jeví jako neefektivnější a je aplikován ve většině výrobních podnicích. Na obrázku níže je znázorněna efektivita tohoto přístupu v porovnání s předchozími přístupy (viz Obrázek 17). [11]



Obrázek 17 Grafické znázornění neustálého zlepšování podnikových procesů [11]

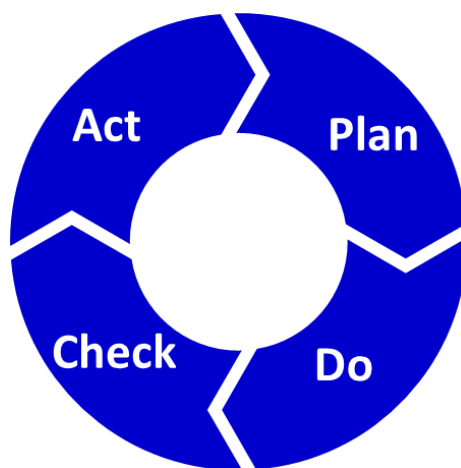
## 4 Metody a nástroje pro zavádění racionalizace pracoviště a konceptu štíhlé výroby

Aby bylo možné úspěšně zavádět racionalizaci na pracovišti a provést určité změny, které povedou ke zlepšení stávajícího stavu na novou úroveň, která bude splňovat předpoklady pro štíhlou výrobu, je nutné k takové činnosti použít celou řadu metod a nástrojů, za pomoci kterých je možné dosáhnout požadovaných změn. V podstatě všechny tyto nástroje a metody slouží ke zvýšení produktivity procesu prostřednictvím redukce všech forem plýtvání. Jak již bylo řečeno, tak nástrojů a metod existuje celá řada, není však potřeba je používat úplně všechny pro dosažení námi stanoveného konkrétního stavu procesu. Je nutné se vždy zamyslet nad tím, jaké nástroje mohou být pro optimalizaci nejvíce přínosné a ty použít přednostně. V této části předložené studie jsou podrobně popsány pouze některé vybrané metody a nástroje, které jsou rovněž využity v pozdější praktické části, zabývající se analýzou a racionalizací procesu na vybraném pracovišti.

### 4.1 Demingův cyklus – PDCA/SDCA

Tento cyklus je jedním z klíčových elementů štíhlé výroby a zároveň základním nástrojem používaným při racionalizaci pracoviště. Je úplně tím nejzákladnějším nástrojem pro provádění jakýchkoliv změn a zlepšení vybraného stavu. Cyklus byl vymyšlen v roce 1950 Edwardem Demingem, podle kterého je cyklus pojmenován. Původní verze se lehce odlišovala od té současné, avšak v základu obsahovala ten samý princip. Od té doby vznikla celá řada jeho modifikací, se kterými je dnes možné se setkat. [12] [13]

Základem cyklu PDCA jsou čtyři fáze, které po sobě následují v přesně stanoveném pořadí. V momentě, kdy je úspěšně splněna poslední fáze, tak se cyklus provede znovu od začátku, aby bylo docíleno stálého zlepšování nově vzniklých stavů (viz podkapitola 4.6). Tyto fáze jsou Plan – Do – Check – Act, neboli v překladu Naplánuj – Proved' – Ověř – Jednej (viz Obrázek 18). [12]



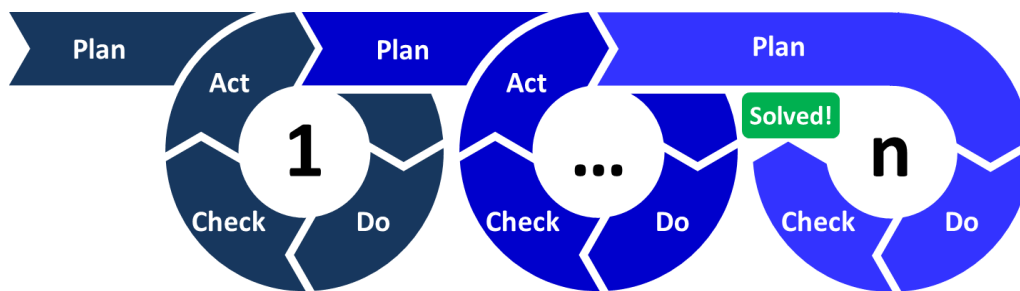
Obrázek 18 Demingův cyklus – PDCA [13]

První fází Demingova cyklu je fáze **Plan** (Naplánuj). V této fázi je třeba důkladně naplánuvat to, co bude potřeba dělat v rámci řešení daného problému a stanovit si jasný cíl, čeho je potřeba dosáhnout. Je důležité zanalyzovat současnou situaci, navrhnout nová možná řešení a nakonec vybrat to nejlepší. [12]

Ve druhé fázi cyklu **Do** (Proved') je hlavním cílem implementace navrženého řešení do současného stavu. Během samotné implementace většinou s velkou pravděpodobností dochází také ke vzniku nových problémů, se kterými nebylo předtím počítáno a jež je třeba také řešit. [12]

Během třetí fáze **Check** (Ověř) je hlavním cílem ověřit, zda implementované řešení skutečně funguje tak, jak bylo předpokládáno a zda bylo dosaženo cílů stanovených v první fázi. Tato fáze je nejvíce přehlížená v rámci celého PDCA cyklu, neboť management společnosti většinou jen ověří, zda bylo nové řešení implementováno, ale už nedochází ke kontrole funkčnosti daného řešení. Kontrolu je navíc třeba udělat víckrát, aby bylo zřejmé, že provedená změna bude fungovat dlouhodobě a nejedná se pouze o dočasný stav. [12]

Poslední fáze cyklu **Act** (Jednej) spočívá ve stanovení toho, co se bude dělat dále v závislosti na výsledcích předchozí fáze. Pokud se implementace řešení ukázala jako neúčinná, případně došlo k objevení nových problému, tak je třeba nalézt příčinu a zahájit nový cyklus pro nalezení nových řešení, kterými lze dané příčiny odstranit. Tomuto se říká tzv. PDCA smyčka, která je znázorněna na obrázku níže (viz Obrázek 19). [12]



Obrázek 19 PDCA smyčka [12]

Pokud by se zdálo být řešení již účinné a nebyly by nalezeny nové problémy, tak je možné řešení považovat za dokončené a je nutné začít nový PDCA cyklus u zcela jiného problému.

V současnosti existuje také celá řada modifikací PDCA cyklu, které jsou většinou drobnou úpravou jeho základních fází. Mezi nejznámější varianty patří například PDSA a nebo více používaný SDCA cyklus. [14]

**PDSA** cyklus je v podstatě stejný jako PDCA cyklus pouze s tím rozdílem, že původní fáze Check (Ověř) je nahrazena fází **Study** (Studuj, Zkoumej). Tato modifikace byla vyvinuta Demingem, jelikož se označení Study zdálo jako přesnější. Praktické použití obou cyklů je však stejné. [14]

Druhou variantou je cyklus **SDCA**, jehož význam spočívá v nahrazení fáze Plan (Naplánuj) termínem **Standardize** (Standardizuj). Myšlenkou této záměny je prozkoumat současné standardy a porovnat rozdíly mezi nimi a reálně vykonávanou činností pracovníkem. Pokud je takto nalezen rozdíl, je nutné pokračovat zbylými třemi fázemi a docílit zjištění příčiny odchylky od standardu. Následně je nutné buď usměrnit činnost pracovníka, aby odpovídala zavedenému standardu, nebo naopak upravit a podřídit stávající standard, aby odpovídal současné činnosti pracovníka. Nevýhodou je, že tento typ cyklu je možné použít pouze na standardizované činnosti oproti původnímu PDCA cyklu. I přes tuto značnou nevýhodu je však cyklus SDCA často využívaným nástrojem. [14]



## 4.2 Metody měření a normování procesních časů

Měření a normování procesních časů je nedílnou součástí zlepšování každého procesu. Data získaná během měření slouží ke stanovení spotřeby času během procesu a umožňují tak standardizovat jednotlivé výrobní operace. Zároveň jsou poměrně velmi účinným nástrojem v boji proti plýtvání a neefektivnosti v měřených procesech. Metody měření spotřeby času je možné rozdělit do dvou základních skupin, kterými jsou přímé měření a nepřímé měření. Obě skupiny jsou hojně využívány v průmyslových podnicích a představují odlišné způsoby pro získávání časových údajů. [15] [16]

### 4.2.1 Přímé měření

Přímé měření zahrnuje všechny metody, které měří spotřebu času přímo, nejčastěji za použití stopek, předem připravených formulářů, případně specializovaného zařízení či softwaru. V zásadě je možné rozlišovat dva základní přístupy pro přímé měření času, podle toho, co je cílem měření. V případě, že je cílem sledování pracovníka a jeho činností, tak se pak jedná o tzv. snímky pracovního dne. Pokud je cílem sledování a určení času výrobních operací, pak se hovoří o tzv. chronometráži. [16]

**Chronometráž** je určena pro přímé stanovení délky trvání určité pracovní operace a patří mezi nepoužívanější způsoby stanovení výkonové normy. Tato metoda je založena na principu rozdělení měřené operace do několika dílčích úseků, ve kterých jsou prováděny jednotlivé pracovní úkony a pohyby. Spotřeba času je měřena a zaznamenávána pro všechny úkony do připraveného formuláře a následně vyhodnocována. Chronometráží existuje více typů, avšak nepoužívanější je tzv. plynulá chronometráž, kde dochází k měření všech úkonů v operaci s pravidelným sledem úkonů, což je nejčastější případ v průmyslových podnicích. Mezi největší výhody použití chronometráže v praxi patří zejména vyloučení extrémních hodnot jednotlivých úkonů, vysoká spolehlivost měření a definování problematických úkonů pro případné balancování procesu. [15] [16]

Druhým způsobem přímého měření jsou, jak již bylo řečeno, **snímky pracovního dne**. Snímek pracovního dne je technika využívající nepřetržité pozorování veškeré spotřeby času během směny u daného operátora, nebo skupiny operátorů. Cílem je získat komplexní přehled o spotřebě času daného subjektu měření, identifikace různých forem plýtvání a určení poměru produktivních a neproduktivních činností. Snímek pracovního dne je často používán pro definování nepravidelných činností a pro získání informací o současném stavu využití jednotlivých pracovníků, např. pro nastavení vícestrojové obsluhy. Snímek je většinou pořizován pro vybrané jednotlivce, je ale také možné zpracovat snímek dne pro několik pracovníků současně, kteří nejčastěji pracují na jednom výrobním pracovišti. Snímkování pracovníků je možné také využít v administrativních činnostech, kde se využívá nejvíce forma tzv. vlastního snímku pracovního dne, jež je prováděn dle definovaných pravidel přímo samotným pracovníkem, jehož se měření týká. [15] [16]

Přímé měření má také řadu nevýhod. Mezi tu největší patří zejména snadná ovlivnitelnost měření samotnými pracovníky, neboť mohou záměrně z důvodu nastavování norem pracovat pomaleji, než obvykle. Z tohoto důvodu je třeba, aby pracovník, jež provádí měření, dokázal na základě vlastních zkušeností a dostupných norem tento stav určit a zohlednit ho při vyhodnocování výsledků, případně provést měření znovu a ideálně u jiných operátorů a následně porovnat výsledky jednotlivých měření. [16]

V současnosti je jednou z nejvíce využívaných metodik přímého měření spotřeby času metodika německé organizace **REFA** (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung), jež patří k největším evropským soukromým organizacím, nabízející služby a školení v tomto oboru. Měření spotřeby času (tzv. čas na zakázku) touto metodou se skládá z několika složek časů. V těchto složkách jsou obsaženy časy přesně určitelných procesů (automatický chod stroje, předepsaná technologická pauza, ...) a z nepřesně určitelných procesních úseků (např. práce operátora), což jsou dle metodiky tzv. stanovené časy. Stanovené časy jsou tedy určené pro pracovní procesy vykonávané operátorem a skládají se ze základních časů, časů určených pro odpočinek a poměrné časy. Základními časy jsou časy plánovaného provedení procesu. Tyto časy tvoří podstatný podíl stanovených časů a patří sem časy hlavní a vedlejší činnosti a čas čekání vyvolaný přerušením pracovního procesu (např. čekání na jeřáb). Odpočinkové časy jsou časy určené pro nutný odpočinek operátora, vzniklý v důsledku jeho pracovní činnosti. Velikost odpočinkových časů je většinou určena jako procentuální podíl z časů základních, obvykle ve výši 5 až 10 %. Posledními časy jsou časy poměrné. Ty se sestávají z určených časů, vstupujících dodatečně do plánovitého provedení operace. Jedná se buď o časy věcné (např. porucha stroje) nebo časy osobní (odchod na toaletu a jiné osobní potřeby). Poměrné časy se v průběhu pracovního procesu vyskytují s rozdílným trváním a četností. Z tohoto důvodu nemohou být předem určeny, a proto je jejich velikost stanovována opět jako procentuální podíl z času základního ve zhruba stejné výši, jako časy odpočinkové, tedy 5 až 10 %. Měření probíhá zásadně několikrát po sobě na jedné pracovní pozici v rámci daného pracoviště a po získání požadovaného množství náměrů se přechází k další pozici. Samotná metodika má přesně daný postup měření, kde je přesně stanovená skladba časů jednotlivých náměrů. Jako jednotky času jsou u metodiky REFA používány tzv. hunderte minuty – HM (setiny minuty), kdy **100 HM = 1min**. Z tohoto poměru je snadné provést přepočítání na ostatní časové jednotky. [15]

#### 4.2.2 Nepřímé měření

Druhou skupinou měření spotřeby času je tzv. nepřímé měření. Cílem nepřímého měření je rozbor jednotlivých pracovních úkonů na základní pohyby, nebo skupinu pohybů, kterým je následně dle náročnosti přiřazen index odpovídající určité spotřebě času. Metody nepřímého měření využívají systémy předem určených časů a pohybů, což výrazně usnadňuje samotné měření. Mezi nejznámější metody nepřímého měření patří MTM (Methods Time Measurement) a MOST (Maynard Operation Sequence Technique). [16]

Metoda **MTM** je založena na principu, kdy je každá část manuální práce rozdělena na jednotlivé základní pohyby, pro něž jsou určeny v předem vytvořených tabulkách časové hodnoty délky jejich trvání. Jedná se tedy o přesně danou vazbu mezi konkrétními pohyby a jejich časovou délkou. Na základě této skutečnosti je možné pomocí metody MTM poměrně přesně popsat pracovní postup a jeho podmínky a zároveň určit s velkou přesností také spotřebu času pro dané výrobní operace. Časové normativy MTM jsou zpracovány do přehledných tabulek, které jsou rozděleny dle jednotlivých typů pohybů. Všechny pohyby jsou označeny smluvenými symboly a písmeny, jež jsou mezinárodně platné. Při analýze jednotlivých pohybů jsou obvykle zkoumány ty faktory, které ovlivňují čas potřebný pro jejich provedení. Mezi tyto faktory patří zejména vzdálenost (cm), hmotnost (kg), úhel (stupeň) a také samotný typ pohybu. Typy pohybů se dále člení do tří kategorií, a sice pohyby horních končetin (8 pohybů), očí (2 pohyby) a pohyby dolních končetin a těla (12 pohybů). Smluvených symbolů, kterými jsou značeny jednotlivé základní pohyby, je 11 a jsou mezinárodně uznávané (např. sáhnout – R, přemístit – M a uchopit – G). Jednotlivé časové délky jsou pak určeny v tzv. časových jednotkách TMU (Time Measurement Unit). Tyto jednotky je možné přepočítat na jiné jednotky času, dle následujícího vztahu: [17] [18]

$$1 \text{ TMU} = 0,036 \text{ sec} = 0,0006 \text{ min} = 0,0001 \text{ hod}$$

Metoda MTM je rozčleněna na základě jejího využití do několika stupňů. Základní metodou je MTM – 1, která se využívá pouze pro základní pohyby a pro operace v délce trvání maximálně půl minuty. Pro složitější komplexy pohybů trvajících déle než půl minuty je pak potřeba použít metodu MTM – 2, jež je přímo odvozená z metody MTM – 1. Pro složitější operace skládající se z několika úkonů je pak odvozen třetí stupeň metody, neboli MTM – 3. Samozřejmě existují i vyšší stupně pro velmi komplexní operace, ty jsou ovšem využívány velmi zřídka. Část tabulky pro měření metodou MTM – 1 je možné vidět na obrázku níže (viz Tabulka 1). [17] [18]

Tabulka 1 Část normativní tabulky určené pro měření spotřeby času metodou MTM – 1 [19]

Uchopit G (grasp)		
symbol	TMU	Popis
G1A	2,0	Jednoduché uchopení sevřením prstů. Předmět leží osamocně a lze ho uchopit jednoduchým sevřením prstů.
G1B	3,5	Předmět je velmi malý a plochý a leží v jedné rovině s podložkou. Podmínkou je, že výška předmětu může být nejvýše 3 mm.
G1C1	7,3	Předmět je přibližně válcového tvaru a leží tak, že překážka existuje na jedné straně a zdola. Podmínkou je, že průměr je > 12 mm a < 25 mm
G1C2	8,7	Předmět je přibližně válcového tvaru a leží tak, že překážka existuje na jedné straně a zdola. Podmínkou je, že průměr je 6 až 12 mm
G1C3	10,8	Předmět je přibližně válcového tvaru a leží tak, že překážka existuje na jedné straně a zdola. Podmínkou je, že průměr je < 6 mm
G2	5,6	Přehmátnutí předmětu v jedné ruce. Slouží buď pro zlepšení úchopu nebo se hodnotí jako vyrovnání.

Druhou nejvíce využívanou metodou nepřímého měření je **MOST**. Metoda MOST byla představena v roce 1980 představitelem firmy Maynard Corporation, Kjelle B. Zandinem. Důvodem vzniku této metody byla snaha co nejvíce zefektivnit práci analytika při měření časové spotřeby operace, neboť ostatní v té době používané systémy (např. MTM) vyžadovaly značné úsilí a časový prostor pro provedení a zpracování časové analýzy. Metody typu MTM také vyžadovaly poměrně přesný popis a dodržování pracovního postupu, aby mohla být analýza provedena přesně a účinně. Ve většině případů však toto není možné, neboť operace jsou prováděny v každém časovém okamžiku lehce odlišně, než jak má být podle pracovního postupu. Tyto odchylky jsou dány například změnou dráhy pohybu, časem provádění úkonu nebo náhlou změnou hmotnosti břemene. Tyto skutečnosti tedy vedly k postupnému používání metody MOST na úkor ostatních, pokud se jednalo o klasickou analýzu spotřeby času. Při návrhu systému MOST byla připuštěna myšlenka, aby určitá proměnlivost operace a odchylky od pracovního postupu byly kompenzovány použitím statických principů. Výsledkem této snahy byl vznik nejproduktivnějšího systému nepřímého měření s dosahovanou přesností až 5 % při konfidenčním intervalu 95 %. Vzhledem k tomu, že při užívání metody MOST nepotřebuje analytik znát takové detaily, jako při používání metody MTM, dochází ke zvýšení produktivity až čtyřiceti násobně, při současně úspoře dokumentace, která je až dvaceti násobná oproti MTM. Další výhodou této metody je její použití v takřka libovolném pracovním prostředí. Metoda MOST je rozčleněna podobně jako metoda MTM do několika tříd. První třídou je Mini-MOST, která je využívána pro operace obsahující vysoce opakovatelné činnosti v délce trvání do 10 sekund. Tato třída je ze všech nejpřesnější. Pro běžné operace v sériové výrobě je pak nejvíce využívána třída Basic-MOST, kterou se měří pracovní cykly trvajících několik desítek sekund až minut. Přesnost této třídy je až 0,3 sekundy a i z tohoto důvodu je nejvíce používanou třídou rodiny MOST v praxi. Poslední relativně hojně využívanou třídou je tzv. Maxi-MOST, jež je využívána spíše pro malosériové činnosti s délkou trvání od několika minut až po několik hodin. Přesnost této třídy je nižší, než u předchozích, a sice s odchylkou 3 sekund. Tyto třídy nejsou jediné, jsou však v praxi nejvíce využívány. V tabulce níže (viz Tabulka 2) je možné vidět porovnání pracnosti analytické práce při využívání metod MTM a MOST. [20] [21]

Tabulka 2 Srovnání analytické práce pro metody MTM a MOST [21]

Technika měření práce	Počet TMU za 1 hodinu analytické práce	Počet stránek výsledné dokumentace
MTM – 1	300	16
MTM – 2	1 000	10
MTM – 3	3 000	8
Mini-MOST	4 000	2
Basic-MOST	12 000	1
Maxi-MOST	25 000	1/2

Princip metody MOST spočívá v tom, že se koncentruje na přemísťování hmoty či objektů v prostoru tak, že jsou předměty buď uchopené a přesouvané volně, nebo jsou předměty přesouvané ve stálém kontaktu s jiným povrchem, případně objektem. Samotný proces přemísťování objektů je založen na sledu konzistentně se opakujících vzorců pohybů, jako je sáhnutí, uchopení, přemístění a položení objektu. Tyto vzorce jsou uspořádány jako sekvence pohybových prvků obecně uplatňovaných při manipulaci s objekty. Základem metody MOST jsou tedy přesně stanovené a stále se opakující sekvence pohybů. [20] [21]

V praxi jsou zapotřebí k popisu manuální práce pomocí metody Basic-MOST tři sekvence a pro přemísťování objektů pomocí ručního jeřábu je využívána sekvence čtvrtá. Jedná se o sekvence obecné přemístění, řízené přemístění, použití nástroje a použití ručního jeřábu. [21]

Sekvence **obecné přemístění** je využívána pro prostorové přemísťování objektů volně vzduchem za pomoci pohybů těla. Sekvence vypadá v obecném tvaru následovně: [21]

$$Ax + Bx + Gx + Ax + Bx + Px + Ax = Y \cdot 10 \text{ [TMU]}$$

První tři písmena ABG značí dohromady tzv. podsekvenci pro obecné získání předmětu. Písmeno A určuje určitou vzdálenost, na kterou je akce prováděna, B způsob pohybu těla na danou vzdálenost a G způsob získání kontroly nad předmětem. Další tři písmena značí podsekvenci pro položení předmětu. První dvě písmena této podsekvence mají stejný význam jako u první podsekvence, důležité je však třetí písmeno P, jež určuje způsob umístění předmětu v prostoru. Poslední písmeno v celé sekvenci A znamená návrat na výchozí pozici začátku celé sekvence. V obecném tvaru sekvence je také možné spatřit písmena x a Y. Malé písmeno x obecně značí index, který je nutné ke každému písmenu sekvence přiřadit podle normativních tabulek metody MOST. Index má vždy podobu číselného vyjádření s celkovým součtem všech indexů, včetně jejich případných násobků, pokud se některé kroky opakují vícekrát. Výsledné číslo je Y, které po vynásobení číslem 10 určuje výslednou hodnotu délky trvání měřené operace v jednotkách času TMU. Tyto jednotky jsou stejné jako u metody MTM a jejich přepočítání na ostatní časové veličiny je zcela totožné. Část tabulky s hodnotami indexů pro obecné přemístění je možné vidět níže (viz Tabulka 3). Tato tabulka je součástí normované DATA karty pro výpočet spotřeby času metodou Basic-MOST, která je součástí vázaných příloh na konci této studie (viz Příloha č. 1). [21]

Tabulka 3 Normativní hodnoty indexů pro sekvenci obecného přemístění u metody MOST [22]

ABG Získat		ABP Položit	A Návrat	Obecné Přemístění			
index x10	Akce na určitou vzdálenost	A	Pohyb těla B	Získání kontroly G	Umístění P		index x10
0	≤ 2 in. (5 cm)		Žádný pohyb těla	Bez získání kontroly Držet	Bez umístění Držet Hodit		0
1	Na dosah			Uchopit lehký objekt Uchopit lehký objekt Simo	Odložit Volné tolerance		1
3	1 – 2 kroky		Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřímít 50 %	Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokovaný Promíchaný Rozpojit, Shromáždit	Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavením Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojným umístěním		3
6	3 – 4 kroky		Sehnout se a napřímít		Uložit s péčí Uložit s přeností Uložit neviděný Uložit blokovaný Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby		6
10	5 – 7 kroků		Sednout Vstát				10
16	8 – 10 kroků		Sehnout se a sednout, Vylézt nahoru, Slézt dolů, Vstát a sehnout se, Dvěma				16

Druhou sekvencí je tzv. **řízené přemístění**. Tato sekvence je využívána pro přemísťování objektů, jež zůstávají v průběhu přemísťování v kontaktu s povrchem, nebo jiným objektem. Obecný tvar této sekvence je následující: [21]

$$Ax + Bx + Gx + Mx + Xx + Ix + Ax = Y \cdot 10 \text{ [TMU]}$$

První podsekvence skládající se z prvních tří písmen je stejná jako u obecného přemístění. Rozdílná je pouze druhá podsekvence, která je tvořena řetězcem písmen M, X a I. M značí řízený přesun přemísťovaného objektu, X je označení pro délku procesního času a I vyrovnání objektu po přemístění. Posledním písmenem A je opět značeno vrácení těla do původní polohy. Hodnoty indexů jsou uvedeny v příloze na konci této studie (viz Příloha č. 1). [21]

Třetí sekvencí je **použití nástroje**. Tato sekvence se skládá z více podsekvencí, než předchozí dva případy a je využívána při používání běžných ručních nástrojů. V zásadě je možné tyto podsekvence rozdělit na získání nástroje (ABG), položení nástroje na místo (ABP), použití nástroje (\*), položení nástroje stranou, či jeho ponechání (ABP) a návrat do původní pozice (A). Sekvence má tvar: [21]

$$Ax + Bx + Gx + Ax + Bx + Px + * + Ax + Bx + Px + Ax = Y \cdot 10 \text{ [TMU]}$$

Za \* je nutné dosadit konkrétní písmeno podle toho, jaký nástroj používáme. Nástrojem může být také samotná ruka (například pro utažení nebo povolení konkrétního objektu). Jednotlivé možnosti pro dosažení jsou: Fx – utáhnutí, Lx – uvolnění, Cx – dělení, Sx – povrchová úprava, Mx – měření, Rx – zaznamenávání a Tx – myšlení. Utáhnutím je myšleno manuální nebo mechanické připevnění jednoho objektu k druhému pomocí prstů, ruky nebo ručních nástrojů. Uvolnění je přesným opakem utáhnutí. Dělení je operace prováděná pomocí nože, případně kleští. Povrchová úprava znamená odstranění nečistot z povrchu, případně aplikování látek, či jiných povrchových částic na povrch objektu. Měřením je myšleno používání měřících a kalibračních nástrojů pro kontrolu správnosti fyzikálních charakteristik objektu a zaznamenáváním se rozumí akce vykonávané tužkou, nebo jinými popisovacími nástroji za účelem zaznamenání informace.

Posledním jmenovaným symbolem je myšleno primárně čtení a kontrola objektu pomocí očí. Nástroje mohou být jednak výrobní ruční nářadí, ale také různé měřicí pomůcky, kartáče, hadříky, tužky a mnoho jiných podobných nástrojů. Jednotlivé nástroje a indexy času jsou opět k dispozici v příloze (viz Příloha č. 1). [21]

Poslední používanou sekvencí je **použití ručního jeřábu** pro manipulaci s těžkými objekty a jejich přemístování na pracovišti. Tato sekvence má následující tvar: [21]

$$Ax + Tx + Kx + Fx + Vx + Lx + Vx + Px + Tx + Ax = Y \cdot 10 \text{ [TMU]}$$

Jednotlivé symboly této sekvence mají následující význam:  $Ax$  – akce na určitou vzdálenost,  $Tx$  – transport prázdného jeřábu,  $Kx$  – zaháknutí a vyháknutí jeřábu,  $Fx$  – uvolnění objektu,  $Vx$  – vertikální přemístění jeřábu,  $Lx$  – transport jeřábu s břemenem a  $Px$  – umístění předmětu. Hodnoty indexů času a přesnější popis jednotlivých symbolů je možné najít v příloze (viz Příloha č. 1). [21]

### 4.3 Celková efektivita zařízení – OEE

Celková efektivita zařízení, neboli OEE (Overall Equipment Effectiveness) je mezinárodně platný indikátor celkové efektivity zařízení používaného ve výrobě. Hlavním cílem OEE je ukázat poměr mezi skutečným a teoretickým využitím zařízení v určitém definovaném časovém horizontu. Tento poměr je možné klasifikovat jako vztah mezi množstvím dobře vyrobených dílů a teoretickým množstvím dobrých dílů, které by bylo možné vyrobit za určitý časový úsek. Využití zařízení na co nejvyšší hranici, která by se blížila 100 %, je v podstatě jedním z hlavních cílů v oblasti produkce daného výrobního systému. Dosažení hranice 100 % je pouze teoretická záležitost, neboť jak již bylo řečeno dříve v této studii, tak v každém výrobním systému se vyskytují určité formy plýtvání, kterým v podstatě není možné zcela zabránit. Je tedy možné říci, že stanovením OEE získáme také údaj o tom, kolik procent produkce na daném zařízení představují ztráty. Primárně se používají dva typy OEE. Prvním typem je tzv. management OEE (mOEE), který využívá při výpočtu maximální teoretickou dobu zatížení stroje za kalendářní období (obvykle 1 rok). Tento typ OEE tedy ukazuje aktuální maximální dostupnou kapacitu zařízení na celé kalendářní období. Management OEE, jak již název napovídá, nachází praktické využití pouze u managementu společnosti, například pro stanovení kapacitních plánů výroby na nadcházející kalendářní období. Druhým typem OEE, který je také více využívaný z hlediska samotné produkce, je operativní OEE. Tento typ má za cíl ukázat využití zařízení při plánované době zatížení na základě využití pouze nezbytných výrobních kapacit pro vyrobení požadovaného počtu kusů. Je možné tedy získat informace o tom, jak efektivní je dané zařízení během plánované doby zatížení. V zásadě se oba typy OEE počítají stejně, rozdíl je pouze v použité době plánovaného zatížení stroje. V následujících podkapitolách bude vysvětleno, jak OEE správně stanovit pomocí přesných výpočtů a také jak lze rozdělit a vypočítat ztráty, jež mají vliv na výslednou hodnotu OEE. [23]

### 4.3.1 Výpočet OEE

Aby bylo možné spočítat velikost OEE, je nejprve nutné obstarat si určitá konkrétní data z výroby. Mezi tato data patří:

- **doba plánovaného zatížení:** to je celková doba, kdy má být zařízení ve výrobním procesu bez uvažování ztrát.
- **čistá provozní doba:** to je celková produktivní doba, po kterou zařízení skutečně vyrábělo díly. Tuto dobu je možné zjistit odečtením ztrátových (neproduktivních) časů od doby plánovaného zatížení.
- **doba cyklu:** to je doba nejmenšího možného času, který je potřebný pro výrobu jednoho kusu na daném zařízení. Tato doba je stanovena analytikem prostřednictvím metod měření spotřeby času (MOST, MTM, chronometráž, ...).
- **celkový počet vyrobených kusů:** to je počet kusů vyrobených během plánované doby zatížení.
- **počet dobrých kusů:** to je počet dobrých kusů z celkového množství vyrobených kusů. [24]

Samotné OEE je pak možné vypočítat z následujících vztahů:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q \cdot 100 [\%]$$

kde A je míra dostupnosti, P je míra výkonu a Q míra kvality. Všechny tyto míry se vypočítají následovně:

$$A = \frac{\text{čistá provozní doba [min]}}{\text{doba plánovaného zatížení [min]}} \cdot 100 [\%]$$

$$P = \frac{\text{celkový počet kusů [ks]} \cdot \text{doba cyklu [min/ks]}}{\text{čistá provozní doba [min]}} \cdot 100 [\%]$$

$$Q = \frac{\text{počet dobrých kusů [ks]}}{\text{celkový počet kusů [ks]}} \cdot 100 [\%]$$

Dosazením a matematickou úpravou těchto vztahů do vzorce pro výpočet OEE dostaneme finální rovnici ve tvaru: [23]

$$OEE = \frac{\text{počet dobrých kusů [ks]} \cdot \text{doba cyklu [min/ks]}}{\text{doba plánovaného zatížení [min]}} \cdot 100 [\%]$$

### 4.3.2 Typy a výpočet ztrát ovlivňujících výslednou hodnotu OEE

Jak již bylo řečeno dříve, tak výsledek hodnoty OEE daného zařízení je ovlivněn výskytem ztrátových časů v průběhu výrobního procesu. Tyto ztráty je možné na základě vztahu pro výpočet OEE rozdělit do tří hlavních skupin, a to ztráty dostupnostní, výkonnostní a ztráty kvalitativní. [23]

**Ztráty v oblasti dostupnosti zařízení** znamenají veškeré ztráty související s technickými, údržbářskými, organizačními a výrobními zásahy. Mezi tyto ztráty nespádají plánované přestávky výroby, neboť s těmito výrobními pauzami se počítá také při plánování výroby, a tím pádem se obvykle nezahrnují do výpočtu OEE (například svátky nebo celozávodní dovolená). [23]

Dostupnostní ztráty je možné vypočítat z poměru součtu neproduktivních časů (časy, kdy se na zařízení nevyrobí) a plánované doby zatížení následovně:

$$\text{ztráty dostupnosti} = \frac{\text{neproduktivní provozní doba [min]}}{\text{doba plánovaného zatížení [min]}} \cdot 100 [\%]$$

Součet neproduktivních časů je možné zjistit odečtením čisté provozní doby od doby plánovaného zatížení. [24]

Dalším typem jsou **ztráty výkonnostní**. Tyto ztráty způsobují nejčastěji problémy v časových intervalech, ať už se jedná o časy technicky podmíněné, nebo ztráty způsobené nedostatečným využitím personálu. Také sem jsou často řazeny drobné poruchy, jež mohou být příčinou nesprávného zacházení s ovládacími a řídicími prvky stroje. [23]

Tento typ ztrát bývá zpravidla vypočítáván jako poslední a jeho hodnotu je možné získat z následujícího vztahu:

$$\text{ztráty výkonu} = 100 [\%] - \text{ztráty dostupnosti} [\%] - \text{ztráty kvality} [\%] - \text{OEE} [\%]$$

Vztah vychází z logického faktu, že součet OEE a všech jeho ztrát musí být dohromady 100 % celkové dostupné kapacity. Tento stav je znázorněn na obrázku níže (viz Obrázek 20). [24]

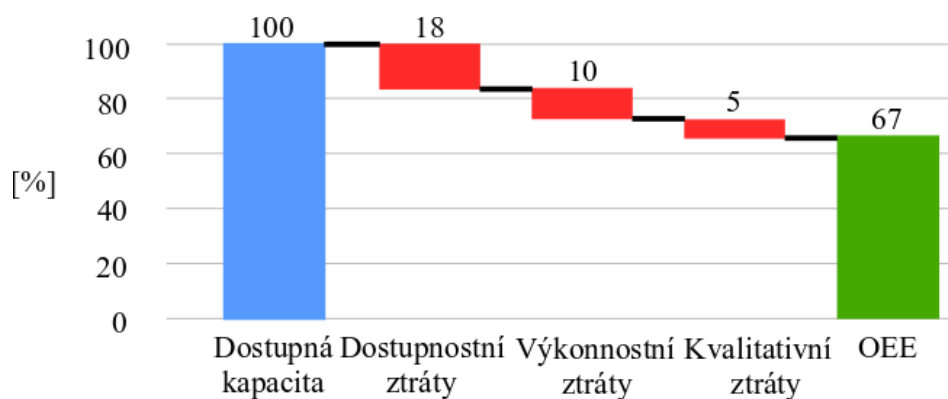
Poslední oblastí, kde vznikají ztráty, je **oblast kvality**. Zde se většinou jedná o ztráty způsobené nedostatečnou procesní kapacitou a vznikem vadných dílů v průběhu výrobního procesu. [23]

Hodnotu kvalitativních ztrát je možné získat z následujícího vztahu:

$$\text{ztráty kvality} = \frac{\text{počet špatných kusů [ks]} \cdot \text{doba cyklu [min/ks]}}{\text{doba plánovaného zatížení [min]}} \cdot 100 [\%]$$

Počet špatných kusů je možné snadno zjistit ze vstupních údajů pro výpočet OEE odečtením počtu dobrých kusů od celkového množství vyrobených kusů. [24]

V tabulce níže jsou pro lepší přehlednost podrobněji vypsány hlavní a nejčastější ztráty z výše uvedených oblastí (viz Tabulka 4).



Obrázek 20 Grafické znázornění OEE [24]



Tabulka 4 Přehled ztrát ovlivňujících hodnotu OEE [23]

<b>Přehled ztrát ovlivňujících hodnotu OEE</b>		
<b>Kategorie ztrát</b>	<b>Druhy ztrát</b>	<b>Popis ztrát</b>
Ztráty v oblasti dostupnosti zařízení	Technické ztráty	Technické poruchy (elektr., mech., ...)
		Poruchy vzniklé na základě problémů s materiálem a komponenty
	Ztráty způsobené přestavbou zařízení	Problémy s plněním nebo vyprazdňováním stroje, či zásobníku
		Příprava stroje, kalibrace, procesní kontrola
		Výměna náradí, nástrojů nebo materiálu
	Ztráty způsobené prováděním údržby	Plánovaná údržba nebo nečekaná oprava
		Čištění zařízení, náradí nebo nástrojů
	Organizační ztráty	Absence výrobní zakázky nebo nenaplnění celé směny výrobní zakázkou
		Nedostatek pracovníků, školení pracovníků, předávání směny, úklid pracoviště
		Nedostatek materiálu, přehlcení materiálem
		Běh stroje na prázdno, doplňování procesního média, chlazení nebo zahřívání nástrojů
		Problémy s kvalitou, čekání na schválení výroby po výskytu poruchy
		Speciální práce, např. technické úprava zařízení, výroba prototypů, testování a experimenty, audity
		Výpadek energetických zdrojů (voda, plyn, vzduch, elektřina, ...), nouzové zastavení stroje a ostatní problémy
Ztráty v oblasti výkonu	Snížený výkon	Časové ztráty ve výrobních cyklech (např. technicky podmíněné nebo na základě nedostatečného využití pracovníků)
		Drobné poruchy nebo zastavení stroje (např. nesprávným použitím ovládacích a řídicích prvků zařízení)
		Snížení výkonu z důvodu neodhalených či nezdokumentovaných ztrát
Ztráty v oblasti kvality	Zmetky, vícepráce a opravy zmetků	Nedostatečná procesní kapacita
		Závada materiálu nebo komponent

## 5 Charakteristika výrobního systému

Tato kapitola je věnována nejprve představení společnosti Mubea, s.r.o. jako celku a poté je pozornost koncentrována na její pobočku v Žebráku, kde je detailně popsána výrobní hala na výrobu systémů napínání řemenů, základní popis těchto produktů a dále popis vybraného pracoviště určeného pro výrobu těchto produktů.

### 5.1 Představení společnosti Mubea, s.r.o.

Společnost Mubea, s.r.o. je celosvětovým lídrem ve vývoji a výrobě automobilových produktů s jedinečnými vlastnostmi, sloužícími ke snižování váhy vozidel a tím přispívající k ochraně životního prostředí snižováním emisí CO<sub>2</sub>. Jedná se o rodinnou firmu s více než 100 letou tradicí vedenou svými majiteli, jež byla založena v roce 1916 v Attendornu v Německu. Od té doby se společnost rozrůstala až do dnešní podoby, kdy v současnosti disponuje přibližně 50 výrobními závody napříč čtyřmi kontinenty v celkem 20 zemích světa, ve kterých zaměstnává přibližně 15 000 zaměstnanců. Největší zastoupení má společnost na evropském kontinentu, kde je rozmístěno přibližně 22 výrobních závodů, zaměstnávajících celkem přes 8 800 zaměstnanců. Většina výrobních závodů je koncentrována v Německu, Rakousku a České republice. Dalšími významnými světovými lokalitami, kde má společnost velké zastoupení, jsou Mexiko, USA a Čína. Společnost v roce 2018 zaznamenala obrat ve výši přibližně 2,4 miliard EUR, přičemž podle interních statistik společnosti je tento obrat v každém roce přibližně o 10 % vyšší než v předchozím kalendářním období a v budoucnu je očekáván jeho neustálý růst. K tomuto růstu značně přispívá bohaté a neustále se zvětšující portfolio produktů, mezi které patří například pružinové systémy, stabilizátorové systémy, různé výrobky z kompozitu, flexibilně válcované plechy, ventilové pružiny, systémy napínání řemenů, převodové komponenty a v neposlední řadě také karbonové díly. Všechny tyto produkty jsou dodávány významným automobilkám, jakými jsou například koncern Volkswagen, Hyundai, Toyota, Daimler, skupina BMW, Renault, Volvo, Mercedes-Benz a nebo Jaguar. [25] [26] [27] [28]



Obrázek 21 Logo společnosti Mubea s.r.o. [25]

V České republice jsou přítomny celkem tři výrobní závody, které se nacházejí v Dolních Kralovicích, Prostějově a Žebráku. Prvním a nejstarším závodem u nás, je pobočka v Žebráku, jež je zároveň největší v rámci skupiny Mubea v České republice. Tento závod byl založen v roce 1994 a dnes má k dispozici výrobní plochu o velikosti 30 000 m<sup>2</sup>. Závod zaměstnává přibližně 1 700 pracovníků a mezi produktové portfolio patří objímky a tyčky stabilizátorů, hlavové opěrky, sedačkové komponenty, karbonové díly a systémy napínání klínových řemenů. Závod v Žebráku má také své nástrojařské centrum, které vyrábí pro společnost výrobní zařízení, technologické přípravky a nástroje. Jelikož je v tomto závodě vykonávána praktická část této studie, bude podrobněji představen dále v této kapitole. [26]

Druhý závod je umístěn v oblasti Prostějova a zaměstnává kolem 1 300 zaměstnanců. Tento závod se koncentruje na výrobu stabilizátorů, nápravových pružin a tvarových výlisků z pryže. Součástí závodu je také specializované inženýrské centrum, podílející se na implementaci nových technologií a standardů v rámci celé skupiny Mubea. Společnost zde má také vlastní vzdělávací středisko, v jehož prostorách se pohybuje kolem 150 učňů a žáků. [26]

Posledním a zároveň nejnovějším závodem skupiny Mubea, je závod v Dolních Kralovicích, jež byl založen v roce 2016. Tento závod se ve svých výrobních prostorách o velikosti zhruba 11 000 m<sup>2</sup> zaměřuje na výrobky z karbonových vláken, určených pro prestižní automobilové značky, jako je například McLaren, Aston Martin, Bentley a Porsche. V této lokalitě pracuje v současnosti kolem 300 zaměstnanců. [26]

## 5.2 Závod společnosti Mubea, s.r.o. v Žebráku

Závod společnosti Mubea, s.r.o. se sídlem v Žebráku, je, jak už bylo řečeno dříve, největší závod této společnosti na území České republiky. Areál závodu má několik výrobních hal, umístěných v blízkosti u sebe, administrativní plochy, jež jsou součástí horních pater jedné z výrobních hal, vlastní skladové prostory, nástrojařskou dílnu a nově také vývojové centrum. Samozřejmě jsou také velké zaměstnanecké parkoviště a kantýna. [26]

Výrobní haly jsou k dispozici celkem 4 a jsou rozděleny podle typu jednotlivých produktů, jež jsou v jejich prostorách vyráběny. Těmito produkty jsou systémy napínání řemenů, hlavové opěrky a interiérové komponenty, rámy do sedaček, objímky, tyčky do stabilizátorů a díly z karbonových vláken. Samostatnou halu pak tvoří také nástrojárna, jež je umístěna mimo hlavní areál společnosti. Z hlediska této studie je nejdůležitější výrobní halou ta, ve které jsou montovány systémy napínání klínových řemenů, neboť zde je zpracovávána praktická část této studie. [26]

### 5.2.1 Popis výrobní haly na výrobu systémů napínání řemenů

Výrobní hala je rozdělena do několika úseků, ve kterých jsou umístěny výrobní a montážní linky, skladovací prostory, kanceláře výrobních THP pracovníků a údržby, sociální zařízení a v neposlední řadě zkušebna hotových výrobků.

Montážní linky jsou děleny zpravidla na několik typů, většinou podle toho, pro jakého zákazníka a také jaké typy napínacích systémů produkují. Jedná se buď o univerzální linky DAT, které je možné přestavovat na různé projekty, nebo o linky s otočnými stoly, které zabírají zpravidla méně prostoru, neboť je většina operací prováděna na jednom zařízení. Dalšími typy linek jsou linky specializované na konkrétní zákazníky. Na těchto linkách jsou montovány napínáky konkrétních projektů nejčastěji od jednoho, maximálně dvou zákazníků, neboť finální produkty mají velmi podobné vlastnosti a konstrukci. Specializovanými zařízeními jsou pak stanoviště finální kontroly, jež jsou určené zpravidla pro vyhrazené projekty požadovanými zákazníky.

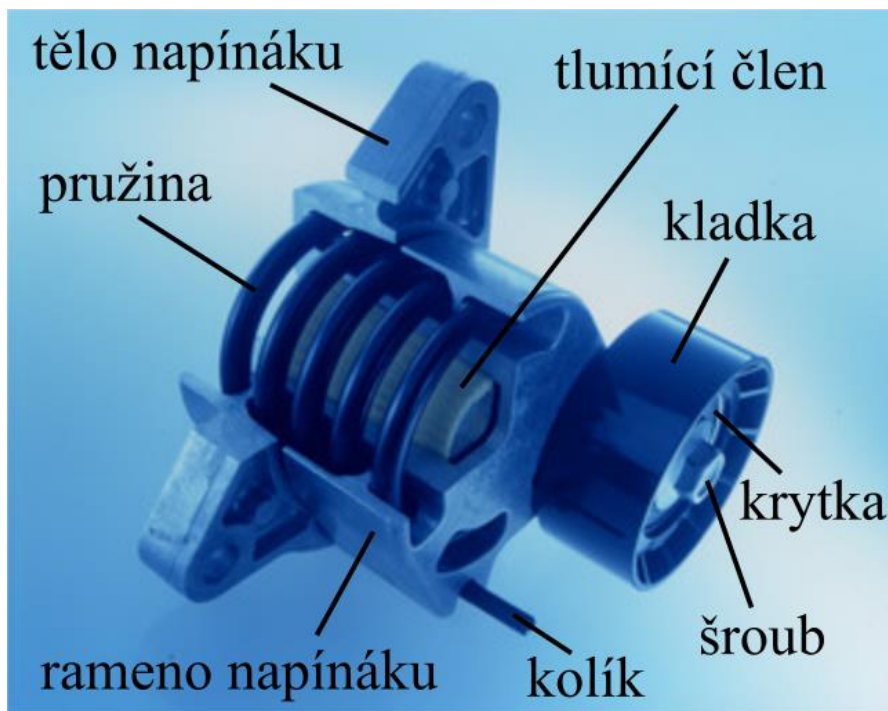
Samostatnou část výrobní haly dále tvoří výrobní linky určené na produkci vlastních pružin. Součástí těchto linek jsou také pece, kde dochází k ohřívání vstupního materiálu na požadovanou teplotu. Vyrobené pružiny jsou pak využívány při montáži jednotlivých napínáků a jsou zároveň jedinými vyráběnými komponenty samotnou společností. Ostatní díly určené k montáži jsou dodávány prostřednictvím různých dodavatelů.

Skladovací prostory tvoří další nedělitelnou součást celé haly. V těchto prostorách jsou skladovány především montážní díly a komponenty, balicí materiál, prázdné palety a KLT boxy, drát na výrobu pružin, různé přípravky a nástroje a také palety s hotovými produkty určenými k expedici.

Jednou z posledních částí haly je pak zkušebna hotových produktů, kde jsou prováděny nejrůznější zkoušky životnosti a mechanických vlastností materiálů, jako jsou například bahenní záťažové zkoušky, zkoušky v solné mlze, testy rezonancí, Start-Stop testy a mnoho dalších.

## 5.2.2 Základní informace o systémech napínání řemenů

Klasické konvenční systémy napínání klínových řemenů se obecně skládají z několika částí. Těmi hlavními jsou tělo napínáku, rameno, kladka, pružina a tlumící člen. Kladka je připevněna k ramenu pomocí krytky a šroubu se šestihrannou hlavou a samotné rameno je pak pevně spojené s tělem napínáku. Obrázek systému napínání řemene skládající se z těchto částí je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 22). [29]



Obrázek 22 Základní struktura systému napínání klínového řemene (typ E3) [30]

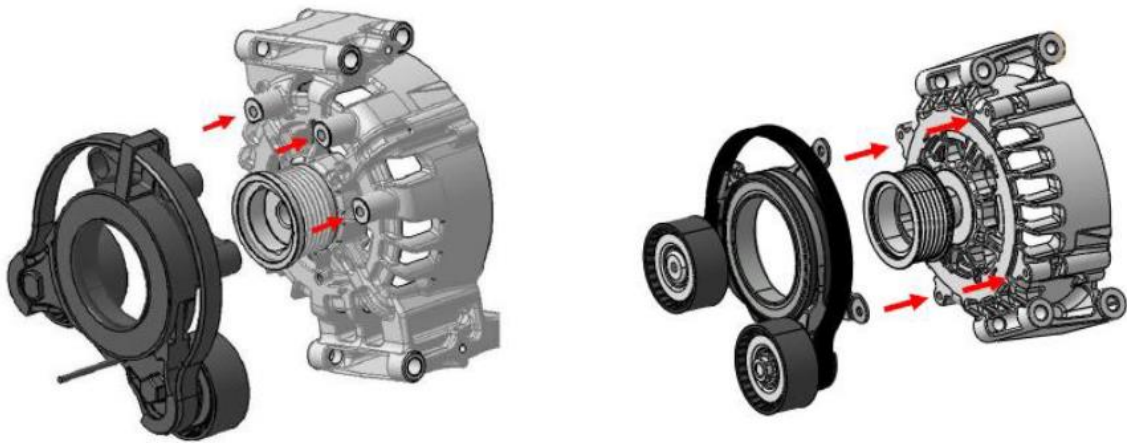
Každý napínák může mít buď krátké, nebo dlouhé rameno. To, jaké rameno je použito, značně ovlivňuje umístění napínáku vůči řemenovému pohonu. Napínáky s dlouhým ramenem bývají umístěny na stejné úrovni s řemenovým pohonem, zatímco napínáky s kratším ramenem se montují za řemenový pohon. [29]

Hlavním úkolem systému napínání řemenů je zajistit konstantní funkci napínání řemene a tlumení vibrací při provozu. Princip je založený na přitlačování kladky napínáku k řemenu za pomoci torzní pružiny, jež vyvolává sílu. Tímto způsobem jsou kompenzovány tolerance, které vznikají postupem času mezi kladkou a řemenem vlivem jeho postupného natahování. [29]

Systémů napínání řemenů existuje celá řada. Vždy záleží na konkrétních požadavcích zákazníka a také na konkrétním způsobu aplikace napínáku v motoru vozu. Obecně lze systémy rozdělit na: [29]

- **kónické systémy napínání řemene (E3 a E3D)** – tyto systémy využívají kuželová ložiska a skládají se zpravidla z malého počtu jednotlivých komponent. [29]
- **válcové systémy napínání řemene (E4 a E4+)** – vyznačují se oddělenou funkcí tlumení a středového čepu, který je spojen s ložiskovým pouzdrem. [29]
- **systémy napínání řemene určené pro speciální aplikace (E5 a E8)** – sem patří systém s torzními tyčemi (E5) a systém určený pro přímé spojení s generátorem (E8). Oba tyto systémy jsou určeny pro velice omezený pracovní prostor napínáku v motoru. [29]
- **systém DAT (Dual Arm Tensioner)** – systém s dvěma rameny určený pro vozidla s Mild-Hybridním pohonem. [29]

Systémy napínání řemenů DAT jsou jedny z nejnovějších typů a jsou konstruovány speciálně pro motory s Mild-Hybridním pohonem. Jednou z klíčových vlastností tohoto systému je schopnost volně se otáčet kolem osy generátoru, bez definovaných koncových dorazů. Tím je dosaženo požadovaného úhlu opásání řemenu přes řemenici a zároveň je tímto způsobem dosaženo dobrého tlumení torzních vibrací. Napínák se vyznačuje dvěma rameny, na nichž jsou umístěny kladky spojené mezi sebou za pomoci speciálně tvarované pružiny nebo pružinového pásu. Systémy tohoto typu jsou vyráběny ve dvou verzích, a to standardní a tzv. invertní. Obě verze mají v podstatě totožné vlastnosti, rozdíl je však v samotné konstrukci těla napínáku, což má za následek odlišnou montáž ke generátoru, jak je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 23). [29]



Obrázek 23 Systém napínání řemene DAT se standardním provedením (vlevo) a invertním provedením (vpravo) [29]

Tyto napínáky mají velký význam pro následující praktickou část této studie, neboť ta je soustředěna na vybranou montážní linku určenou pro jeden z nejnovějších modelů tohoto typu napínáku. Proto by bylo vhodné popsat také kompletní strukturu a jednotlivé komponenty napínáku, které jsou ke kompletní montáži zapotřebí. Tyto komponenty jsou uvedeny v kusovníku, který je umístěn jako příloha na konci této studie (viz Příloha č. 2).

Po provedení kompletní montáže výše uvedených dílů dle příslušného pracovního postupu dochází k vytvoření finálního výrobku určeného pro expedici k zákazníkovi. Tento finální produkt je možné vidět na následujícím obrázku (viz Obrázek 24).



Obrázek 24 Finální produkt systému napínání řemene řady DAT

V nadcházející podkapitole bude detailněji představeno zvolené pracoviště určené pro montáž těchto typů systémů napínání řemene a na tomto pracovišti bude provedena následná praktická část této studie.

### 5.2.3 Popis pracoviště určeného pro montáž systémů napínání řemene řady DAT

Napínáky řady DAT jsou ve firmě vyráběny na několika pracovištích, kterými jsou univerzální linky DAT 1, 2 a 3. Pro praktickou část této studie byla zvolena montážní linka DAT2, neboť bylo toto pracoviště nedávno přestavěno z důvodu zahájení výroby dvou zcela nových typů systémů napínání řemene řady DAT. Jeden z těchto napínáků je možné vidět na obrázku v předchozí kapitole (viz Obrázek 24).

Montážní pracoviště se jako celek skládá z několika jednotlivých montážních stanovišť, které jsou uspořádány za sebou tak, jak jde materiálový tok pracovištěm. Celková rozloha pracoviště je relativně malá a tak na první pohled působí pracoviště poněkud zhuštěným dojmem. Jeden z pohledů na pracoviště linky DAT2 je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 25). Jak je možné na obrázku vidět, tak je celkový stav pracoviště v relativně dobrém a uklizeném stavu. Na pracovišti je mnoho KLT boxů určených pro přepravu finálních produktů (růžové KLT v přední části pracoviště) nebo materiálů určených pro samotnou montáž (modrá KLT). Na některých místech jsou také červené KLT boxy, do kterých je vhazován šrot a vadné díly. Tok materiálu linkou je zajištěn z levé strany do pravé, kdy stůl, který je možné vidět v pravém rohu, je určen pro finální kontrolu výrobku a jedná se tedy o poslední stanoviště. Tok materiálu by měl být v souladu s principy štihlé výroby, to znamená, že by měl být dodržen tahový princip a tok jednoho kusu napříč všemi stanovišti. Teorie těchto principů je detailně popsána v jedné z předcházejících kapitol (viz kapitola 4). U některých stanovišť jsou také k dispozici odkládací místa pro již vyrobené sestavy dílů, pokud by došlo k situaci, že některá stanoviště budou v určitý čas produktivnější než jiná. Na těchto odkládacích místech by mělo být dodrženo řazení dílů podle principu řazení front metodou FIFO (viz Kapitola 4). Součástí pracoviště jsou také dva informační pulty, kde jsou k dispozici všechny dokumenty s potřebnými informacemi k výrobnímu procesu a jednotlivým stanovištím. Součástí každého stanoviště je také dokument s přesně stanoveným výrobním postupem umístěným zpravidla v blízkosti dané výrobní pozice. Pracoviště linky DAT2 je také detailně znázorněno na současném layoutu, který je součástí příloh (viz Příloha č. 3).



Obrázek 25 Pracoviště montážní linky DAT2

První montážní stanoviště (AP1), kde vstupují do montážního procesu první díly, je možné vidět na dalším obrázku (viz Obrázek 26). Na tomto stanovišti dochází k vytvoření první sestavy dílů za pomoci dostupné výrobní technologie, kterou je speciální lisovací zařízení. Veškeré díly, jež jsou k tomuto montážnímu procesu potřeba, jsou uloženy v KLT boxech na levé straně stanoviště ve spádovém regálu. Všechny díly jsou pak operátorem položeny na příslušné pozice na pracovním stole, kde dojde k jejich zalisování do sebe prostřednictvím lisovacího zařízení ovládaného oranžovým panelem. Důležitá je také tzv. skluzová komora určená pro NOK díly, která se v případě vyhodnocení špatného kusu otevře a je nutné do ní vhodit tento kus, aby bylo možné pokračovat dále ve výrobním procesu. Tato komora má tvar červené plechové schránky, která je umístěna mezi spádovým regálem a pracovním stolem. K vyhodnocení dochází pomocí laserového čidla, jež je součástí lisovacího zařízení.



Obrázek 26 První montážní stanoviště (AP1) linky DAT2



Na dalším stanovišti (AP2) je hlavním cílem vytvořit další sestavu dílů, která se skládá z podsestavy dílů z předchozího stanoviště a z dalších nově přichozích dílů, jež do procesu vstupují na tomto stanovišti. Vytvoření nové sestavy probíhá prostřednictvím manuálního spojení předchozí podsestavy a nových dílů za pomoci montážního přípravku. Proces probíhá tak, že do přípravku je umístěna předchozí podsestava, na ní je položena pružina a na ní zbytek dílů. Horní díly pak musejí být ručně pootočený tak, aby pružina správně zapadla mezi podsestavu a horní díly. Nově přichozí díly jsou opět umístěny na spádovém regálu v KLT boxech, před kterým je přímo umístěn pracovní stůl, jehož součástí je montážní přípravek umístěný v jeho levé části. V pravé části pracovního stolu je k dispozici volný prostor určený pro odkládání již vyrobených sestav. Nově vytvořená sestava je pak předána na další stanoviště. Stanoviště AP2 je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 27).



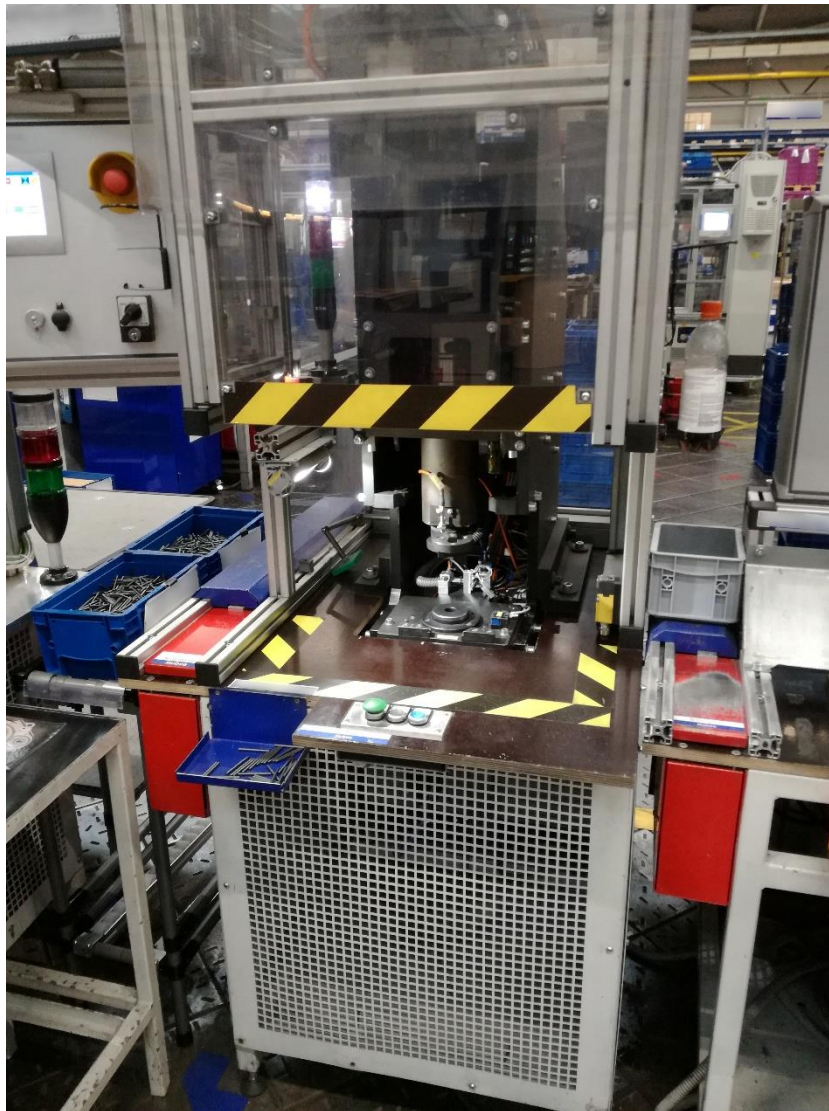
Obrázek 27 Druhé montážní stanoviště (AP2) linky DAT2

Třetí stanoviště (AP3) je určeno k dolisování sestavy vytvořené na předchozím stanovišti. Dolisování je prováděno pomocí speciálního, tzv. taumlovacího výrobního zařízení. Součástí zařízení je opět skluz NOK dílů, který je umístěný po pravé straně. Jak je možné vidět na fotografii tohoto stanoviště (viz Obrázek 28), je před zařízením umístěn také stůl, určený pro odkládání již vyrobených dílů, kdyby došlo k situaci, že bude následující stanoviště (AP4) vyrábět pomaleji. Tento stůl je během procesu zpravidla umístěn tak, aby nepřekážel operátorům při vstupu k jednotlivým zařízením. Pozice znázorněná na fotografii je tedy pouze orientační.



Obrázek 28 Třetí montážní stanoviště (AP3) linky DAT2

Následujícím stanovištěm (AP4) jsou již plně dolisované sestavy z předcházejícího stanoviště doplněny o montážní kolík. Tento proces je realizován pomocí výrobní technologie, kdy dochází k pootočení horního dílu sestavy o úhel větší než  $180^\circ$ , čímž dochází k odhalení dříve zakrytého místa, kam je následně umístěn operátorem montážní kolík. Technologie je pak navracena do výchozího stavu a je tak umožněno vyjmout díl z pracovního přípravku a předat ho na další stanoviště. Součástí stanoviště je další skluz určený pro zmetky, jež je umístěný na levé straně. Toto montážní stanoviště je možné vidět na následujícím obrázku (viz Obrázek 29).



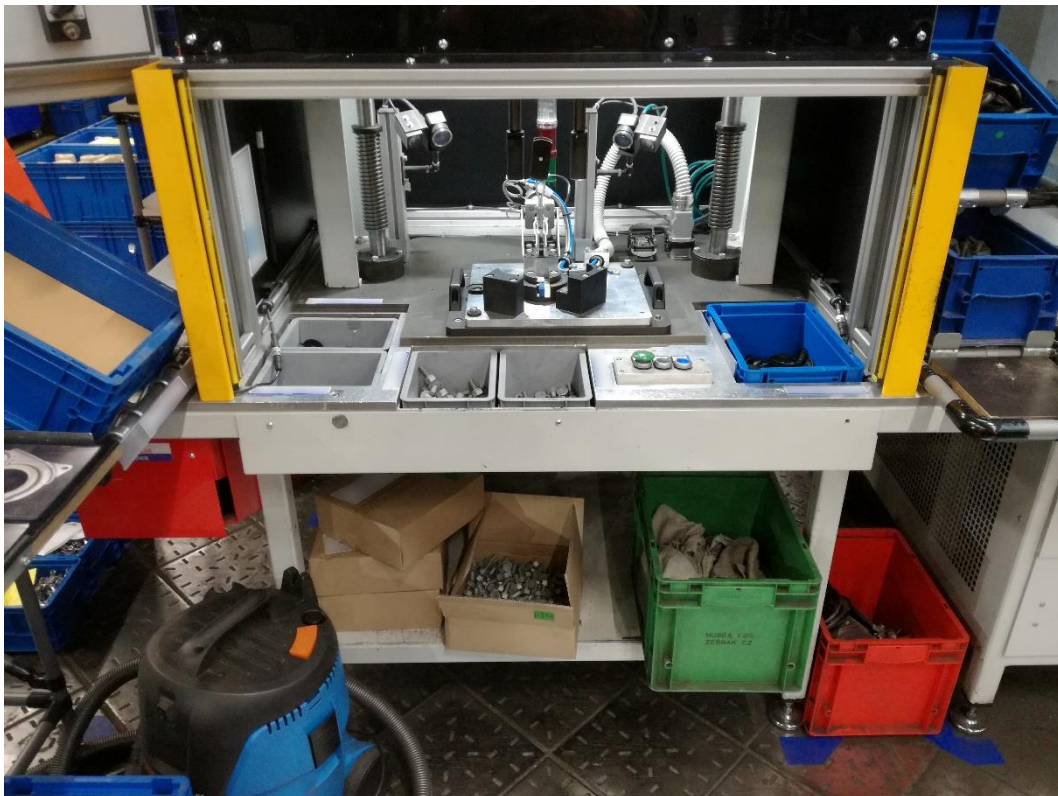
Obrázek 29 Čtvrté montážní stanoviště (AP4) linky DAT2

Páté montážní stanoviště (AP5) je umístěno hned vedle předchozího stanoviště AP4. Toto stanoviště je velmi podobně prvním stanovišti (AP1), a to jak vzhledem, tak i samotným výrobním procesem. Na tomto stanovišti dochází k dolisování dalších dílů, které plní podobné funkce jako v případě prvního stanoviště. Největší rozdíl spočívá v tom, že jeden z těchto dílů je potřeba nejprve upravit (udělat vnitřní vryp) výrobní technologií, jež je umístěna v pravé části výrobního stolu a teprve potom je možné takto upravený díl použít na dolisování celé sestavy, které se provádí v levé části stolu na pracovním přípravku. Oba procesy jsou synchronizované, takže je možné po zhotovení prvního upraveného dílu začít rovnou technologicky upravovat díl druhý při současném dolisování první sestavy a takto se pokračuje stále dokola. Do procesu vstupuje ještě jeden díl, který ovšem není třeba upravovat před samotným použitím. Samozřejmě je tradiční NOK skluz. Stanoviště AP5 je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 30).



Obrázek 30 Páté montážní stanoviště (AP5) linky DAT2

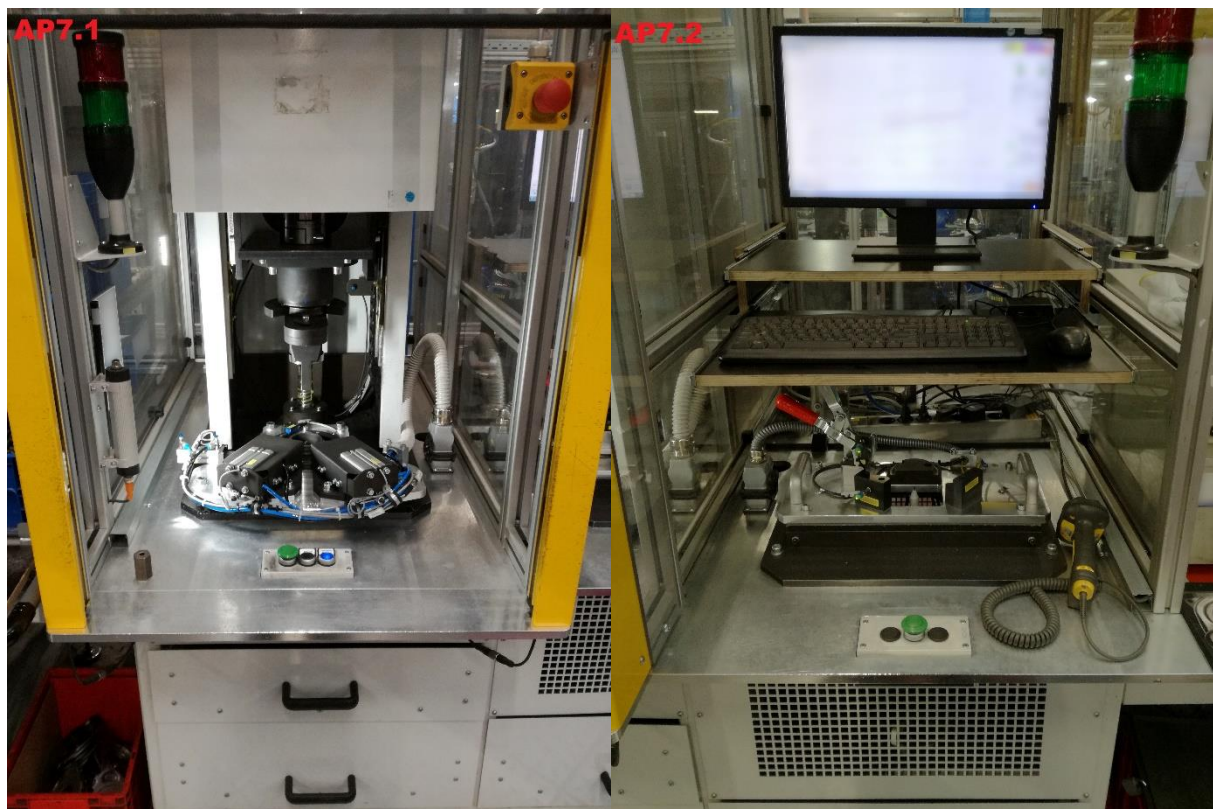
Další stanoviště AP6 je stanovištěm s největším počtem nově příchozích dílů do pracovního procesu. Na tomto stanovišti je operátorem založena sestava z předchozího stanoviště AP5 do výrobního přípravku a v následujících krocích jsou na sestavu přidávány další komponenty. Cílem procesu na tomto pracovišti je sestavě přimontovat pomocí šroubů dvě kladky. Na tomto pracovišti dochází v podstatě ke kompletnímu poskládání systému napínání řemene jako celku, protože v nadcházejících operacích už nejsou přidávány napínáku žádné díly. Díly jsou k tomuto stanovišti dopravovány pomocí spádových regálů z obou stran a šrouby jsou uloženy zvlášť v papírových krabicích v prostorách pod pracovním stolem zařízení. V levé a pravé části tohoto stanoviště jsou také umístěny dvě menší odkládací plochy pro již hotové kusy (vlevo pro předchozí stanoviště AP5), jak je možné vidět na následující fotografii (viz Obrázek 31).



Obrázek 31 Šesté montážní stanoviště (AP6) linky DAT2

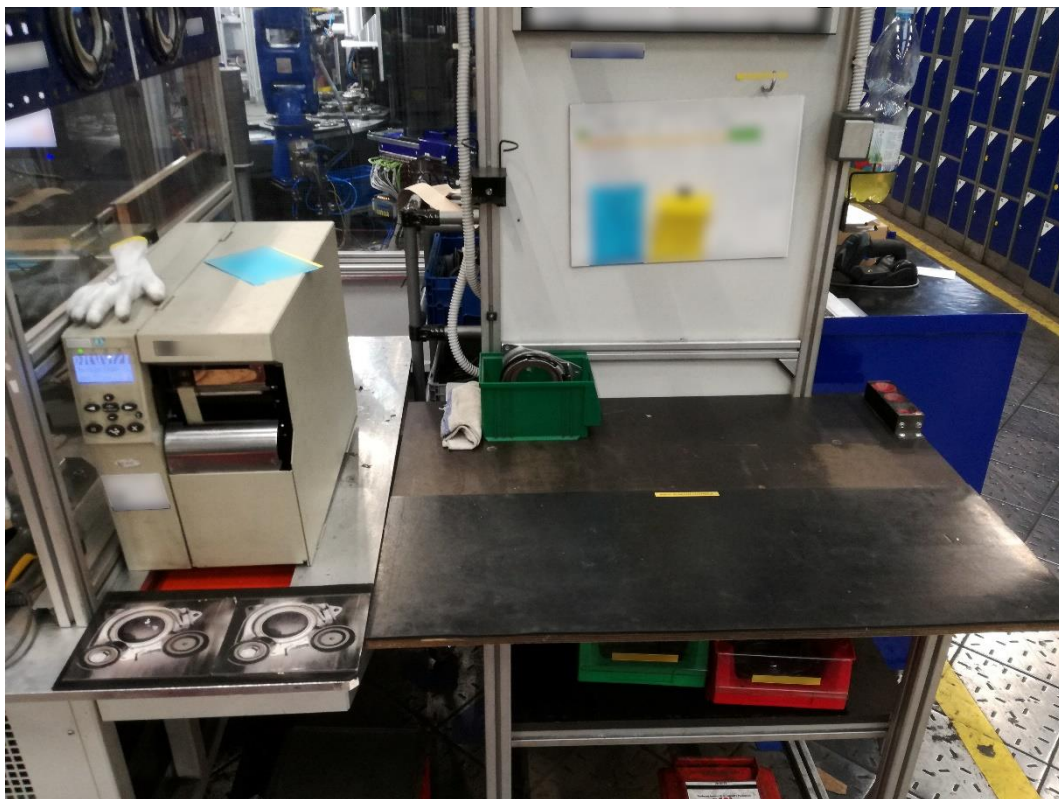
Předposlední stanoviště je rozděleno na dvě pozice (AP7.1 a AP7.2), jak je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 32). Na první pozici je za pomoci technologie měřena hodnota hystereze pružiny v daném napínáku. Tento proces je v podstatě automatický a činností operátora je pouze vyndat a znovu zandat montážní kolík do napínáku. Na druhé pozici pak dochází k vyražení výrobního čísla na napínák za pomoci mikroúderu razicího hrotu. Po skončení této operace dojde k vytištění etikety, která je pak nalepena na napínák a za pomoci čtečky následně naskenována. Tímto krokem je vyrobený díl úspěšně zaevidován v systému. Etiketovací zařízení je umístěné vpravo vedle pozice AP7.2.

Poznámka: V dalších částech studie budou tyto pozice z důvodu zjednodušení brány jako samostatná stanoviště.



Obrázek 32 Sedmé stanoviště (pozice AP7.1 a AP7.2) linky DAT2

Posledním stanovištěm (AP8) linky DAT2 je místo, kde je prováděna finální kontrola výrobku. Jedná se o pracovní stůl, na němž jsou měřeny pomocí zvolených měřicích nástrojů požadované rozměry vyrobených kusů. Jednotlivé rozměry musí přesně odpovídat tolerancím určeným zákazníkem společnosti. Pokud jsou změřené díly v pořádku, jsou označeny za OK kusy a následně umístěny do připravených KLT boxů určených k expedici zákazníkovi. Tyto KLT boxy si připravuje na paletu operátor tohoto pracoviště včetně přípravy balicí kartonáže. Paleta s KLT boxy je umístěna přímo před tímto pracovištěm, takže se operátor pouze otočí a umístí výrobek na požadované místo. Součástí tohoto stanoviště jsou také boxy s tzv. master kusy, které jsou umístěny pod pracovním stolem v zeleném (dobrý kus) a červeném (špatný kus) boxu. Na snímku tohoto pracoviště (viz Obrázek 33) je také možné vidět na levé straně etiketovací stroj, jež je součástí předchozího stanoviště (AP7.2). Na dalších fotografiích je pak možné spatřit místo, kde je umístěna paleta s KLT boxy naplněnými již validovanými OK kusy (viz Obrázek 34) a stojan, na kterém jsou umístěny prázdné KLT boxy a balicí kartonáž (viz Obrázek 35).



Obrázek 33 Osmé stanoviště (AP8) linky DAT2



Obrázek 34 Paleta s naplněnými KLT boxy určenými k expedici



Obrázek 35 Stojan s prázdnými KLT boxy a balicí kartonáží



## 6 Analýza současného stavu na pracovišti linky DAT2

No pracovišti linky DAT jsou v současné době vyráběny pouze dva nejnovější modely napínek řady DAT. Jelikož se tyto modely ve své podstatě moc neliší a pracovní postup je téměř totožný, je pro účely této studie vybrán pouze jeden z těchto modelů, pro který je provedena následující analýza.

### 6.1 Analýza současného pracovního postupu na jednotlivých stanovištích

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, každé stanoviště na lince DAT2 má svůj přesně definovaný pracovní postup. Přesný pracovní postup nemůže být v této studii zveřejněn, aby nedošlo k úniku citlivých informací a know-how společnosti. Je proto udělán zjednodušený vlastní pracovní postup, který je však odvozen z toho originálního a nejsou v něm vynechány žádné operace ani jednotlivé úkony celého výrobního a montážního procesu. V pracovním postupu jsou označeny vstupní díly čísly, pod kterými jsou uvedeny v kusovníku, jež je součástí příloh (viz Příloha č. 2). Pracovní postup současného stavu je uveden z důvodu velikosti jako další příloha na konci studie (viz Příloha č. 4) a obsahuje popis jednotlivých kroků tak, jak jdou za sebou na jednotlivých stanovištích a také informace o tom, které pracovní kroky vykonává jednotlivý operátor. Celkem jsou k dispozici na obsluhu pracoviště čtyři operátoři.

### 6.2 Analýza měření spotřeby času na jednotlivých stanovištích

Analýza měření spotřeby času na jednotlivých stanovištích a u jednotlivých operátorů je naprosto nezbytnou součástí analýzy, neboť získané výsledky slouží k určení efektivnosti celého pracoviště (možno použít výpočet OEE (viz Kapitola 5)) a poskytují informace o míře vytíženosti jednotlivých pracovníků. Porovnáním spotřeby času operátorů mezi sebou také získáme přehled o tom, jak jsou vybalancovány náplně práce jednotlivých pracovníků, což nám umožňuje zjistit, kde je možné provést budoucí úpravy pracovních postupů, aby bylo dosaženo lepší optimalizace spotřeby času, což je jedna z klíčových částí celkové složky racionalizace pracoviště. Analýza spotřeby času je provedena dvěma způsoby. Prvním je analýza dat z přímého měření spotřeby času, kdy měření probíhá v souladu s pravidly stanovenými organizací REFA, jež jsou používána pro stanovování pracovních norem v rámci celé společnosti. Druhým způsobem je získání dat spotřeby času prostřednictvím nepřímého měření spotřeby času. Pro tyto účely je zvolena metoda Basic-MOST, neboť je pro účely této studie plně dostačující a oproti jiným metodám je snadno a rychle realizovatelná.

#### 6.2.1 Analýza dat přímého měření spotřeby času s použitím metodiky REFA

Pomocí metodiky REFA byly naměřeny hodnoty časů v průběhu tzv. testovací série výroby zvoleného modelu. Měření probíhalo dne 29. 8. 2019 a na každém stanovišti (kromě AP8, které nebylo během testovací série využíváno) bylo naměřeno celkem 5 hodnot času, které byly následně zprůměrovány a byla tak stanovena jedna výsledná hodnota. Tyto hodnoty byly zvoleny jako výchozí stav pro určení normy spotřeby času pracoviště linky DAT2 a na jejich základě byla také stanovena maximální hodnota počtu kusů vyrobitelných za jednu směnu, jež činí 347 kusů. Nejprve bylo provedeno měření času cyklu na jednotlivých stanovištích a následně spotřeba času pracovního cyklu jednotlivých operátorů v průběhu výrobního procesu na pracovišti s ohledem na efektivní rozložení práce operátorů během případného čekání na dokončení strojního času. Hodnoty strojních časů jsou dány v technologických postupech. Výsledné hodnoty (v sekundách) z měření času cyklu na jednotlivých stanovištích jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tabulka 5).

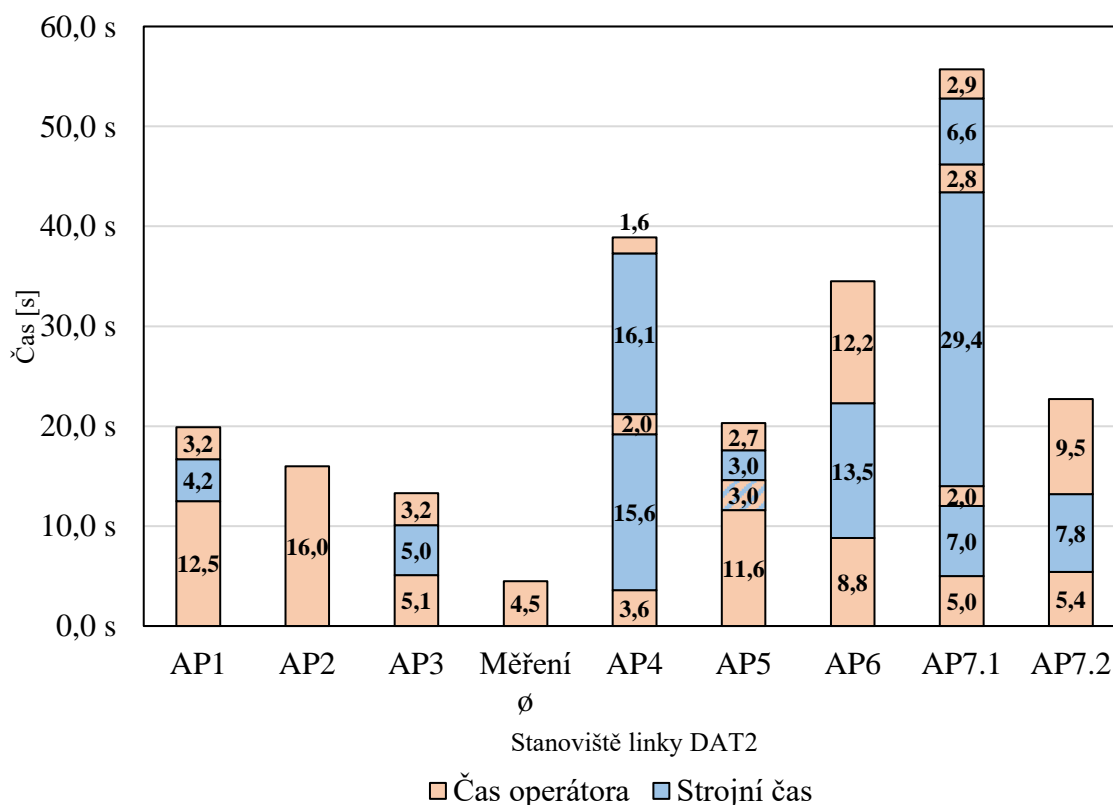
V tabulce je také uvedena tzv. mezioperace, kterou je měření vnitřního průměru napínáku. Tato mezioperace byla prováděna pouze během testovací série na požadavek zákazníka a již není v současnosti provozována.

Tabulka 5 Výsledné hodnoty měření spotřeby času metodikou REFA

	AP1	AP2	AP3	Měření $\emptyset$	AP4	AP5	AP6	AP7.1	AP7.2
Čas operátora	12,5	16,0	5,1	4,5	3,6	11,6	8,8	5,0	5,4
Strojní čas	4,2		5,0		15,6	3,0	13,5	7,0	7,8
Čas operátora 2	3,2		3,2		2,0		12,2	2,0	9,5
Strojní čas 2					16,1	3,0		29,4	
Čas operátora 3					1,6	2,7		2,8	
Strojní čas 3								6,6	
Čas operátora 4								2,9	
<b>Celkem:</b>	<b>19,9</b>	<b>16,0</b>	<b>13,3</b>	<b>4,5</b>	<b>38,9</b>	<b>20,3</b>	<b>34,5</b>	<b>55,7</b>	<b>22,7</b>

Z hodnot uvedených v tabulce je možné zhotovit následující graf, jež zobrazuje porovnání času cyklů jednotlivých stanovišť (viz Obrázek 36). Z grafu je patrné, že největší čas cyklu je na stanovišti měření hystereze pružiny (AP7.1) a dalšími stanovišti, jejichž časy cyklu jsou v porovnání s ostatními také značně vysoké, jsou stanoviště AP4 a AP6. Všechna tato stanoviště mají nejdelší strojní časy a s výjimkou stanoviště AP6 také nejmenší časy určené práci operátorům, což znamená, že čas cyklu je zde silně ovlivněn výrobní technologií. S velkou přesností je také na základě tohoto zjištění možné konstatovat, že tato pracoviště mohou způsobovat největší problémy v rámci plynulosti výrobního procesu na celém pracovišti a budou se před nimi s největší pravděpodobností tvořit fronty.

#### Analýza času cyklu pro výrobu jednoho kusu na jednotlivých stanovištích linky DAT2 - testovací série



Obrázek 36 Graf analýzy času cyklu na jednotlivých stanovištích linky DAT2

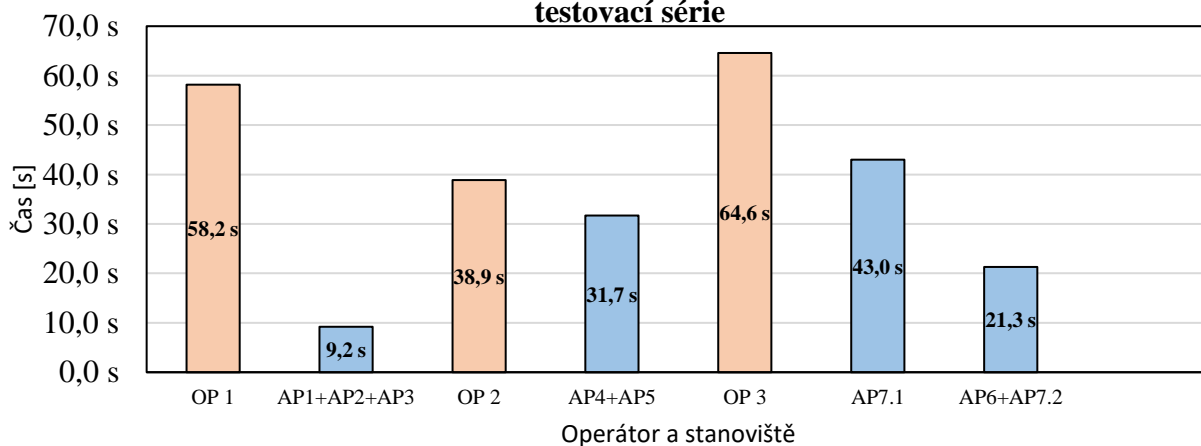
Po měření času cyklu na jednotlivých stanovištích pracoviště byly změřeny časy pracovního cyklu operátorů na příslušných stanovištích. Při měření byl zohledněn současný pracovní postup (viz Příloha č. 4) a operátoři pracovali na více stanovištích současně, pokud někde bylo potřeba čekat na dokončení strojního času a tím pádem mohla být zatím provozována jiná pracovní činnost s výjimkou, kdy operátor byl nucen čekat na dokončení strojního času na všech svých pracovištích. Naměřené hodnoty času, včetně zjednodušeného popisu pracovních činností, jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tabulka 6).

Tabulka 6 Hodnoty měření spotřeby času pracovního cyklu operátorů metodikou REFA

<b>OP1</b>	
Založení na AP1	12,5 s
Strojní čas AP1/držení tlačítek	4,2 s
Vyjmutí z AP1	3,2 s
Kompletace na AP2	16,0 s
Založení na AP3	5,1 s
Strojní čas AP3/držení tlačítek	5,0 s
Vyjmutí z AP3	3,2 s
Měření průměru	4,5 s
Cesta k AP4 a odložení dílu	2,1 s
Cesta k AP1	2,4 s
<b>Celkem:</b>	<b>58,2 s</b>
<b>OP2</b>	
Založení na AP4	3,6 s
Založení na AP5 a provedení operace	10,2 s
Čekání operátora	5,4 s
Zandání kolíku na AP4	2,0 s
Vyjmutí z AP5 a příprava na další cyklus	5,7 s
Čekání operátora	10,4 s
Vyjmutí z AP4	1,6 s
<b>Celkem:</b>	<b>38,9 s</b>
<b>OP3</b>	
Založení na AP7.1	5,0 s
Čekání operátora	7,0 s
Vysunutí kolíku na AP7.1	2,0 s
Založení na AP6 a provedení operace	12,8 s
Vyjmutí z AP6 a zacvaknutí krytky	8,8 s
Nalepení etikety, oskenování a vyjmutí z AP7.2	9,5 s
Vložení kolíku na AP7.1	2,8 s
Čekání operátora	6,6 s
Vyjmutí z AP7.1	2,9 s
Založení na AP7.2	5,4 s
Cesta k AP7.1	1,8 s
<b>Celkem:</b>	<b>64,6 s</b>

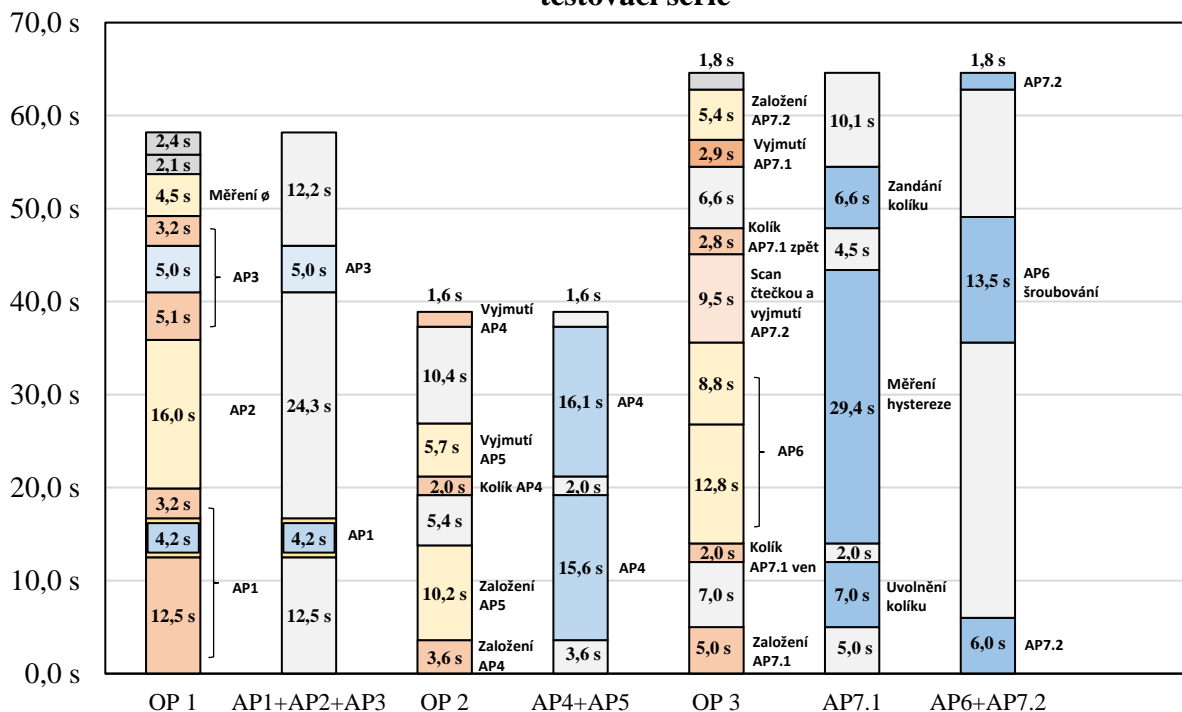
V tabulce jsou barevně rozlišeny činnosti operátorů, které jsou nutné pro provedení výrobní operace, tedy činnosti přidávající hodnotu a činnosti nezbytné pro průběh operace (zelená barva) a činnosti, které jsou ztrátové a je možné je označit za čisté plýtvání (červená barva). Tyto činnosti je potřeba maximálně eliminovat, nebo nejlépe úplně odstranit (viz Kapitola 4). Z hodnot uvedených v tabulce je možné vytvořit grafy, popisující spotřebu času jednotlivých operátorů (viz Obrázek 37 a 38). Grafy jsou také doplněny o strojní časy, jež ovlivňují rozložení práce operátorů na daných pracovištích.

### Analýza spotřeby času pracovního cyklu operátorů na lince DAT2 - testovací série



Obrázek 37 Graf spotřeby času pracovního cyklu operátorů na pracovišti linky DAT2 – obecný

### Analýza spotřeby času pracovního cyklu operátorů na lince DAT2 - testovací série



Obrázek 38 Graf spotřeby času pracovního cyklu operátorů na pracovišti linky DAT2 – detailní

První graf (viz Obrázek 37) zobrazuje obecnou celkovou spotřebu času pracovního cyklu operátorů na pracovišti linky DAT2. Celkovou spotřebou se rozumí, kolik času je operátor nucen vynaložit na jeden celý pracovní cyklus za přítomnosti času strojního, který je pevně daný a jež je nezbytnou součástí výrobního procesu. Celková spotřeba je pak dána součtem těchto strojních časů (modré sloupce) a časů jednotlivých manuálních činností operátora (hnědé sloupce).

Na druhém grafu (viz Obrázek 38) je pak tato spotřeba času znázorněna více detailně. Jsou zde rozděleny a popsány jednotlivé činnosti operátora a strojní časy. Činnosti na jednotlivých stanovištích jsou pro lepší přehlednost barevně odděleny (hnědá a žlutá barva sloupců). Šedá políčka ve sloupcích označují časy, kdy operátor čeká na dokončení strojního času, nebo naopak stroj čeká na operátora, až dokončí manuální práci. Tmavě šedá políčka pak značí neproduktivní časy, kdy je operátor v pohybu na jiná pracoviště.

## 6.2.2 Analýza nepřímého měření spotřeby času metodou Basic-MOST

Druhou analýzou spotřeby času je tentokrát nepřímé měření, provedené pomocí metodiky Basic-MOST, jež je detailně popsána v 5. kapitole. Měření je prováděno jak na časy cyklu jednotlivých stanovišť, tak i na měření spotřeby času pracovního cyklu jednotlivých operátorů. V měření zaměřeném na samotné operátory jsou uvažovány také všechny přesuny mezi jednotlivými stanovišti. Všechny hodnoty získané použitím metody Basic-MOST jsou uvedeny v tabulkách (viz Tabulka 7-20), kde jsou červeně zvýrazněny hodnoty ztrátových časů pro jednotlivé operátory (pohyby nepřidávající hodnotu a čekání na dokončení strojní operace).

Tabulka 7 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP1 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP1														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
		1	Získání a založení dílu 02	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0				
2	Získání a založení dílu 04	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0					1	80
3	Získání a založení dílu 06	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
4	Zalisování sestavy	A1	B0	G1	M1	X10	I0	A0					1	130
5	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:								14,76			410			
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 8 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP2 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP2														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
		1	Získání a založení dílu 07	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0				
2	Získání a založení dílu 05	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
3	Získání a založení dílu 08	A1	B0	G3	A1	B0	P6	A0					1	110
4	Získání a založení sestavy z AP1	A1	B0	G1	A1	B0	P6	A0					1	90
5	Získání a založení dílu 09	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
6	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
Celková spotřeba času:								14,4			400			
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 9 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP3 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP3														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Získání a založení sestavy z AP2	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Zalísování sestavy	A1	B0	G1	M1	X16	I0	A0					1	190
3	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:												11,16	310	
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 10 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP1 metodou Basic-MOST

Čas pracovního cyklu operátora OP1														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Čas cyklu na AP1												1	410
2	Chůze k AP2	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
3	Čas cyklu na AP2												1	400
4	Chůze k AP3	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
5	Čas cyklu na AP3												1	310
6	Získání sestavy z AP3, chůze k AP4, odložení sestavy a návrat k AP1	A1	B0	G1	A3	B0	P1	A6					1	120
Celková spotřeba času:												46,8	1300	
		hodin		minut		sekund		TMU						

Čas pracovního cyklu operátora OP1 je složen z časů cyklů na jednotlivých stanovištích (AP1 - AP3) a z časů pohybů mezi těmito stanovišti. Celý cyklus operátora probíhá tak, že operátorem je vykonána práce na daném stanovišti a pak dojde k přesunu operátora k dalšímu stanovišti, kde je proveden další výrobní cyklus. V momentě, kdy je operátorem dokončen cyklus na posledním stanovišti (AP3), je sestava dílů z tohoto pracoviště předána dále a operátor se vrátí zpět k prvnímu stanovišti (AP1), kde je následně zrealizován nový pracovní cyklus operátora.

Tabulka 11 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP4 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP4														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Získání a založení sestavy z AP3	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Strojní operace - pootočení sestavy	A1	B0	G1	M1	X42	I0	A0					1	450
3	Získání a založení dílu 10	A1	B0	G3	A1	B0	P6	A0					1	110
4	Strojní operace - pootočení sestavy	A1	B0	G1	M1	X42	I0	A0					1	450
5	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:												40,68	1130	
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 12 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP5 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP5														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
		A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0						
1	Získání a založení dílu 01 do vrubovací stanice	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
2	Získání a založení vrubovaného dílu 01 do technologického přípravku	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
3	Získání a založení sestavy z AP4	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
4	Získání a založení dílu 03	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
5	Zalisování sestavy	A1	B0	G1	M1	X16	I0	A0					1	190
6	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
7	Získání dílu 01 z vrubovací stanice a odložení stranou	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
Celková spotřeba času:												19,08	530	
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 13 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP2 metodou Basic-MOST

Čas pracovního cyklu operátora OP2														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
		A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0						
1	Založení na AP4	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Spuštění strojní operace na AP4	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30
3	Chůze k AP5	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
4	Založení a provedení výrobního cyklu na AP5 (3. až 5. operace)												1	310
5	Chůze k AP4	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
6	Čekání operátora na stroj												1	50
7	Získání a založení dílu 10 na AP4	A1	B0	G3	A1	B0	P6	A0					1	110
8	Spuštění strojní operace na AP4	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30
9	Chůze k AP5	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
10	Vyjmutí a založení na AP5 (operace 6, 7, 1 a 2)												1	220
11	Chůze k AP4	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
12	Čekání operátora na stroj												1	140
13	Vyjmutí sestavy na AP4	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:												40,68	1130	
		hodin		minut		sekund		TMU						

U operátora OP2 je čas pracovního cyklu rozložen mezi dvě stanoviště AP4 a AP5 takovým způsobem, že operátor vykonává práci na obou stanovištích střídavě. Střídavým rozložením prací na jednotlivých stanovištích je docíleno lepšího využití času operátora, neboť na stanovišti AP4 je nutné čekat velmi dlouhou dobu na dokončení jednotlivých strojních operací. Místo toho, aby tedy operátor čekal na dokončení stroje, tak se může věnovat práci na druhém stanovišti a poté se vrátit zpět k prvnímu stanovišti a pokračovat na práci zde. Střídavé rozložení práce operátora má však za následek častější přecházení mezi stroji, což ve své podstatě znamená zvýšení neproduktivního času. Tento čas ale nijak neprodlouží celkovou výrobní operaci na jednotlivých stanovištích, neboť čekání na dokončení strojních operací na stanovišti AP4 je tak velké, že operátor během něho stihne kromě přesunů udělat i část výrobní operace na druhém stanovišti a po návratu zpět k prvnímu stanovišti musí ještě malou chvíli čekat na dokončení stroje. Z rozboru činností uvedeném výše (viz Tabulka 13) je tedy patrné, že celkový cyklus operátora začíná založením sestavy na stanovišti AP4 a končí vyjmutím této sestavy po pracovních úpravách z téhož stanoviště. Z toho vyplývá, že práci na stanovišti AP5 stihne operátor dokončit, ještě než se dokončí cyklus na stanovišti AP4. Tím pádem je celkový čas pracovního cyklu operátora stejně dlouhý jako čas cyklu na stanovišti AP4 samotný.

Tabulka 14 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP6 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP6														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model											Frekvence	TMU
1	Získání a založení sestavy z AP5	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Získání a založení dílu 11 (2 ks oběma rukama zároveň)	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0					1	80
3	Získání a založení dílu 13 (2 ks oběma rukama zároveň)	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
4	Získání a založení dílu 12	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0					1	80
5	Získání a založení dílu 14	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0					1	80
6	Získání a založení dílu 15	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0					1	80
7	Strojní operace - zašroubování	A1	B0	G1	M1	X42	I0	A0					1	450
8	Získání a zacvaknutí dílu 16	A1	B0	G3	A1	B0	P3	A0					1	80
9	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:								37,08				1030		
		hodin			minut			sekund				TMU		

Tabulka 15 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP7.1 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP7.1														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model											Frekvence	TMU
1	Získání a založení sestavy z AP6	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Strojní operace - pootočení sestavy	A1	B0	G1	M1	X16	I0	A0					1	190
3	Vyjmutí a odložení dílu 10 ze sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
4	Strojní operace - měření hystereze	A1	B0	G1	M1	X81	I0	A0					1	840
5	Získání a založení dílu 10 do sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
6	Strojní operace - pootočení sestavy	A1	B0	G1	M1	X16	I0	A0					1	190
7	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:								51,84				1440		
		hodin			minut			sekund				TMU		

Tabulka 16 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP7.2 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP7.2														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model											Frekvence	TMU
1	Získání a založení sestavy z AP7.1	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Strojní operace - ražení	A1	B0	G1	M1	X24	I0	A0					1	270
3	Získání a nalepení etikety	A1	B0	G1	A1	B0	P6	A0					1	90
4	Naskenování etikety pomocí čtečky	A1	B0	G1	A1	B0	P0	R1	A1	B0	P1	A0	1	60
5	Vyjmutí sestavy, vizuální kontrola po ražení, odložení sestavy	A1	B0	G3	A1	B0	P0	T1	A1	B0	P1	A0	1	80
Celková spotřeba času:								20,16				560		
		hodin			minut			sekund				TMU		



Tabulka 17 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP3 metodou Basic-MOST

Čas pracovního cyklu operátora OP3														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model											Frekvence	TMU
1	Založení na AP7.1	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30
3	Čekání operátora na stroj												1	160
4	Vyjmutí a odložení dílu 10 ze sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
5	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30
6	Chůze k AP6	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
7	Čas cyklu na AP6												1	1030
8	Chůze k AP7.2	A6	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	60
9	Výrobní cyklus na AP7.2 (3. až 5. operace)												1	230
10	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
11	Získání a založení dílu 10 do sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
12	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30
13	Čekání operátora na stroj												1	160
14	Vyjmutí sestavy z AP7.1	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
15	Chůze k AP7.2	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
16	Založení na AP7.2	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
17	Spuštění strojní operace na AP7.2	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30
18	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
Celková spotřeba času:								77,76				2160		
		hodin		minut		sekund		TMU						

Rozložení činností u třetího operátora (OP3) je koncipované stejně jako u operátora druhého (OP2), tedy střídavým rozložením pracovních činností na více pracovištích. Hlavní rozdíl je v tom, že operátor OP3 musí střídavě chodit mezi třemi stanovišti (AP6, AP7.1 a AP7.2) v porovnání s operátorem OP2, což znamená, že stráví jednotlivými přesuny více času než předchozí operátor. Princip spotřeby času je však v obou případech velmi podobný.

Tabulka 18 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti AP8 metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti AP8														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model											Frekvence	TMU
1	Získání sestavy z AP7.2 a její odložení na stůl	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
2	Uchopení sestavy oběma rukama	A1	B0	G1	A0	B0	P0	A0					1	20
3	Kontrola správnosti umístění dílu 16	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T5	A0	B0	P0	A0	1	50
4	Vizuální kontrola přítomnosti dílu 12	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T1	A0	B0	P0	A0	1	10
5	Mechanická kontrola funkčnosti dílu 13	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T5	A0	B0	P0	A0	2	100
6	Otočení sestavy na druhou stranu	A0	B0	G0	A0	B0	P0	L3	A0	B0	P0	A0	1	30
7	Vizuální kontrola přítomnosti dílu 11	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T1	A0	B0	P0	A0	2	20
8	Vizuální kontrola správnosti vyraženého čísla dílu	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T3	A0	B0	P0	A0	1	30
9	Vizuální kontrola umístění dílu 10	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T1	A0	B0	P0	A0	1	10
10	Kontrola správnosti umístění dílu 08 měřicím přípravkem	A1	B0	G1	A1	B0	P1	M10	A1	B0	P1	A0	2	320
11	Otočení sestavy na druhou stranu	A0	B0	G0	A0	B0	P0	L3	A0	B0	P0	A0	1	30
12	Vizuální kontrola správnosti etikety	A0	B0	G0	A0	B0	P0	T3	A0	B0	P0	A0	1	30
13	Odložení sestavy stranou	A0	B0	G0	A1	B0	P1	A0					1	20
Celková spotřeba času:								25,56				710		
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 19 Hodnoty měření času cyklu na stanovišti balení metodou Basic-MOST

Čas cyklu na stanovišti balení														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Získání prázdného KLT ze stojanu, jeho uchopení a přemístění na paletu	A6	B0	G1	A3	B6	P3	A0					1	190
2	Získání balící kartonáže ze stojanu, její uchopení a přemístění na stůl AP8	A3	B0	G1	A6	B0	P1	A0					1	110
3	Složení balící kartonáže	A0	B0	G0	M0	X32	I0	A0					1	320
4	Přemístění kartonáže do KLT na paletě	A1	B0	G1	A3	B6	P3	A3					1	170
5	Získání a uložení OK kusu do kartonáže	A1	B0	G1	A3	B6	P3	A3					2	340
6	Zopakování kroků 2 - 5												1	940
Celková spotřeba času:								74,52				2070		
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 20 Hodnoty měření času pracovního cyklu operátora OP4 metodou Basic-MOST

Čas pracovního cyklu operátora OP4														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Čas cyklu na AP8 (4x)												4	2840
2	Čas cyklu na stanovišti balení												1	2070
3	Chůze k AP8	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
Celková spotřeba času:								177,84				4940		
		hodin		minut		sekund		TMU						

Celkový čas pracovního cyklu operátora OP4 je složen z kontroly 4 finálních sestav na stanovišti AP8 a z následného provedení balící operace těchto 4 sestav. Balící operace tedy zahrnuje zabalení jednoho celého KLT, neboť se do něj vejdou právě 4 sestavy. Operátor udělá během balení celou řadu pohybů a chůze. V celkovém čase cyklu jsou však tyto pohyby součástí přímo operace balení, protože celá tato operace je dosti komplexní a proto zde pro zjednodušení nejsou jednotlivé přesuny uvažovány jako doslova ztrátové časy. V tabulce času cyklu operátora OP4 (viz Tabulka 20) je uveden zvlášť pouze čas potřebný pro přesun operátora od stanoviště balení zpět k finální kontrole (AP8).

## 7 Návrh a realizace řešení racionalizace výrobního procesu

Racionalizace výrobního procesu je možné dosáhnout díky nepřebornému množství optimalizačních řešení. Některými je možné dosáhnout pouze nepatrného zlepšení, zatímco jinými je dosahováno velkých a hodně efektivních změn současného stavu. Tato kapitola je zaměřena na návrh a následnou případnou realizaci některých možností racionalizace stávajícího procesu na lince DAT2, která by měla vést k zefektivnění celého procesu nebo jeho částí, a která jsou primárně zaměřena na redukci ztrátových časů a na snížení délky času cyklů na jednotlivých stanovištích linky a času pracovních cyklů operátorů, jež na těchto stanovištích vykonávají práci.

### 7.1 Technologická předúprava distančního pouzdra na stanovišti AP5

Na stanovišti AP5 je prováděna technologická úprava vrubování, jež je prováděna současně s operací zalisování sestavy z předchozího stanoviště. Celý proces vrubování je realizován tak, že je díl distančního pouzdra (viz Obrázek 39) vložen do vrubovací stanice, kde je po spuštění strojní operace provedena fyzická úprava dílu (viz Obrázek 39 – červeně značená oblast) a ten je následně vyhozen do zásobníku stanice, odkud je poté operátorem položen stranou pro pozdější využití v dalším cyklu (viz Tabulka 21). Celkový čas pracovního cyklu na stanovišti AP5 je všemi úkony, jež jsou třeba pro vyhotovení vrubovaného dílu, prodloužen o hodnotu času, jež svým způsobem snižuje produktivitu operátora. Ten je nucen vynaložit delší čas na provedení celého cyklu z důvodu úpravy pouzdra, které by mohlo být upraveno ještě před samotným cyklem na stanovišti AP5. Ve společnosti je totiž přítomen stroj speciálně navržený pro vrubování těchto distančních pouzder, jež jsou využívány také u jiných projektů. Stroj je však využíván pouze pro jiné projekty, ovšem není v chodu stále. Je-li tedy z nějakého důvodu pozastaven, tak je možné jeho výrobní kapacitu využít také na úpravu pouzder pro projekty na lince DAT2. Stroj je navíc plně automatický, tzn. zásah operátora je potřeba pouze na doplnění neupravených dílů do zásobníku a vyprázdnění zásobníku s již upravenými díly jednou za delší dobu. Jediným důvodem, proč nebyl stroj doposud touto cestou využíván, je fakt, že distančními pouzdry pro projekty na lince DAT2 je vyžadována větší vrubovací síla než pro ostatní projekty. Vždy je tedy nutný zásah seřizovače během změny výrobního programu na stroji. Dalším důvodem je fakt, že by vrubovací stanice na AP5 zůstala nevyužitá. Po přepočtu času cyklu na stanici AP5, za předpokladu předpřípravy distančních pouzder, je ovšem patrné, že navrhovaná změna je velmi výhodná, neboť je takto ušetřena poměrně velká část času cyklu, eliminací některých kroků na AP5 (viz Tabulka 22). Celkově je takto čas cyklu zkrácen o **3,6 sekundy**.



Obrázek 39 Distanční pouzdro

Tabulka 21 Čas cyklu na stanovišti AP5

Čas cyklu na stanovišti AP5														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Získání a založení dílu 01 do vrubovací stanice	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
2	Získání a založení vrubovaného dílu 01 do technologického přípravku	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
3	Získání a založení sestavy z AP4	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
4	Získání a založení dílu 03	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
5	Zalisování sestavy	A1	B0	G1	M1	X16	I0	A0					1	190
6	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
7	Získání dílu 01 z vrubovací stanice a odložení stranou	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40
Celková spotřeba času:								19,08			530			
		hodin		minut		sekund		TMU						

Tabulka 22 Čas cyklu na stanovišti AP5 - optimalizovaný

Čas cyklu na stanovišti AP5														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Získání a založení vrubovaného dílu 01 do technologického přípravku	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
2	Získání a založení sestavy z AP4	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
3	Získání a založení dílu 03	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60
4	Zalisování sestavy	A1	B0	G1	M1	X16	I0	A0					1	190
5	Vyjmutí sestavy a odložení stranou	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60
Celková spotřeba času:								15,48			430			
		hodin		minut		sekund		TMU						

## 7.2 Barevné značení materiálu na linkách

Barevným značením materiálu je docíleno snadnější orientace během výrobního procesu na stanovištích. Barevně značený materiál je označen tak, aby bylo operátorovi při prvním pohledu jasné, na jaké místo na technologickém přípravku má být materiál umístěn. Toto řešení výrazně omezuje chyby operátora, jež mohou vznikat špatným založením materiálu do přípravku, případně hledáním správného místa založení. Cílem tohoto řešení tedy není zkracování času cyklu na daném stanovišti, ale redukce chyb operátora, jež mohou vést k prodlužování času cyklu nad jeho běžnou hodnotu. Pro linku DAT2 jsou navrženy dva konkrétní případy využití tohoto značení. První z nich je na stanovišti AP5, kdy jsou barevně značeny distanční pouzdra v oblasti jejich vyoblené hrany. Tato hrana je umísťována do přípravku pouze jedním možným způsobem, jinak není možné díl správně založit. Značení hrany tedy napomáhá operátorovi jejímu rychlému nalezení, a tím pádem i rychlému a správnému založení do přípravku. Pro zvýšení efektivity je možné označit také místo na samotném přípravku. Jelikož je toto místo jedinečné, tak je operátorem velmi dobře známo, a tím pádem je jeho další značení již vesměs nepodstatné (viz Obrázek 40). Druhým případem je označení jednoho ze dvou typů šroubů na stanovišti AP6. Na tomto stanovišti jsou oba šrouby zakládány do přípravku, jež je pro oba šrouby na první pohled totožný. Liší se pouze spodní částí, kde je pomocí přesně tvarovaného magnetického kovu každý šroub uchycen. Často se stává, že šrouby jsou omylem umístěny operátorem na nesprávné místo v přípravku a je nutné je potom přendat mezi sebou. Barevným označením alespoň jednoho šroubu tedy dojde k tomu, že operátor bude vědět, že označený šroub má umístit do přípravku vpravo a neoznačený na druhou stranu (viz Obrázek 41). Tento pokyn je napsán na štítku poblíž stanoviště, aby tato informace byla neustále připomínána operátorům.



Obrázek 40 Barevné značení distančního pouzdra na AP5 (vlevo), označení místa umístění na přípravku (vpravo)



Obrázek 41 Barevné značení šroubů na AP6 (vlevo), označení místa umístění na přípravku (vpravo)

### 7.3 Použití lampičky s integrovanou lupou na stanovišti AP8

Přidání lampičky s integrovanou lupou má za cíl usnadnit operátorovi na stanovišti AP8 úkony související s prováděním kontroly finálních sestav výrobku. Hlavním problémem na tomto stanovišti je, že operátor musí kontrolovat správnost natištěné etikety a také čísla vyraženého na sestavě razicím hrotem. Obě činnosti vyžadují poměrně velké soustředění zrakového ústrojí operátora na sestavu, což mnohdy vede k tomu, že operátor musí rukama přiblížit sestavu více k očím. To má za následek vznik větší svalové kontrakce v oblasti paží, a tím pádem je častěji dosahována větší únava operátora zejména v oblasti paží. Díky této únavě je operátorovi následně také ztěžována operace balení, neboť zde provádí mnoho úkonů za pomoci pohybu paží. Dalším problémem je také to, že u některých operátorů je vlivem zhoršeného zraku potřeba delšího času na vizuální kontrolu sestavy. Aby mohly být v co největším měřítku zredukovány tyto negativní skutečnosti, je k dispozici řešení, jež spočívá v použití lampičky s lupou (viz Obrázek 42). Toto řešení umožňuje eliminovat nadbytečné pohyby paží z důvodu zvětšení obrazu pomocí lupy a zároveň je tak docíleno snadnějšího vizuálního kontrolování sestavy, zejména pak správnosti etikety a vyraženého čísla. Dodatečným světlem z lampičky je pak dále podporována lepší kontrola sestavy při zhoršených světelných podmínkách okolí.



Obrázek 42 Lampička s integrovanou lupou

Implementace lampičky na stanoviště AP8 by na základě výhod popsaných výše měla vést ke zkrácení času cyklu finální kontroly. Ověření, zda tomu tak skutečně je, bylo provedeno pomocí 10 přímých náměrů času cyklu operátora na tomto stanovišti, kdy měření bylo realizováno nejprve bez použití lampičky a poté s jejím využitím. Použití přímých náměrů je v tomto případě jednodušší a přesnější než výpočet pomocí metody Basic-MOST. U obou typů náměrů je stanoven průměr měření, aby bylo možné dokázat, že průměrná hodnota času cyklu s využitím lampičky je skutečně nižší. Z náměrů a průměrných hodnot je patrné, že je čas zkrácen průměrně o přibližně **2,6 sekundy**. Ovšem rozdíl mezi největší hodnotou bez použití lampičky (červené políčko) a nejmenší hodnotou s použitím lampičky (zelené políčko) činí **4,5 sekundy**. Tím pádem je možné konstatovat, že tento racionalizační krok vede k významnému snížení času cyklu na stanovišti AP8.

Tabulka 23 Porovnání času cyklu na stanovišti AP8 bez a s využitím lampičky

Měření času cyklu na stanovišti AP8 - porovnání s využitím lampičky											
Náměr č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Bez lampičky	25,8	26,4	25,6	25,9	26,8	26,2	27,4	26,5	25,7	27,7	26,4
S lampičkou	24,3	23,7	23,4	24,4	23,9	23,2	23,6	23,4	24,1	23,7	23,77

## 7.4 Úprava a zefektivnění procesu balení

Balení je nejdělsí a zároveň nejpracnější operací v rámci celého výrobního procesu na lince DAT2. Je tomu tak z toho důvodu, že je celá operace tvořena mnoha pohyby a přesuny napříč celým stanovištěm balení, jež je rozmístěno na poměrně velké ploše. Cílem této podkapitoly je vymyslet taková možná řešení racionalizace pracoviště, jež by vedla k co největšímu zefektivnění celého procesu balení.

### 7.4.1 Použití nového typu balící kartonáže

Výměna starého typu kartonáže za nový je prvním možným řešením, jak zlepšit stávající stav stanoviště. Původní typ kartonáže musel být vždy ručně složen do příslušného tvaru a až poté umístěn do prázdného KLT boxu. Tímto způsobem byl samozřejmě operátor nucen vynaložit značný čas na skládání kartonáže, což mělo za následek také prodlužování celkového času cyklu. Řešením je tedy nahradit tento starý typ kartonáže novým, jež by umožňoval co nejvíce eliminovat problém týkající se jejího skládání.

Tento nový typ je možné vidět na obrázku níže (viz Obrázek 43). Z obrázku je patrné, že se nový typ kartonáže nemusí vůbec skládat a stačí jej tedy rovnou umístit do KLT boxu. Toto řešení umožňuje naprosto eliminovat jakékoliv časy operátora, které byly nutné pro skládání původní kartonáže. Nový typ balící kartonáže je nutné skladovat na vyhrazeném místě, neboť její prostorové nároky jsou v porovnání se starým typem trochu větší z důvodu komplexnějšího tvaru, který není již tolik skladný. Nejlepším řešením je umístění kartonáže na samostatnou paletu, kterou je možné snadno pomocí manipulační techniky dopravit na příslušné místo na pracovišti linky DAT2 a na jejíž plochu je možné poskládat takový objem materiálu, kterým lze bez problému pokrýt zásoby na přibližně jednu pracovní směnu. Tato možnost skladování je vidět na obrázku níže v levé části (viz Obrázek 44), kde je zároveň porovnána s variantou skladování předchozího typu kartonáže (pravá část obrázku).



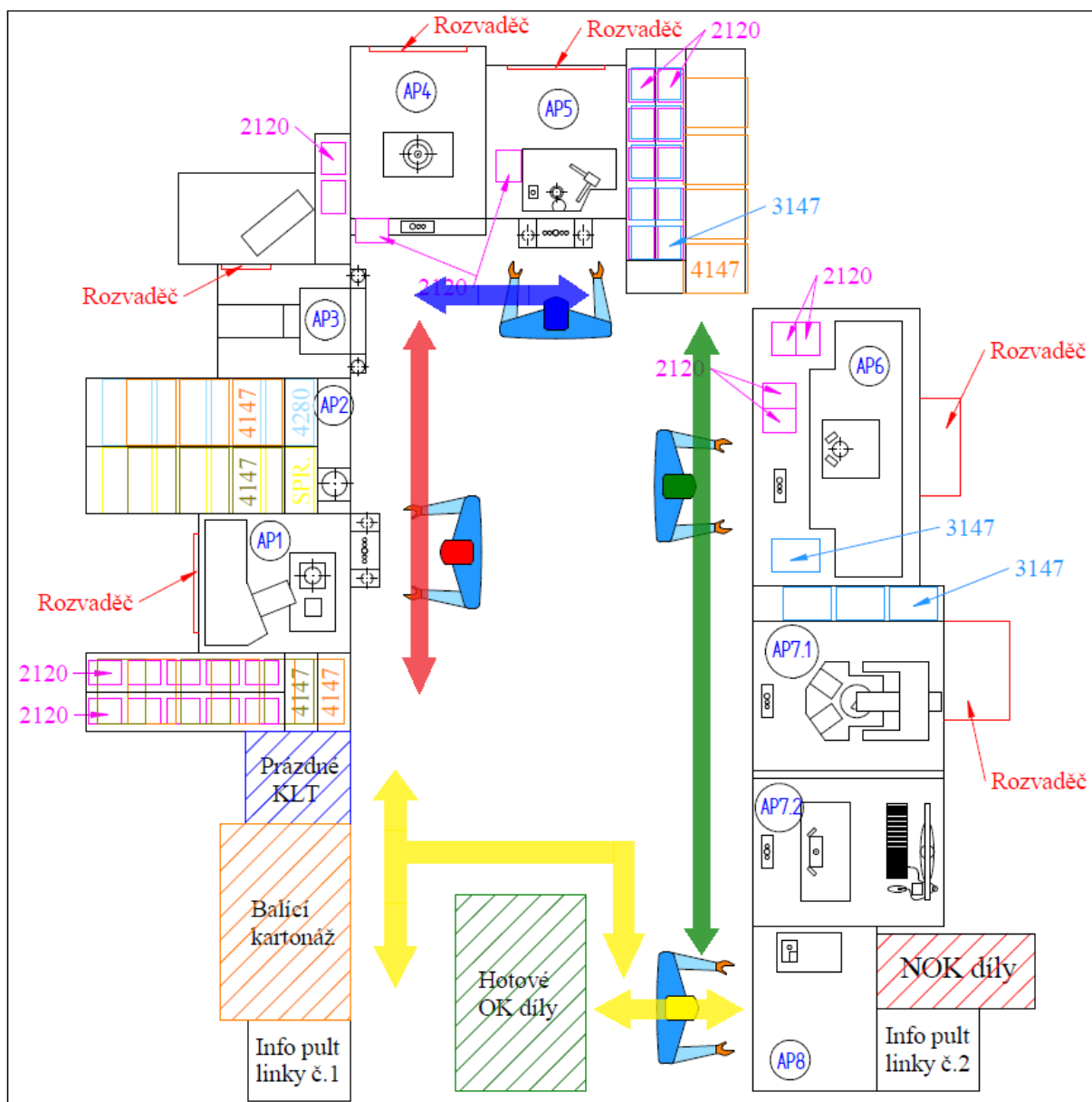
Obrázek 43 Nový typ balící kartonáže



Obrázek 44 Způsob skladování nového typu balící kartonáže (vlevo) a starého typu (vpravo) na lince DAT2

### 7.4.2 Návrh nového uspořádání stanoviště balení

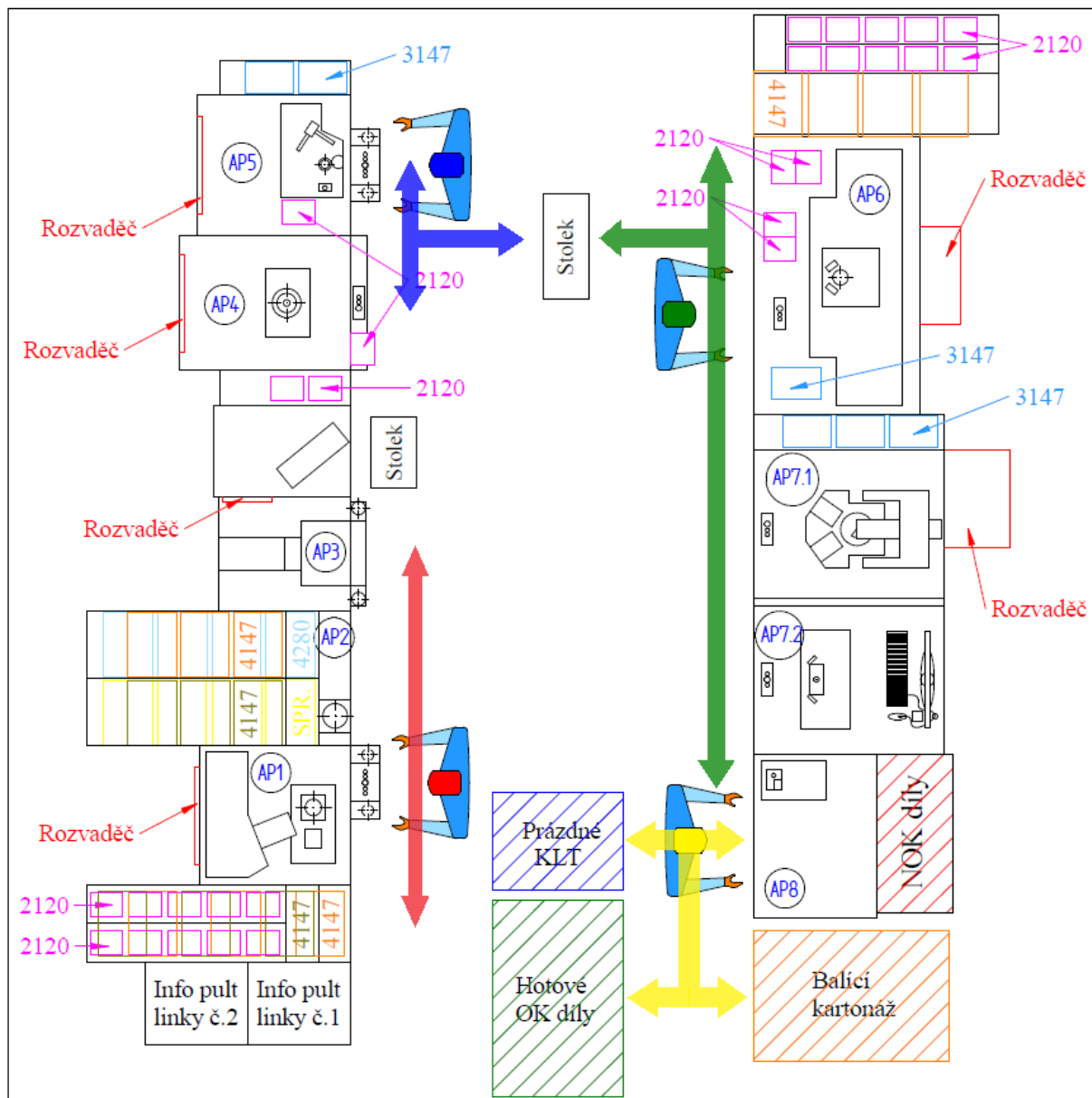
Současné uspořádání pracoviště linky DAT2 (viz Obrázek 45) je z hlediska stanoviště balení a všech jeho komponent poměrně neprakticky realizováno. Jak je možné vidět na jeho layoutu, tak je většina jeho částí rozložena na velké ploše, po které je operátor nucen konat pohyb z důvodu přesunu k jednotlivým prvkům stanoviště. Dráhy jednotlivých pohybů všech operátorů jsou na layoutu znázorněny barevnými šipkami, z nichž žlutá barva náleží operátorovi (OP4), jež vykonává proces balení a také finální kontrolu výrobků. Z obrázku je patrné, že se operátor musí pohybovat k vozíku s prázdnými KLT boxy, dále k paletě s balící kartonáží, jež je postavena hned vedle vozíku. Následně jsou tyto balící prvky přeneseny a položeny na paletu, určenou pro OK kusy, která je umístěna naproti stanovišti finální kontroly AP8. Z tohoto stanoviště jsou na paletu přenášeny zkontrolované OK kusy finálních sestav produktu. Na první pohled je tedy patrné, že operátor musí spotřebovat na přesuny po této ploše relativně velké množství času, neboť jsou dráhy pohybu poměrně dlouhé. Z důvodu zlepšení tohoto stavu je tedy navrženo nové uspořádání pracoviště (viz Obrázek 46).



Obrázek 45 Současné uspořádání pracoviště linky DAT2



Nové uspořádání pracoviště je koncipováno tak, že veškeré jeho části jsou přemístěny co nejblíže k sobě, aby byly v maximální možné míře zkráceny délky drah nutných pro přesun operátora k jednotlivým prvkům balení (kartonáž, KLT boxy, ...). Nově vzniklý stav by však neměl mít za následek zhoršení stavu ostatních stanovišť, a tím pádem i pracovních cyklů dalších operátorů. Je vhodné, aby byly zachovány „hranice“ linky a tedy plocha vymezená pro celé pracoviště. Je potřeba provést celkové posunutí všech částí linky, aby bylo možné vytvořit požadované místo na stanovišti balení. Řešení nového uspořádání je možné realizovat tak, že na místo původních částí balení (na levé straně) budou posunuty první tři stanoviště linky (AP1-3), včetně regálů s materiály a na ně budou následně napojeny stanoviště AP4 a AP5. Zbylá stanoviště po pravé straně budou pak přesunuta k hornímu okraji prostoru pracoviště, čímž vznikne ve spodní části požadované místo na balicí stanoviště, kam jsou uspořádány všechny jeho části. Jedinou nevýhodou tohoto nového uspořádání je nutnost využití stolků, jež jsou používány na odkládání hotových sestav operátory, odkud jsou sestavy poté odebírány do dalších částí výrobního procesu. V původním řešení byla totiž odkládací místa součástí regálů, nebo byly sestavy odkládány přímo na pracovní plochy strojů, což již není v novém uspořádání možné, neboť je linka již rozdělena na dvě poloviny, které jsou od sebe vzdáleny.



Obrázek 46 Návrh nového uspořádání pracoviště linky DAT2

Je nutné poznamenat, že výše zmíněná nevýhoda je ovšem v porovnání s výhodami, jež nové řešení nabízí, téměř zanedbatelná. Operátoři sice budou muset vykonat nějaké krátké pohyby navíc, aby umístili nebo naopak převzali sestavu ze stolku, jež je umístěn mezi nimi, ale jinak zůstávají jejich dráhy pohybu po pracovišti neměnné. Dokonce je novým uspořádáním eliminována jedna drobná nevýhoda, jež v původním řešení spočívala v tom, že operátoři OP1 a OP2 vykonávali některé části svého pracovního cyklu na téměř totožném místě, jelikož stanoviště AP3 a AP4 byla nevhodně umístěna velmi blízko u sebe. Tím pádem mohlo snadno dojít ke kolizi operátorů, kdy by jeden musel počkat, až nejprve pracovní operaci dokončí druhý operátor, a tím by docházelo k pracovním prostojům. Tato skutečnost je ovšem novým řešením eliminována, neboť každý operátor zde má svůj pracovní prostor, do kterého ostatní nemohou zasahovat. V neposlední řadě je pak nutné zmínit, že nové řešení také nabízí snadnější přístup do pracoviště, neboť je linka nyní otevřena ze dvou stran (horní a spodní část). To je také vhodnější v případě nutnosti rychle opustit pracovní prostor, například v případě vyhlášení poplachu.

### 7.4.3 Vliv úprav stanoviště balení na čas cyklu a jeho přepočít

Obě výše navržené úpravy stanoviště balení značně ovlivní celkový čas cyklu na tomto stanovišti. První úpravou, tedy zavedením nového typu balicí kartonáže, bude zcela odstraněn čas, původně potřebný pro složení starého typu (viz Tabulka 24 – číslo operace 3). Provedením reorganizace pracoviště pak bude ovlivněn čas přesunů operátora v podstatě u všech operací cyklu. Nejvíce však operace č. 1, 2 a 6, kdy poslední jmenovaná je vlastně zopakováním předchozích kroků, tedy i operací 1 a 2. Ovlivněny jsou konkrétněji některé hodnoty u znaku A v tabulce níže (viz Tabulka 24). Během přepočtu času cyklu na stanovišti je možné celý cyklus podstatně zjednodušit, neboť jsou některé kroky již eliminovány v souladu s úpravami. Nový optimalizovaný cyklus včetně přepočtených časů je možné vidět v tabulce níže (viz Tabulka 25). Z hodnot uvedených v tabulce je patrné, že implementací navržených úprav pracoviště je možné dosáhnout poměrně drastického zlepšení z hlediska procesního času. Konkrétní hodnota výsledné úspory času získané z rozdílu obou časů cyklu činí **30,6 sekundy**. Tento čas je pak možné rozdělit i na jednotlivé úpravy, jelikož čas ušetřený novým typem kartonáže je v podstatě původní čas operace č. 3. Hodnota času ušetřeného použitím nového typu kartonáže je potom tedy **11,52 sekundy**. Hodnota času ušetřeného přeuspořádáním pracoviště, a tím pádem redukcí pohybu, je rovna zbylé hodnotě z celkové úspory času cyklu, která je přibližně **19 sekund**.

Tabulka 24 Čas cyklu na stanovišti balení

Čas cyklu na stanovišti balení													
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model								Frekvence	TMU		
		A6	B0	G1	A3	B6	P3	A0					
1	Získání prázdného KLT ze stojanu, jeho uchopení a přemístění na paletu	A6	B0	G1	A3	B6	P3	A0				1	190
2	Získání balicí kartonáže ze stojanu, její uchopení a přemístění na stůl AP8	A3	B0	G1	A6	B0	P1	A0				1	110
3	Složení balicí kartonáže	A0	B0	G0	M0	X32	I0	A0				1	320
4	Přemístění kartonáže do KLT na paletě	A1	B0	G1	A3	B6	P3	A3				1	170
5	Získání a uložení OK kusu do kartonáže	A1	B0	G1	A3	B6	P3	A3				2	340
6	Zopakování kroků 2 - 5											1	940
Celková spotřeba času:										74,52		2070	
		hodin		minut		sekund		TMU					

Tabulka 25 Čas cyklu na stanovišti balení - optimalizovaný

Čas cyklu na stanovišti balení														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Získání prázdného KLT ze stojanu, jeho uchopení a přemístění na paletu	A3	B0	G1	A3	B6	P3	A0					1	160
2	Získání balící kartonáže, její uchopení a přemístění do KLT na paletě	A3	B0	G1	A3	B6	P3	A3					1	190
3	Získání a uložení OK kusu do kartonáže	A1	B0	G1	A3	B6	P3	A3					2	340
4	Zopakování kroků 2 a 3												1	530
Celková spotřeba času:								43,92			1220			
		hodin			minut			sekund			TMU			

## 7.5 Úprava sledu operací pracovních cyklů operátorů

Dalším možným řešením racionalizace pracoviště je provedení podrobné analýzy a následné úpravy pracovních cyklů jednotlivých operátorů. Primárním cílem tohoto kroku je zjistit, zda je možné vhodnou úpravou sledu jednotlivých činností pracovních cyklů zkrátit celkový čas operátorů, potřebný pro dokončení jednoho cyklu a také eliminovat buď zcela nebo alespoň částečně neproduktivní činnosti operátorů, spojené nejčastěji s přesunem mezi stanovišti nebo s čekáním na dokončení strojní operace.

Poznámka: Upravovány jsou pracovní cykly operátorů, ve kterých jsou již zahrnuty racionalizační kroky uvedené dříve.

### 7.5.1 Operátor OP1

Jak je možné vidět v tabulce níže (viz Tabulka 26), která byla již zároveň představena v předchozí kapitole, tak je posloupnost jednotlivých operací během celého cyklu tohoto operátora velmi jednoduchá. Operátor vždy vykoná požadovanou práci na daném stanovišti a pak je proveden přesun na další stanoviště, kde je vykonána další část pracovního cyklu operátora. Celkem je takto postupně přecházeno mezi třemi stanovišti a po skončení práce na posledním z nich je operátorem proveden přesun zpět k prvnímu a celý cyklus je zopakován od začátku. Pokud by byl znovu proveden rozbor činností na jednotlivých pracovištích (viz podkapitola 6.2.2), tak by bylo zjištěno, že cykly na těchto stanovištích jsou přesně dané na základě předepsaného pracovního postupu a není zde prakticky žádný prostor pro jejich reorganizaci. Na základě tohoto faktu je možné se zaměřit pouze na redukci ztrátových časů operátora, způsobených jeho přesunem mezi stanovišti. Vzdálenost mezi stanovišti již však více minimalizovat nelze, neboť jsou stanoviště těsně vedle sebe, jak je možné vidět na layoutu současného pracoviště linky DAT2 (viz Příloha č. 3). Lze tedy říci, že sled operací pracovního cyklu operátora OP1 již není možné upravit a tím pádem ani nelze nijak zkrátit délku trvání cyklu.

Tabulka 26 Pracovní cyklus operátora OP1

Čas pracovního cyklu operátora OP1														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Čas cyklu na AP1												1	410
2	Chůze k AP2	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
3	Čas cyklu na AP2												1	400
4	Chůze k AP3	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
5	Čas cyklu na AP3												1	310
6	Získání sestavy z AP3, chůze k AP4, odložení sestavy a návrat k AP1	A1	B0	G1	A3	B0	P1	A6					1	120
Celková spotřeba času:								46,8			1300			
		hodin			minut			sekund			TMU			

## 7.5.2 Operátor OP2

Pracovní cyklus operátora OP2 je již více komplexní, než je cyklus předchozího operátora. Druhým operátorem jsou vykonávány činnosti na dvou stanovištích střídavě v průběhu jednoho cyklu, což znamená, že operátor je nucen mezi oběma stanovišti častěji přecházet. Sled jednotlivých operací je uveden v tabulce níže (viz Tabulka 27). Jednotlivé operace jsou poskládány strategicky tak, aby operátor co nejvíce využil čas, kdy je nucen čekat na dokončení strojní operace na jednom stanovišti (strojní čas znázorněný modrou barvou), činností na druhém stanovišti. K čekání na dokončení strojní operace dochází vždy pouze na stanovišti AP4, neboť na stanovišti AP5 je potřeba zásah operátora po celou dobu trvání výrobního cyklu, zatímco na stanovišti AP4 je zásah operátora v rámci výrobního cyklu minimální a většinu práce obstará stroj. Z důkladné analýzy bylo zjištěno, že reorganizace posloupnosti jednotlivých operací nemá moc velký význam, neboť by i při některých úpravách musel operátor čekat na stroj. Například některé kroky z desáté operace (kroky 1 a 5 na AP5) by bylo možné již realizovat během operace čtvrté, kde jsou realizovány následné kroky stanoviště AP5 (kroky 2 až 4). Tímto by byl zcela eliminován čas čekání na stroj, jež je uveden jako operace č. 6, avšak zase by byl prodloužen čas čekání v rámci 12. operace, neboť by operátor část svých pracovních úkonů udělal již dříve v průběhu svého cyklu. Dokonce by tento zásah způsobil naopak to, že by stroj na stanovišti AP4 musel čekat malou chvíli na operátora, protože ten by pracoval na stanovišti AP5 delší dobu, než jaký by byl čas dokončení první technologické operace na AP4. To by vedlo ke vzniku časových prostojů na AP4, čímž by se snížila míra využití stroje, a tím pádem klesala i celková efektivita daného stanoviště. Proto není opět možné uskutečnit nějakou významnou úpravu pracovního cyklu operátora OP2.

Tabulka 27 Pracovní cyklus operátora OP2

Čas pracovního cyklu operátora OP2														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	Strojní čas
		A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0						
1	Založení na AP4											1	60	
2	Spuštění strojní operace na AP4	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0				1	30	
3	Chůze k AP5	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0				1	30	
4	Založení a provedení výrobního cyklu na AP5 (2. až 4. operace)											1	310	AP4 450
5	Chůze k AP4	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0				1	30	
6	Čekání operátora na stroj											1	50	
7	Získání a založení dílu 10 na AP4	A1	B0	G3	A1	B0	P6	A0				1	110	
8	Spuštění strojní operace na AP4	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0				1	30	
9	Chůze k AP5	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0				1	30	
10	Vyjmutí a založení na AP5 (operace 1 a 5)											1	120	AP4 450
11	Chůze k AP4	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0				1	30	
12	Čekání operátora na stroj											1	240	
13	Vyjmutí sestavy na AP4	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0				1	60	
Celková spotřeba času:								40,68			1130			
		hodin			minut			sekund			TMU			

### 7.5.3 Operátor OP3

Čas cyklu operátora OP3 (viz Tabulka 28) je koncipován velmi podobně jako u operátora OP2, avšak je ještě mnohem více komplexní, neboť operátor je nucen přecházet mezi třemi stanovišti současně. To znamená, že rozložení sledu pracovních operací a úkonů zde musí být velmi dobře promyšleno, aby bylo možné co nejefektivněji přecházet mezi stanovišti tak, aby nedocházelo ke vzniku příliš velkých prostojů. Z rozboru pracovního cyklu operátora je patrné, že většina operací je zde poměrně dobře rozložena až na jednu výjimku, a tou je operace č. 7. Zde je operátorem vykonáván celý čas cyklu na stanovišti AP6, který je realizován velmi dlouhou dobu. Celý čas cyklu na AP6 je přitom možné rozdělit do několika kroků, jež mohou být realizovány s časovým odstupem v průběhu cyklu operátora. Takto je možné snížit některé ztrátové časy způsobené čekáním operátora na dokončení technologických operací. Jedním ze způsobů, jak rozdělit operaci AP6, je například rozdělení do dvou částí, kdy v první části jsou obsaženy kroky 1-7 a v druhé části kroky 8 a 9. Tyto dvě části jsou následně začleněny do pracovního cyklu tak, aby došlo k co nejefektivnějšímu využití času operátora. Návrh nového rozložení pracovního cyklu operátora OP3 je možné vidět v tabulce níže (viz Tabulka 29). Po přepočtu celkového času trvání pracovního cyklu operátora v novém návrhu je možné vidět, že dochází ke zkrácení původního času cyklu o **18,72 sekundy**, čímž je docíleno velkého zvýšení produktivity daného operátora. Zkrácení času je způsobeno tím, že operátor nemusí čekat na dokončení strojní operace na AP6, jako je tomu u původního řešení (operace 7 v tabulce 28), ale naopak se po zpuštění strojní operace může věnovat jiným činnostem, a tím pádem je eliminován čas čekání. Zároveň je dosaženo eliminace času čekání na stanovišti AP7.1 (operace 13 v tabulce 28), jelikož je v průběhu tohoto čekání vykonávána práce na AP6. Je ovšem nutné říci, že nové řešení s sebou přináší také určitou nevýhodu, kterou je zvýšení počtu přesunů mezi stanovišti, což vede ke zvýšenému energetickému výdeji operátora, a tím pádem může dojít k rychlejšímu nástupu únavy. Tato nevýhoda je ovšem dalece převážena výhodou v podobě úspory času.

Tabulka 28 Pracovní cyklus operátora OP3

Čas pracovního cyklu operátora OP3															
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	Strojní čas	
		A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0							
1	Založení na AP7.1	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60	
2	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30	AP7.1
3	Čekání operátora na stroj												1	160	190
4	Vyjmutí a odložení dílu 10 ze sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0					1	40	
5	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30	AP7.1
6	Chůze k AP6	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30	840
7	Čas cyklu na AP6												1	1030	
8	Chůze k AP7.2	A6	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	60	
9	Výrobní cyklus na AP7.2 (3. až 5. operace)												1	230	
10	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30	
11	Získání a založení dílu 10 do sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60	
12	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30	AP7.1
13	Čekání operátora na stroj												1	160	190
14	Vyjmutí sestavy z AP7.1	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0					1	60	
15	Chůze k AP7.2	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30	
16	Založení na AP7.2	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0					1	60	
17	Spuštění strojní operace na AP7.2	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0					1	30	AP7.2
18	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30	270 (1)
Celková spotřeba času:												77,76	2160		
		hodin		minut		sekund		TMU							

Tabulka 29 Pracovní cyklus operátora OP3 - optimalizovaný

Čas pracovního cyklu operátora OP3															
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model								Frekvence	TMU	Strojní čas			
1	Založení na AP7.1	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0			1	60			
2	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0			1	30	AP7.1		AP7.2
3	Čekání operátora na stroj										1	160	190		270 (2)
4	Vyjmutí a odložení dílu 10 ze sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P1	A0			1	40			
5	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0			1	30			
6	Chůze k AP6	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30			
7	Čas cyklu na AP6 (1. až 6. operace)										1	440			
8	Spuštění strojní operace na AP6	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0			1	30	AP7.1		
9	Chůze k AP7.2	A6	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	60	840		
10	Výrobní cyklus na AP7.2 (3. až 5. operace)										1	230		AP6	
11	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30		450	
12	Získání a založení dílu 10 do sestavy	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0			1	60			
13	Spuštění strojní operace na AP7.1	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0			1	30	AP7.1		
14	Chůze k AP6	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30	190		
15	Čas cyklu na AP6 (8. až 9. operace)										1	140			
16	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30			
17	Vyjmutí sestavy z AP7.1	A1	B0	G3	A1	B0	P1	A0			1	60			
18	Chůze k AP7.2	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30			
19	Založení na AP7.2	A1	B0	G1	A1	B0	P3	A0			1	60			
20	Spuštění strojní operace na AP7.2	A1	B0	G1	M1	X0	I0	A0			1	30			AP7.2
21	Chůze k AP7.1	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30			270 (1)
Celková spotřeba času:										59,04	1640				
		hodin		minut		sekund		TMU							

## 7.5.4 Operátor OP4

Pracovní cyklus operátora OP4 (viz Tabulka 30) je tvořen časem cyklu na stanovišti AP8 a na stanovišti balení. Jednotlivé cykly jsou však vykonávány postupně, jako je tomu u operátora OP1. Čas cyklu na stanovišti AP8 je vždy proveden pro 4 kusy finální sestavy a pak je provedeno balení těchto 4 kusů. Celkový čas cyklu operátora může být tedy upraven pouze zavedením změn na jednotlivých stanovištích, jejichž návrhy byly provedeny již dříve v této kapitole (viz podkapitola 7.3 a 7.4). Nový optimalizovaný stav po zavedení změn je uveden v tabulce níže (viz Tabulka 31). V implementaci racionalizačních návrhů zde není zahrnuto použití lampičky u finální kontroly, neboť zde byla míra zlepšení stavu vyjádřena přímým měřením, nikoliv metodou Basic-MOST. Je zde tedy možno počítat ještě s dalším snížením času cyklu.

Tabulka 30 Pracovní cyklus operátora OP4

Čas pracovního cyklu operátora OP4															
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model								Frekvence	TMU				
1	Čas cyklu na AP8 (4x)										4	2840			
2	Čas cyklu na stanovišti balení										1	2070			
3	Chůze k AP8	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30			
Celková spotřeba času:										177,84	4940				
		hodin		minut		sekund		TMU							

Tabulka 31 Pracovní cyklus operátora OP4 - optimalizovaný

Čas pracovního cyklu operátora OP4															
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model								Frekvence	TMU				
1	Čas cyklu na AP8 (4x)										4	2840			
2	Čas cyklu na stanovišti balení										1	1220			
3	Chůze k AP8	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0			1	30			
Celková spotřeba času:										147,24	4090				
		hodin		minut		sekund		TMU							

## 8 Zhodnocení a přínos racionalizačních kroků na lince DAT2

Návrhy jednotlivých optimalizačních kroků, uvedených v předchozí kapitole umožňují, jak již bylo uvedeno, poměrně výrazně zefektivnit výrobní proces na lince DAT2. Dopady jednotlivých racionalizačních kroků na dané části procesu již byly rozebrány v předchozí kapitole a na jejich základě je možné určit jejich celkový dopad na výrobní proces jako celek, což bude cílem této závěrečné kapitoly v rámci této studie. V kapitole bude uvedeno podrobné porovnání časů cyklů původního a nového stavu pracoviště a také bude vypočtena a porovnána hodinová produktivita (výkon) jednotlivých operátorů linky před a po racionalizaci. Dále bude ještě přezkoumána míra zvýšení výrobní kapacity linky, tedy objemu produkce vzhledem k úpravám výrobních časů a na závěr této kapitoly bude provedeno ekonomické zhodnocení celé studie zahrnující propočet nákladů, peněžních úspor v rámci změny časů cyklů operátorů a také doby návratnosti investice.

### 8.1 Porovnání všech časů cyklů před a po racionalizaci

První částí této kapitoly je provedení porovnání časů pracovních cyklů operátorů a časů cyklů na jednotlivých stanovištích z prvotní analýzy pracoviště (viz kapitola 6) a po zavedení optimalizačních návrhů. Pro větší přehlednost a jednoduchost jsou porovnávány především hodnoty časů cyklů získané měřením prostřednictvím metody Basic-MOST s výjimkou stanoviště AP8, jež je porovnáno na základě hodnot z přímých náměrů a časů cyklu operátora OP4, u něhož je také dopočtena a porovnána kombinovaná hodnota času (kombinace metod Basic-MOST a REFA). Hlavním důvodem je to, že v práci byly primárně používány pouze hodnoty z nepřímého měření. Pouze stanoviště AP8 bylo téměř nemožné po zavedení racionalizačních návrhů znovu přeměřit pomocí metody Basic-MOST, neboť hodnoty z nového měření vycházely v podstatě totožné jako u původního náměru. Aby tedy bylo možné zjistit, zda bylo skutečně docíleno zlepšení původního stavu, bylo nutné časy cyklu změřit metodou přímého měření, která prokázala, že skutečně došlo ke zkrácení celkového času cyklu na daném stanovišti. U operátora OP4 je pak tento čas přepočten na jednotky TMU a spolu s hodnotami nepřímého měření je následně určen celkový čas jeho cyklu (viz Tabulka 32 a 33).

Tabulka 32 Pracovní cyklus operátora OP4 (kombinovaný náměr)

Čas pracovního cyklu operátora OP4														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Čas cyklu na AP8 (4x)*												4	2933
2	Čas cyklu na stanovišti balení												1	2070
3	Chůze k AP8	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
Celková spotřeba času:										181,18		5033		
		hodin		minut		sekund		TMU						

\*hodnota byla naměřena metodikou REFA a přepočtena na jednotky TMU

Tabulka 33 Pracovní cyklus operátora OP4 (kombinovaný náměr) - optimalizovaný

Čas pracovního cyklu operátora OP4														
Číslo operace	Popis operace	Sekvenční model										Frekvence	TMU	
1	Čas cyklu na AP8 (4x)*												4	2641
2	Čas cyklu na stanovišti balení												1	1220
3	Chůze k AP8	A3	B0	G0	A0	B0	P0	A0					1	30
Celková spotřeba času:										140,08		3891		
		hodin		minut		sekund		TMU						

\*hodnota byla naměřena metodikou REFA a přepočtena na jednotky TMU

Porovnání všech časů cyklů na jednotlivých stanovištích pracoviště linky DAT2 a všech časů pracovních cyklů daných operátorů je možné vidět v tabulce níže (viz Tabulka 34). V tabulce jsou uvedeny původní hodnoty, získané během prvotní analýzy původního stavu pracoviště a nové hodnoty, jež byly získány přepočtem těchto původních hodnot na základě racionalizačních návrhů z předchozí kapitoly. V posledním sloupci tabulky je uvedena hodnota zkrácení času cyklu, která je rovna rozdílu původní a nové hodnoty času. Všechny časové hodnoty jsou v jednotkách sekundy. Nové hodnoty času a hodnoty zkrácení jsou uvedeny pouze u těch stanovišť nebo operátorů, kde došlo k optimalizačním změnám a tím pádem i ke změnám časů cyklů.

Z tabulky je patrné, že k největší hodnotě zkrácení času cyklu dochází u operátora OP4, neboť jeho pracovní cyklus je ovlivněn největším počtem racionalizačních změn, jež mají velký dopad na jednotlivá stanoviště, která jsou tímto operátorem obsluhována. Zejména se jedná o stanoviště balení, u kterého je zredukován čas cyklu o více než třetinu původní hodnoty. Velkého zlepšení času cyklu je také dosaženo u operátora OP3, kde je celkový čas zkrácen o přibližně čtvrtinu. Ostatní optimalizační změny provedené na stanovištích AP5 a AP8 již mají menší vliv na redukci času cyklů, avšak stále se jedná o praktická a účinná opatření, jež vedou ke zvýšení efektivity daných stanovišť a produktivity operátorů, jak bude prokázáno v dalších částech této kapitoly.

Tabulka 34 Porovnání všech časů cyklů na lince DAT2

Porovnání časů cyklů - MOST (REFA (*))			
Stanoviště/Operátor	Původní hodnota [s]	Nová hodnota [s]	Hodnota zkrácení [s]
AP1	14,76	-	-
AP2	14,40	-	-
AP3	11,16	-	-
<b>OP1</b>	<b>46,80</b>	-	-
AP4	40,68	-	-
AP5	19,08	15,48	3,6
<b>OP2</b>	<b>40,68</b>	-	-
AP6	37,08	-	-
AP7.1	51,84	-	-
AP7.2	20,16	-	-
<b>OP3</b>	<b>77,76</b>	<b>59,04</b>	<b>18,72</b>
AP8 - kontrola	25,56	-	-
	26,40*	23,77*	2,63*
Balení	74,52	43,92	30,6
<b>OP4</b>	<b>177,84</b>	<b>147,24</b>	<b>30,6</b>
	<b>181,2**</b>	<b>140,08**</b>	<b>41,12**</b>

\* hodnota byla naměřena metodou REFA

\*\* hodnota byla získána kombinací obou typů měření



## 8.2 Výpočet a porovnání produktivity operátorů

Výpočtem a porovnáním produktivity (hodinového výkonu) operátorů před a po zavedení racionalizačních změn je dalším způsobem, jak vyhodnotit přínos optimalizačních návrhů na lince DAT2. Výpočtem hodinového výkonu operátorů je zjištěno, zda je operátor schopen vyrobit za stejnou časovou jednotku vyšší množství produktů, než jak tomu bylo před provedením optimalizace pracoviště. Výsledné hodnoty je potřeba také porovnat se současnou výkonnostní normou na pracovišti, aby bylo možné říci, zda dochází k plnění kapacitních plánů linky, určených na základě potřeb zákazníka.

Současná výkonnostní norma na lince DAT2 je následující:

Dostupný využitelný časový fond na jednu směnu činní 420 minut, což je v přepočtu **7 hodin**. V tomto časovém fondu jsou již zohledněny všechny zákonné přestávky na odpočinek. Společností je dále stanoveno, že aby bylo možné pokrýt požadavky zákazníka, je nutné vyrobit na jedné směně přibližně **358 ks** hotových sestav produktu. Z těchto dvou údajů je možné vypočítat tzv. čas taktu (takt time) pracoviště, který nám říká, jak rychle musí výrobní proces probíhat, aby došlo k plnění potřeb zákazníka. Pokud by byl v reálném procesu tento čas delší, tak by nebylo možné vyrobit požadovaný počet kusů za daný časový fond. Výpočet času taktu je tedy následující:

$$t_t = \frac{\text{dostupný časový fond [s]}}{\text{počet kusů na časový fond [ks]}} = \frac{25\,200}{358} = \mathbf{70,4} \left[ \frac{\text{s}}{\text{ks}} \right]$$

Na základě této hodnoty je pak možné spočítat normovaný hodinový výkon a to následovně:

$$V_n = \frac{\text{hodinový časový fond [s]}}{\text{čas taktu} \left[ \frac{\text{s}}{\text{ks}} \right]} = \frac{3\,600}{70,4} \cong \mathbf{51} \left[ \frac{\text{ks}}{\text{h}} \right]$$

Hodnota normy hodinového výkonu je tedy přibližně **51 kusů**. V tomto momentě, kdy je stanovena norma, je potřeba zjistit, kolik produktů je schopen vyrobit každý operátor za jednu hodinu. K výpočtu je použit stejný vzorec, avšak místo času taktu je tentokrát dosazen čas cyklu jednotlivých operátorů, neboť tento čas udává délku jedné pracovní operace, během které je pracovník schopen vyrobit jednu sestavu výrobku. Výpočet je proveden jak pro staré, tak pro nové hodnoty času cyklu, které jsou převzaty z předchozí tabulky (viz Tabulka 34). Vzorový výpočet pro operátora OP3 je následující:

$$V_{\text{hstarý}} = \frac{\text{hodinový časový fond [s]}}{\text{čas cyklu} \left[ \frac{\text{s}}{\text{ks}} \right]} = \frac{3\,600}{77,76} \cong \mathbf{46} \left[ \frac{\text{ks}}{\text{h}} \right]$$

$$V_{\text{hnový}} = \frac{\text{hodinový časový fond [s]}}{\text{čas cyklu} \left[ \frac{\text{s}}{\text{ks}} \right]} = \frac{3\,600}{59,04} \cong \mathbf{61} \left[ \frac{\text{ks}}{\text{h}} \right]$$

Odečtením těchto dvou hodnot od sebe je pak získána hodnota zvýšení hodinového výkonu v počtech kusů, která činí **15 kusů**. Stejným způsobem je možné vypočítat hodnoty i pro ostatní operátory. U operátora OP4 je ovšem třeba počítat s tím, že jeho čas cyklu je realizován pro 4 sestavy produktu najednou. Časy cyklu je tedy třeba podělit 4, aby bylo možné dostat hodnoty na jeden kus sestavy. Výsledné hodnoty všech operátorů jsou pak uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 35). Ještě je důležité poznamenat, že pro výpočet hodnot u operátora OP4 byly použity kombinované náměry času pro dosažení co nejpřesnějších hodnot.

Tabulka 35 Porovnání hodinového výkonu operátorů linky DAT2

Porovnání hodinového výkonu operátorů linky DAT2				
Operátor	Norma výkonu [ks/h]	Původní výkon [ks/h]	Nový výkon [ks/h]	Míra zvýšení [ks/h]
OP1	51	77	-	-
OP2	51	88	-	-
OP3	51	46	61	15
OP4	51	79	103	24

Z tabulky výše (viz Tabulka 35) je patrné, že u všech operátorů, jichž se dotkly racionalizační změny, je dosaženo zlepšení hodinového výkonu, a tím pádem k zefektivnění jejich pracovního procesu. Největšího zlepšení je docíleno u operátora OP4, kde hodnota zvýšení výkonu v rámci počtu vyrobených kusů za hodinu představuje **24 kusů**, tedy zhruba o třetinu více. Nejdůležitější je ovšem zvýšení výkonu u operátora OP3. Hodnoty vypočtené na základě starého času cyklu dokazují, že operátor nebyl schopen vyrobit požadovaný normovaný počet kusů za hodinu, a tím pádem nemohlo být dosaženo plnění potřeb zákazníka včas. Po přepočtu hodnot na nový čas cyklu je ovšem zjištěno, že operátor již je schopen vyrobit vyšší než požadované množství kusů. Je tak docíleno splnění požadavků zákazníka a zároveň je zvýšena produktivita operátora o dalších **10 kusů** nad požadovaný rámec.

Jelikož na celé lince má výrobní proces probíhat v souladu s metodami štíhlé výroby, jež byly popsány dříve v této studii, je možné říci, že operátor OP3 je úzkým místem v rámci celého výrobního procesu, a tím pádem počtem jím vyrobených kusů je udáván skutečný celkový takt linky. Tímto taktem je značně ovlivněna výrobní kapacita celé linky, což je detailně objasněno v další podkapitole.

### 8.3 Výpočet a porovnání výrobní kapacity linky

Výrobní kapacitou je udáváno množství (objem) produkce, jež je schopna výrobní jednotka (linka) vyrobit za dané časové období (časový fond). Pro výpočet výrobní kapacity existuje velké množství vzorců. Pro účely této studie je nakonec vybrán následující vzorec: [36]

$$Q = T \cdot V_h \left[ \frac{\text{ks}}{\text{čas. období}} \right]$$

kde Q je výrobní kapacita [ks/čas. období], T je časový fond [jednotka času] a  $V_h$  je hodinový výkon [ks/h].

Jak již bylo řečeno na konci předchozí podkapitoly, tak výrobní kapacita je ovlivněna taktem celého výrobního procesu, který je dán nejdelším časem cyklu, případně nejmenším hodinovým výkonem daného operátora. Z tohoto důvodu je pro výpočet výrobní kapacity použit hodinový výkon operátora OP3, jež je uveden v předchozí tabulce (viz Tabulka 35). Časový fond jedné směny byl již ve studii také uveden a činí 420 minut. Na základě všech dostupných hodnot je tedy možné výrobní kapacitu pro 1 směnu spočítat následovně:

$$Q_{\text{stará}} = T \cdot V_{h\text{starý}} = \frac{420}{60} \cdot 46 = 322 \left[ \frac{\text{ks}}{\text{směna}} \right]$$

$$Q_{\text{nová}} = T \cdot V_{h\text{nový}} = \frac{420}{60} \cdot 61 = 427 \left[ \frac{\text{ks}}{\text{směna}} \right]$$

Výsledné hodnoty jsou porovnány v tabulce níže (viz Tabulka 36).

Z tabulky je patrné, že hodnota nové výrobní kapacity je schopna pokrýt požadované množství produktů stanovených normou a nad toto množství je nyní linka schopna vyprodukovat o **69 kusů** výrobků více za stejnou časovou jednotku (1 směnu).

Tabulka 36 Porovnání výrobní kapacity linky DAT2

Porovnání výrobní kapacity linky DAT2 na 1 směnu				
	Norma [ks/směna]	Původní hodnota [ks/směna]	Nová hodnota [ks/směna]	Hodnota zlepšení [ks/směna]
Výrobní kapacita	358	322	427	105

## 8.4 Ekonomické zhodnocení racionalizačních návrhů

Jednotlivé racionalizační návrhy je potřeba také zhodnotit z ekonomického hlediska, aby bylo možné říci, jaké náklady jsou potřeba pro jejich implementaci a také jaké přínosy z finančního hlediska jsou těmito návrhy poskytovány.

### 8.4.1 Stanovení a propoččet nákladů

Určení nákladů na jednotlivé racionalizační návrhy je prvním krokem, který je důležitý pro stanovení ekonomického zhodnocení projektu. Jednotlivé náklady budou brány samostatně pro všechny návrhy tak, jak byly uvedeny v této studii a budou v nich zahrnuty pouze náklady na jejich implementaci, případně pořizovací náklady na vybavení a náklady spojené s přestavbou linky.

Prvním racionalizačním návrhem, uvedeným v této studii, byla technologická předúprava distančních pouzder, kdy bylo navrženo využít pro jejich úpravu samostatný stroj, který byl ve společnosti k dispozici, avšak jeho kapacita byla dlouhodobě plně nevyužitá. Náklady na pořízení zařízení tedy jsou u tohoto návrhu nulové a jediné náklady jsou spojené s provozem stroje a jeho seřízením, což není v této studii dále rozebíráno. Náklady na obsluhu stroje jsou také zanedbatelné, neboť je stroj řízen automatickým chodem a zásah obsluhy je tedy minimální.

Druhým návrhem bylo barevné značení výrobního materiálu na linkách z důvodu zlepšení orientace během výrobního procesu. Tento krok je možné realizovat dvěma způsoby, buď zajistit značení materiálu u dodavatele, nebo ho provádět přímo ve společnosti. V současnosti je toto značení prováděno interně a je na něj vyhrazen jeden samostatný pracovník. Náklady spojené s tímto racionalizačním řešením jsou tedy převážně vázány pouze na mzdu tohoto pracovníka. Po bližším zkoumání a získávání informací od pověřených pracovníků ve společnosti bylo zjištěno, že toto řešení je méně nákladné než v případě značení materiálu přímo u dodavatele. Značení materiálu je prováděno pouze jednou za čas, neboť výrobní program na lince DAT2 není pravidelný a označené díly jsou posílány do interního skladu pro pozdější použití ve výrobním procesu. Pracovník je schopen za jednu směnu (420 minut) označit přibližně 1 000 ks materiálu. Pokud bychom chtěli tedy propočítat náklady na jednu směnu tohoto pracovníka a byla by uvažována jeho přibližná hodinová sazba 140,- Kč/h, poté by celkové náklady jednoduchým matematickým propočtem činily 980,- Kč. Za předpokladu, že značení materiálu je celkově prováděno přibližně 5x za měsíc, jsou potom měsíční náklady spojené s tímto racionalizačním řešením **4 900,- Kč** a je takto označeno kolem 5 000 ks materiálu. Pro porovnání stejné množství materiálu značeného u dodavatele by společnost vyšlo na 5 326,- Kč.

Dalším racionalizačním řešením bylo použití lampičky s integrovanou lupou a osvětlením na stanovišti finální kontroly.

Tento racionalizační krok je spojený s nulovými pořizovacími náklady, neboť lampička již byla součástí majetku společnosti a byla pouze přesunuta z jiného pracoviště, na kterém již nebyla používána. Pokud by ovšem bylo potřeba například z nějakých technických důvodů zakoupit novou, tak její pořizovací cena by byla přibližně 1 433,- Kč i s DPH. Jednalo by se tedy o poměrně malou jednorázovou investici. Samozřejmě jsou zde pak ještě nějaké náklady spojené s používáním zařízení a elektrickou energií. Cena lampičky je stanovena dle internetového obchodu SECOMP.CZ. [37]

Použití nového typu balicí kartonáže bylo dalším racionalizačním krokem. Zde jsou náklady ovlivněny převážně dodavatelem, kterým je kartonáž dodávána, neboť ten má určenou konkrétní cenu za jednotlivé typy. Cena starého typu kartonáže byla přibližně 8,50,- Kč/ks a cena nového typu je stanovena na 10,70,- Kč/ks. Je zde tedy rozdíl v ceně 2,20,- Kč/ks. Náklady při objednacím množství 1 000 ks kartonáže jsou tedy pro starý typ 8 500,- Kč a pro nový typ 10 700,- Kč. Oproti původnímu řešení jsou zde tedy vyšší náklady, při stejném objednacím množství materiálu. Měsíčně je průměrně objednáno kolem 5 000 ks kartonáže, celkové rozdílné měsíční náklady poté dosahují výše **11 000,- Kč**.

Posledním racionalizačním krokem byl návrh přeuspořádání pracoviště linky DAT2 z důvodu snížení časů přesunu operátorů na pracovišti, zejména pro stanoviště balení. Tento návrh nebyl jako jediný doposud realizován, avšak s tímto krokem by byly spojeny poměrně nemalé náklady na přesuny jednotlivých strojních zařízení a jejich opětovné zprovoznění, dále pak přemístění ostatních netechnických částí pracoviště. K přeuspořádání linky by došlo s největší pravděpodobností v době, kdy by na lince neprobíhal výrobní proces a nemohl by tak být narušen výrobní plán. Na přeuspořádání pracoviště by byli potřeba dva pracovníci technické údržby, z nichž jeden by zároveň fungoval jako elektrikář, kterým by byly znovu zapojeny všechny stroje do provozu. Doba celkové přestavby by dle odborného odhadu byla stanovena na přibližně 6 pracovních hodin. Hodinová sazba obou pracovníků je zhruba 180,- Kč/h. To znamená, že celkové náklady na přeuspořádání pracoviště by byly **2 160,- Kč**.

Celková sumarizace ročních nákladů je potom následující:

$$\text{celkové roční náklady} = (4\,900 + 11\,000) \cdot 12 = \mathbf{190\,800, -Kč/rok}$$

První rok je nutné k této částce ještě připočítat jednorázové náklady na přeuspořádání pracoviště, které činí **2 160,- Kč**.

#### 8.4.2 Výpočet peněžních úspor

Racionalizační změny by měly způsobit docílení peněžních úspor v rámci výrobního procesu, aby byly změny efektivní. V této podkapitole bude provedeno vyčíslení peněžních úspor po zavedení racionalizačních kroků z hlediska periodických operací všech operátorů, u nichž je docíleno časové úspory v rámci výrobních cyklů prostřednictvím racionalizačních změn. Jelikož je pracoviště DAT2 v provozu poměrně nekonzistentně, tak budou ve výpočtech uvažovány následující parametry:

- průměrný počet kusů vyrobených za směnu 365 ks
- třísměnný provoz (8 hodin/směna)
- 30 výrobních směn za měsíc
- náklady na jednoho operátora 140,- Kč/h
- časové hodnoty z Tabulky 34

Jelikož časové úspory je docíleno pouze u pracovních cyklů operátorů OP3 a OP4, bude pro počet úspor vycházet z časů cyklů těchto operátorů a bude použit následující kalkulační vzorec:

$$PÚ = ČÚ \cdot OP \cdot ČF \cdot NO$$

kde: PÚ – peněžní úspora [Kč/měsíc], ČÚ – časová úspora [hod/ks], OP – objem produkce [ks/směna], ČF – časový fond [směna/měsíc] a NO – náklady na operátora [Kč/h].

Pro operátory OP3 a OP4 jsou dle tohoto vzorce peněžní úspory následující:

$$PÚ (OP3) = ČÚ \cdot OP \cdot ČF \cdot NO = \frac{18,72}{3600} \cdot 365 \cdot 30 \cdot 140 \cong 7\,972, -\text{Kč/měsíc}$$

$$PÚ (OP4) = ČÚ \cdot OP \cdot ČF \cdot NO = \frac{41,12}{3600} \cdot 365 \cdot 30 \cdot 140 \cong 17\,510, -\text{Kč/měsíc}$$

Měsíční úspory je vhodné pro lepší představivost ještě přepočítat na celkovou roční úsporu, kterou je možné dostat sečtením obou hodnot a znásobením příslušným počtem měsíců.

Tedy:

$$\text{celková roční úspora} = (7\,972 + 17\,510) \cdot 12 = 305\,784, -\text{Kč/rok}$$

Jak je možné vidět dle předchozích výpočtů, tak jsou peněžní úspory na oba operátory poměrně značně veliké, a tím pádem je možné říci, že racionalizace procesu je implementována efektivně a účinně napomáhá snižovat náklady společnosti na výrobní proces.

#### 8.4.3 Doba návratnosti investice

Propočet doby návratnosti investice je posledním ekonomickým zhodnocením v této kapitole. Pomocí tohoto výpočtu je možné určit, za jakou dobu dojde k návratnosti investované částky za předpokladu roční peněžní úspory, kterou nám racionalizační řešení poskytuje. Při výpočtu budou uvažovány celkové roční náklady spojené s investicí a všechny jednorázové náklady z předchozích propočetů z této kapitoly.

Dobu návratnosti investice v letech je možné spočítat dle následujícího vzorce:

$$\text{doba návratnosti [rok]} = \frac{\text{celkové náklady na investici [Kč]}}{\text{celková roční úspora } \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}}\right]}$$

Po dosazení tedy dostaneme následující hodnotu:

$$\text{doba návratnosti} = \frac{190\,800 + 2\,160}{305\,784} \cong 0,63 \text{ let}$$

Celková doba návratnosti investice je tedy **0,63 let**.

## 8.5 Celkové shrnutí přínosů racionalizačních návrhů

Během analýzy současného stavu bylo zjištěno, že ve výrobním procesu bylo přítomno několik nedostatků, jež bylo možné vhodnou racionalizací optimalizovat. Jednotlivými racionalizačními návrhy a jejich implementací bylo, jak prokázala tato kapitola, docíleno poměrně značného zlepšení stavu procesu, na jehož základě došlo ke zvýšení produktivity operátorů a celkové efektivity pracoviště.

Během hodnocení racionalizačních návrhů bylo zjištěno, že časy pracovních cyklů jednotlivých operátorů byly významně zkráceny, přičemž největšího zlepšení došlo u operátora OP4, kde hodnota zkrácení času činí **41,12 s** na jeden pracovní cyklus. K této hodnotě nejvíce přispěly racionalizační návrhy zaměřené na oblast procesů balení. Další velkých zlepšení bylo dosaženo u operátora OP3, kde vlivem úprav sledu jednotlivých operací pracovního cyklu tohoto operátora došlo ke zkrácení času cyklu o **18,72 s**.

Na základě těchto nových hodnot časů cyklů byla následně spočítána produktivita operátorů, kde bylo zjištěno, že vlivem racionalizace bylo docíleno zvýšení hodnot hodinových výkonů (produktivity) u obou operátorů. Nejzásadnější přínos má toto zlepšení zejména u operátora OP3, neboť zde byl problém plnit požadovanou normu u předchozího stavu. Zvýšením jeho produktivity o **15 ks/h** bylo ovšem dosaženo takového zlepšení, že již není problém splnit předepsanou normu výkonu. U operátora OP4 bylo racionalizací docíleno ještě většího zvýšení produktivity, a to až o **24 ks/h**. Zvýšení produktivity operátorů mělo také velký vliv na zvýšení celkové výrobní kapacity linky, která je nyní schopna vyrobit až o **105 ks** výrobků více za jednu směnu, čímž je docíleno splnění požadavků zákazníka, které nebylo možné v původním stavu procesu vlivem malé výrobní kapacity linky včas naplnit.

Racionalizační návrhy vyžadovaly vynaložení určitých nákladů na jejich realizaci. Propočtem těchto nákladů bylo zjištěno, že celková roční výše těchto nákladů je přibližně **190 800,- Kč**. Je nutné poznamenat, že se nejedná o jednorázové náklady a je tedy nutné s nimi kalkulovat každý rok. Jediné jednorázové náklady jsou spojené s přeuspořádáním pracoviště, které dosahují částky **2 160,- Kč**. Celkové vynaložené náklady ovšem nepřesahují celkovou roční peněžní úsporu, vycházející ze zavedení racionalizačních změn, která činí přibližně **305 784,- Kč**. Doba návratnosti investice je poté propočtena na **0,63 let** od jejího pořízení.

Jelikož jsou roční úspory mnohem větší než náklady, tak je možné celou optimalizaci procesu považovat za úspěšnou a je možné říci, že byl splněn hlavní cíl této studie.

## Závěr

Celá tato studie byla věnována oblasti racionalizace výrobních procesů, konkrétně v oblasti výroby systémů napínání řemenů pro automobily a byla rozdělena do několika samostatných kapitol.

První čtyři kapitoly byly věnovány teoretickým základům z mnoha oblastí týkajících se výroby, procesů a jejich zlepšování. Z teoretického základu byl čtenář v první kapitole seznámen nejprve s výrobním procesem a jeho částmi, jejichž pochopení je nezbytné pro správné aplikování racionalizačních procesů, které byly popsány hned v další kapitole. Ve třetí kapitole byla popsána detailně koncepce štíhlé výroby, včetně nejdůležitějších principů jejího zavádění, jako jsou například systém tažné výroby „PULL“, řízení front metodou FIFO a detailní popis hlavních druhů plýtvání v podniku. V poslední části této kapitoly byly popsány ještě základní metody pro řízení neustálého zlepšování podnikových procesů, kam patří filozofie Kaizen a Business Process Reengineering (BPR). Další v pořadí již čtvrtá kapitola seznámila čtenáře s některými základními metodami a nástroji pro implementaci konceptu štíhlé výroby a racionalizace v samotném procesu. V první řadě byl popsán Demingův cyklus – PDCA, dále metody měření a normování spotřeby procesních časů, ze kterých byla nejpodrobněji popsána metoda Basic-MOST, neboť ta byla používána dále při provádění analýzy současného stavu pracoviště.

V další kapitole této studie byla kompletně popsána charakteristika výrobního systému. Nejprve byla představena společnost Mubea, s.r.o. s detailnějším popisem jejích poboček na území České republiky, z nichž byla pak podrobněji popsána pobočka v Žebráku. V dalších částech této kapitoly byla sepsána základní teorie o vyráběných produktech společnosti, kterými jsou systémy napínání klínových řemenů, a následně bylo zdokumentováno vybrané pracoviště, kde byla provedena analýza jeho současného stavu, která byla obsahem další, v pořadí už šesté kapitoly. Tato analýza zahrnovala rozbor pracovního postupu na jednotlivých stanovištích pracoviště a analýzu měření spotřeby času na pracovišti, jež byla provedena pomocí metodik měření spotřeby času REFA a Basic-MOST.

Předposlední kapitola byla věnována samotnému návrhu racionalizačních řešení a jejich implementaci do výrobního procesu. U jednotlivých návrhů byla po jejich implementaci provedena opětovná analýza spotřeby času z důvodu určení míry zlepšení oproti původnímu stavu procesu. Návrhy obsahovaly jak jednodušší řešení optimalizace, jakým bylo například zakoupení nového pomocného vybavení na pracoviště, případně barevné značení materiálu pro snadnější orientaci během procesu, tak i složitější a náročnější řešení, mezi které patřila například úprava uspořádání pracoviště, z důvodu zkrácení logistických tras. V posledních částech této kapitoly byly také přehodnoceny jednotlivé pracovní cykly operátorů a provedena reorganizace posloupnosti všech pracovních cyklů, což jak bylo zjištěno, vedlo také ke zlepšení stavu procesu.

V poslední kapitole bylo provedeno zhodnocení a přínos všech racionalizačních návrhů na pracovišti, což zahrnovalo porovnání hodnot spotřeby časů jednotlivých cyklů, výpočet a porovnání produktivity operátorů a výrobní kapacity celého pracoviště a v poslední řadě bylo provedeno ekonomické zhodnocení celého projektu, jež zahrnovalo stanovení a propočtení jednotlivých nákladů na realizaci změn, výpočet peněžních úspor, vzniklých na základě zkrácení časů cyklů a stanovení doby návratnosti celé investice.

## Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] DUCHEK, Vladimír. *Základy technologického projektování*. (Přednáška z předmětu KTO/PRVS). Plzeň: ZČU, 2018.
- [2] HOSNEDL, Stanislav. *Integrovaný model „objektu“ a „procesu“*. (Přednáška z předmětu KKS/ZKM). Plzeň: ZČU, 2018.
- [3] BUREŠ, Marek. *Racionalizace*. (Přednáška z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.
- [4] NOVÁK, Josef, ŠLAMPOVÁ, Pavlína. *Racionalizace výroby – učební text*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007.
- [5] CHRISTOPH, Roser. Definition of Lean Production. In: *allaboutlean.com* [online]. 12. 5. 2015 [cit. 27. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/definition-of-lean/>.
- [6] CHRISTOPH, Roser. The (True) Difference Between Push and Pull. In: *allaboutlean.com* [online]. 2. 6. 2015 [cit. 27. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/push-pull/>.
- [7] CHRISTOPH, Roser. Ten Rules When to Use a FIFO, When a Supermarket – Introduction. In: *allaboutlean.com* [online]. 8. 12. 2013 [cit. 9. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/fifo-vs-supermarket-part1/>.
- [8] CHRISTOPH, Roser. Theory and Practice on FiFo Lanes – How Does FiFo Work in Lean Manufacturing? In: *allaboutlean.com* [online]. 17. 8. 2014 [cit. 9. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/fifo-lane/>.
- [9] KOZEL, Petr. *One piece flow*. (Přednáška z předmětu KPV/MPI). Plzeň: ZČU, 2018.
- [10] KÁBELE, Pavel. *Štíhlá výroba – Plýtvání*. (Přednáška z předmětu KPV/MPI). Plzeň: ZČU, 2018.
- [11] KOZEL, Petr. *Metody zlepšování procesů*. (Přednáška z předmětu KPV/MPI). Plzeň: ZČU, 2018.
- [12] CHRISTOPH, Roser. The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act!. In: *allaboutlean.com* [online]. 19. 4. 2016 [cit. 12. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/pdca/>.
- [13] CHRISTOPH, Roser. Common Mistakes with the PDCA (and Some History). In: *allaboutlean.com* [online]. 26. 4. 2016 [cit. 12. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/pdca-history/>.
- [14] CHRISTOPH, Roser. The Many Flavors of the PDCA. In: *allaboutlean.com* [online]. 3. 5. 2016 [cit. 13. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/pdca-variants/>.
- [15] BUREŠ, Marek. *Normování práce*. (Přednáška z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.
- [16] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. In: *e-api.cz* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 23. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>.
- [17] BUREŠ, Marek. *MTM*. (Přednáška z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.
- [18] KRIŠŤAK, Jozef. MTM – Methods Time Measurement. In: *ipaczech.cz* [online]. 8. 3. 2007 [cit. 23. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/mtm-methods-time-measurement>.
- [19] BUREŠ, Marek. *DATA KARTA pro MTM – 1*. (Podklady k přednášce z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.



- [20] KRIŠŤAK, Jozef. MOST – Maynard Operation Sequence Technique. In: *ipaczech.cz* [online]. 8. 3. 2007 [cit. 24. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/most-maynard-operation-sequence-technique>.
- [21] BUREŠ, Marek. *MOST*. (Přednáška z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.
- [22] BUREŠ, Marek. *DATA KARTA pro BasicMOST*. (Podklady k přednášce z předmětu KPV/ŘOP). Plzeň: ZČU, 2018.
- [23] VIETEN, Jan. *Definitions process indicators production*. (Podklady společnosti Mubea s.r.o.). Attendorn: 20. 3. 2019.
- [24] CHRISTOPH, Roser. Good and Bad Ways to Calculate the OEE. In: *allaboutlean.com* [online]. 9. 8. 2016 [cit. 26. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/bad-oeeformula/>.
- [25] Mubea, O skupině Mubea. In: *pracemubea.cz* [online]. [cit. 28. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.pracemubea.cz/skupina-mubea/>.
- [26] Mubea, Závod Žebrák. In: *pracemubea.cz* [online]. [cit. 28. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.pracemubea.cz/zavod-zebrak/>.
- [27] Mubea, Fakta a čísla. In: *mubea.com* [online]. [cit. 28. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/company/facts-and-figures/>.
- [28] Mubea, Výrobky a technologie. In: *mubea.com* [online]. [cit. 28. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/vyrobky-technologie/>.
- [29] GRACH, Luboš. *Stanovení tribologických vlastností třecího uložení*. (Diplomová práce). Praha: ČVUT, 2018.
- [30] Mubea, Systémy napínání řemenů. In: *mubea.com* [online]. [cit. 28. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/products-technologies/automotive/motor/systemy-napinani-remenu/>.
- [31] TREJBALOVÁ, Nikola. *Pracovní postup pro montáž napínačku řady DAT*. (Podklady společnosti Mubea s.r.o.). Žebrák: 26. 8. 2019.
- [32] CHROMJAKOVÁ, Felicita, TUČEK, David a BOBÁK, Roman. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Vydavatelství UTB, 2017. ISBN 978-80-7454-680-8.
- [33] CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: GEORG, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5.
- [34] SLAMKOVÁ, Eva, DULINA, Ľuboslav a TABAKOVÁ, Michaela. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG, 2010. 261 s. ISBN 978-80-89401-09-3.
- [35] ZANDIN, Kjell B. *MOST work measurement systems. 3rd ed., rev. and expanded*. New York: Marcel Dekker, c2003. ISBN 978-0-8247-0953-2.
- [36] Podniková ekonomika, vzorce. In: *expeko.wz.cz* [online]. [cit. 6. 4. 2020]. Dostupné z: <http://expeko.wz.cz/vzorce.php#V%C3%BDrobn%C3%AD%20kapacita%20v%20natur%C3%A1ln%C3%ADch%20jednotk%C3%A1ch>.
- [37] Lamy, svítidla. In: *secomp.cz* [online]. [cit. 13. 6. 2020]. Dostupné z: [https://www.se-comp.cz/stolni-lampa-s-lupou-100mm-3-dioprie-led-osvetleni-5w-stojanek\\_d10585.html](https://www.se-comp.cz/stolni-lampa-s-lupou-100mm-3-dioprie-led-osvetleni-5w-stojanek_d10585.html).

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: DATA karta pro stanovení spotřeby času metodou Basic-MOST

Příloha č. 2: Kusovník systému napínání řemene – řada DAT

Příloha č. 3: Layout současného stavu pracoviště linky DAT2

Příloha č. 4: Současný pracovní postup na jednotlivých stanovištích pracoviště linky DAT2

## **PŘÍLOHA č. 1**

### **DATA karta pro stanovení spotřeby času metodou Basic-MOST**

Obecné Přemístění					Akce na určitou vzdálenost Doplnkové hodnoty A				
ABG	ABP	A							
Získat	Položít	Návrat			Index	Kroky	Vzdálen (ft)	Vzdálen (m)	
index x10	Akce na určitou vzdálenost	A	Pohyb těla	B	Získání kontroly	G	Umístění	P	index x10
0	≤ 2 in. (5 cm)		Žádný pohyb těla		Bez získání kontroly Držet		Bez umístění Držet Hodit		0
1	Na dosah				Uchopit lehký objekt Uchopit lehký objekt Simo		Odložit Volné tolerance		1
3	1 – 2 kroky		Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřímít 50 %		Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokovany Promíchany Rozpojit,Shromáždit		Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavním Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojm umístěním		3
6	3 – 4 kroky		Sehnout se a napřímít				Uložit s péčí Uložit s přeností Uložit neviděný Uložit blokovany Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby		6
10	5 – 7 kroků		Sednout Vstát						10
16	8 – 10 kroků		Sehnout se a sednout, Vylézt nahoru, Slézt dolů, Vstát a sehnout se, Dvěma						16

Řízené Přemístění					Tlačít/ Táhnout		Procesní čas Doplnkové hodnoty X			
ABG	MXI	A								
Získat	Přemístit/Spustit	Návrat								
index x10	M	X			I		M			
	Přesun řízený	Procesní čas			Vyrovnání		Doplnkové hodnoty			
	Tlačít/ Táhnout / Otáčet	sekundy minuty hodiny					Index Sek Min Hod			
0	žádná činnost	žádná činnost			žádný procesní čas		žádné vyrovnání		Index Kroky	
1	Tlačít/Táhnout/Otáčet≤12in.(30cm) Tlačít tlačítko Tlačít nebo táhnout přepínač Otáčet otočným knoflíkem	0,5 sec.	0,01 min.	0,0001 hr.	vyrovnání na 1 bod		24 10-13 32 14-17 42 18-22 54 23-28 67 29-34		24 9,5 0,16 0,0027 32 13,0 0,21 0,0036 42 17,0 0,28 0,0047 54 21,5 0,36 0,0060 67 26,0 0,44 0,0073 81 31,5 0,52 0,0088 96 37,0 0,62 0,0104 113 43,5 0,72 0,0121 131 50,5 0,84 0,0141 152 58,0 0,97 0,0162 173 66,0 1,10 0,0184 196 74,5 1,24 0,0207 220 83,5 1,39 0,0232 245 92,5 1,54 0,0257 270 102,0 1,70 0,0284 300 113,0 1,88 0,0314 330 124,0 2,06 0,0344	
3	Tlačít/Táhnout/Otáčet>12in.(30cm) Tlačít/Táhnout s odporem Usadit Uvolnit Tlačít/Táhnout se zvýš.kontrolou Tlačít/Táhnout 2 etapy ≤12in.(30cm) Tlačít/Táhnout 2 etapy ≤ 60cm součet	1,5 sec.	0,02 min.	0,0004 hr.	vyrovnání na 2 body ≤ 4 in. (10 cm)		Index Otáčky			
6	Tlačít/Táhnout 2 etapy>12in.(30cm) Tlačít/Táhnout 2 etapy>60cm součet Tlačít s 1-2 kroky	2,5 sec.	0,04 min.	0,0007 hr.	vyrovnání na 2 body > 4 in. (10 cm)		24 12-16 32 17-21 42 22-28 54 29-36			
10	Tlačít/Táhnout 3 – 4 etapy Tlačít s 3 – 5 kroky	4,5 sec.	0,07 min.	0,0012 hr.						
16	Tlačít s 6 – 9 kroky	7,0 sec.	0,11 min.	0,0019 hr.	vyrovnání s přesností					

Použití nástroje											Umístění nástroje P		Vyrovnání strojního nástroje I	
ABG	ABP	A												
Získat nástroj	Položít nástroj	Použít nástroj	Položít nástroj	Návrat										
index x10	F Utáhnout nebo Uvolnit L										Nástroj Index		Index Vyrovnání na	
	Činnost prstů	Činnost zápěstí			Činnost paže						Kladivo 0 (1)		3 Obrobek	
		Otočení	Rázy	Točení	Klepnutí	Otočení	Rázy	Točení	Úder	Průměr šroubu	Prsty nebo ruka 1 (3nebo 5)		6 Rysku na stupnici	
0											Nůž 1 (3)		10 Stupnici indikátoru	
1											Nůžky 1 (3)		Vyrovnání Netypických předmětů	
3											Kleště 1 (3)		Index Vyrovnání na	
6											Psací pomůcky 1		0 Proti zarážecí (-kám)	
10											Mířící nástroje 1		3 1 vyrovnání k zarážecí	
16											Pomůcky povrch.úpravy 1		6 2 vyrovnání k zarážecí (-kám) 1 vyrovnání ke 2 zarážkám	
24											Šroubovák 3		10 3 vyrovnání k zarážecí (-kám) 2-3 vyrovnání na linku	
32											Ráčna 3			
42											T-klíč 3			
54											Klíč s uzavíkaním 3			
											Allen klíč 3		Charakteristiky atypických předmětů	
											Utahovačka 3		plochý, velký, tenký, ostrý, obtížně manipulovatelný	
											Nastavitelný klíč 6			

Příloha č. 1 DATA karta pro stanovení spotřeby času metodou Basic-MOST

		ABG	ABP	*	ABP	A	Použití nástroje											
		Získat nástroj	Položit nástroj	Použit nástroj	Položit nástroj stranou	Návrat	C		S			M		R		T		
		Dělit		Povrchová úprava			Měření		Zaznamenání		Myšlení							
index x10		Kroutit / Ohnout	Odštipnout	Ustříhnout	Řezat	Čistit vzduchem	Čistit kartáčem	Otřít	Měřit		Psát	Značit	Kontrolovat	Čist				
		kleště	nůžky	nůž	Získat Nesimo	kartáč	hadřík	měřicí pomůcky		tužka	značkováč	oči, prsty	oči					
		drát	stříh(y)	řez(y)	sq.ft.(0,1m <sup>2</sup> )	sq.ft.(0,1m <sup>2</sup> )	sq.ft.(0,1m <sup>2</sup> )	in (cm) ft. (m)		znaky	slova	znaky	body	znaky, samostat slova	slovní text			
1	stisk		1	-	-	-	-			1	-	Odfajknutí	1	1	3			
3	měkký		2	1	-	-	½			2	-	1 Linka	3	3	8			
6	kroutit, ohnout smyčku	střední	4	-	Míst 1 dutina, bod	1 malý objekt	-			4	1	2	5	6	15			
10	ohnout – závlačka	tvrdý	7	3	-	-	1	profilový kalibr		6	-	3	9	12	24			
16			11	4	3	2	2	Pevná stupnice posuv.měřítka 12 in (30cm)		9	2	5			38			
24			15	6	4	3	-	Listkový spárometr		13	3	7			54			
32			20	9	7	5	5	Ocel.měř.pásma 6 ft (2m) Hloubkový mikrometr		18	4	10			72			
42			27	11	10	7	7	Vnější – Mikrometr 4 in (10cm)		23	5	13			94			
54			33					Vnitřní – Mikrometr 4 in (10cm)		29	7	16			119			






		ATKFLVPTA						Ruční jeřáb					
index x10		A	T		L	K	F	V	P				
		Akce na určitou vzdálenost (kroky)	Transport do 2 tun Stopy (metry)			Zaháknout a Vyháknout	Uvolnit objekt	Vertikální přemístění	Umístění				
			Prázdný	Naložený				Palce (cm)					
3	2						Bez změny směru	9 (20)	Bez změny směru				
6	4						S jednu změnou směru	15 (40)	Ustavit jednou rukou				
10	7		5 (1,5)	5 (1,5)			Se dvěmi změnami směru	30 (75)	Ustavit oběma rukama				
16	10		13 (4)	12 (3,5)			S jednu nebo více změnami směru, péče při manipulaci nebo s tlakem	45 (115)	Ustavit a umístit s jedním nastavením				
24	15		20 (6)	18 (5,5)	Jeden nebo dva háky			60 (150)	Ustavit a umístit s několika nastaveními				
32	20		30 (9)	26 (8)	Smyčka				Ustavit a umístit s několika nastaveními a tlakem				
42	26		40 (12)	35 (10)									
54	33		50 (15)	45 (13)									

Časové jednotky	
1 TMU	= 0,00001 hod
	= 0,0006 min
	= 0,036 sek
1 hodina	= 100 000 TMU
1 minuta	= 1 667 TMU
1 sekunda	= 27,8 TMU

Index	Intervalová hodnota TMU	MOST intervalová pásma TMU
0	0	0
1	10	1 - 17
3	30	18 - 42
6	60	43 - 77
10	100	78 - 126
16	160	127 - 196
24	240	197 - 277
32	320	278 - 366
42	420	367 - 476
54	540	477 - 601
67	670	602 - 736
81	810	737 - 881
96	960	882 - 1041
113	1130	1042 - 1216
131	1310	1217 - 1411
152	1520	1412 - 1621
173	1730	1622 - 1841
196	1960	1842 - 2076
220	2200	2077 - 2321
245	2450	2322 - 2571
270	2700	2572 - 2846
300	3000	2847 - 3146
330	3300	3147 - 3446

## **PŘÍLOHA č. 2**

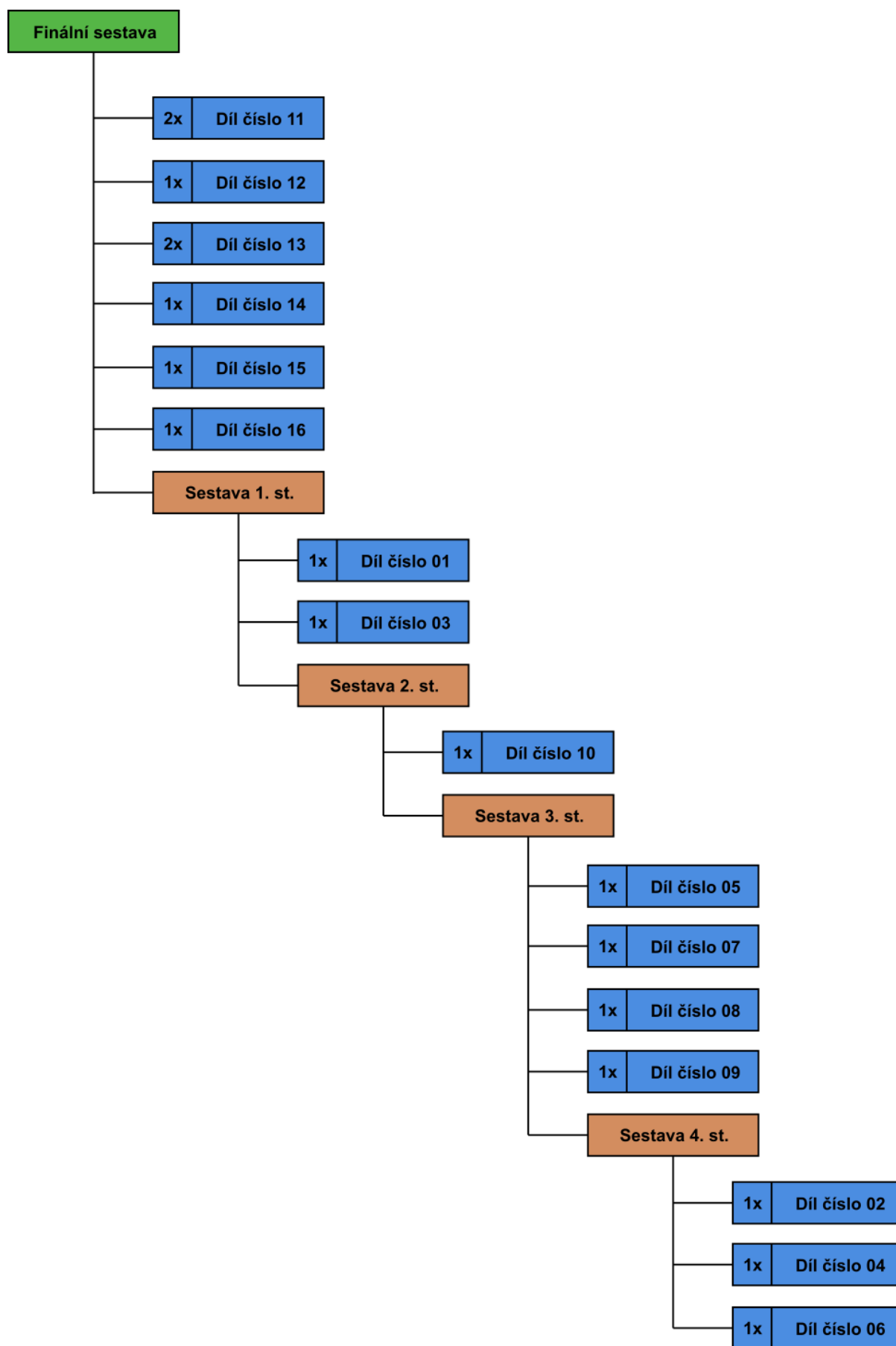
### **Kusovník systému napínání řemene - řada DAT**

Číslo dílu	Typ dílu	Počet kusů	Obrázek dílu
01	Distanční pouzdro typ 1	1 ks	
02	Distanční pouzdro typ 2	1 ks	
03	Upínací pouzdro typ 1	1 ks	
04	Upínací pouzdro typ 2	1 ks	
05	Upínací rameno typ 1	1 ks	

06	Upínací rameno typ 2	1 ks	
07	Montážní deska	1 ks	
08	Pružina	1 ks	
09	Axiální těsnění	1 ks	
10	Montážní kolík	1 ks	
11	Krycí destička typ 1	2 ks	

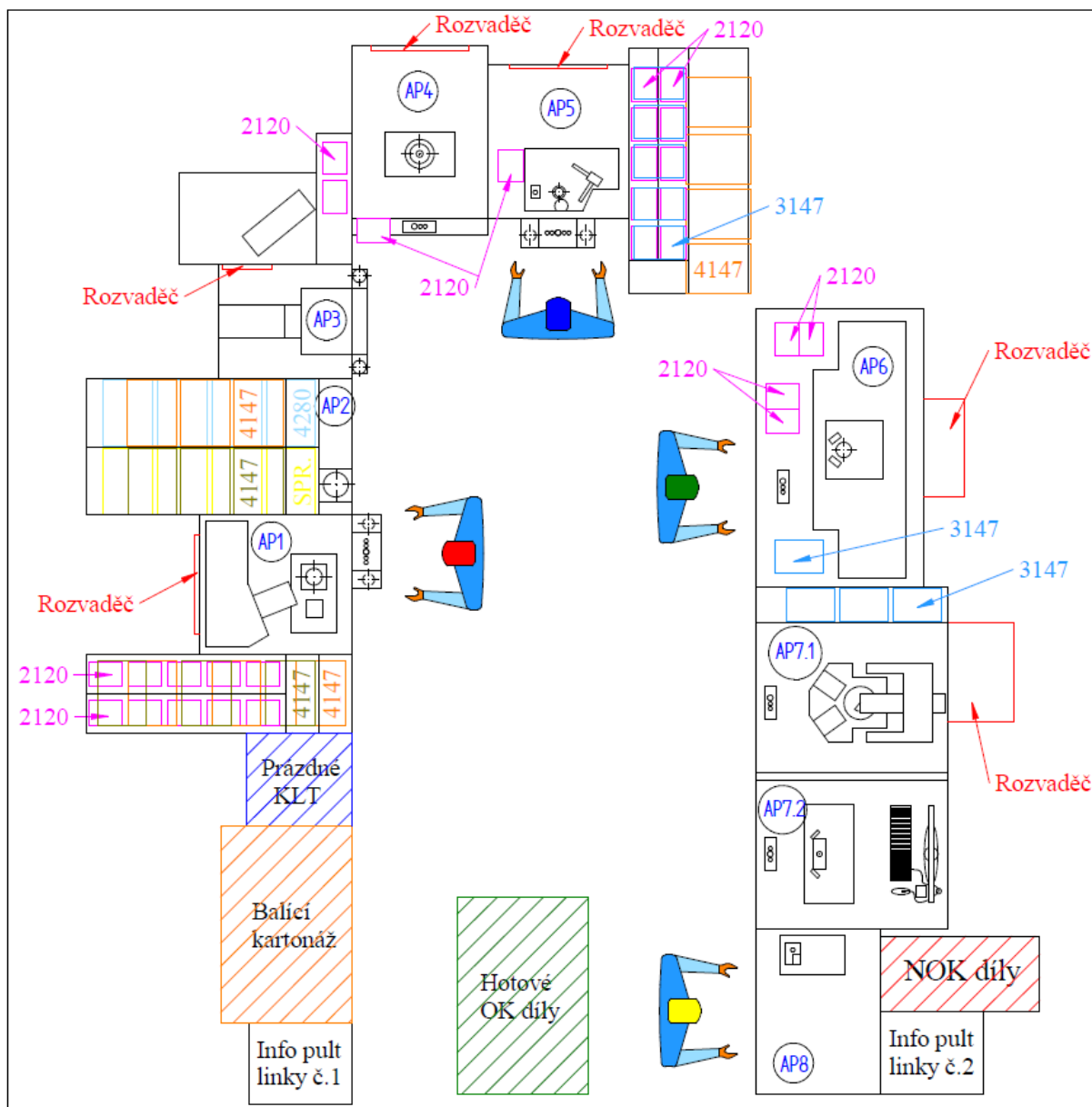


12	Krycí destička typ 2	1 ks	
13	Kladka	2 ks	
14	Šroub se šestihrannou hlavou	1 ks	
15	Šroub s plochou zakulacenou hlavou	1 ks	
16	Plastová krytka	1 ks	



**PŘÍLOHA č. 3**

**Layout současného stavu pracoviště linky DAT2**



## **PŘÍLOHA č. 4**

### **Současný pracovní postup na jednotlivých stanovištích pracoviště linky DAT2 [31]**

Stanoviště	Krok	Popis operace	Operátor
AP1	1	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 02, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místům na pracovním stole.	OP1
	2	Založení dílu 02 do zakládacího místa.	
	3	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 04, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místům na pracovním stole.	
	4	Založení dílu 04 do zakládacího místa.	
	5	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 06, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	6	Založení dílu 06 do zakládacího místa.	
	7	Zmáčknutí a podržení startovacích tlačítek stroje oběma rukama po dobu nutnou k dokončení technologické operace zalisování.	
	8	Vyjmutí zalisované sestavy dílů ze zakládacího místa.	
	9	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (NOK skluz).	
AP2	1	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 07, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu v podobě technologického přípravku na pracovním stole.	
	2	Založení dílu 07 do zakládacího místa.	
	3	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 05, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu v podobě technologického přípravku na pracovním stole.	
	4	Založení dílu 05 do zakládacího místa na díl 07.	
	5	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 08, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu v podobě technologického přípravku na pracovním stole.	
	6	Založení dílu 08 do zakládacího místa na díl 05.	
	7	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro zalisovanou sestavu, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu v podobě technologického přípravku na pracovním stole.	
	8	Založení zalisované sestavy do zakládacího místa na díl 08.	
	9	Dotlačení zalisované sestavy k ostatním dílům v zakládacím místě pomocí dlaně.	

	10	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 09, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu v podobě technologického přípravku na pracovním stole.			
	11	Založení dílu 09 do příslušné pozice na nově vzniklé sestavě z kroku 9 na tomto stanovišti.			
	12	Vyjmutí sestavy dílů ze zakládacího místa.			
	13	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (červený KLT box).			
AP3	1	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.		OP2	
	2	Založení sestavy do zakládacího místa.			
	3	Zmáčknutí a podržení startovacích tlačítek stroje oběma rukama po dobu nutnou k dokončení technologické operace zalisování.			
	4	Vyjmutí zalisované sestavy ze zakládacího místa.			
	5	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (NOK skluz).			
AP4	1	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.			OP2
	2	Založení sestavy do zakládacího místa.			
	3	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení první části technologické operace.			
	4	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 10, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.			
	5	Založení dílu 10 do zakládacího místa na sestavě.			
	6	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení druhé části technologické operace.			
	7	Vyjmutí sestavy dílů ze zakládacího místa.			
	8	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (NOK skluz).			
AP5 (pouze první založení)	1	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 01, jeho uchopení a přemístění k zakládacímu místu vrubovací stanice.	OP2		
	2	Založení dílu 01 do zakládacího místa ve vrubovací stanici.			
	3	Zmáčknutí a podržení startovacích tlačítek stroje oběma rukama po dobu nutnou k dokončení technologické operace vrypování.			

	4	Vyjmutí dílu 01 z příslušného místa na vrubovací stanici.	
	5	Položení dílu 01 na odkládací místo.	
AP5 (všechna další založení)	1	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 01, jeho uchopení a přemístění k zakládacímu místu vrubovací stanice.	
	2	Založení dílu 01 do zakládacího místa ve vrubovací stanici.	
	3	Sáhnutí na odkládací místo pro díl 01 z předchozího založení, jeho uchopení a přemístění k zakládacímu místu v technologickém přípravku na pracovním stole.	
	4	Založení dílu 01 do zakládacího místa v technologickém přípravku.	
	5	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště (AP4) pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu v technologickém přípravku na pracovním stole.	
	6	Založení sestavy do zakládacího místa.	
	7	Sáhnutí na odkládací místo pro díl 03 z předchozího založení, jeho uchopení a přemístění k zakládacímu místu v technologickém přípravku na pracovním stole.	
	8	Založení dílu 03 do zakládacího místa v technologickém přípravku.	
	9	Zmáčknutí a podržení startovacích tlačítek stroje oběma rukama po dobu nutnou k dokončení technologických operací vrypování a zalisování.	
	10	Vyjmutí sestavy ze zakládacího místa.	
	11	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (NOK skluz).	
	12	Vyjmutí dílu 01 z příslušného místa na vrubovací stanici.	
	13	Položení dílu 01 na odkládací místo.	
AP6	1	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	OP3
	2	Založení sestavy do zakládacího místa.	
	3	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 11, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	4	Založení dílu 11 na příslušné zakládací místo na sestavě.	



	5	Zopakování kroků 3 a 4 (položení na druhé zakládací místo).	
	6	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 13, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	7	Založení dílu 13 do zakládacího místa na díl 11.	
	8	Zopakování kroků 6 a 7 (položení na druhé zakládací místo).	
	9	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 12, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	10	Založení dílu 12 do zakládacího místa na díl 13.	
	11	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 14, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	12	Založení dílu 14 na příslušné zakládací místo na pracovním stole.	
	13	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 15, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	14	Založení dílu 15 na příslušné zakládací místo na pracovním stole.	
	15	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení technologické operace zašroubování.	
		16	Sáhnutí do KLT boxu pro díl 16, jeho uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.
		17	Zacvaknutí dílu 16 do zakládacího místa na díl 15.
		18	Vyjmutí kompletní sestavy dílů ze zakládacího místa.
		19	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (červený KLT box).
AP7.1	1	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	2	Založení sestavy do zakládacího místa.	
	3	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení první části technologické operace.	
	4	Sáhnutí na zakládací místo na sestavě pro díl 10 a jeho uchopení.	
	5	Vyjmutí dílu 10 ze zakládacího místa na sestavě.	

	6	Přemístění a odložení dílu 10 do odkládacího místa.	
	7	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení druhé části technologické operace.	
	8	Sáhnutí do odkládacího místa pro díl 10, jeho uchopení a přemístění k zakládacímu místu na sestavě.	
	9	Založení dílu 10 do zakládacího místa na sestavě.	
	10	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení třetí části technologické operace.	
	11	Vyjmutí sestavy ze zakládacího místa.	
	12	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (červený KLT box).	
AP7.2	1	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění k příslušnému zakládacímu místu na pracovním stole.	
	2	Zmáčknutí tlačítka „Automatický start“ a vyčkání na dokončení technologické operace ražení.	
	3	Vyjmutí etikety z etiketovacího stroje.	
	4	Přemístění a nalepení etikety na sestavu v zakládacím místě.	
	5	Sáhnutí, uchopení a přemístění čtečky nad etiketu.	
	6	Provést naskenování etikety pomocí čtečky.	
	7	Vrátit čtečku na výchozí odkládací místo.	
	8	Vyjmutí dílu ze zakládacího místa.	
	9	Zkontrolování přítomnosti vyraženého čísla na díle.	
	10	Odložení OK kusu na odkládací plochu nebo vhození NOK kusu do určeného místa (červený KLT box).	
AP8	1	Sáhnutí na odkládací plochu předchozího stanoviště pro sestavu dílů, její uchopení a přemístění na pracovní stůl.	OP4
	2	Uchopení sestavy oběma rukama.	
	3	Vizuální a mechanická kontrola správnosti zacvaknutí dílu 16.	
	4	Vizuální kontrola přítomnosti dílu 12.	
	5	Zkontrolovat volné otáčení obou kusů dílu 13.	
	6	Otočení sestavy na druhou stranu.	
	7	Vizuální kontrola přítomnosti dílu 11 na obou požadovaných místech.	

	8	Vizuální kontrola správnosti čísla dílu z razicí operace.
	9	Vizuální kontrola správnosti hloubky zasunutí dílu 10.
	10	Sáhnutí, uchopení a přemístění kontrolního přípravku.
	11	Vizuální a mechanická kontrola správnosti zaháknutí dílu 08 na obou koncích pomocí přípravku.
	12	Odložení přípravku stranou.
	13	Otočení sestavy na první stranu.
	14	Vizuální kontrola správnosti natištěné etikety.
	15	Validovaný OK díl připravit na balicí operaci a NOK díl vhodit do určeného místa (červený KLT box).
Balení	1	Dojít pro prázdné KLT do stojanu.
	2	Sáhnutí, uchopení, přemístění a položení prázdného KLT na požadované místo na EURO paletě.
	3	Dojít pro balicí kartonáž ke stojanu.
	4	Sáhnutí, uchopení a přemístění kartonáže na stůl stanoviště AP8.
	5	Složení balicí kartonáže dle předpisu.
	6	Přemístění balicí kartonáže do prázdného KLT na paletě.
	7	Vrátit se na stanoviště AP8.
	8	Sáhnutí, uchopení a přemístění validovaného OK dílu do prázdného KLT a jeho položení do balicí kartonáže.
	9	Zopakování kroku 7 a 8.
	10	Zopakování kroků 3 až 9.
	11	Opakování kroků 1 až 10, dokud nebude na paletě přítomno požadované množství naplněných KLT boxů.
	12	Vyčkat na odvezení plné palety a přivezení prázdné palety a opakovat celý cyklus balení (kroky 1 až 11).

