



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU VE VYBRANÉM PODNIKU

OPTIMIZATION OF MANUFACTURING PROCESS IN A SELECTED COMPANY

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. František Kubíček

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2020

# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Bc. František Kubiček</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	<b>Ing. Marek Štroner, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Optimalizace výrobního procesu ve vybraném podniku

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je analyzovat současný stav ve zvolené strojírenské firmě. Provést rešerši z hlediska daných projekčních metod. Provést rozbor současného stavu na jehož základě optimalizovat výrobní proces.

### Cíle diplomové práce:

1. Rešerše z dané oblasti.
2. Představení produktového portfólia dané firmy.
3. Analýza současného stavu.
4. Technicko ekonomické zhodnocení.

### Seznam doporučené literatury:

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990. 164 s. ISBN 80-214-0068-4.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

KUBÍČEK František: Optimalizace výrobního procesu ve vybraném podniku

Primárním zaměřením této diplomové práce je optimalizace výrobního procesu ve vybrané společnosti. Teoretická část práce je výsledkem literární rešerše problematiky Lean Six Sigma, kterou vybraná společnost předně využívá. Jedná se zejména o stručný vhled do problematiky a představení často využívaných nástrojů metodologie Lean Six Sigma, které byly následně využity při tvorbě praktické části práce. Dále je také stručně představena vybraná společnost a její produktové portfolio. Stěžejním bodem práce je její praktická část, zaměřená na zlepšení stávajícího stavu linky vybraného produktu s následným technicko-ekonomickým zhodnocením. Hlavním cílem bylo vytvořit kompaktnější linku s menší rozlohou a snížit aktuálně vysokou rozpracovanost výroby.

Klíčová slova: Lean Six Sigma, Plýtvání, Kaizen, Kanban, JIT, One piece flow, DMAIC, balancování linky

## **ABSTRACT**

KUBÍČEK František: Optimization of manufacturing process in a selected company.

This thesis is primary focused on optimization of the production process in a selected company. Teoretical part of this thesis is the result of literature research of Lean Six Sigma, which is mostly used by the company. It is a brief insight to an issue and introduction of the most often used tools from Lean Six Sigma methodology, which were used afterwards in practical part of this thesis. Also there is an introduction of the company and its production portfolio. Crucial part of this thesis is it's practical part focused on improving of current situation on the production line with an economical and technical assessment. The main goal was to create more compact and smaller area of product line with lower work in progress.

Klíčová slova: Lean Six Sigma, Wasting, Kaizen, Kanban, JIT, One piece flow, DMAIC, Line balancing

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KUBÍČEK, František. *Optimalizace výrobního procesu ve vybraném podniku* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-01-30]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124352>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 25.5.2020

.....  
František Kubíček

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce. Také bych rád poděkoval všem kolegům ve vybrané společnosti za připomínky a rady při zpracovávání práce.

# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

ÚVOD .....	10
1. LEAN SIX SIGMA .....	11
<b>1.1 Six sigma</b> .....	11
1.1.1 Statistické pojetí Six Sigma.....	12
1.1.2 Principy Six Sigma.....	13
1.1.3 Rozdělení úrovní Six sigma .....	15
<b>1.2 LEAN MANAGEMENT</b> .....	16
1.2.1 Plýtvání.....	17
<b>1.3 Metody Lean Six Sigma</b> .....	20
1.3.1 DMAIC a DMADV cyklus .....	20
1.3.2 Mapování hodnotového toku (Value Stream Mapping).....	22
1.3.3 One Piece Flow .....	24
1.3.4 5 S.....	26
1.3.5 Just-in-time.....	30
1.3.6 Kaizen.....	36
2. PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ABC s.r.o.....	38
<b>2.1. Produktové portfolio FCA oddělení</b> .....	39
3. PRAKTICKÁ ČÁST .....	41
<b>3.1. Definování</b> .....	41
3.1.1. Definice toků v procesu.....	42
<b>3.2. Měření</b> .....	43
3.2.1. Špagetový diagram .....	43
3.2.2. Výpočet zákaznického taktu.....	45
3.2.3. Layout linky MJC.....	46
3.2.4. Vybalancování linky-současný stav .....	48
<b>3.3. Analyzování</b> .....	50
3.3.1. Matice dopadu a úsilí .....	50
3.3.2. Vyhodnocení špagetových diagramů .....	52
3.3.3. Ishikawův diagram .....	52
3.3.4. 3P analýza .....	53
<b>3.4. Zlepšení</b> .....	54

3.4.1.	Změny v reakci na nevyhovující stávající stav .....	54
3.4.2.	Vybalancování linky-nově vytvořený návrh .....	57
<b>3.5.</b>	<b>Kontrola</b> .....	<b>59</b>
3.5.1.	Kontrola splnění výstupů .....	59
3.5.2.	Kontrola splnění cílů .....	61
<b>3.6.</b>	<b>Technicko-Ekonomické zhodnocení</b> .....	<b>61</b>
3.6.1.	Výpočet celkových nákladů na realizaci navržených zlepšení .....	61
3.6.2.	Výpočet celkové úspory ploch a nákladů procesu .....	62
3.6.3.	Zhodnocení projektu a výpočet návratnosti investic.....	63
4.	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>64</b>

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

## ÚVOD

Neustálý technologický pokrok a požadavky zákazníků vytváří tlak na společnosti, které produkty poskytují. Cílem většiny těchto firem je tyto požadavky plnit, a proto se často pružně přizpůsobují. V důsledku velké konkurence tak dochází k nutnosti neustále snižovat náklady a pokud možno co nejvíce zvýšit objem produkce. Proto je potřeba hledat řešení a využívat existující nástroje, které pomohou těmto cílům dosáhnout. Mezi obecně nejznámější se řadí Lean a Six Sigma. Tyto metodologie jsou si ve spoustě ohledů velmi podobné a nabízí širokou paletu nástrojů. Ve spoustě případů dochází k prolínání, proto se spojují v metodologii Lean Six Sigma. Nabízí nástroje k měření, analyzování a udržitelnosti nových procesů. Spojení těchto dvou metodologií pak umožňuje zaměřit se jak na kvalitu a statistické metody skrze metodologii Six Sigma, tak na plýtvání spojené s Lean managementem. Společnost tedy získá při správném využívání nabízených nástrojů vysoce kvalitní výrobu bez neshodných kusů a plynulou výrobu bez přebytečných procesních kroků, pohybů, či transportu.

Diplomová práce se zabývá podrobnějším osvětlením jednotlivých metodologií a nástroji, které vznikly jejich spojením. První část práce je tvořena literární rešerší z dané oblasti štíhlé výroby a zlepšování procesů. Popisuje tedy jak metodu Six Sigma, zaměřenou na kvalitu a odstranění neshodných kusů ve výrobním procesu, tak metodu Lean managementu, zabývající se plýtváním. V poslední části teoretické části práce jsou popsány jednotlivé nástroje společné pro obě metodologie, které jsou následně využity i v další části práce.

Druhou část práce tvoří praktická aplikace uvedených poznatků, ve vybraném podniku. V této části je podnik představen, je zde popsáno zaměření společnosti a ve zkratce představeno produktové portfolio části společnosti, ve které byla práce vypracována. Poslední částí je pak samotné využití teoretických poznatků při realizaci zlepšovacího projektu. Formou DMAIC cyklu je zde v postupných fázích provedena jeho definice, zaměření a cíle. V další fázi je přeměřen současný stav na vybrané lince, a z těchto měření je následně čerpáno při fázi analyzování. Jakmile je provedena analýza, je přistoupeno k navržení a implementaci změn, které pomohou dosáhnout vytyčených cílů. Poslední a zároveň velmi důležitou fází projektu, je kontrola, která je zaměřena především na prověření dodržování nově nastaveného procesu. Veškeré výsledky dosažené realizací tohoto projektu jsou dále shrnuty v technicko-ekonomickém zhodnocení práce

## 1. LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma je metoda přinášející nástroje, které mají za úkol pomoci managementu zlepšit kvalitu a celkový výkon výrobního procesu. Tato metoda vznikla kombinací dvou podobných přístupů. Prvním přístupem je lean management, jehož hlavní úlohou je snížit plýtvání a urychlit tak průběh celého procesu a s ním spojené náklady. Časem však výroba došla do bodu, kdy ke zlepšování výrobního procesu nestačilo pouze urychlení a odstranění plýtvání a začalo se tak přemýšlet, jak dosáhnout ještě větší efektivity. Zásadou se najednou stala kvalita výrobků. Už nebyla prioritou pouze vyrábět rychle a levně, ale přidala se také snaha snížit defekty ve výrobě a zvýšit tím kvalitu celého procesu. Došlo tak ke sloučení Lean metody s metodou Six Sigma, která je primárně zaměřená na statistické vyhodnocování zmetkovitosti výroby a kvalitu procesu. [1]

### 1.1 Six sigma

Six Sigma, nebo také  $6\sigma$  je metodologie určená pro zlepšování výrobních procesů. Jedná se o statistický koncept, který definuje odchylky v jakémkoliv procesu. Základní myšlenkou six sigma metody je, že odchylka v každém výrobním procesu vede k možnému vytvoření chyby. Chyba v procesu poté vede k riziku, že bude vytvořen vadný výrobek. Jakmile je vytvořen vadný výrobek, hrozí, že dojde k nespokojení potřeb zákazníka. Využitím metodologie Six Sigma tak pracujeme na zmenšování odchylek a chybovosti procesu, čímž snižujeme výrobní náklady a zvyšujeme uspokojení zákaznických potřeb. [2, 3]



Obr. 1  $6\sigma$  metodologie, DMAIC cyklus [4]

Využíváním této metody se organizace, týmy a projektoví manažeři snaží zlepšit strategie měření využívaných ve svých výrobních prostředích. Spousta manažerů se však rozhoduje na základě své zkušenosti a intuice. Metoda Six Sigma nepopírá, že je potřeba mít zkušenosti, avšak předkládá statistické základy pro vytváření správných a vhodných rozhodnutí. Intuice nám říká, že proces možná nefunguje správně, statistika poté potvrzuje či vyvrací toto intuitivní tvrzení. Nástroje Six Sigma tak slouží k lepšímu a správnému rozhodování. [5]

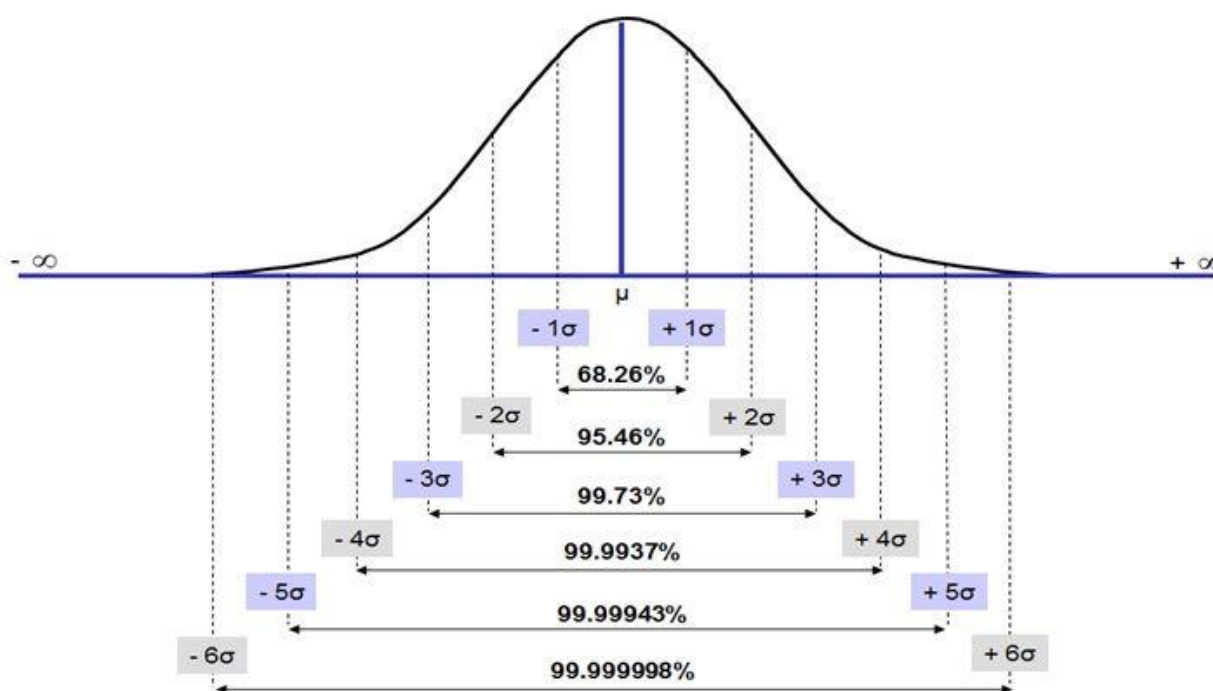
Bez vhodných nástrojů a analýz by mohl být proces zbytečně komplikovanější. Pro názornost si lze tento případ nasimulovat. Někdo v organizaci má dobrý návrh, nebo ho zaujme názor někoho jiného. Na základě předchozí zkušenosti jsou manažeři na pozicích rozhodujících o chodu firmy rozhodnutí, že bude tento návrh úspěšný, proto jej schválí.

Často je však tento návrh implementován pouze ve formě beta testování, což minimalizuje náklady a rizika. Beta testování je systém implementace nového návrhu, spuštěného v kontrolovaném prostředí za pomoci vybrané skupiny lidí. Jakmile dojde k zachycení všech možných budoucích problémů, je návrh schválen a zařazen výroby. V průběhu beta testování může dojít k závěru, že je návrh nevyhovující, čímž dojde ke ztrátě.[2]

Využívání metody Six Sigma umožňuje organizacím identifikovat problém, ověřovat předpoklady, vymýšlet nová řešení a plány s možností vyhnout se nečekaným následkům ještě dříve, než provede jakékoliv kroky k implementaci nových návrhů. Využitím statistických nástrojů, analýz a mapování procesů mohou týmy vizualizovat a predikovat výstupy s vysokou přesností a menším rizikem ztrát. Zavedení a využívání nástrojů pak umožňuje lepší kontrolu procesů.

### 1.1.1 Statistické pojetí Six Sigma

Kořeny statistického pojetí zlepšování procesů lze hledat souběžně s vytvořením normálního rozdělení Carla Friedricha Gausse v 19. století. Normální rozdělení je funkcí střední hodnoty  $\mu$  a rozptylu  $\sigma^2$ . [2]



Obr. 2 Normální rozdělení 6  $\sigma$  [6]

Jak je vidět na obrázku funkce je symetrická. Směrodatná odchylka říká, že při několika opakovaných statistických pokusech bude nejvyšší hodnota četnosti v okolí tohoto bodu. Rozptyl poté udává, jak těsně se křivka blíží střední hodnotě. Podle této hodnoty získává křivka ostrost. Gaussova křivka tak udává hustotu normálního rozdělení. [2,6] Čím se blíží hodnoty středu, tím větší je pravděpodobnost jejich výskytu. Gaussova křivka pracuje nejčastěji v rozmezí 3  $\sigma$ . Metoda Six Sigma toto rozmezí rozšiřuje na 6 směrodatných odchylek. Zjednodušeně tak tato metoda využívá normální rozdělení k určení pravděpodobnosti vzniku vadného výrobku. Z grafu výše můžeme vyčíst že při hodnotě 6  $\sigma$  se dostáváme přibližně na 2 vadné výrobky při milionu příležitostí na vadu, avšak Six Sigma počítá s tolerancí posunu o 1,5 směrodatné odchylky, čímž se dostáváme na 3,4 vadných kusů za milion příležitostí. [2, 7, 8,9] V procentech to znamená zhruba 99,99966% pravděpodobnost, že vyrobený kus nebude mít žádnou vadu. [2]

## Způsob určení levelu Six Sigma

Organizace pracující s metodou Six Sigma mohou úroveň stupně sigma vypočítat. Nezbytným údajem je počet zmetků na milion příležitostí neboli DPMO (anglická zkratka Defects Per Million Opportunities).[10]

$$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 10^6 \quad (1.1)$$

kde:

D-celkový počet defektů

N-počet ověřených kusů

O-počet příležitostí na jednotku (př. u jednoho kusu lze udělat tři vady)

Výtěžnost daného procesu pak můžeme vypočítat podle vzorce:

$$Y = (1 - DPO) \times 100 [\%] \quad (1.2)$$

kde:

DPO-počet defektů na jednotku [10]

Tab. 1 Tabulka poměrů DPMO a efektivity procesu. [10]

Úroveň Sigma	DPMO [ks]	Výtěžnost [%]
1	690 000	31%
2	308 000	69,2%
3	66 800	93,32%
4	6 210	99379%
5	230	99977%
6	3,4	999997%

### 1.1.2 Principy Six Sigma

Firmy mohou začít využívat metody Six Sigma implementací základních pravidel do procesního managementu. Mezi základní pravidla metodologie six sigma můžeme zařadit zaměření na zákazníka, kontinuální vylepšování procesů, odchylky, odstranění plýtvání, vybavenost lidí, kontrolování procesů a další. Tyto základní procesy budou podrobněji sepsány níže. [2, 5]

#### Zaměření se na zákazníka

Hlas zákazníka je dnes jedním z nejdůležitějších faktorů. Porozumění jeho potřeb nám umožňuje zaměřit se na hodnoty, které od produktů očekává a přizpůsobit tomu celý výrobní proces. Tato skutečnost poté vede ke zvyšování spokojenosti a budování vztahů na dlouhodobější bázi. Diskuse se zákazníkem nám také může pomoci získat důležitou zpětnou vazbu, rozvinout podněty k vývoji nových produktů, identifikovat úzká místa výroby, nebo vady produktu a lépe porozumět nově se rozvíjejícím trendům na trhu. [2, 5]

## **Kontinuální proces zlepšování**

Nikdy nekončící zlepšování výrobních i nevýrobních procesů je základním stavebním kamenem metodologie Six Sigma. Organizace, které se rozhodnou přistoupit na systém Six Sigma své zlepšování nikdy nezastavují. Záleží pouze na prioritách a oblastech, které se v rámci zlepšování firma věnuje. Jestliže dokončí zlepšování v jedné oblasti, přesouvají prioritu na oblast další. Cílem je dostat se co nejbližší optimálnímu levelu a optimální přesnosti 99,99966 % pro všechny procesy v rámci organizace. [2]

## **Odchytky**

Jednou z cest ke kontinuálnímu procesu zlepšování je zmenšování a odstraňování odchylek v procesu. I sebelépe navržený proces obsahuje určité procento odchylek. Pro správnou optimalizaci procesu je potřeba je identifikovat a provést kroky k jejich maximální eliminaci. Existují odchylky standartní a speciální. Standartní odchylku lze snadno regulovat a procesy jsou i přes její výskyt stále stabilní. Pro pochopení si lze uvést příklad. Pokud napíšeme několikrát na papír stejné písmeno, například a, pokaždé bude vypadat trochu jinak, avšak vždy bude jasné, o jaké písmeno se jedná. [2] Pro odstranění této chyby si lze vytvořit například šablonu. Poté už budou písmena téměř totožná. Oproti tomu odchylky speciální jsou ty, které nelze predikovat a mohou nastat v případě, že dojde k nesprávně identifikaci proměnlivých faktorů, ovlivňujících proces. Mezi tyto faktory lze zařadit například včasnost dodání materiálu nebo změny v zadání požadavku zákazníka. [2]

## **Odstranění plýtvání**

Klíčem k odstranění plýtvání je najít co nejjednodušší cestu k výstupu odstraněním všech nepotřebných operací v průběhu procesu. K dosažení tohoto cíle je nutné podrobně analyzovat, jak celý proces funguje. Nejčastější změnou pro odstranění plýtvání je snížení výrobních časů, snížení možností pro vznik defektů nebo snížení celkových nákladů. Níže bude tato problematika probírána podrobněji v souvislosti s Lean Managementem.

## **Vybavenost zaměstnanců**

Zavedení zlepšení v procesu je pouze dočasné, pokud nedojde k proškolení a vybavení zaměstnanců pomůckami ke kontrole a udržování daných zlepšení. Ve většině firem probíhá optimalizační proces ve dvou fázích. Nejdříve tým analytiků a projektových manažerů definuje plán a následná zlepšení, následně dojde k implementaci nově navržených úprav, vybavení a proškolení zaměstnanců, kteří s tímto procesem přichází denně do styku tak, aby byla zajištěna jeho průběžná kontrola a stabilita. [2, 5]

## **Kontrola procesu**

Jak již bylo zmíněno výše, nejde jen o samotné definování chyb, nalezení řešení a jeho implementaci do výroby. Důležitou součástí všech předchozích kroků je důsledná kontrola a udržování stability daného procesu. Pro tyto účely existuje v metodologii Six sigma celá řada nástrojů, přičemž mezi nejdůležitější můžeme zařadit regulační diagramy, kontrolní tabulky a záznamové archy, bodové diagramy, histogramy nebo Paretovu analýzu. Celý proces kontroly bude podrobněji popsán níže u metody DMAIC. [3,5]

### 1.1.3 Rozdělení úrovní Six sigma

Zisk certifikace Six sigma dokazuje určitý stupeň vědomostí zaškoleného pracovníka z daného odvětví. Existuje několik stupňů certifikace. Pro zřetelnost jsou rozděleny podobně jako v karate, pomocí pásků do jednotlivých úrovní. Stupně jsou podle barev seřazeny následovně: [2, 3]

#### **White belt (Bílý pás)**

Do této kategorie lze zařadit pracovníky se základním povědomím o metodologii, kteří nejsou součástí týmů účastnících se na zlepšování procesů. Tato úroveň je vhodná pro lepší porozumění a seznámení se postupy lean six sigma. Slouží pracovníkům k pochopení průběhu jednotlivých procesů v průběhu zlepšování. Propojuje tak procesní týmy s běžnými pracovníky, kteří do týmu zařazení nejsou. Tato úroveň zaškolení není nějak zvlášť nákladná, jelikož zahrnuje pouze základní informace o průběhu a významu metody. [2]

#### **Yellow Belt (Žlutý pás)**

Žlutý pás je stále považován za základní úroveň konceptu Six Sigma, avšak obsahuje i základní povědomí o metodě DMAIC, hojně využívané pro zlepšování procesů ve výrobních podnicích. Do této úrovně proškolení můžeme zařadit znalost:

- Rolí v Six Sigma
- Základních nástrojů jako je například Paretův diagram, histogramy, diagramy rozptylů, vývojové diagramy a podobně.
- Základních metrik Six Sigma
- Měření a analýzy
- Sběru dat
- Testování hypotéz

Držitel certifikace Yellow belt by měl znát celkovou metodologii a základy sběru dat a testu hypotéz. Není potřeba testy hypotéz vyhodnocovat, spíše porozumět celému procesu a důvodům implementace zlepšení. [2, 3, 5, 11]

#### **Green belt (Zelený pás)**

Tato úroveň zahrnuje práci v týmech, obvykle za dozoru black beltu (držitele černého pásu). Green belt má již možnost řídit samostatně menší projekty, ovládá pokročile statistické analýzy procesů, využívá a aplikuje společně s black beltem nástroje metodologie Six Sigma. Mezi držitele green beltu můžeme zařadit střední manažery, obchodní analytiky, projektové manažery, a další pozice, které mají oprávnění účastnit se zlepšovacích procesů, avšak nejsou úplnými experty Six Sigma napříč organizací.

Nejčastěji do této úrovně patří znalost [2, 3, 5]:

- Všech oblastí zmíněných v úrovni Yellow belt
- Projektového management a řízení týmu
- Statistických rozdělení
- Regulačních diagramů
- Eliminace odpadů a Kaizen
- Využívání základních testů hypotéz

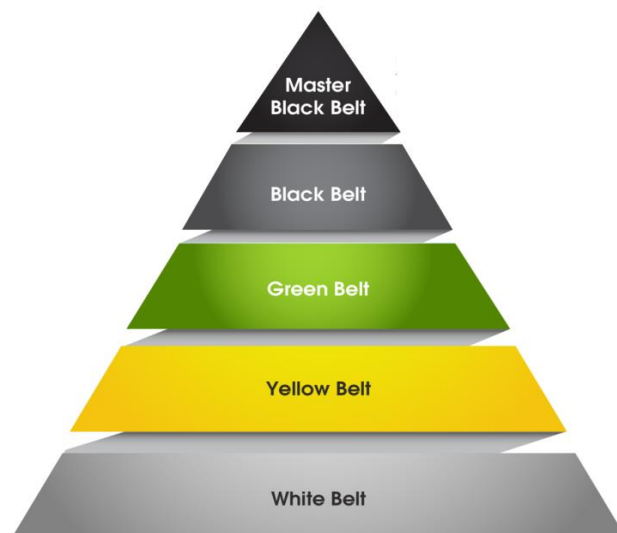
## Black belt (Černý pás)

Další úroveň v hierarchii Six Sigma je tzv. Black belt. Držitel tohoto stupně proškolení bývá zpravidla projektovým lídrem v oblasti zlepšování procesů. Pracují však také na řízení, analýze a plánování napříč společnostmi. Mezi obecné minimum v této úrovni patří [2, 3, 5]:

- Znalost všech oblastí Yellow a Green belt
- Pokročilá znalost v oblasti team managementu a projektového managementu
- Odborná znalost pokročilých statistických metod
- Porozumění zlepšování procesů a programům kvality, zahrnuje Lean Management a TQM
- Znalost statistických programů Excel, Minitab

## Master Black belt (Mistr mezi černými pásy)

Poslední a zároveň nejvyšší úroveň Six Sigma je Master Black Belt. Držitel této úrovně bývá často školitelem všech předchozích stupňů. Hledá příležitosti ke zlepšení, řídí a konzultuje složitější projekty s úrovněmi pod sebou. [2, 3]



Obr. 3 Hierarchie pásů Six Sigma [11]

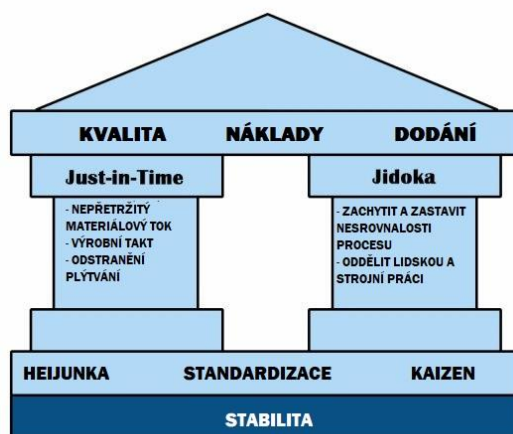
## 1.2 LEAN MANAGEMENT

Počátky této metody jsou poněkud starší než u předchozí zmíněné metody Six Sigma. Počátky můžeme nalézt v období hromadné výroby Henryho Forda kolem roku 1910 [1]. Ford vybudoval svůj podnik na snaze vyrobit co nejlevnější automobily pro všechny. Chtěl proto vyrábět co nejvíce za co nejkratší časy. Jeho proslulé myšlenky ovlivnili velkou spoustu dalších pokračovatelů. Jednou ze základních myšlenek a podkladů pro pásovou výrobu je výrok: „Nic na světě není tak těžké, rozdělíte-li si to na malé práce.“ Věděl také, že klíčem k úspěchu jsou motivovaní a schopní zaměstnanci, proto bylo jeho hlavní myšlenkou probouzet ve svých zaměstnancích nadšení pro práci a tím v jejich hlavách prosadit svou vizi. Stejně tak dobře věděl, že důležitým faktorem je zákazník, který si může vybrat jakýkoliv typ či barvu automobilu a položil tak základní otázku neustálému přizpůsobování se zákazníkům a pružně měnícího se výrobního procesu [1,11].

Dalším podnikem určujícím vývoj Lean Managementu v historii je automobilka Toyota, jejíž TPS, neboli Toyota Production System je základním stavebním kamenem Leanu jak ho známe dnes.

Nejstarší částí výrobního systému je koncept Jidoka, vytvořený v roce 1902. Jidoka je koncept, založený na kvalitě a možnosti omezit sledování stroje člověkem. Sakichi Toyoda vynalezl tkalcovský stav, který se automaticky zastavil pokaždé, když bylo vlákno porušené. Tento vynález umožnil omezit chyby ve výrobě. Později tento stroj ještě zdokonalil a následně prodal. Z těchto finančních prostředků byl pak položen základ automobilky Toyota. [12, 13]

Druhým pilířem TPS je systém Just-in-Time. Hlavní myšlenkou je omezení skladovacích a dopravních nákladů přesnou a dokonalou organizací procesních toků ve výrobě. Po založení neměla automobilka příliš mnoho finančních prostředků, nemohla si proto dovolit jimi plýtvat. Vše muselo být vyráběno na čas, ani příliš pozdě ani brzy. Ze všech těchto poznatků se později vyvinuly pojmy jako kanban, standardizovaná práce, takt linky a další základní pojmy metodologie Lean managementu. [12, 14]



Obr. 4 Grafické znázornění TPS [15]

### 1.2.1 Plýtvání

Zatímco Six Sigma je metodologie spjatá se statistikou, Lean management je úzce spojen s odpadem a s ním souvisejícím plýtváním. Plýtvání nás často stojí velké výrobní náklady, ať už skrze přebytečný čas, práci, nebo materiál ve výrobním procesu. Obecně je pro nás odpad něco, co je sice součástí procesu, avšak není na jeho výstupu a nepřináší hodnotu uspokojení zákazníka. [2, 16]

Japonci pojem plýtvání označují Muda. Jejich koncept 7 Muda poté označuje sedm druhů plýtvání, které je potřeba identifikovat a odstranit pro dosažení plynulého chodu společnosti. Plýtvání můžeme podle inženýra Toyoty, Taiicha Ohna, rozdělit na těchto sedm druh (často se můžeme v literatuře setkat s akronymem TIM WOOD, podle počátečních písmen anglických názvů): [2, 16, 17]

### Transport (Přeprava)

Přeprava je nutná součástí procesu, která však nepřidává přidanou hodnotu. Procesy by měly být umístěny co nejbližší u sebe, aby byl materiálový tok co nejefektivnější a bez větších prostojů. Přebytečná přeprava bývá často způsobena špatným rozvržením výrobní haly a výrobních linek, špatným navržením výrobní dávky a s tím spojenou nutnou přepravou

přebytků, nebo v druhém případě následné doplňování chybějícího materiálu. [19]. Velkou roli také hraje nakupování. Tato chyba však nesouvisí pouze s plýtváním v případě dopravy, ale také se zásobami a přebytečnou produkcí. [3] Mezi plýtvání dopravou lze zařadit i digitální přepravu informací a dat. Tato část plýtvání je však obtížněji identifikovatelná. Pro nalezení plýtvání fyzické přepravy materiálu slouží nástroje jako například Špagetový diagram, mapováním hodnotového toku (Value Stream Mapping), mapování procesního toku a další. [2]

### **Inventory (Zásoby)**

S přibývajícím množstvím zásob roste také počet potřebných jednotek ať už práce či plochy. Přebytek zásob může vzniknout například v případě špatného předpovězení vývoje trhu, chyb plánování, nebo v případě problémů s přepravou k zákazníkovi. [3, 19] Problém se zásobami může také nastat v případě tzv. úzkého hrdla procesu. Úzké hrdlo označuje tu část procesu, která je nejpomalejší. V případě že je na lince tento proces zařazen po rychlejších procesech dochází k tvorbě zásob. Tento problém pak nastává především u procesů pracujících s výrobní dávkou. Hlavním pravidlem lean managementu tak je odstranit takto probíhající procesy. Zkracování výrobních dávek má za následek zkrácení průběžné doby výroby a tím zvýšení celkové efektivity celého procesu. Jedním z nástrojů vedoucím k odstranění tvorby zásob u jednotlivých výrobních kroků je tok jednoho kusu neboli One Piece Flow. [2]

### **Motion (Pohyby)**

Plýtvání pohyby souvisí především se zaměstnanci. Týká se především ergonomie a každodenních činností, mezi které patří chůze, zvedání podávání, ohýbání. K odstranění tohoto druhu plýtvání je potřeba odstranit všechny tyto nadbytečné pohyby. [20] Jednou možností, jak tyto pohyby odstranit, je například 5 S. Tato metoda slouží k vytvoření přehledného jednoduchého a čistého pracoviště. Usnadněním a vyklizením pracovního místa lze eliminovat riziko úrazu a zrychlit činnosti pracovníků. [19]

### **Waiting (Čekání)**

Čas je limitujícím faktorem každé výroby. Tento druh plýtvání je nejjednodušší na identifikaci. Nastává v případě špatné koordinace vzájemně navazujících procesů, neočekávaných poruch nástrojů nebo strojů, operátoři pracují příliš rychle nebo příliš pomalu apod. [3] Nejčastějšími nástroji k odstranění čekání je například pravidelná údržba, vybalancování linky, případně odstranění přebytečných přeprav materiálu.

### **Overproduction (Nadbytečná výroba)**

Nadbytečná výroba je často spojována se stavem zásob. Pokud se výrobků vyrobí přebytek, je potřeba někde jej uchovávat, někam přepravovat apod. Při zbytečně velkém množství zásob je tak celý proces zpomalen a výrobní plocha zbytečně zahlcena. [3] Nadprodukce může být způsobena například špatným nastavením výrobních dávek, špatným plánováním, nebo špatnou komunikací během pružných úprav poptávek zákazníka [19]

Výrobní firmy se často dopouštějí té chyby, že vyrábí přebytečný materiál do zásoby, pro jistotu, kdyby se něco pokazilo. Takže je reálně materiál vyroben dříve, než ho zákazník poptává a zvyšují se tak náklady na skladování a čas na přípravu produkce. [20] Pro demonstraci nevhodného používání nadprodukce se dokonale hodí příklad reklamních tištěných materiálů. Při větší produkci vychází tisk levněji, To znamená, že pokud se vyrobí větší množství existuje několik možností, jak s nimi naložit. V případě, že dojde k chybě v plánování a podklady nejsou potřeba, je možné je vyhodit, avšak pokud se management rozhodne jej v budoucnu využít,

dochází k uskladnění, což už znamená proces navíc. V případě potřeby poté ještě následuje proces hledání a vyskladňování. Vzniká potom riziko, že se některé podklady ztratí a budou se stejně muset dotisknout. [21] Proto je mnohem výhodnější vyrábět právě takové množství, které v danou chvíli zákazník požaduje. To je hlavním principem metody just in time.

### Over-processing (Nadbytečné zpracování)

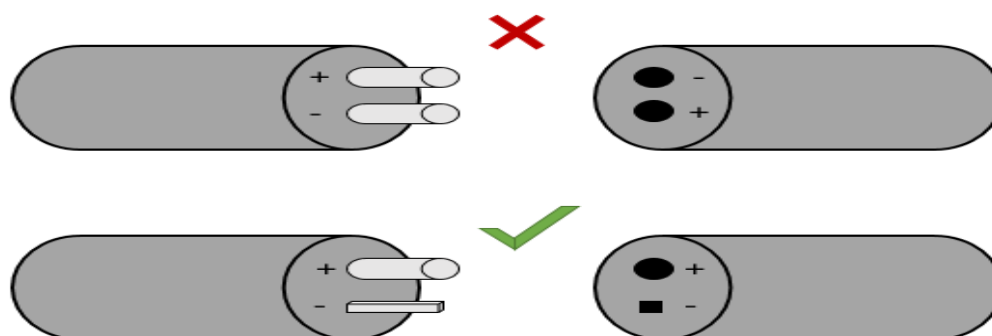
Zahrnuje procesy, které nejsou potřeba k dokončení zakázky z pohledu zákazníka. Příkladem může být proces výroby produktu o více krocích. Jestliže operátor v prvním kroku udělá chybu, může být odhalena až v průběhu výrobního procesu. V takovém případě pak nastává proces oprav, který by při správném postupu nevznikl. [3] Dalším případem přebytečných procesů výroby může být práce, která nemá z pohledu zákazníka přidanou hodnotu. Například barvení součástí, které u produktu nejsou vidět nebo zbytečně přesné nefunkční rozměry. [1] Klíčem k odstranění tohoto druhu plýtvání je jasná komunikace zákaznických potřeb a identifikace procesů, které tvoří hodnotu. Vhodným nástrojem pro identifikaci tohoto plýtvání je vytvoření hodnotového toku výrobního procesu.

### Defects (Chyby)

Chyby jsou nedílnou součástí procesu, přestože se je snažíme v co největší míře odstranit. Může se jednat jak o chyby v komunikaci, například špatně objednaný materiál od dodavatele, nebo chyba v komunikaci mezi jednotlivými odděleními, tak o chyby výrobní, tedy špatně vyrobené kusy. Vadné nebo také neshodné kusy jsou ty, které se neshodují se zavedeným standardem. Pokud je takový kus zachycen v průběhu výroby a lze jej ještě dodatečně opravit, nastává proces přepracování. Tato operace je přebytečná, a tudíž znázorňuje další plýtvání. V horším případě, tedy jestliže výrobek již opravit nelze, je potřeba jej vyřadit. Nepřicházíme tedy pouze o čas nýbrž o celý výrobek. [23,24]

Co může způsobit vadné kusy ve výrobě? Mezi faktory, které ovlivňují kvalitu výrobku můžeme například zařadit nepochopení potřeby zákazníka, špatně objednaný nebo dodaný nekvalitní materiál, chyby operátorů vlivem špatných instrukcí a nedostatečného proškolení, nevhodný design produktu, špatně nastavené procesy a nepřítliš dobře naplánované pravidelné seřízení strojů. [3]

Existuje spousta postupů, jak se chybám ve výrobním či nevýrobním procesu vyhnout. Jedním z nich může být například Jidoka. Nástroj sloužící k zastavení výroby v případě, že dojde k výrobě vadného kusu, který se tak tak nedostane k zákazníkovi. Dalším nástrojem může být také PokaYoke, což je nástroj sloužící k zabránění neúmyslné chyby výroby. Přípravky a součástky jsou jednoduše vyrobeny tak, aby je nebylo možné například našroubovat jiným způsobem, než je požadováno. [19] [25].



Obr. 5 Příklad využití Poka-Yoke [26]

### 1.3 Metody Lean Six Sigma

Výše zmíněné metody Six Sigma a Lean mají sice na některé věci odlišný pohled, avšak v mnoha věcech se překrývají. Proto postupem času došlo k jejich sloučení a vzniku Lean Six Sigma, metodologii mnohem komplexnější a aplikačně flexibilnější. Výhodou tohoto sloučení je možnost obsáhnout široké pole aplikačních nástrojů a metod, jak z hlediska plýtvání a cyklického zlepšování, tak z hlediska kvalitativního, analytického a statistického. V krajním případě lze použít pouze metod Lean, nebo pouze Six Sigma, protože obě dvě mohou fungovat samostatně.[1]

#### 1.3.1 DMAIC a DMADV cyklus

Zásadní a společnou metodou jak Six Sigma, tak Lean metodologie je cyklus DMAIC. Tento proces je základním stavebním kamenem i mnoha různých dalších metod Lean Six Sigma, jelikož rozděluje tyto podle využití. Na počátku stojí Demingův PDCA cyklus (Plan, Do, Check, Act), jehož zdokonalením vznikl právě zmíněný DMAIC. [27] Jedná se o komplexní systematický přístup k projektu, jehož hlavní náplní je identifikace kritických vstupních hodnot, které vytváří problém, jejich ověření, následný výběr vhodných řešení a vytvoření plánu pro kontrolu a udržení zlepšeného stavu. Název cyklu vzniká ze zkratk počátečních písmen anglických ekvivalentů definovat, měřit, zlepšovat a kontrolovat. [2]

- Define (Definovat) – cílem je vybrat vhodný projekt a definovat problém, zejména z pohledu požadavku zákazníka
- Measure (Měřit) – cílem je shromážďování měřitelných dat a kvantifikace problému
- Analyze (Analyzovat) – cílem je analýza příčin problémů
- Improve (Zlepšovat) – nejdůležitější část celého cyklu spočívající ve výběru akcí nutných ke snížení či úplnému odstranění současných problémů a jejich implementaci do výrobního procesu.
- Control (Kontrolovat) – poslední fáze procesu nutná pro dodržování a správné fungování zavedených změn v procesech. [3]



Obr. 6 Grafické znázornění DMAIC cyklu [28]

V některých případech může vybraný tým zabývající se procesem zlepšování narazit na problém, který vyžaduje kompletní změnu designu projektu. V tomto případě se využívá DMADV cyklus, tedy definovat, měřit, analyzovat, navrhovat a ověřit. [3] Ve většině případů však pověřený tým dopředu ví, kterým cyklem se bude zabývat. V další části budou podrobně rozebrány pouze kroky DMAIC cyklu.

- **Fáze Definovat**

Jak již bylo zmíněno výše, fáze definovat se zabývá hlavně identifikací problému a definováním požadovaných kroků a cílů pro úspěšné dokončení projektu. Tyto cíle každého zlepšovacího procesu mohou být zapříčiněny požadavkem zákazníka, za účelem uspokojení jeho potřeb, nebo vedení, za účelem snížení nákladů, ušetření výrobního prostoru atd. [2] Klíčovými faktory jsou zejména naplánování rozsahu projektu, zřejmé a jasné definování současného stavu procesu, všech jeho účastníků a výběr a organizační struktura členů týmu, který se bude zlepšováním zabývat. [29] Pro počáteční definování celého procesu a pro lepší pochopení problému všech účastníků projektu se nejčastěji používají procesní mapy, diagramy procesních toků, paretův diagram a další nástroje, které nám umožní dokonale definovat a popsat proces všem zúčastněným. [1, 29] Tato fáze může však také být konečnou pro mnohé projekty, u kterých může dojít ke zjištění, že je problém buďto zanedbatelný, nebo velmi komplikovaný a nevyplatí se do něj investovat čas ani peníze, či jiné zdroje. [30]

- **Fáze Měřit**

Fáze měření spočívá ve sběru dat. Prvním krokem je nejčastěji definování současného stavu a s ním souvisejícími daty. Mezi významně používané ukazatele a měřené hodnoty řadíme sestavení procesního toku, výrobní časy jednotlivých operací, tvorbu vývojového diagramu, průběžnou dobu výroby, hodinové výstupy linky apod. Podstatnou částí této fáze je správně nasbíraná data zpracovat a interpretovat zbytku týmu, který na projektu spolupracuje, zejména pak členům, kteří se budou zabývat jejich analýzou. Jestliže podnik nemá dopředu definované nástroje, systém sběru a jejich zpracování, může být tato část významně komplikovanější. Nejdůležitější je tedy sbírat taková data, která zobrazují relevantní informaci vedoucí k cílovým úkolům celého zlepšovacího cyklu. [2,31]

- **Fáze Analyzovat**

Tato část cyklu se zabývá objasněním kořenové příčiny řešeného problému. Příčina vniklých problémů je na základě vhodně zvolených ověřena a jsou stanoveny závislosti vstupních a výstupních hodnot. [29] Tým je zaměřen především na vyhodnocování vhodně naměřených dat a rozbor procesních map, charakterizujících povahu a rozsah řešeného problému. [31] Klíčovými kroky pro provedení analýz jsou definování výkonnostních cílů, identifikace procesu s přidanou hodnotou a procesů bez přidané hodnoty, identifikace druhu chyb a jejich zdrojů a vymezení kořenové příčiny problému.

Každá fáze by měla začít důkladnou analýzou procesní mapy. Procesní mapa je nástroj, který vizuálně popisuje systém a sled pracovních činností ve výrobním procesu. Hlavním cílem analýzy procesního toku je zefektivnění celého výrobního cyklu, pomáhá nalézt úzká hrdla v procesu, opakované úkony a prostoje. Taktéž nám umožňuje definovat hranice procesu, jeho vlastníka, a všechny povinnosti a závazky s procesem související. Mezi nástroje pro tvorbu procesní mapy lze zařadit Brainstorming, PDCA cyklus, FMEA analýzu,

diagram rybí kosti nebo SIPOC diagram. Kromě rozboru procesní mapy se provádí také grafické analýzy, sloužící k lepšímu zobrazení naměřených dat, a statistické analýzy. Mezi hlavní benefity statistických analýz patří možnost predikovat budoucí stav na základě dat z minulosti. Mezi hlavní statistické nástroje patří regresní analýza, testy hypotéz, testy významnosti, test ANOVA, Chí Kvadrát a další. [32,33]

- **Fáze Zlepšování**

S analýzami je velmi úzce spojené zlepšování. Myšlenky, které se začaly vytvářet při analýzách se dále rozvíjí. Důležitou součástí je také zapojit lidi, kteří jsou v procesu zahrnuti na denní bázi. Jejich poznatky totiž znamenají velké procento možných zlepšení, na které by vybraný projektový tým sám nepřišel. Důležité je žádné myšlenky dopředu nezavrhnout. I na první pohled zanedbatelné změny parametrů mohou vést k lepším a dokonalejším řešením. Pro výběr vhodného řešení problému a eliminaci návrhů se hodí například Impact Effort matice. Nástroj, který umožňuje seřadit návrhy podle úrovně úsilí, které je na jejich splnění potřeba vynaložit a úrovně užítku, který z jeho uskutečnění vyplyne. Dalšími vhodnými metodami pro tuto část cyklu mohou být 5S, Poka-Yoke, vizualizace, simulační programy apod. [34, 35]

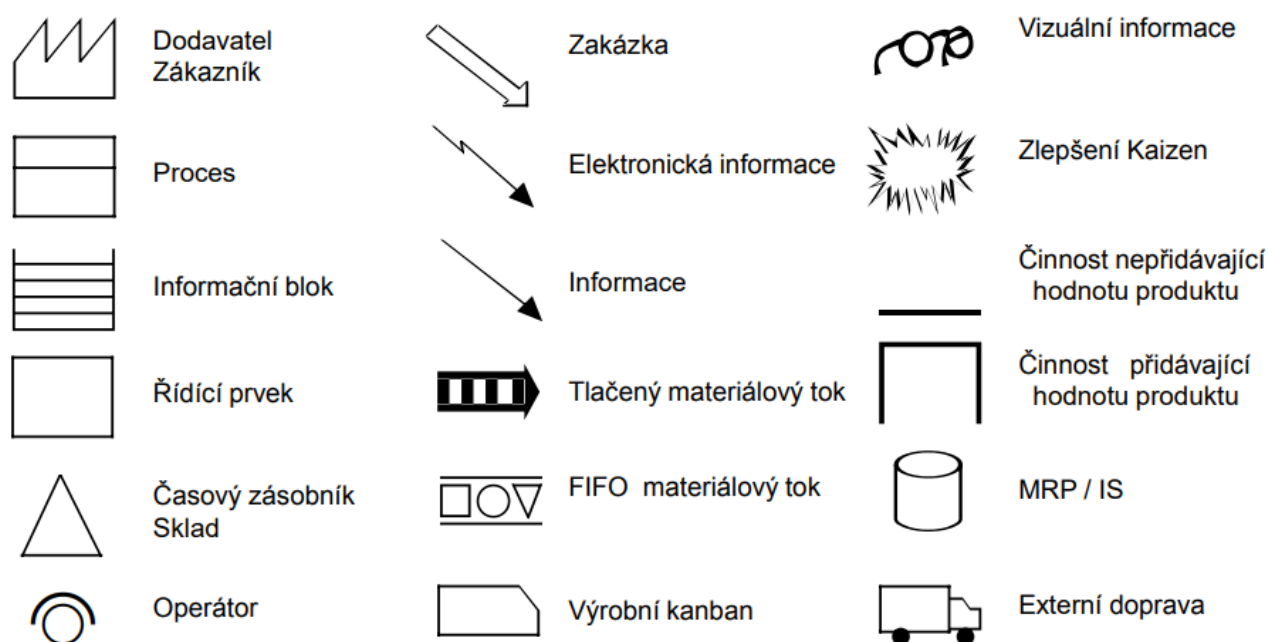
Po vybrání vhodného řešení problému je potřeba jej implementovat do výrobního procesu. Což vyžaduje plánování, zaučení pracovníků, změnu dokumentace, a nakonec zavedení změn. Pokud je proces složitější, využívá se akční plán, který stanovuje jednotlivé kroky zavedení změn. Po samotném zavedení těchto změn je poté důležité provést měření pro kontrolu, jestli je zavedený nový proces efektivnější. Jakmile je viditelné měřitelné zlepšení, je proces zlepšování u konce a navazuje kontrola. [35]

- **Fáze Kontrolovat**

Základem kontrolní fáze je ověřování dodržování nově zavedených změn. Je potřeba dohlédnout na to, aby se každý účastník procesu dobře adaptoval na změnu. Úlohou kontrolní fáze je také ověření, že jsou ke změnám zpracovány všechny instrukce a dokumenty s nově navrženým procesem spojené, aby nedošlo k návratu k předchozí variantě. Vhodné je také vytvoření zpětné vazby a pravidelné kontroly pro lepší monitoring nově nastaveného procesu. [1]

### 1.3.2 Mapování hodnotového toku (Value Stream Mapping)

Další hodně využívanou metodou je mapování hodnotového toku neboli Value Stream mapping (VSM). VSM je nástroj, umožňující vytvořit detailní vizualizaci všech kroků ve výrobním procesu. Spadají sem jak procesy s přidanou hodnotou, bez přidané hodnoty, tak tzv. nutné procesy bez přidané hodnoty. Jedná se o grafické znázornění toku materiálu od dodavatele až k zákazníkovi skrz celou organizaci a veškeré výrobní procesy. VSM je jakousi vstupní analýzou, která nám dává možnosti nahlédnout na celý proces komplexně a lépe tak diagnostikovat faktory, jako jsou např. rozpracovaná výroba (WIP), průběžná doba výroby (LT), index činností přidávajících hodnotu (VA index), plýtvání a úzká místa výrobní linky. Cílem je najít co nejvíce možností ke změně stávajícího procesu, redukci zásob, zkrácení průběžné doby výroby a tím zvýšení výstupů. [36,37] VSM nám také umožňuje rychlejší a lepší pochopení v rámci teamu, odbourává komunikační bariéry díky jasné a intuitivní symbolice. [2]



Obr. 7 Symboly VSM [37]

Tento nástroj je jedním z mála, které skutečně zachycují celý procesní tok a vše co se v procesu nachází. Na základě hodnotového toku můžeme vyhodnotit informace týkající se všech sedmi hlavních toků VSM, mezi něž patří:

- **Lidé** – Popisuje standardizované pracoviště, výrobní čas operátora a všechny jeho úkony a pohyby během výrobního procesu.
- **Vstupní materiál** – Jakým způsobem je dopravován materiál na výrobní linku? Jaké jsou využity přepravní prostředky? Jaká je velikost palet a jejich lokace? Dává nám ucelený obraz o tom, jakým způsobem je materiál dopravován ze skladu do výrobního procesu, jaká je velikost palet a kde jsou umístěny.
- **Rozpracovaná výroba (WIP)**
- **Hotové výrobky**
- **Strojní vybavení** – Popisuje výrobní čas stroje, plán jeho údržby a veškeré úkony nutné pro jeho nastavení a obsluhu.
- **Informace** – Zabývá se typem informací, které je potřeba zapisovat nebo sdílet a způsobem jakým se dostávají k odpovědným osobám
- **Technika** – Zabývá se otázkami typu, jaké nástroje jsou potřeba pro správné dodržování výrobního procesu, jak jsou zajišťovány kontroly procesu a kontroly kvality apod. [2, 38]

Tvorbu mapy hodnotového toku lze rozdělit do 4 hlavních fází:

- **Příprava**

Prvním krokem při mapování je příprava. Zásadní bod pro budoucí úspěšné implementování nových zlepšení. Zahrnuje zmapování celého procesu. Před nánkresem hodnotové mapy bychom měli proces důkladně znát. Definovat si rozsah našeho zkoumání a cíl, kterého chceme pomocí mapy dosáhnout. Důležité je také definovat si produkt, pro který bude mapa tvořena. [39]

- **Hodnotová mapa současného stavu**

Na počátku zlepšování stojí současný stav procesu. Mapa tohoto stavu nám umožňuje najít úzká místa a odhalit plýtvání či jiné nedostatky a odstranit je. Zkreslení vyžaduje znalost produktu a jeho procesní tok. Následně je důležité nasbírat co největší objem relevantních dat k danému procesu. Jedině tak získáme dobrý podklad pro následné úspěšné změny. Při tvorbě mapy současného stavu je dobré začít od nejběžnějších procesů a postupovat od koncového zákazníka postupně k dodavateli. Následně pak postupně přidávat vnější činitele procesu, včetně zásobování a logistiky, nasbíraná data pod každý proces, značení zásobování procesu, kanbanů a regálů, řízení výroby a jednotlivé šipky pro tok informací, a nakonec časovou osu, rozdělenou na čas s přidanou hodnotou a bez ní. Výstupem je VA index, tedy poměr času bez přidané hodnoty a času s přidanou hodnotou. [2, 39]

- **Hodnotová mapa budoucího stavu**

Jakmile máme zkreslen současný stav a určen cíl, kterým se chceme v průběhu zlepšování zabývat, je pro nás dalším krokem nakreslení nové hodnotové mapy budoucího stavu. Po analýze nasbíraných dat je možné pomocí nástrojů Lean Six Sigma identifikovat příčinu problémových částí procesu, věnovat pozornost jejich zlepšením a odstranit plýtvání. Důležité je ověřit realizovatelnost nově navrženého toku a splnění požadovaného zákaznického taktu. [2,39]

- **Plánování a implementace**

Posledním krokem je sepsání akčního plánu pro implementaci nově navržených zlepšení. Akční plán je dobré rozdělit na logicky navazující kroky dle složitosti a určit odpovědné osoby za jejich splnění. Také by měl obsahovat kontrolní body a předem stanovený čas na jejich splnění. [2,39]

### 1.3.3 One Piece Flow

Metoda One Piece Flow, nebo také v češtině tok jednoho kusu, spočívá v tom, že výrobek prochází krok po kroku všemi operacemi bez rozpracované výroby mezi jednotlivými kroky. Oproti této metodě pak stojí dávková výroba, kde se vyrábí velké množství výrobku, které se pak hromadně posouvají na další operace. One Piece Flow se často kombinuje s buňkovým uspořádáním pracoviště, kde jsou všechny potřebné nástroje rozmístěny systematicky tak, jak budou používány v průběhu procesu. Cílem je zaměřit se spíše na výrobní proces než na čekání, přepravu a skladování dávek, zvýšit efektivitu a snížit plýtvání s ním spojené. [40,41,42]

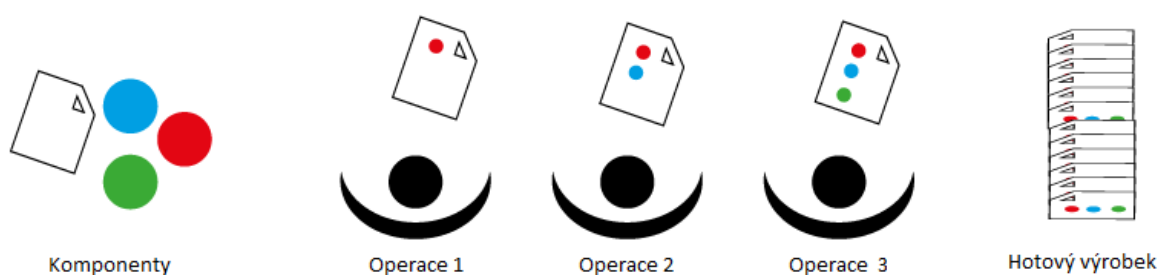
Pro správnou implementaci je potřeba si ujasnit, jak na sebe dané kroky navazují. V dávkové výrobě se výrobky přesouvají mezi jednotlivými operacemi v dávkách a každý proces je řízen nezávisle podle plánu. Mezi jednotlivými kroky je tak pouze malé propojení, což vede ke vzniku následujících problémů:

- Velké množství neshodných kusů vlivem velikosti výrobní dávky a rozpracované výroby (než dojde k identifikaci vady vyrobí se velký počet kusů)
- Dlouhé výrobní časy
- Zpožděné dodání vlivem velkého množství přeprav a čekání
- V případě změn data dodání vznik velkého množství rozpracované výroby a zásob [42]

Jestliže však přejdeme na tok jednoho kusu, jsme schopni tyto problémy odstranit. Implementace však vyžaduje splnění několika podmínek.

- Proces by měl být schopný trvale produkovat správně vyrobené kusy. Pokud je chybový, není vhodné tuto metodu implementovat.
- Procesní časy by měli být opakovatelné s co možná nejmenší variabilitou.
- Veškerá vybavení a stroje musí stále v provozu, snadno dostupná a funkční. Nemělo by docházet k velkým prostojům
- Proces je možno přizpůsobit v závislosti na taktu a poptávky zákazníka

Pokud nebudou splněny tyto podmínky, je nutné do procesu zařadit určité minimální procento rozpracované výroby, například formou gravitačních dopravníků pro určitý počet rozpracovaných kusů. [42]



Obr. 8 Schéma One Piece Flow [43]

Implementace této metody se může na první pohled zdát velmi složitá. Vyžaduje ve většině případů velké změny, a to jak ve výrobním procesu, tak v myšlení operátorů. Přináší však řadu nesporných výhod. Pro názornost je část z nich sepsána níže:

- **Zvyšuje bezpečnost**

Díky odstranění výrobních dávek dojde k odstranění velkých těžkých palet a omezí se tak možnost úrazů při manipulaci s nimi. Umožňuje také omezit přebytečné velké manipulační zařízení a tím přispět k celkově bezpečnějšímu místu na pracovišti. [44,45]

- **Zvyšuje kvalitu**

Jestliže vyrábíme pouze jeden kus v určitý čas, je daleko snazší detekovat špatně vyrobené kusy hned na následující operaci a učinit okamžitá opatření. Jestliže je operace místem častého výskytu chyby, lze snadno umístit kontrolní bod na pozici následující. Taková místa bývají označena jako kritická. [46]

- **Zlepšuje flexibilitu**

Výroba jednoho kusu je výrazně rychlejší metodou než výroba dávková. Umožňuje nám tak lépe plánovat a pružně reagovat na změny ze strany zákazníka. [45]

- **Snižuje množství zásob**

Jak již bylo zmíněno výše, hlavním cílem této metody je odstranění všech druhů plýtvání. Důležité druhy plýtvání jsou rozpracovanost, zásoby a nadvýroba. Tyto aspekty se vlivem využití One Piece Flow omezují. [46,45]

- **Zlepšuje produktivitu**

S odstraněním plýtvání souvisí také nárůst produktivity. Pokud jsme schopni seskupit jednotlivé operace k sobě a omezit manipulaci a prostoje, získáváme produktivnější výrobní proces.

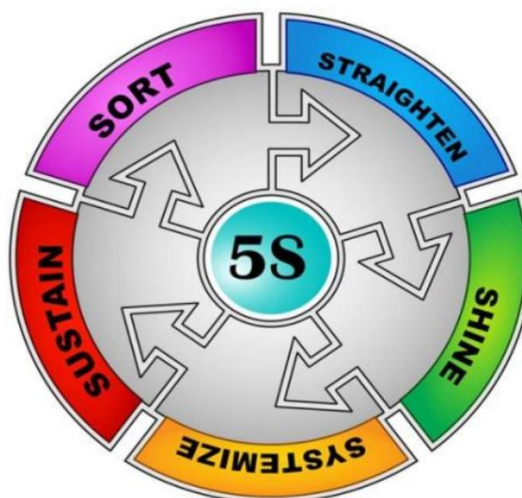
- **Uvolňuje prostor**

Se snížením množství zásob souvisí i uvolnění místa. Díky metodě One Piece Flow jsme schopni omezit WIP, zásoby, i množství vstupních a výstupních palet. Omezením manipulace mezi procesy tak snižujeme nutný výrobní prostor, který lze využít pro jiné účely. [45,46]

#### 1.3.4 5 S

Další hojně využívanou metodou je 5S, systematický přístup sloužící k organizaci pracovního místa. Tato technika vznikla v Japonsku, kde byla využívána jako podpora Just in Time výroby. Hlavním cílem každého podniku je konkurenceschopnost, pro jejíž dosažení je nutné vytvořit příznivé pracovní podmínky, které mohou pomoci zlepšit výkony a motivaci pracovníků. Výhodou správně organizovaného pracoviště je prevence vadných kusů, nehod, a eliminace plýtvání způsobeného hledáním nástrojů, dokumentace a jiných prvků výroby.

Výsledkem 5S je pracoviště, na kterém se nachází pouze předměty, které jsou opravdu potřebné, tedy mají přidanou hodnotu v procesu. Dále je výstupem definované rozmístění pracoviště, jasná a srozumitelná pravidla na pracovišti, zlepšení čistoty pracoviště, vlivem uspořádání také zvýšení bezpečnosti práce, a hlavně odstranění základních forem plýtvání. Nejde však pouze o vytvoření určitého standardu. Důležitou součástí je udržování takto nastavených pravidel. Každé pracoviště proto často disponuje přesnou vizualizací a zaznačením pracovních ploch, rozmístění nástrojů, přístupových cest apod. [47, 48, 49]



Obr. 9 Schéma 5S [47]

Samotná metodologie vznikla, jak již bylo výše zmíněno, v Japonsku a její název je založen na 5 charakteristických pilířích z japonštiny začínajících na S, jimiž jsou Seiri, Seiton,

Seiso, Seiketsu a Shitsuke. V angličtině jsou tato slova překládána jako Sort, Straighten, Shine, Standardize a Sustain. V češtině se pak překladem z angličtiny ujaly pojmy Vytrřidit, Systematicky uspořádat, Stále čistit, Standardizovat a Udržovat. [2, 49]

- **Seiri (Vytrřidit)**

První krok 5S začíná vytrřizením, tedy procesem odstranění všech nepotřebných předmětů z pracovního místa. Důležité je identifikovat předměty, které jsou na pracovišti nutné a jsou využívány na denní bázi, předměty, které jsou využívány například jednou za týden, jednou za měsíc, či dokonce již nejsou potřebné pro danou výrobu vlivem změny technologie a je možné je tedy úplně vyřadit z výrobního prostoru. Tuto klasifikaci by měl vždy provádět člověk, který má s procesem dostatek zkušeností. K určení frekvence využívání jednotlivých nástrojů lze využít tzv. Red tag karty, napomáhající identifikovat nástroje, materiál a stroje, které již nejsou ve výrobě potřebné. Pro příklad, ještě předtím, než se definitivně rozhodne, že určitý stroj již není pro výrobu potřeba, umístí se na stroj tato karta, vypíše se datum a čeká se, zdali je stroj v mezikase používán. Pokud tomu tak není, je možné jej odstranit. Po následné klasifikaci míry využívání daných nástrojů lze tyto nástroje lépe rozmístit na základě ergonomie pracoviště. Často využívané nástroje jsou umístěny v dostatečné blízkosti operátora, méně využívané potom ve skříních, regálech, nebo dokonce zaskladněny, pokud jsou využívány jen v určitých méně frekventovaných procesech. Pro jasné definování nástrojů na pracovišti se pak používají karty pracoviště, kde jsou všechny nástroje jasné uvedeny. Toto opatření slouží pro lepší organizaci předávání pracovního místa mezi jednotlivými směny. Operátor druhé směny tak jasné ví, jaké nástroje mu na pracovišti schází, či naopak přebývají. Tento krok 5S se však netýká pouze výrobních linek, ale také všech regálů, skříní, šuplíků i kancelářských prostor. [47, 48, 49, 50]



Obr. 10 Využití Red Tag karty [50]

- **Seiton (Systematicky uspořádat)**

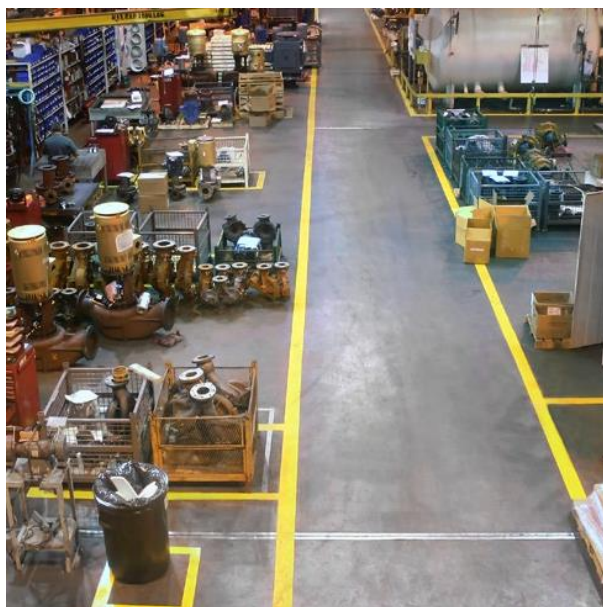
Po vytrřizení potřebných a nepotřebných věcí následuje jejich systematické uspořádání na pracovní ploše. Cílem je standardizovat pracoviště a najít udržitelnou formu rozmístění nástrojů strojů a materiálu. S pomocí předchozího kroku, kdy byla jasné definována frekventovanost využívání jednotlivých zařízení, hledáme, pokud možno nejefektivnější a ergonomicky nejvhodnější rozmístění. Existuje celá řada systémů, které nám mohou v této oblasti pomoci. Mezi nejčastěji využívané pomůcky pro uspořádání nástrojů na pracovišti se řadí Shadow Board, tabule sloužící pro vizualizaci nástrojů potřebných k výrobnímu procesu. Na tabuli je vyznačeno přesné umístění nástroje a jeho obrys, aby bylo zřetelné, jaký nástroj na danou pozici patří. Pro větší přehlednost se ještě na tabuli dodávají popisky. Další vhodnou pomůckou pro

vytřízení nástrojů je využití nástrojové pěny, zejména v šuplících a nástrojových vozících pro údržbu. Tato pěna je vhodná jak pro bezpečnou manipulaci s náradím, jelikož má vše pevně stanovené místo, tak pro vizuální kontrolu všech komponent, které do dané přihrádky patří. Nedílnou součástí je také označení štítky a cedulkami. Každý šuplík, krabice s materiálem, skříň, odpad, a další využívané prvky, by měly mít pro přehlednost jasně definované označení. [47, 48, 49, 50]



Obr. 11 Příklad Shadow Boardu a nástrojové pěny [50]

Kromě organizace vertikální, je také důležitá horizontální vizualizace. Tedy uspořádání podlahových prostor. Toto značení se provádí pomocí barvy nebo barevných pásek. Barva je sice na některá místa vhodnější, je odolnější, avšak je obtížnější změnit již namalované rozmístění. Oproti tomu barevná páska lze snadno odstranit změnit. Není však tolik odolná, často se ničí, strhává a nelze ji snadno aplikovat na nerovnoměrné a znečištěné povrchy. Značení se využívá pro vizuální označení uliček, zón s nutností ochranných pomůcek, drah pro zásobování, pracovního prostoru výrobních linek, rozmístění odpadů, rozpracované výroby, hotové výroby, vstupního a výstupního materiálu, nebezpečných míst apod. Pro značení jednotlivých oblastí jsou zavedeny barevná odlišení, které si však každá společnost určuje sama dle svých interních standardů. [49, 50]



Obr. 12 Příklad horizontálního značení [50]

Takto vyznačené pracoviště je následně převedeno do 2D podoby layoutu pomocí programů typu Autocad, DraftSight apod. Zde se poté dodržuje barevné značení a je tak přehledně a jasně daná výrobní plocha jednotlivých výrobních a nevýrobních prostor. Toto značení nám později může pomoci při tvorbě změn a přemístování jednotlivých stanovišť.

- **Seiso (Čistit)**

Po tom, co jsou všechny stroje, nástroje a materiál uspořádány a vše má ve výrobním prostoru své místo, je třeba zajistit čistotu. Cílem je udržovat pracoviště čisté, vrátet nástroje na svá místa a provádět pravidelnou údržbu strojů. Pokud bude tento krok proveden, vznikne čisté organizované pracoviště, což dokáže změnit náladu na pracovišti. Zároveň vlivem udržování čistoty snižujeme riziko úrazů, poruch strojů a zvyšujeme produktivitu za současného snížení nákladů. Procedura čištění je odpovědností každého v podniku, ať už se jedná o kancelářské pracovníky nebo operátory.

Každý by měl na svém pracovním místě udržovat čistotu. Na společné prostory a velké podlahové plochy většinou společnost využívá externí úklidové služby. Ostatní práci spojenou s úklidem však musí plnit zaměstnanci samotní. Pracoviště by po provedení 5S mělo být zdokumentováno a vzhled standardizován, aby bylo možné dosahovat stejných výsledků po delší časové období. Důležitá je také určit odpovědné osoby a provádět kontroly. Všechny osoby odpovědné za úklid by měli být proškoleny, obeznámeny s rozmístěním jednotlivých čistících a úklidových prostředků a seznámeny se značením a pravidly třídění odpadu. Každé pracovní místo by mělo být předáváno další směně ve stavu odpovídajícím standardu. Jedině tak dosáhneme čistého a efektivního pracoviště. [3, 50]

- **Seiketsu (Standardizovat)**

Čtvrtý pilíř metody 5S dohlíží zejména na dodržování předchozích tří zmíněných kroků. Tento krok je trochu odlišný. Vyžaduje jiný přístup než předchozí zmíněné procedury. Standardizací je myšlen rozdíl mezi sporadickým přístupem k organizaci místa na pracovišti a kontinuálním udržováním pracovního místa ve stejném stavu. Standardizace by měla fungovat formou denní rutiny. Jestliže nemáme pracovní místo či proces standardizován, znamená to, že existuje velká pravděpodobnost výskytu celé řady situací, které jsou v rozporu s předchozími kroky. Jedná se hlavně o neplánované akce, kdy je například paleta odložena na jiné místo ve výrobním prostoru, změna postupu informací apod. Každá taková akce, kdy je naše první myšlenka vytvoření dočasného řešení, je pohnutkou ničící všechny předchozí kroky 5 S. Standardizace tak slouží jako kontrolní nástroj zamezující kroku zpět do starého neorganizovaného systému. Důležitá pravidla, která je dobré dodržet pro udržení standardu jsou:

- **Ujistit se že každý zaměstnanec zná svou odpovědnost** – každý zaměstnanec by měl být se svými povinnostmi souvisejícími s 5S obeznámen. Denní úkoly by měli být sepsány formou kontrolního listu, který bude zaměstnanci dostupný.
- **Učinit standard denní rutinou** – důležité je správným trénováním dosáhnout automatizace daných činností, což poté vede ke zvýšení efektivity práce.
- **Pravidelně vyhodnocovat dodržování standardu** – jakmile je vše zavedené, je žádoucí zavést hodnocení v plánovaných intervalech tak, aby byla zaručena udržitelnost standardu. Kontrolu většinou provádí nezávislá pověřená osoba, která zaznamenává všechny skutečnosti neslučující se se standardem. Správné dodržení poté může být odměněno. [3, 49,50]

- **Shitsuke (Udržovat)**

Jakmile je metoda 5S plně zaběhnutá, výsledky jsou často vidět velmi rychle. Důležité ovšem je tento standard udržet v dlouhodobějším měřítku. Člověka je třeba k udržení změněného stavu motivovat a kontrolovat. Nejjednodušší formou kontroly je kontrola v rámci předávání směny. Operátor by měl předávat místo vždy v zavedeném standardu. Pokud se tak nestane, je třeba provést nápravná opatření. Možností je změnit standard pracoviště, jestliže je nový stav výhodnější, nebo zajistit dodržení stavu stávajícího. Dále se často provádí pravidelný audit. Cílem je posouzení stavu nezávislou osobou. Tímto lze eliminovat veškeré ústupky standardu. Výsledky se pak v rámci týmu pravidelně hodnotí a slouží k eliminaci nedodržování a motivaci pracovníků k pokračování v zavedených standardech. [49,50]

5S je skvělým nástrojem, který lze využít v jakékoliv společnosti, či dokonce domácnosti. Silnou stránkou je, že tato metoda lze aplikovat nezávisle na jednotlivé malé oblasti. Nakonec by však každá organizace měla implementovat 5S až do chvíle, kdy se stane součástí firemní kultury. I když se na první pohled zdá tato metoda jako velmi jednoduchá, často ztroskotá na zavedení standardizace a jejím udržení. Po zavedení a průchodu jednotlivých kroků metody pak lze odhalit několik chyb. Pro příklad lze uvést několik aspektů, kterým je dobré se vyvarovat [3]:

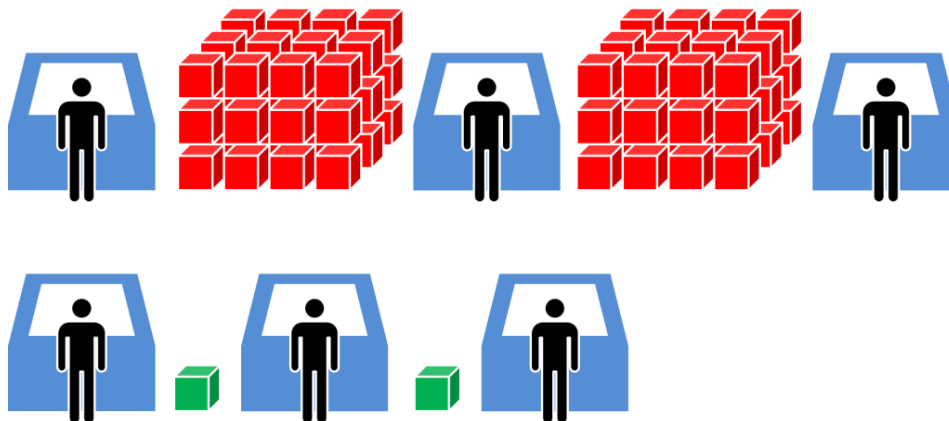
- Společnosti často nezahrnují všechny prostory-při zavádění 5S je dobré myslet na všechny prostory v rámci společnosti, ať už se jedná o kanceláře, výrobní či nevýrobní prostory, skříně, sklad, šatny či dokonce služební vozidla.
- Nezahrnují veškerý personál – pokud nastavená pravidla nefungují pro všechny stejně, nebude systém 5S úspěšný.
- Nedostatek času pro zaměstnance na zautomatizování činností souvisejících s 5S
- Slabá investice do prostředků spojených se standardizací a udržováním 5S
- Slabá dokumentace aktivit 5S – zanedbání vizualizace, standardizace a kontrolní části
- Opomíjení podpory a odměn za dodržování standardu 5S [3]

### 1.3.5 Just-in-time

Další metodou vzniklou v Japonsku je Just-in-time, dále už pouze JIT, poprvé využitá automobilkou Toyota. Za otce této myšlenky lze považovat Kichira Toyodu, zakladatele společnosti Toyota Motor Company. Během své cesty do Anglie Toyoda zmeškal vlak, což ho donutilo přemýšlet o analogii s materiálem. Pokud materiál dorazí dříve, dojde k jeho nahromadění. To značně zpomalí výrobní proces. Stejně tomu tak bude, pokud dorazí později. Pro správné fungování výroby tak musí dorazit právě včas, tedy just-in-time. [2, 51]

Princip metody je tedy v načasování. Materiál by měl být připraven právě tehdy, kdy je potřeba a to platí jak pro materiál dodaný, tak pro materiál zpracováváný. V ideálním případě by proces měl fungovat tak, že materiál, nebo v průběhu procesu již rozpracovaná součást, dorazí právě tehdy, kdy to pracovník potřebuje a pouze v požadovaném množství. Důležité je také myslet na druhou stránku procesu, týkající se exportu produktu z podniku. Dokonalá podoba JIT by tak nevyžadovala existenci zásob. Nežijeme však v dokonalém světě a nelze tak dodržet JIT ve všech procesech až ke koncovému zákazníkovi. Firmy se však snaží tuto metodu využívat co nejefektivněji a za pomoci analýz jsou schopny predikovat množství potřebných zásob na zaopatření celého výrobního procesu. Hlavním cílem je omezit rozpracovanost výroby, velikost zásob a další formy plýtvání. Aby bylo možné snížit množství zásob a

ušetřit tak náklady spojené se skladováním, je nutné zvýšit frekvencí zásobování a snížit jejich dávky. V Japonsku dokonce objednávali materiál právě v ten den, kdy byla naplánována výroba. Pro takto organizované dodávky materiálu je nutná opravdu dobrá vzájemná vazba mezi výrobcem a jeho dodavatelem. [2, 13, 51, 52, 53]



Obr. 13 Změna objemu zásob při zavedení JIT [51]

### 1.3.5.1 Prvky metody JIT

JIT metoda je postavena na několika prvcích, které musí vzájemně fungovat, aby bylo možné dosáhnout úspěšné implementace. Zahrnují lidské zdroje, výrobu, nákup, plánování a organizační funkce společnosti. Ve zkratce lze tyto prvky nadřadit lidskými zdroji, podnikem a systémy. [53]

#### a) Lidské zdroje

Získání podpory všech individuálních zaměstnanců, zapojených v procesu je klíčem k dosahování cílů. Správným a dostatečným zapojením a informováním můžeme efektivně zkrátit čas a úsilí věnované implementaci metod JIT. Lze je rozdělit do těchto skupin:

- Akcionáři a majitelé

Je potřeba majitele seznámit s možností dlouhodobého zisku. Krátkodobý zisk může být využit jako investice do implementace. Všem musí být jasné, že většina výhod JIT se projeví v dlouhodobějším horizontu.

- Pracovníci

Pracovní síla společnosti, tedy operátoři, by měli být seznámeni s tím, jak bude nový systém zaveden, jaké přináší benefity a jakým způsobem ovlivní jejich způsob práce.

- Management

Podpora řízení implementace by měla přijít ze všech úrovní managementu. Se změnou metody se musí změnit i postoj managementu. [53]

#### b) Podnik

Pro implementaci je třeba provést řadu změn v celé společnosti. Jedná se zejména o změnu rozmístění strojů a pracovišť, zavedení kanbanů, plánování, kontrolu a neustálý proces zlepšování. Konkrétně budou následující body rozepsány níže. [53]

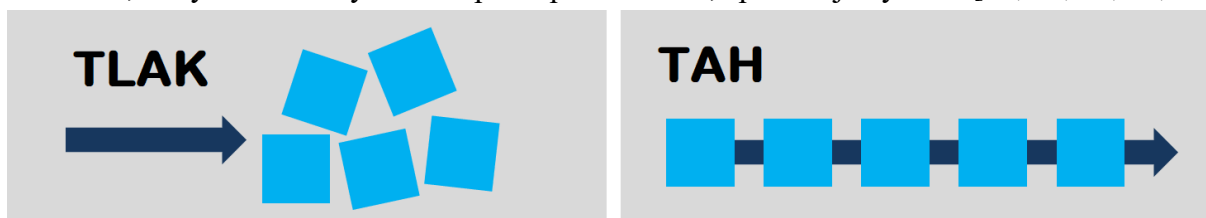
- Layout společnosti

Při využití JIT je podlahový prostor společnosti uspořádán a upraven pro maximalizaci efektivity práce. Dochází ke zkracování vzdáleností jednotlivých pracovišť. Odstraňuje se tedy plýtvání pohybu. Většinou dochází ke slučování strojů podobné výroby do jednotlivých nákladových center. Stroje určené k jednomu druhu výroby jsou pak uspořádány buňkově.

Roztřízením produktových řad dochází ke zlepšení výpočtu ekonomických faktorů a zjednodušení zásobování. [53]

- System tahu

Pro určení významnosti systému tahu je dobré se zmínit o jeho protikladu. U systému tlaku jsou součásti vyráběny podle plánu jedním procesem a následně dodány do navazujícího procesu. Jestliže však jeden z nich vlivem chyby odpadne, začíná se hromadit rozpracovaná výroba a ostatní procesy na ní závislé nemohou pokračovat. Systém tahu se snaží tyto nedokonalosti eliminovat. Často je snaha vyrábět pouze takové množství, které zákazník reálně poptává. Pokud vedlejší procesy neudrží krok, nebo jsou rychlejší než proces hlavní, je potřeba výstupy korigovat. Výhoda oproti tlaku je nutnost menšího množství zásob na skladě. S tím je svázán v nich nahromaděný kapitál. Jak již bylo popsáno výše, zásoby jsou jedním ze sedmi druhů plýtvání, se kterým se pojí celá řada zbytečných nákladů. Kromě kapitálu, který je v nich obsažen, sem můžeme zařadit náklady na prostory, skladování, přepravu atd. Příliš velké množství zásob tak, i když to mnohdy není na první pohled vidět, zpomaluje výrobu. [13, 53, 54, 55, 56]



Obr. 14 Systém tahu a tlaku [56]

- Kanban

Kanban, nebo taky karta, jak se můžeme dočíst překladem z japonštiny, je metoda vizualizace, sloužící jako kontrola produkce. Udává, co se má vyrobit, v jakém množství a kdy. Hlavní myšlenkou je zajistit, aby se vytvářelo pouze tolik výrobků, kolik zákazník požaduje. Navazuje a prakticky využívá princip tahu z předchozího bodu. Je to systém značení, užívaný skrz celý výrobní proces pro usnadnění toku materiálu od vstupního materiálu až k zákazníkovi. Využívají se kanbanové karty, regály, zásobníky atd.

Stejně jako metoda JIT, kterou je součástí, vnikl Kanban v japonské automobilce Toyota ve 40. letech 20. století. Hlavní roli zde sehrál Taiichi Ohno, který se inspiroval supermarketem, a systém zásobování aplikoval do výrobní haly. V supermarketu si lidé mohou nakoupit přesně to co chtějí a není nutné regál tak často doplňovat. V regálu je pouze tolik, kolik se očekává že se prodá. Díky realizaci kanbanu tak Toyota vyvinula proces, ve kterém byl každý následující výrobní cyklus považován za zákazníka. Jestliže existovala linka se dvěma podsestavami, hlavní linka byla jejich zákazníkem. Linky podsestav poté vyráběli pouze takové množství podsestav, aby zabezpečily její plynulý chod. Poté se sledovala spotřeba prostřednictvím doplňovacích cyklů. U kanbanu řídí rychlost výroby míra poptávky. [58,59,60]

Podstatným nástrojem k vizualizaci toku zakázek výrobou je kanbanová tabule, na které jsou rozmístěny všechny výrobní zakázky, rozděleny obvykle do tří hlavních sloupců. To do, neboli zakázky k vyrobení, In progress, tedy rozpracované zakázky, a done, neboli již hotové zakázky. Do těchto sloupců se pak rozmístí jednotlivé výrobní zakázky, které postupně tabulí projdou. Každá linka nebo výrobní centrum může mít svou vlastní tabulí, do níž zaznamenává své výrobní zakázky. Využitelnost tabule je v jednoduchém znázornění vytíženosti výrobních linek. [59,60]





Obr. 15 Ukázka kanbanové tabule [60]

#### Druhy kanbanových systémů

##### → Systém kanbanových karet

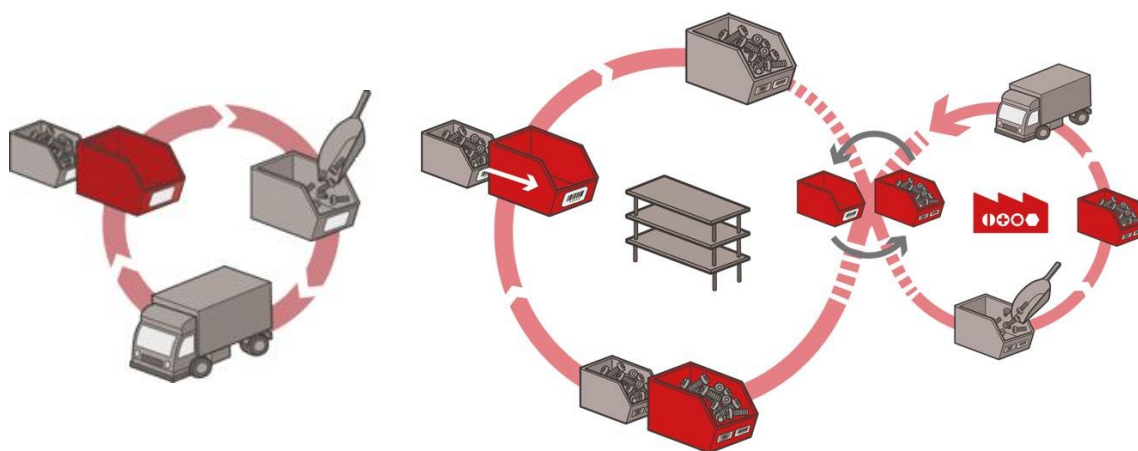
Využívá jednoduchého systému karet. Každý materiál má svou kartu, která je většinou pro větší odolnost zalaminovaná. Nejčastěji se využívá systém dvou nebo tří karet. Na kartě je uveden název, kvantita, identifikační číslo produktu, umístění a další identifikační údaje. Při využívání systému tří karet hrají roli tři hlavní složky – meziklad, výroba a místo expedice k zákazníkovi. Jakmile odejde zboží zákazníkovi, odesílá se karta do skladu. Tato karta slouží jako signál, že zboží dochází a je potřeba jej naskladnit. Sklad poté posílá kartu do výroby, aby byla vyskladněná zakázka dovyrobena. Nevýhodou systému kanbanových karet možnost jejich opotřebení nebo ztráty, proto jsou v dnešní době nahrazovány elektronickým systémem, kde se místo karet používá čárový kód, po jehož naskenování lze okamžitě zjistit všechny důležité informace a v případě nízkého stavu zásob je okamžitě odeslán požadavek k dodání na pracoviště.[61, 62, 63]

Odkud: <b>Přípravna</b>	Položka: <b>Výrobek</b> Číslo dílu: <b>111-225-356</b>	Kam: <b>Linka</b>
Oddělení: <b>PR</b>	Balení: KLT Množství: 30	Oddělení: <b>L</b>
Jméno: <b>PR</b>	Foto: 	Jméno: <b>L</b>
Symbol: <b>PR</b>	BARCODE: 	Symbol: <b>L</b>
Skupina: 1 Verze: 1 Datum: 20.10.2013	ID číslo: <b>HK255</b>	Skupina: 1

Obr.16 Příklad vzhledu kanbanové karty [64]

## → Systém zásobníků

Podobně jako karty se využívají zásobníky. Systém funguje na principu dvou, nebo tří zásobníků, které jsou v regálu zařazeny za sebou. Často je tento regál vybaven válečkovým podavačem skloněným mírně pod úhlem. V případě že je první zásobník spotřebován, odesílá se k doplnění, a zatímco se využívá druhý zásobník, první se vrací zpět do regálu. Počet zásobníků lze podle kapacit navýšit. Důležité ale také je, aby byly zásobníky označeny a využívaly se pouze za jedním účelem. Pro přehlednost se často spojují s kanbanovými kartami. Organizují se v kanbanových regálech, které jsou průběžně doplňovány. I v tomto případě se v dnešní době využívají jednodušší elektronické prvky jako například skenování QR kód, pick to light systém nebo chytré podložky, které jsou schopné identifikovat prázdný zásobník a automaticky odeslat požadavek na doplnění. [61, 62, 63,65]



Obr. 17 Schéma systému zásobníků [65]

- Kontrola

Protože se ve výrobě JIT zrychluje celý výrobní proces a material tedy rychleji koluje výrobou, je potřeba zajistit, aby každý zaměstnanec dbal na správnost a kvalitu svého pracovního postupu. Důležité je, aby byly chyby odhaleny a pokud možno opraveny ihned místě, kde vznikají, a nedošlo tak k zastavení celého procesu. Kromě chyb v procesu je také potřeba kontrolovat organizovanost a vybalancovanost linek. Pro správně fungující proces JIT je totiž nutné dodržovat zákaznický takt. [13, 53]

- Neustálé zlepšování

Stejně jako u předchozích metod, posledním prvkem implementace JIT je myšlenka neustálého zlepšování. I když je již metoda v podniku zavedena a funguje, neznamená to, že proces implementace končí. Vždy je nutné přemýšlet o tom, co může podnik ještě vylepšit. Cílem je neustále zlepšovat pracovní podmínky zaměstnanců, posouvat technickou vybavenost, držet krok s trendem a být neustále schopni reagovat na požadavky zákazníka. [52, 53]

### c) Systémy

ERP systémy jsou důležitým prvkem propojujícím technologii, proces a plánování. Umožňují koordinovat činnosti a plánovat spotřebu materiálu ve výrobním procesu. Pomocí ERP jsme schopni sjednotit veškerá data podniku. Jak lze z celého přístupu vyčíst,

nejdůležitější je načasování. ERP systémy nám umožňují přesněji a přehledněji rozplánovat veškerou výrobu a organizovat celý výrobní proces. [53]

### 1.3.5.2 Výhody a nevýhody implementace metody JIT

Primárně je jak již bylo zmíněno metoda JIT zaměřena na snížení zásob a odstranění plýtvání. Existuje však celá řada dalších výhod, které jsou méně či více se snížením zásob propojeny:

- Snížení času peněz v oběhu – Se zavedením JIT výroby, již nebude potřeba nakupovat velké množství materiálu ještě před tím, než zákazník zaplatí. Dojde tak ke zlepšení cashflow celého podniku.
- Snížení nákladů na zásoby – Protože systém JIT je založen na fungování s co nejmenším množstvím zásob, odpadá nám nutnost držet v nich velký kapitál.
- Uvolnění prostoru – Jestliže snížíme WIP na co nejnížší možnou hodnotu a přiblížíme přidružené procesy blíže k sobě, získáme prázdný prostor, který lze využít pro rozšíření výroby.
- Snížení nákladů za přebytečné manipulace a pohyb – JIT je založeno na redukování plýtvání. Přebytečná manipulace a pohyb je jedním z hlavních a největších druhů plýtvání. Implementací odpadá nutnost manipulovat se zbytečně velkými dávkami materiálu, s ním spojená nutnost manipulačních zařízení a proškolení personálu.
- Zkrácení dodacích časů – Odstraněním přebytečného materiálu a manipulace je výrazně ovlivněn lead-time celého procesu. Podnik je schopen na podněty zákazníka reagovat rychleji, není změnami tolik ovlivněn a veškeré neshody v procesu je schopen odhalit daleko dříve. [51, 52, 53, 66]

Přestože se tato metoda jeví jako ideální a má celou řadu výhod, existují také omezení a negativa.

- Nulová tolerance chyb – Snížením zásob se vystavujeme riziku chybovosti procesu. Jakmile bude proces chybový, musí být možné tyto chyby přepracovat, což je proces nadbytečný. Pokud to nebude možné nastává problém.
- Spoléhání se na dodavatele – Jak už bylo zmíněno výše, správná implementace JIT vyžaduje dobré vztahy a komunikaci s dodavateli. Podnik tak musí hodně spoléhat na dodavatele, jehož chování nemůže s jistotou predikovat.
- Náklady na dopravu – Hlavním cílem je dostat materiál do výroby přesně na čas. Znamená to, že je potřeba snížit velikosti dodávek materiálu a zvýšit jejich frekventovanost. Tato skutečnost se však může negativně projevit na nákladech.
- Odpor proti změnám – Implementace JIT metodologie vyžaduje celou řadu změn. Ne vždy jsou však změny pro všechny zaměstnance pozitivní a trvá poměrně dlouhou dobu, než jsou lidé schopni se procesu přizpůsobit. [52, 53, 66, 67]

### 1.3.6 Kaizen

Poslední metodou popsanou v této části práce je Kaizen. Spíše než metodou, je Kaizen jakousi filosofií podniku. Jako většina zde zmíněných metod pochází z Japonska. Kai lze přeložit jako změna, zatímco zen znamená k lepšímu. Jde tedy o filosofií dvou hlavních pilířů, neustálého zlepšování a respektu k lidem. Kaizen je základním kamenem všech zlepšovatelských nástrojů Lean a Lean Six Sigma. Zlepšování je založeno zejména na znalostech a zkušenostech lidí z výrobního procesu. Často však ve velké většině podniků rozhodují lidé, kteří proces až tak dokonale neznají, což vede k nespokojenosti a neakceptování změn. Lze ho využít v rámci jednotlivce, týmu, nebo jako reakce a řešení procesních problémů. Každý zaměstnanec může nalézt věci, které je možné dělat lépe, rychleji, levněji. Cílem je změnit úhel pohledu a přístup zaměstnanců tak, aby i oni přemýšleli nad tím, jak lze daný proces či výrobu posunout na další úroveň a byli za to po zásluze odměněni. [3, 66, 68]

Přístup tedy vyžaduje neustálá zlepšení. Nejde však o snahu provádět velké změny, často se změna týká drobností. Kaizen jako přístup k řešení procesních problémů využívá 5 základních kroků:

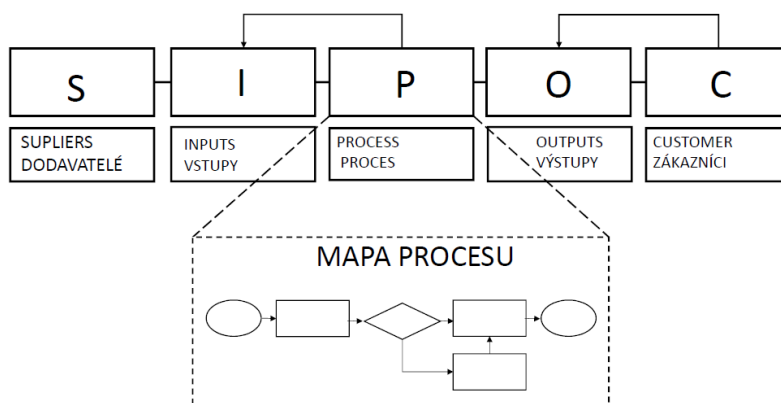
- Procházka pracoviště (Gemba Walk) – Vědět jak funguje pracoviště na kterém se tvoří přidaná hodnota je základ. Každý kdo se kaizenu účastní by měl na tomto pracovišti strávit určitý čas a identifikovat všechny základní druhy plýtvání. Tyto poznámky jsou následně sepsány na lístečky, které se roztrídí podle důležitosti například pomocí matice Impact/Effort.
- Zhodnocení informací z Gemba – po projití pracoviště je nutné zjistit veškeré doplňující informace ke skutečným, které byly zaznamenány.
- Navržení dočasných opatření – V případě, že najdeme v procesu výraznější nedostatky, je dobré zavést dočasná opatření, která alespoň na chvíli uklidní situaci ve výrobě. Chybou ovšem bývá, že většina se většina podniků u tohoto opatření zastaví a dale nenapravuje situaci z dlouhodobějšího hlediska.
- Nalezení kořenové příčiny problému – Jakmile jsou zavedena dočasná opatření, je nutné začít analyzovat, a následně odstranit příčiny problémů. Zde se mohou uplatnit nástroje jako ishikawův diagram rybí kosti, metoda 5proč a další.
- Standardizace a zamezení opakování – Po analýze problému a jeho odstranění nastává proces standardizace. Navržení všech potřebných opatření k zamezení návratu do původního stavu. [3]

Důležitější, než Kaizen samotný, je jeho příprava. Kaizen by neměl být příliš obecný a zaměření by mělo být upřesněno na konkrétní cílové oblasti. Také je vhodné stanovit si předem časový interval, který chce podnik projektu investovat. Často se jedná o krátké, avšak intenzivní projekty v rozmezí několika dní. Kaizen je většinou týmovým projektem, takže je dalším logickým krokem sestavení týmu. Ten by měl zahrnovat všechny odpovědné osoby zainteresované ve vybrané oblasti, jako například procesní inženýr, plánovač, kvalitář. Kromě těchto lidí se do týmu často zakomponovává nezávislý člen z jiného oddělení, aby byla zajištěna objektivita v celém průběhu Kaizenu.

V průběhu kaizenu lze využít celou řadu nástrojů. Často bývá stavěn na DMAIC cyklu, který zasahuje do všech postupných kroků. Dále pak využívá SIPOC diagram.

SIPOC diagram je nástroj, využívaný před samotným začátkem zlepšovacího procesu. Jedná se o chronologické vyobrazení nejpodstatnějších kroků v průběhu procesu. Je hlavním nástrojem pro zjednodušení a vizualizaci a usnadňuje následnou komunikaci a pochopení problému těm lidem, kteří nejsou jeho pravidelnou součástí. Lze v něm vyobrazit hlavní vztahy

mezi dodavatelem, vlastním procesem a zákazníkem. Konkrétnější součástí SIPOC diagramu je mapa procesu. Základní procesní mapa zahrnuje počátek a konec procesu (elipsa), vstupy (kosodélník), rozhodnutí (kosočtverec) a proces (obdélník). Tyto kroky jsou poté logicky uspořádány za sebe tak, aby zjednodušeně vizualizovali proces. Na procesní mapu navazuje swim lane diagram, což je v podstatě procesní mapa, kde jsou jednotlivé procesy a činnosti rozděleny zaměstnancům nebo jednotlivým oddělením. [2, 3, 67]



Obr. 18 SIPOC diagram [67]

K analýze kořenové příčiny může tým využít například Ishikawův diagram. Grafický nástroj pro zobrazení vztahů mezi jednotlivými problémy, umožňující lépe identifikovat jejich příčinu. Často je známý jako diagram rybí kosti. Na pravou stranu, do hlavy ryby, se vypíše nalezený problém. Zleva se poté postupným větvením od obecných příčin ke konkrétním hledáme jeho řešení. Jako nástroj k odstranění vniklých chyb pak může sloužit Poka-Yoke, metoda založená na předcházení chyb vytvořených lidským faktorem a vytvoření chyby vzdorného pracoviště. [2, 3, 66, 68]

Po ukončení kaizenu však práce nekončí, sestavuje se akční plán, nejčastěji třiceti denní, na jehož konci by mělo být pracoviště v požadovaném stavu. S tímto by se však firma uspokojit neměla. S postupným vývojem techniky a konkurence jsou nároky zákazníka čím dál vyšší a cílem firmy je udržet se v konkurenčním prostředí na vrcholu a přizpůsobovat se zákazníkům. Kaizen je tak pouze jedním z mnoha kroků, které jsou potřeba k úspěšnému plnění těchto cílů.

## 2. PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ABC s.r.o.

Přesný název společnosti, ve které byl celý optimalizační proces prováděn v této práci nebude uveden. Vzhledem ke snaze zachovat firemní know-how byl použit fiktivní název společnosti. Společnost ABC s.r.o. je součástí mezinárodní korporace XY, která v současnosti zaměstnává asi 30 tisíc lidí po celém světě. Mateřskou společností je pak společnost XYZ. Partnerské společnosti a pobočky se nachází například v Belgii, Itálii, Španělsku, Argentíně, Colombii, Mexiku, Indii a dalších zemích.

Brněnská pobočka sídlí v Brně Tuřanech a zaměřuje se na poskytování komunikačních a síťových produktů a služeb, zejména pak na výrobu pasivních telekomunikačních prvků, optických kabelů, modulů, panelů a distribučních rámců. Mezi hlavní produkt patří optické vlákno. Vyrábí se zde však i produkty na bázi mědi. Hlavními zákazníky jsou například Orange, Telefonica, Deutsche Telekom, British Telecom a další.

Hlavním cílem je pokračovat v korporátní vizi, nabírat kvalifikované zaměstnance a přinášet zákazníkům maximální hodnotu. Základem rozvoje společnosti je sdílené know-how a spolupráce s korporací a ostatními obchodními jednotkami. Hlavními hodnotami jsou inovace, agilita a integrita.

Dále se pak společnost řídí managementem jakosti ISO 9001 a systémem managementu prostředí ISO 14001. Slouží, jak k posuzování schopnosti plnit požadavky zákazníka, zvyšování jeho spokojenosti, tak jako podklad naplňování zákonů a předpisů. Cílem je jejich efektivní aplikace pro zvýšení výkonnosti a zajištění shody s požadavky v těchto normách.

V roce 2018 se stala stoprocentním vlastníkem odkoupením sesterské společnosti v Brně Modřicích. Rok na to poté došlo k celkovému sloučení těchto dvou závodů. V současné době zaměstnává přes tisíc zaměstnanců s celkovou rozlohou budovy přes 26 000 m<sup>2</sup>. [69]

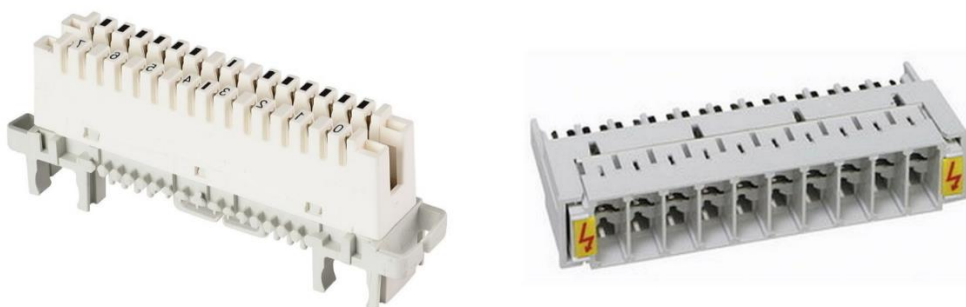


Obr. 19: Brněnský závod společnosti ABC s.r.o. [69]

## 2.1. Produktové portfolio FCA oddělení

Jak již bylo zmíněno, společnost se zabývá zejména optickým vláknem a výrobou pasivních telekomunikačních prvků. Produkty má rozdělené dle jednotlivých odvětví. Jedním z odvětví je také Copper & Fiber Assembly, na jehož oddělení je tato diplomová práce zpracovávána. Celkové portfolio je příliš široké, proto bych rád věnoval pozornost zejména produktům, které spadají pod toto oddělení. Oddělení vzniklo sloučením produktových rodin Copper Connect, T-DUX a HEATSHRINK a ODF (Optical Devices Frames) a Boxy.

- **Copper Connect** se zabývá produkty na bázi mědi. Patří sem měděné moduly LSA PLUS, PCB, PWB, HDS, HD moduly a další. Ty se poté potisknou podle barevného kódu. K těmto modulům poté v produktovém portfolio najdeme i nůžky, které firma také vyrábí.



Obr. 20: Ukázka LSA PLUS modulů [69]

- **TDUX** je produktová rodina zajišťující těsnění kabelů. Jedná se o těsnící sáček, který po napěchování vzduchem utěsní prostory mezi kabelem a trubkou. Slouží jako vodotěsná izolace pro kabeláž vedenou pod povrchem země. Vyniká především velkým spektrem využití. Kabel nemusí být kruhový a lze také utěsnit více kabelů zároveň.



Obr. 21: Ukázka TDUX těsnění kabeláže [69]

- **Heatshrink** nabízí produktovou řadu teplem smrštitelných rukávů či trubiček, sloužících především pro ochranu kabelů.

- Poslední částí spadající pod toto oddělení je **ODF a Boxy**, které se věnuje výrobě rámců, boxů a skříní na optická zařízení. Jedná se především o produktové řady BUDI, FIST, FOMS a OTE.



Obr. 22: Produkty FIST, FOMS a OTE [69]

### 3. PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část diplomové práce je zaměřena na výrobní linku MJC produktu. Postupně zde budou pomocí DMAIC cyklu rozebrány jednotlivé fáze definování, měření, analyzování, implementace a kontrola. Závěrem bude technicko-ekonomické zhodnocení navržených opatření.

#### 3.1. Definování

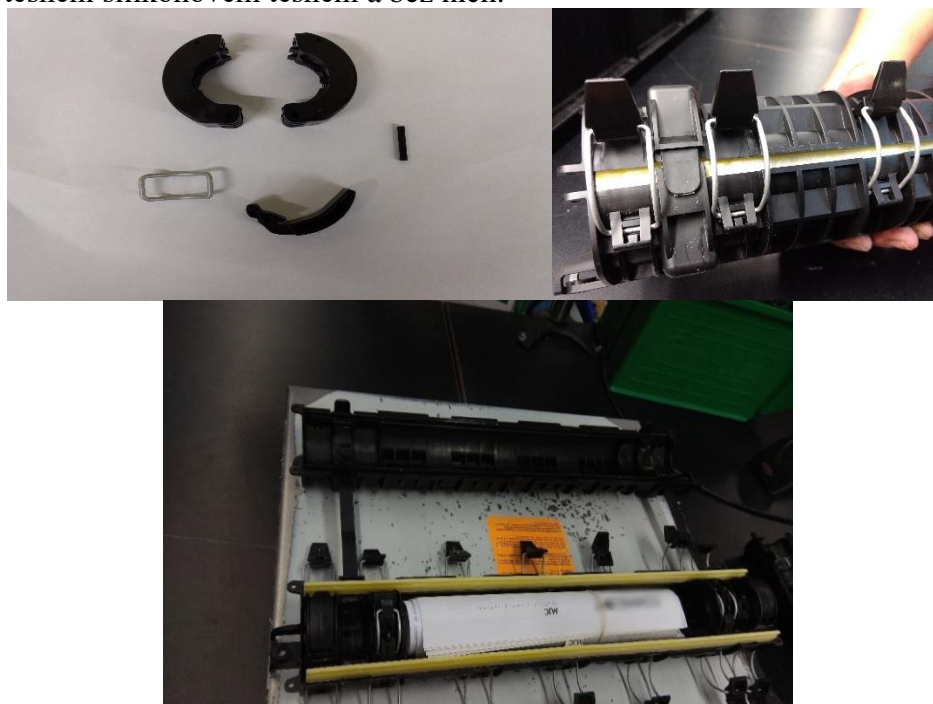
První fází cyklu je definování procesu. V této diplomové práci, zejména tedy v její praktické části se budu věnovat lince MJC. Skládá se z jedné hlavní linky a 4 podpůrných stanovišť, které dodávají na linku potřebné komponenty. Jedná se o těsnění, objímky, příbaly a automatický stroj na latches (klipy, kterými se celé tělo closure uzavírá). Hlavní linka je tedy jejich zákazníkem. Všechna podpůrná stanoviště vytvářejí své produkty do zásoby do přepravek KLT, které mají na pracovišti své umístění. Počty operátorů na linkách jsou vypsány v tabulce 2.

Tab 2. Počet operátorů na jednotlivých linkách [69]

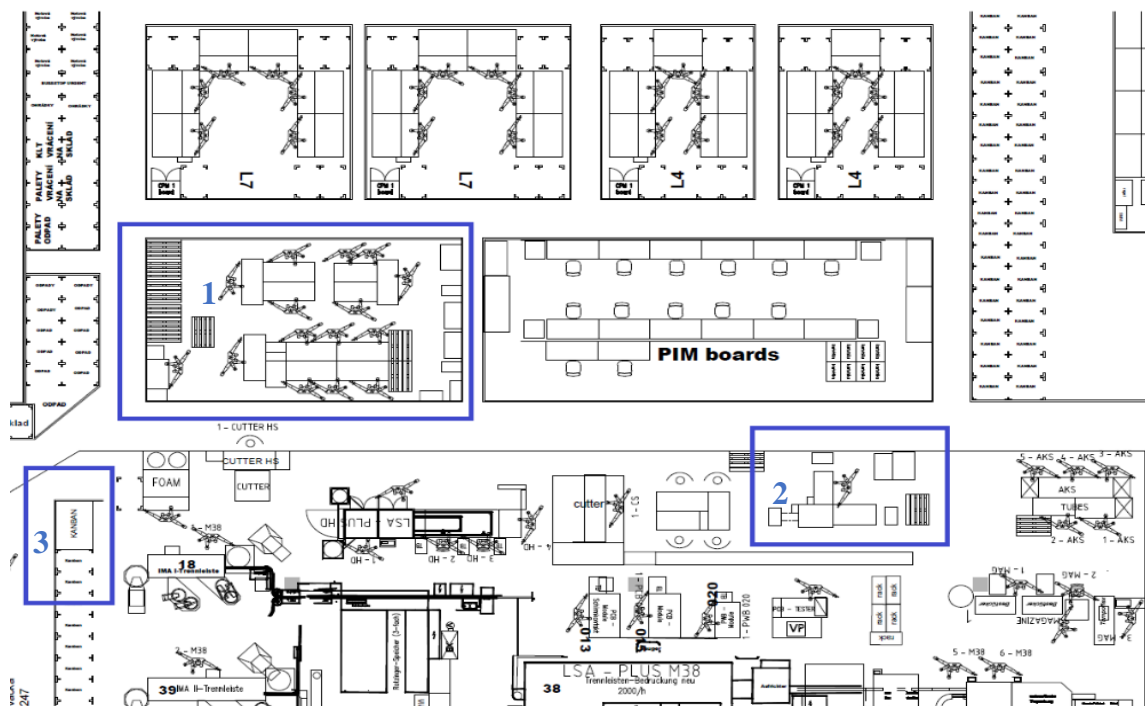
TYP LINKY	MJC FINAL	TĚSNĚNÍ	PŘÍBALY	KOLEČKA	MJC STROJ
POČET OPERÁTORŮ	8	1	2	4	1

Produkt, kterého se týká praktická část diplomové práce nese název MJC. MJC je mechanický těsnící obal na spoje kabelů, který lze použít jak nad zemí, tak pod ní. Jedná se o plastové tělo opatřené otvory pro uchycení a navrtání do stěny či sloupu, klipy, kterými se samotné plastové tělo uzavírá, silikonovým těsněním, a těsnícími objímkami, které slouží jako vodící systém pro kabeláž. V těle MJC se poté dva kabely spojí a pouzdro se utěsní.

Toto těsnění se na zkoumané lince vyrábí v několika variantách. Inline, tedy verze s dlouhým plastovým tělem, čtyřmi těsnícími objímkami, dvěma silikonovými těsněními a čtrnácti klipy. A poté capended, tedy menší verze s jednou kruhově uzavřenou stranou, jedním těsněním, dvěma objímkami a jedenácti klipy. Obě tyto varianty se poté vyrábí ještě ve verzi s klipy na těsnění silikonovým těsněním a bez nich.



Obr. 23: Produkt MJC closure [69]



Obr. 24: Rozložení pracovišť ve výrobní hale  
1. Výrobní linky, 2. MJC automatický stroj, 3. Kanbanový regál [69]

## Problémy

V současné podobě je nevyhovující hlavně velké množství rozpracované výroby na linkách podsestav, nedodržování standard worku a velké prostoje na koncových pozicích. Celá linka je tak nevybalancovaná, a navíc vlivem rozpracované výroby a současným rozložením pracovišť zabírá zbytečně velký prostor výrobní haly.

## Cíle

Hlavním cílem je splnit požadavky managementu a snížit náklady tohoto pracoviště. Dále pak pokračovat v trendu snižování velikosti plochy pracoviště. Největším definovaným problémem je vysoká rozpracovanost, která s podlahovým prostorem souvisí. Jestliže se podaří tuto rozpracovanou výrobu snížit, nebo dokonce úplně odstranit, dojde okamžitě ke snížení potřebné plochy pracoviště. Dále je žádoucí zvýšit PPH (pieces per hour), tedy počet vyrobených kusů za hodinu na jednoho operátora alespoň o 10 %. Nezbytným cílem je také vybalancování samotného procesu na požadovaný zákaznický takt.

### 3.1.1. Definice toků v procesu

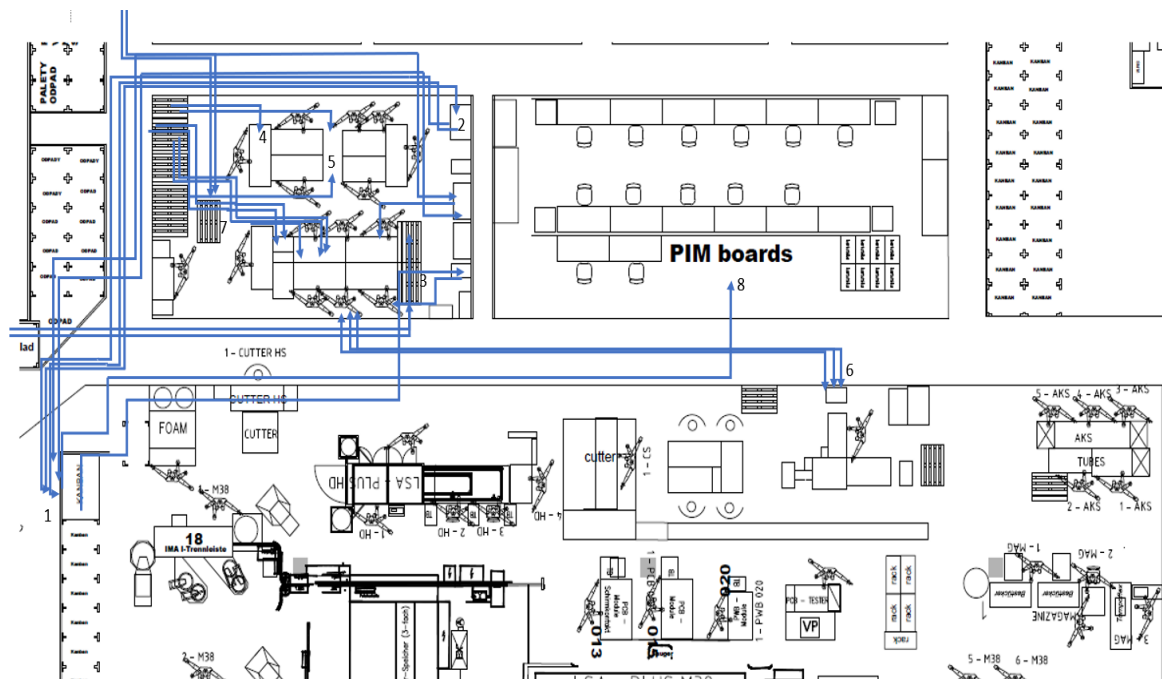
Jak již bylo zmíněno, diplomová práce se ve své praktické části zabývá výrobní linkou MJC těsnění. Celý proces sestává z hlavní linky o sedmi operátorech a senior operátora. Senior operator je vyšší pozice, zodpovídající za chod celé linky, zapisování výstupů, předávání směny atd. Dále zde patří podpůrná linka příbalů, těsnění, a podsestav těsnících objímek. V neposlední řadě poté automatický stroj na klipy. V současné době je linka nastavena tak, že všechna stanoviště podsestav pracují odděleně a tvoří rozpracovanou výrobu pro hlavní linku, která poté postupně odebírá předvyrobené přepravky produktů podsestav. V současné podobě tak do procesu zasahuje v plném obsazení až 16 operátorů, v závislosti na druhu vyráběného produktu.

Do celého procesu zasáhne v průběhu větší množství různých pracovních pozic. Kromě operátora, machine operátora, obsluhujícího stroj, a senior operátora, zasahuje do procesu také Water-Spider. Úlohou Water-Spidera je zásobování výrobního procesu materiálem z kanbanu a přeprava hotových zakázek na vyznačená stanoviště ve výrobní haly.

Celý proces začíná u plánovače, který zaplňuje výrobní zakázku, neboli Work Order, dale už pouze WO. Ta poté putuje do skladu, kde se pro zakázku vychystá materiál a pomocí Milk-Runu se dopraví na kanban.



kusů na lince. Jak je vidět z obrázku, senior operátor musí přecházet celé své stanoviště, aby se dostal k tabuli (1). Kromě toho se stará o chod celé linky a v případě potřeby zaskakuje za operátora. Dále odstraňuje ze vstupní palety proložky, které vyhazuje do odpadu za prostorem výrobní linky (2). Kromě těchto povinností má na starost přípravu štítků na sáčky a balení hotového produktu do sáčků a krabic. Přechází tedy od stolu v levé části pracoviště, kde na sáčky nalepuje štítky, k hlavní lince, na které do těchto sáčků produkt zatajuje. K přípravě sáčků však často využívá operátora na pozici č.4, lisujícího celé tělo MJC.



Obr. 26: Špagetový diagram Water-Spidera [70]

Druhý špagetový diagram je zaměřen na pohyb Water-Spidera. Časový interval sledovaných pohybů je stejný jako v předchozím případě. Hlavním úkolem je vychystání materiálu potřebného k výrobní zakázce. Water-Spider tedy z BUS Stopu, kde Milk-Run dováží palety ze skladu vychystá velkou paletu plastových těl těsnění na vyznačené místo vstupního materiálu (3). Z kanbanu (1) vychystá potřebný počet KLT jednotlivých komponent nutných jak pro příbalové linky, tak pro finální linku. Tento materiál vychystává jak na linku, tak do bližších regálů (2). V průběhu výroby chodí kontrolovat plánovací tabuli (8) a podle počtu zakázek dochystává materiál. Zajišťuje také přesun rozpracované výroby z podsestav příbalů (4) a koleček (5) na paletová místa pro rozpracovanou výrobu a z nich poté na finální linku. Dále dovoz KLT klipů z automatického stroje na finální linku (6). V neposlední řadě pak odváží hotovou zakázku (7) na stanoviště hotové výroby, odkud paletu odváží Milk-Run na zaskladnění.

### 3.2.2. Výpočet zákaznického taktu

Tab. 3 Přehled vyrobených kusů za posledních 6 měsíců [69]

MID	Typ	Září 2019	Říjen 2019	Listopad 2019	Prosinec 2019	Leden 2020	Únor 2020
CC1945-000	CE						
CC1946-000	INL					367	125
CC6327-000	INL						
CK5482-000	INL	129	120	120	120		
CK5483-000	CE	20					100
CK9080-000	INL	10368	4104	2592	9072	17280	19224
CM5643-000	CE				11592		
CM5646-000	INL				7800		
CM7289-000	CE	20	4	114	10	100	105
CU3186-000	CE						
EH0886-000	CE	14	92	97	75	76	20
CM5643-001	CE	5544	17136	9072		4033	2016
CM5646-001	INL	9750	5070	5070		3511	2340
760245535	CE			601	3	876	4
<b>Celkový počet</b>		<b>25,845</b>	<b>26,526</b>	<b>17,666</b>	<b>28,672</b>	<b>26,243</b>	<b>23,934</b>
Počet pracovních dní		21	22	21	18	22	20
Počet hodin za den		14.6	4.6	14.6	14.6	14.6	14.6
Počet sekund za měsíc		1103760	1156320	1103760	946080	1156320	1051200
<b>TAKT</b>		<b>42.7</b>	<b>43.6</b>	<b>62.5</b>	<b>33.0</b>	<b>44.1</b>	<b>43.9</b>
Pracovní hodiny		7.3	hod				
Pauza/Oběd		0.7	hod				
Pracovní dny		5	d				
Časový fond/směna		26,280	s				
Časový fond/den (2 směny)		52,560	s				
Časový fond/týden (2 směny)		262,800	s				
<b>Celkový časový fond/měsíc</b>		<b>1,051,200</b>	<b>s</b>				

Z příložené tabulky můžeme vyčíst počty vyrobených kusů v období Září až Únor. Tato data byla získána ze systému kontrolní váhy, která zaznamenává počet správně zvážených kusů na hlavní lince. Ten poté odpovídá vyrobeným kusům. Jelikož hlavní linka vyrábí pouze kusy, které jsou zadány zákazníkem, jedná se také o poptávané počty kusů za jednotlivá období. Z tabulky těchto kusů byl vypočítán pro každý měsíc takt linky pomocí vzorce:

$$t = \frac{3600 \cdot E_s \cdot s_s}{N} \quad (3.1)$$

kde:

t - takt linky [s/ks]

$E_s$  - efektivní fond strojního pracoviště

$s_s$  - směnnost [hod/směna]

N - požadovaný počet výrobků za měsíc [ks] [66]

Z příložené tabulky lze také vyčíst nejčastěji vyráběné kusy, tzv. high runnery. Jedná se především o Inline verzi bez klipů na těsnění, inline verzi s klipy na těsnění a capended verzi s klipy na těsnění. Také můžeme vidět, že se požadovaný takt s výjimkou listopadu pohyboval v rozmezí 43-45 sekund na jeden kus. Neměli bychom se tedy při navrhování nového rozmístění pracoviště dostat nad tuto hranici.

Protože linky podsestav a finální linka nejsou nastaveny na stejné výstupy a finální linka není zásobována pouze na požadovaný počet kusů, což poté tvoří velkou hodnotu rozpracované výroby, bylo vhodné v rámci měření rozepsat i potřebné komponenty nejčastěji vyráběných typů výrobku. Tyto počty se mohou později hodit při navrhování nového řešení.

Tab.4 Tabulka nejčastěji vyráběných produktů a potřebných komponent podsestav [69]

	CK9080-000	CM5643-001	CM5646-001
860645474 KLIP	/	11x	14x
F56267-000 - KLIP	14x	/	/
D32925-001 Objímka	4x	2x	4x
860648074 Těsnění s klipem	/	/	2x
860648062- Těsnění s klipem	/	1x	/
CM5095-000 Těsnění bez klipu	2x	/	/
CY5214-004 - Příbal	1x	/	/
CY5206-005 - Příbal	/	1x	/
CY5213-005 Příbal	/	/	1x

### 3.2.3. Layout linky MJC

Dalším krokem fáze měření bylo fyzické ověření a přeměření všech rozměrů linky, aby bylo jasné, s jakou plochou budeme v průběhu analýz a návrhů pracovat. Jedná se tedy o kanbanový regál, MJC automatický stroj a pracoviště hlavní linky a podsestav.

Kanbanový regál má rozměry zabírá plochu 2,5 m<sup>2</sup>.

Automatický stroj na klipy má rozlohu cca 16,8 m<sup>2</sup>.

Pracoviště hlavní linky a podsestav zaujímá rozlohu okolo 71,7 m<sup>2</sup>.

Celková rozloha je tedy 2,5 + 16,8 + 71,7 = **91 m<sup>2</sup>**.

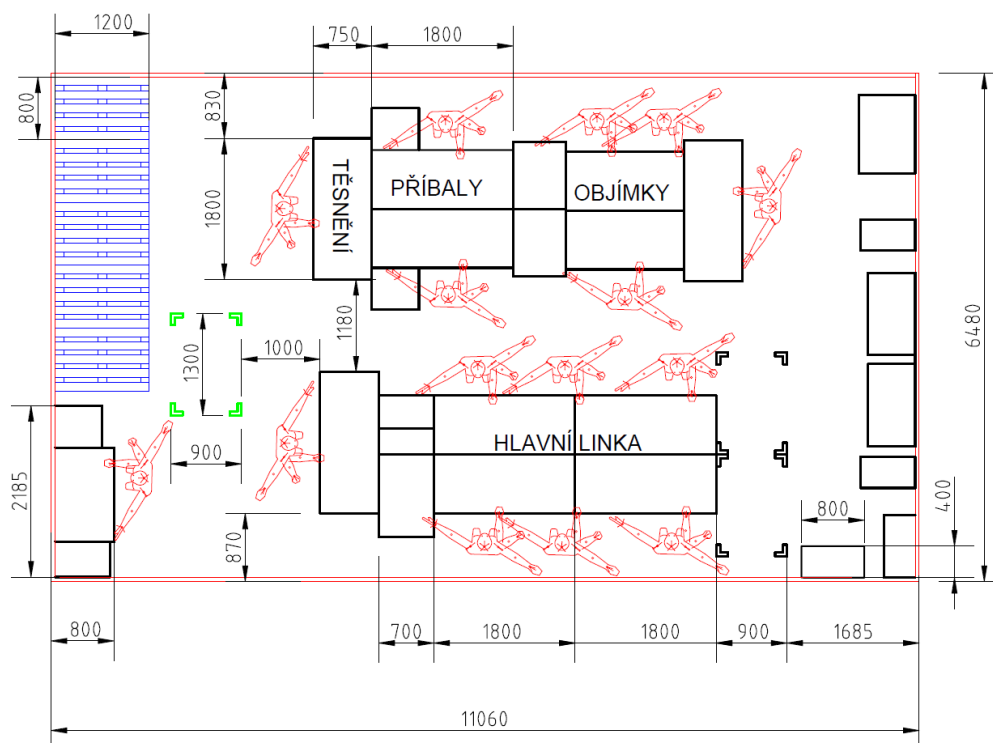
Kromě těchto hlavních rozměrů jsou dále na pracovišti podsestav 2 vstupní palety o rozměrech 800x1200 s připočteným páskovacím značením tedy rozlohou cca 2,4 m<sup>2</sup> a jedna paleta

finální o rozloze 1,2 m<sup>2</sup>. Dále se na pracovišti nachází celkem 5 paletových míst na rozpracovanou výrobu o rozloze 5 m<sup>2</sup>. Důležitou součástí, se kterou je nutné počítat je výstupní tabule o rozloze 0,32 m<sup>2</sup>. V současném stavu je na pracovišti celkem 9 stolů 1,8x0,75 m s celkovou rozlohou 12,15 m<sup>2</sup> a tři stoly 1,5x0,75 m s celkovou rozlohou 3,4 m<sup>2</sup>.

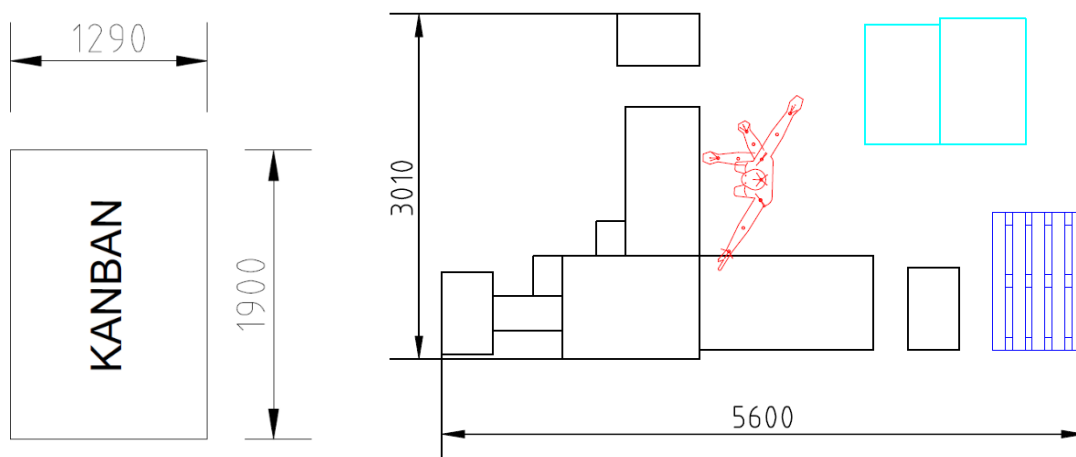
Dalším prvkem zabírajícím pracovní prostor jsou vozíky na materiál, kterých je v současném stavu 8 a zabírají prostor o rozloze 2,8 m<sup>2</sup>.

Důležitou součástí linek je lis na těsnění na první pozici, lis na uzavírání klipů těla na čtvrté pozici a lis na klipy na pozici podsestav těsnících objímek. Tyto tři stroje jsou nezbytnou součástí linky a je nutné je zachovat.

Pro přehlednost je přiložen náčrtek v aplikaci Autocad s příslušnými rozměry v milimetrech.



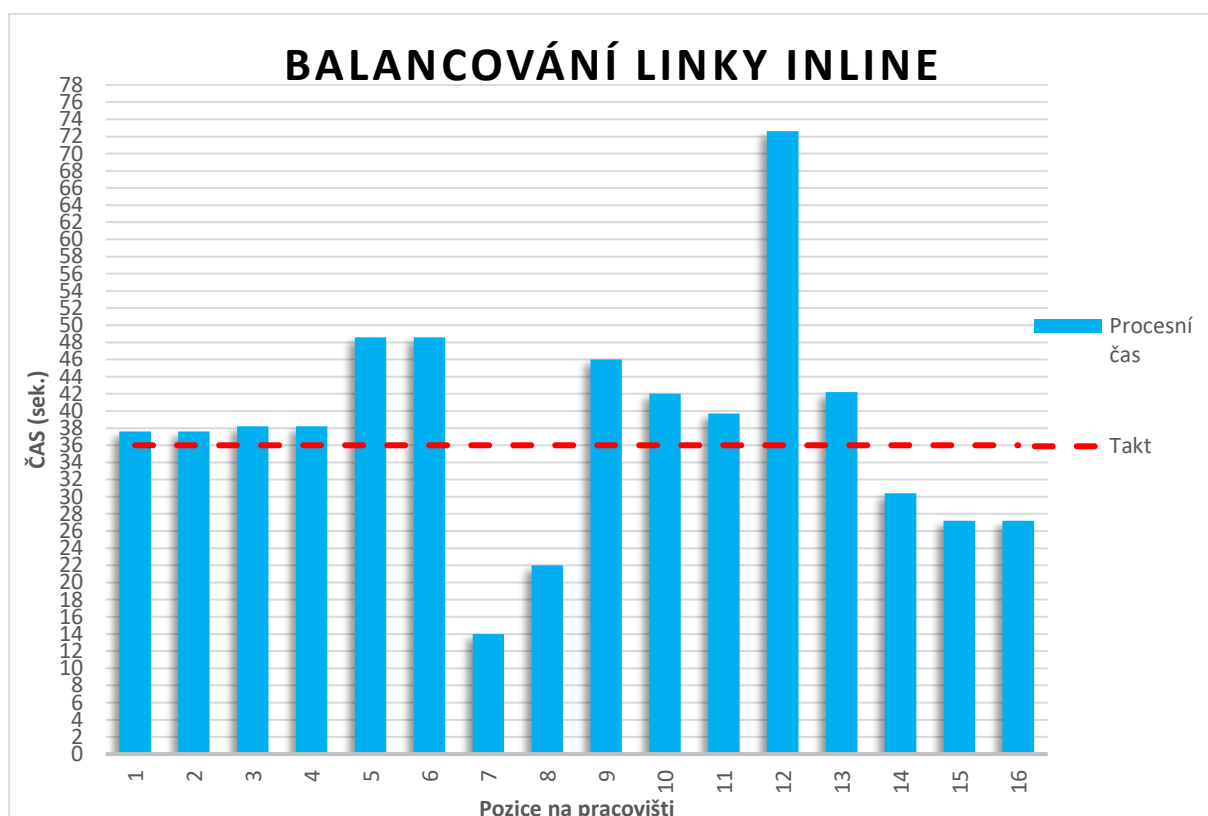
Obr. 27: Layout linky MJC [69]



Obr. 28: Rozměry kanbanu a automatického stroje na klipy [69]

### 3.2.4. Vybalancování linky-současný stav

V současném stavu se na pracovišti v plném nasazení nachází 16 zaměstnanců. U všech pozic byl postupně vytvořen se souhlasem videozáznam, na jehož základě byl sestaven podrobný diagram aktivit s přidanou a nepřidanou hodnotou. Tento diagram bude dostupný v příloze práce. Zde je uvedeno pouze zjednodušené znázornění součtu všech procesních časů jednotlivých pozic. Důležité je zmínit, že první tři pozice jsou zdvojené. Tedy finální linka je tvořena z pozice lisování těla (pozice 1 a 2), vkládání těsnících objímek a nacvaknutí klipů (pozice 3 a 4) a pozice nacvaknutí klipů a kontrolní vážení (pozice 5 a 6). Tyto tři pracovní pozice jsou seřazeny za sebe a následně zrcadlově duplikovány. Dále je pak stejným způsobem zdvojena v případě potřeby i linka příbalů (v diagramu pozice 15 a 16).



Obr. 29: Graf vybalancování linky na výrobu verze Inline [70]

V prvním případě se jedná o vybalancování linky na výrobu verze Inline, tedy dlouhé verze se čtyřmi těsníci objímkami, dvěma těsněními, a čtrnácti klipy.

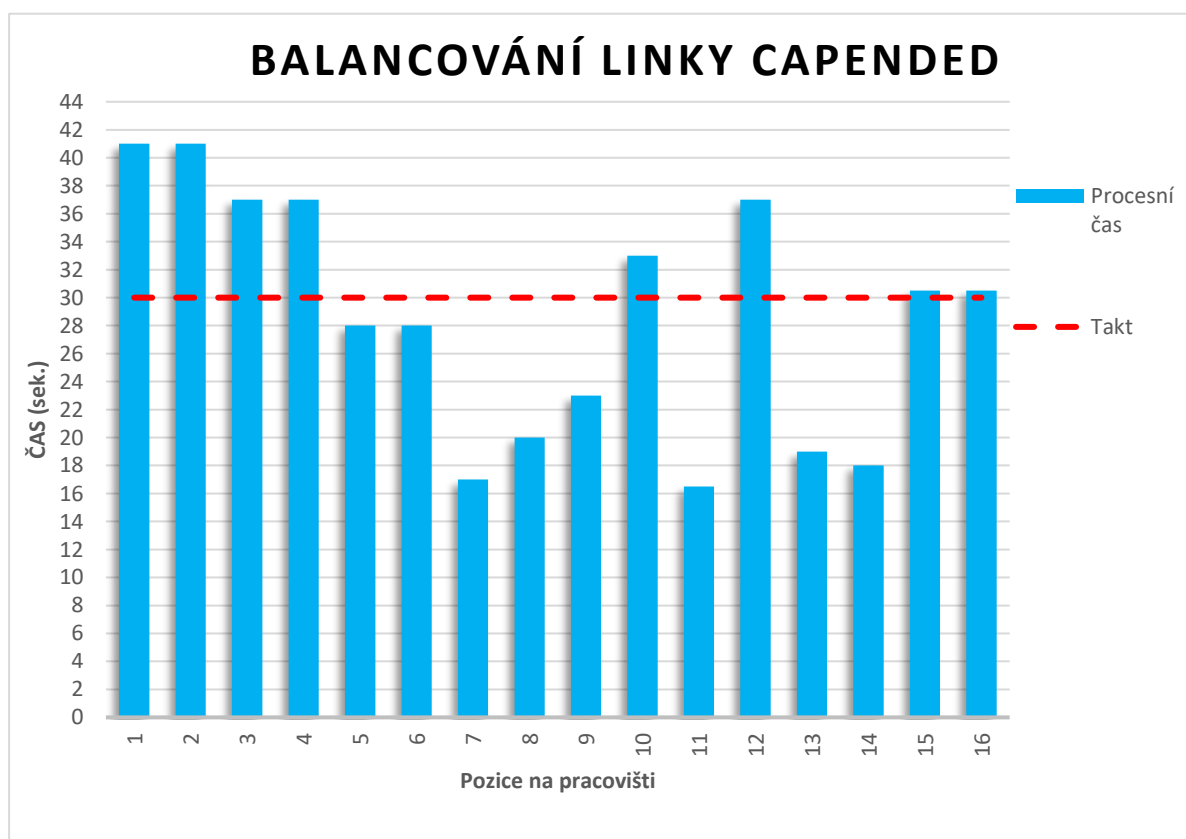
Z grafu můžeme vyčíst, že je proces značně nevybalancovaný a že linky podsestav, tedy pozice 9 až 16 nejsou schopny plně zabezpečit požadovaný takt. V současné době je na hlavní lince inline produktu nastaven výstup 100 ks/hod, což odpovídá taktu 36 sekund. U linek podsestav, zejména tedy u pozic zabezpečujících výrobu objímek můžeme vidět velké výkyvy. Přestože linky podsestav nejsou nastaveny na stejné výstupy jako hlavní linka, byly časy naměřené na těchto pozicích přepočteny na požadovaný počet komponent potřebný ve finální sestavě.

Pozice 10 je pak procesní čas MJC stroje potřebný na výrobu 14 kusů klipů.

Tab.5 Tabulka procesních časů k diagramu inline verze [69]

Poz.	Popis poz.	Linka	Operátor	Čas [s]
1,2	Lis BODY	HLAVNÍ	Operátor	37.6
3,4	Kolečka+ Latch	HLAVNÍ	Operátor	38.2
5,6	Latch+Barcode	HLAVNÍ	Operátor	48.6
7	Lis + sáčky	HLAVNÍ	Operátor	14
8	Balení	HLAVNÍ	Senior Operátor	22
9	Těsnění	PODPŮRNÁ	Operátor	46
10	MJC stroj	PODPŮRNÁ	Operátor	42
11	Lis latch kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	39.7
12	Příprava kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	72.6
13	Příprava kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	42.2
14	Příprava kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	30.4
15,16	Příbal	PODPŮRNÁ	Operátor	27.2

Druhým vyráběným typem je verze Capended. Pracovní pozice se oproti inline verzi neliší. Mění se pouze počet potřebných komponent, a tudíž procesní časy jednotlivých pozic. U capended verze jsou potřeba pouze dvě objímky, jedno delší těsnění a 11 klipů. Současný nastavený výstup je 120 ks/hod, tedy každých 30 sekund linka vyrobí nový kus. I u tohoto typu výrobku je nevybalancovanost linky zřejmá. Tento typ omezuje stejně jako inline procesní čas stroje, se kterým nelze manipulovat. V současné situaci by při navržení one piece flow nebyl stroj schopen linku, jak pro výrobu inline, tak capended, včas zásobovat.



Obr. 30: Graf vybalancování linky na výrobu verze Capended [70]

Tab.6 Tabulka procesních časů k diagramu capended verze [70]

Poz.	Popis poz.	Linka	Operátor	Čas [s]
1,2	Lis BODY	HLAVNÍ	Operátor	41
3,4	Kolečka+ Latch	HLAVNÍ	Operátor	37
5,6	Latch+Barcode	HLAVNÍ	Operátor	28
7	Lis + Sáčky	HLAVNÍ	Operátor	17
8	Balení	HLAVNÍ	Senior Operátor	20
9	Těsnění	PODPŮRNÁ	Operátor	23
10	MJC stroj	PODPŮRNÁ	Operátor	33
11	Lis latch kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	16.5
12	Příprava kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	37
13	Příprava kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	19
14	Příprava kolečka	PODPŮRNÁ	Operátor	18
15,16	Příbal	PODPŮRNÁ	Operátor	30.5

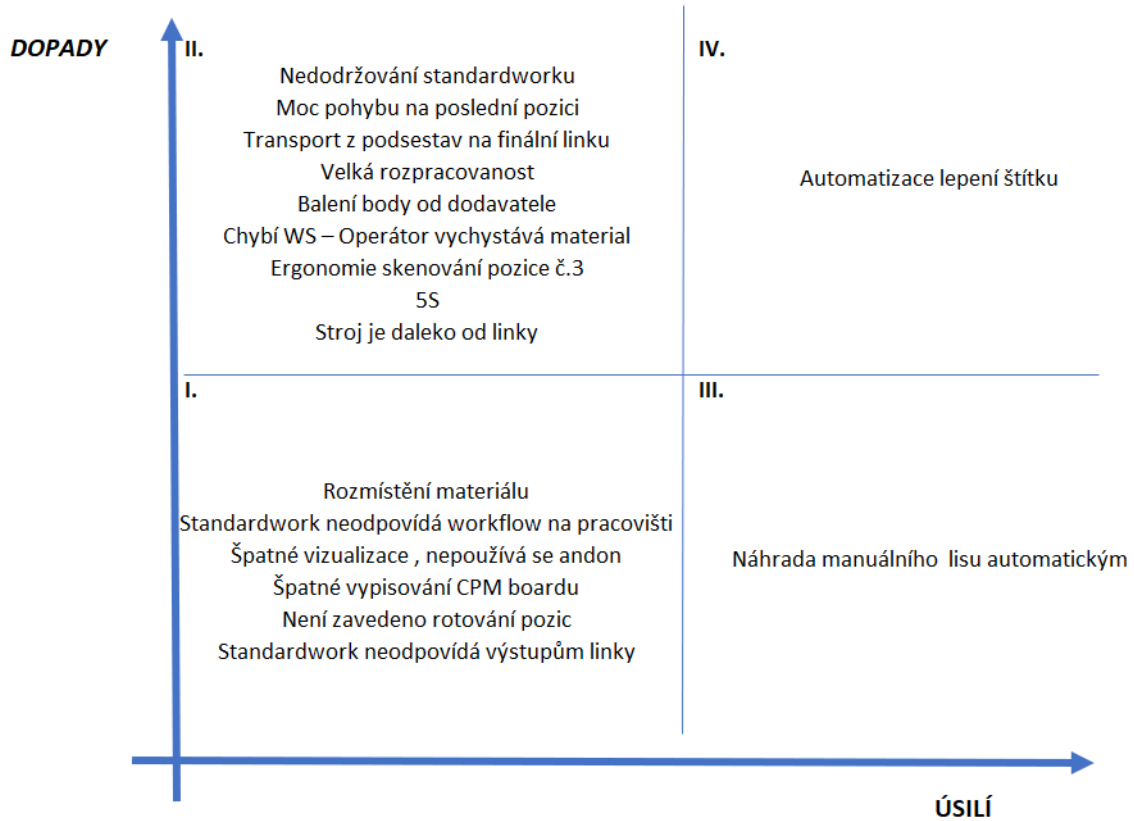
### 3.3. Analyzování

Další fází DMAIC cyklu je analyzování naměřených a definovaných problémů. V této části budou zhodnoceny veškerá naměřená data, ať už se jedná o vyzorované chyby v průběhu měření procesních časů, nebo rozbor špagetových diagramů. Z těchto analýz poté bude sestaven nový návrh řešení.

#### 3.3.1. Matice dopadu a úsilí

Analýza procesu byla provedena nejdříve pomocí tzv. Gemba Walk, kdy se všichni účastníci týmu vydali na pracoviště a pozorovali právě probíhající proces. Na základě těchto poznatků byla poté sestavena matice, kde byly návrhy seřazeny podle toho, jak velké je pro jejich realizaci třeba úsilí a jak velký bude mít jejich realizace dopad na vyřešení situace. Některé z návrhů jsou zakresleny v obr. 30. První kvadrant jsou tzv. quick wins, tedy návrhy, jejichž řešení je jednoduché a dají se vyřešit ihned. Druhý kvadrant je z našeho hlediska nejpodstatnější. Jedná se o problémy, které lze snadno vyřešit, avšak přináší větší změnu v procesu.

Jednalo se především o nedodržování standardů pracoviště. Dále špatně označené pozice na linkách. Nad operátory byly špatně označené jak pozice, tak směr materiálových toků. Chod linky tak neodpovídal standardizaci. Dalším problémem byl přebytečný pohyb na pozici senior operátora. Senior operátor se pohybuje mezi třemi stanovišti. V zadní části pracoviště odebírá předchystané sáčky, do kterých se balí hotový produkt. Tyto sáčky si přenáší na pozici balení, kde do nich následně zatavuje hotový produkt. Také vlivem špatného vstupního balení plastových těl produktu, musí pravidelně odstraňovat proložky operátorovi na první pozici. Na lince je také špatně vyřešený transport výrobků podsestav na finální linku. Na lince je velké množství materiálu, který je přebytečný a překáží. To má poté vliv na rozmístění materiálu, celkové 5S pracoviště a vysoká rozpracovanost. Posledním poznatkem je absence Water-Spidera v průběhu procesu. Místo Water-Spidera si operátor vychystává a doplňuje potřebný materiál sám a často si musí chodit pro klipy až k automatickému stroji, který je od jeho pracoviště poměrně vzdálený. Všechny tyto poznatky budou následně použity při zpracovávání nových návrhů na zlepšení současného stavu pracoviště.



Obr. 31: Rozdělení návrhů z Gemba Walku do jednotlivých kvadrantů [70]



Obr. 32: Současný stav na lince zachycený při Gemba walku [70]

### 3.3.2. Vyhodnocení špagetových diagramů

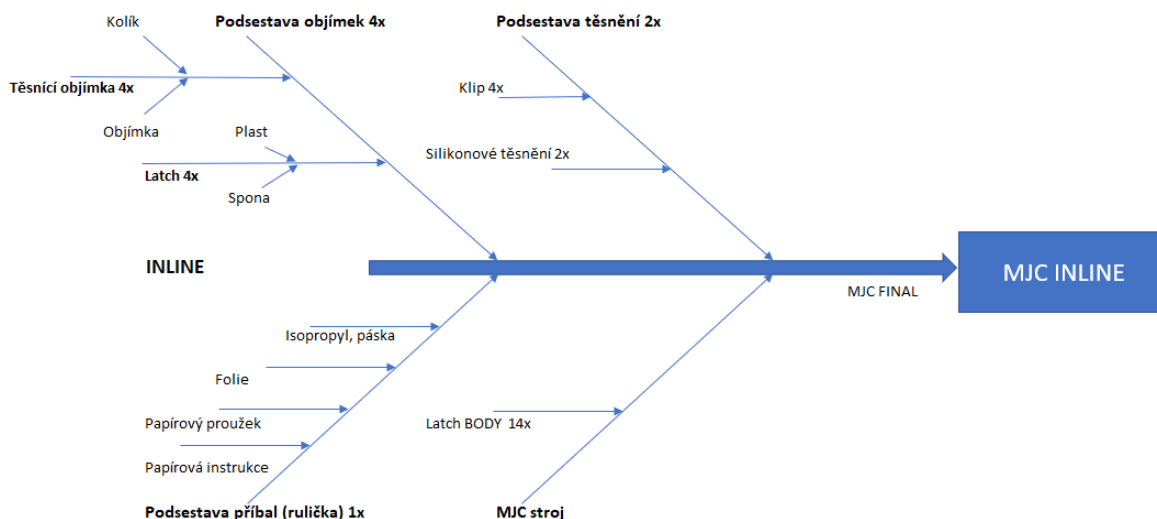
Z vyhotovených špagetových diagramů lze vidět spousta nepotřebných pohybů na lince. Senior operátor namísto vlastní přípravy sáčků na pozici balení využívá operátora na pozici lisování. Tyto sáčky připravuje operátor na dalším pracovišti, které ovšem není standardizované. Dále přechází skrz celé pracoviště kvůli proložkám v balení vstupního materiálu na lince. Ten samý problém nastává při vypisování výstupní tabule. Každou hodinu tak senior operátor přechází skrz celé pracoviště, aby zapsal výstup linky.

Water-spider vychystává materiál z kanbanu do regálu k lince, ze kterého si poté operátor potřebné komponenty vychystává sám. Pokud by bylo možné přesunout kanban na místo těchto regálů, ušetřil by se přebytečný pohyb na lince. Stejně tak dochází k problémům s pohybem materiálu na lince a zásobováním finální linky.

Při současných výstupech musí Water-Spider doplňovat klipy z automatického stroje poměrně často. Při jeho absenci tuto operaci vykonává jeden z operátorů, což je nežádoucí ztráta v procesu. Jestliže by se podařilo stroj přesunout rovnou k pracovišti, bylo by možné klipy doplňovat přímo na pracovišti a zkrátit by se čas potřebný k doplňování materiálu.

### 3.3.3. Ishikawův diagram

Protože je cílem snížit rozpracovanou výrobu a velikost celého pracovního prostoru linky, byly v rámci analýzy procesu vytvořeny diagramy rybí kosti zahrnující potřebné komponenty pro jednotlivé verze produktů. Tyto diagramy poté poslouží jako podklad k vytváření nových návrhů podoby linky. Cílem je vytvořit jednotné pracoviště bez přebytečného materiálu. S pomocí vizualizace bylo poté propočteno množství potřebného materiálu na celou směnu. Pro zjednodušení byly použity pouze hodnoty inline verze, která obsahuje větší množství potřebných komponent. Z těchto hodnot vyplývá, že se na lince v současné situaci nachází přebytečný materiál, který operátor není schopen za celou směnu spotřebovat. Tento materiál poté zabírá prostor na pracovišti. Dále budou tyto propočty využity při návrhu nového rozmístění linky.



Obr. 33: Diagram rybí kosti pro produkt verze INLINE [70]

### 3.3.4. 3P analýza

3P je nástroj využívaný v rámci Kaizenu. Jedná se o tři slova začínající písmenem P – produkci, přípravu a proces. Využití nachází zejména v případech, kdy je tvořen úplně nový návrh rozložení pracovního prostoru. Pomocí 3P tak můžeme simulovat reálnou situaci a vyzkoušet si celý proces tzv. nanečisto ještě předtím, než ho zaimplementujeme do výrobního prostoru.

Na základě měření a analýz procesu tak bylo vytvořeno několik návrhů, které nejlépe odpovídali požadovaným cílům. Z analýz a měření jasně vyplynulo, že současný stav linky je nevyhovující a systém podsestav a finální linky vytváří přebytečnou rozpracovanou výrobu. Cílem je tedy nově navrhnout linku, která spojí všechny předchozí stanoviště v jednu ucelenou linku se zavedením nových procesních toků.

V závislosti na sledu jednotlivých operací tak byla navržena linka s procesním tokem one piece flow, kde byly na sebe navazující operace rozděleny do jednotlivých pozic tak, aby bylo možné tento procesní tok realizovat. Pro nalezení optimálního stavu tak byl přepočten přibližný počet potřebného materiálu na jednotlivé pozice a tomu uzpůsobena pracovní plocha. Po stanovení nutného pracovního prostoru tak mohl začít výběr optimální varianty rozložení linky. Konečným výsledkem pak byla simulace výrobní linky, která nejlépe odpovídala všem požadavkům. Tento návrh byl následně zdokumentován a využit jako podklad při sestavování reálné linky. Nejvíce vyhovující provedení lze vidět na obrázcích níže.



Obr. 34: Výsledná podoba analýzy 3P [70]

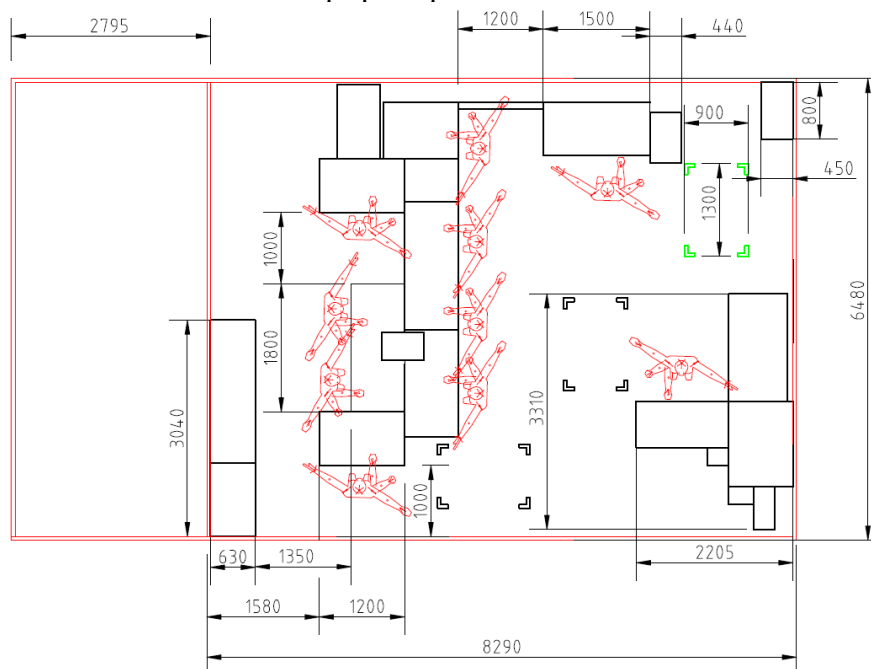
### 3.4. Zlepšení

Další fází je na základě analyzovaných a naměřených dat implementovat jednotlivá zlepšení současného nevyhovujícího stavu do výrobního procesu. V této části bude tedy hlavním cílem odstranit nesrovnalosti v procesu a nalézt nový, lépe vyhovující stav. Hlavní částí bude interpretace a implementace navržených změn.

#### 3.4.1. Změny v reakci na nevyhovující stávající stav

Hlavním cílem bylo snížit podlahovou plochu celého pracoviště. V nově navrženém rozložení pracoviště tak byly do finální linky zařazeny všechny stanoviště podsestav v omezené míře. V předchozím stavu byly první tři pracovní pozice na lince zdvojeny. Tento problém s nasazením one piece flow a vybalancováním na zákaznický takt odpadl.

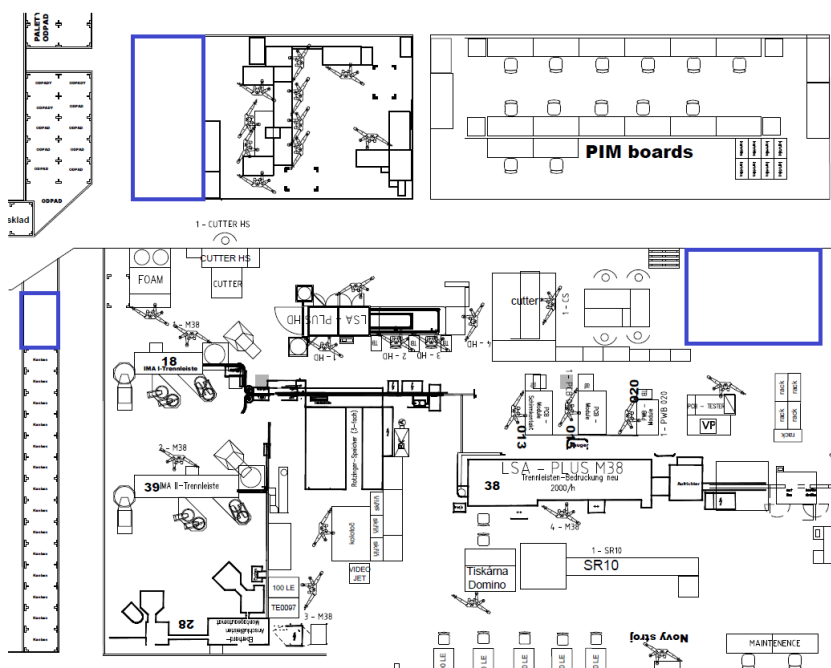
Při zavedení one piece flow také téměř odpadla veškerá rozpracovaná výroba, tudíž již nebyly potřeba paletová místa z předchozího stavu. Na sestavení nově navrženého pracoviště bylo z celkových dvanácti stolů použito pouze šest. Vybavení linky, které nebylo použito v novém návrhu je tak možné využít při tvorbě nových pracovišť. Se změnou rozložení pracoviště bylo také možné do jednoho bloku umístit jak kanban, který se nachází přímo za výrobní linkou, což umožňuje snazší doplňování materiálu na linku, tak i automatický stroj. Nový návrh tak sloučil všechna potřebná pracoviště do jednoho uceleného bloku, čímž odpadá problém přebytečného pohybu Water-Spidera při zásobování linky klipy a díky blízkosti stroje lze využít i poměrně málo vytíženého machine operátora. Podrobný náčrt rozmístění pracoviště je vyobrazeno na obrázku 35. Celková rozloha nově navrženého pracoviště činí cca 54 m<sup>2</sup>. Což je téměř o polovinu menší rozloha než v případě před zavedením změn.



Obr. 35: Rozmístění nově navrženého pracoviště [70]

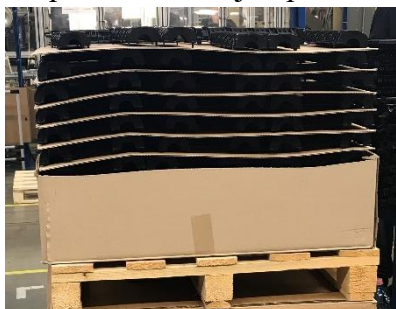
S možností sloučení všech potřebných pracovních ploch do jednoho pracoviště tak vznikla volná plocha, která lze později využít pro jiné výrobní procesy. Celkem se jedná o úsporu prostoru automatického stroje, která čítala cca 16,8 m<sup>2</sup>. Dále pak uvolněný prostor kanbanového regálu, kde se jedná o plochu přibližně 2,5 m<sup>2</sup> a v neposlední řadě pak odstraněním rozpracované výroby odpadlo 5 paletových míst. S celkovým omezením potřebného materiálu na lince pak odpadly i vozíky na materiál a z původních tří regálů a dvou skříní byl

ponechán pouze jeden regál a jedna skříň. V oblasti finální linky se tedy jedná o úsporu prostoru o rozloze přibližně 18 m<sup>2</sup>. Celkový ušpořený prostor se pohybuje okolo 37 m<sup>2</sup>.



Obr. 36: Zobrazení ušpořených ploch novým rozložením pracoviště [70]

Další zlepšení se již týkala jednotlivých podnětů z předchozí analytické části práce. Jednalo se například o odstranění proložek ve vstupním materiálu, které musel senior operátor často odnášet do odpadu. V návaznosti na toto balení pak vždy operátor přeskládal celé tělo MJC těsnění na pracovní plochu. S odstraněním tohoto problému tak byla snížena potřebná plocha na pracovní pozici lisování těla a odstraněn přebytečný pohyb senior operátora zachycen ve špagetovém diagramu. Dále byla na tuto pozici umístěna speciální židle pro zvýšení komfortu operátora na stojící pozici.



Obr. 37: Pracovní prostor na pozici lisování těla těsnění před změnou [70]



Obr. 38: Pracovní prostor na pozici lisování těla těsnění po změně [70]

Další změnou související s nově navrženým rozložením pracoviště bylo odstranění váhy z pracovní plochy příbalu. Tato operace byla přiřazena přímo k pozici kontrolního vážení, kde je příbal potřeba a operátor kompletující příbalovou ruličku ji vkládá rovnou na kontrolní váhu. Odpadá tak přebytečná operace vážení příbalové ruličky a celý proces je plynulejší. U pozice kontrolního vážení byl v novém návrhu skener nutný ke kontrolnímu vážení umístěn do stabilní polohy tak, aby se eliminoval přebytečný úkon operátora a zlepšila ergonomie pracovní pozice.



Obr. 39: Umístění skeneru do stabilní polohy a sdílení kontrolní váhy mezi pozicemi příbalů a kontrolního vážení [70]

V návaznosti na zjištění z analýz bylo také odstraněno přebytečné pracoviště na přípravu sáčků, jejichž příprava se přesunula na pracovní prostor balení. Odpadá tak přebytečný pohyb senior operátora a přebytečná plocha stanoviště. Dále pak byla v návaznosti na pohyby senior operátora přemístěna tabule s výstupy k poslední pozici balení. Senior operátor ji má v novém rozložení pracoviště přímo po ruce. Pracovní prostor balení byl také obohacen o skluznou plochu, která spojuje pozice lisování těla těsnění a balení. Senior operátor má tak hotové kusy přímo na skluzu v zásobě s možností určité rozpracované výroby v případě, že by měl na starost jiné povinnosti. Dalším zlepšením je implementace proti únavových rohoží na stojící pozice lisování těla těsnění, lisování vnějších klipů těsnění a balení.



Obr. 40: Pracovní prostor na pozici balení [70]

### 3.4.2. Vybalancování linky-nově vytvořený návrh

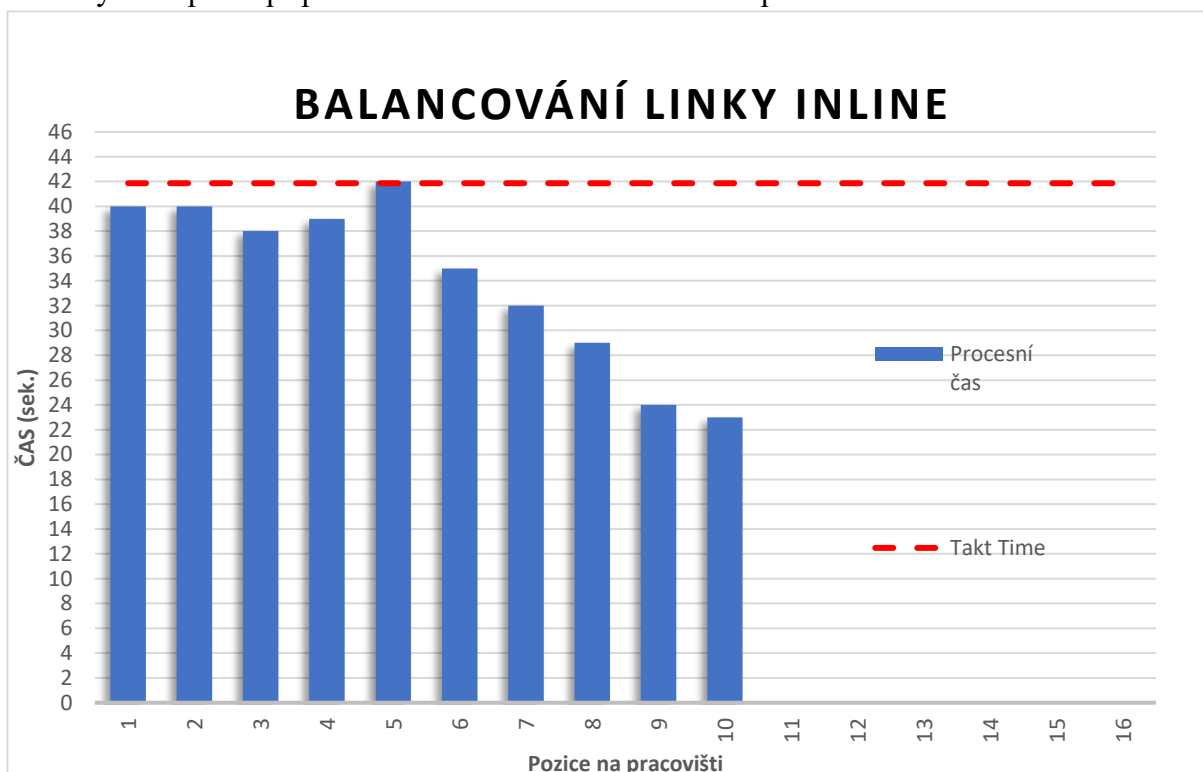
Nově navržený stav slučuje všechna předchozí pracoviště do jedné linky. Všechny pracovní pozice byly seřazeny tak, jak vstupují postupně do sestavy celého těsnění. Pracoviště počítá v plném vytížení s celkem desíti operátory.

První pozici tvoří příprava těsnění, kterého se nedotkla žádná změna, došlo pouze k přemístění. Stejně tomu tak je u pozice lisování těla těsnění, kterého se změna dotkla pouze snížením nutné pracovní plochy při odstranění přebytečného vychystávání těl na pracovní plochu.

Následující pozicí je příprava podsestav těsnících objímek, kde byla operace lisování klipů využívaných ke kompletaci těsnící objímky. Z předchozích tří operátorů na tuto operaci zůstali pouze dva. Tyto objímky pak putují na další pozici, kde je operátor vloží do těla těsnění a připevní na vnější tělo část klipů. Na tuto pozici navazuje připevnění zbývajících klipů a kontrolní vážení, se kterým je nově propojena kontrolní váhou pracovní pozice příbalů. Před samotným balením pak následuje ještě pozice zalisování klipů těla. Poslední pozicí je pak balení.

Při balancování a navrhování taktu bylo přihlíženo zejména na strojní čas automatického stroje na klipy, který je pevně daný bez možnosti změny. Tento stroj je tedy v nově navrženém procesním toku úzkým místem. Oproti předchozímu stavu došlo k výraznému snížení počtu operátorů z šestnácti na deset. Dále bylo na lince zavedeno rotování mezi jednotlivými pozicemi tak, aby si byla zajištěna konstantní výkonnost na náročnějších pozicích.

Z příloženého vybalancování na obr.41 můžeme vidět postupné snižování procesních časů na jednotlivých pozicích. Poslední pozicí nadále zůstává senior operátor, který má vždy pozici volnější vzhledem k povinnostem mimo výrobní proces, které musí vykonávat. Dále pak musí být schopen v případě nutnosti zaskakovat za ostatní pozice.

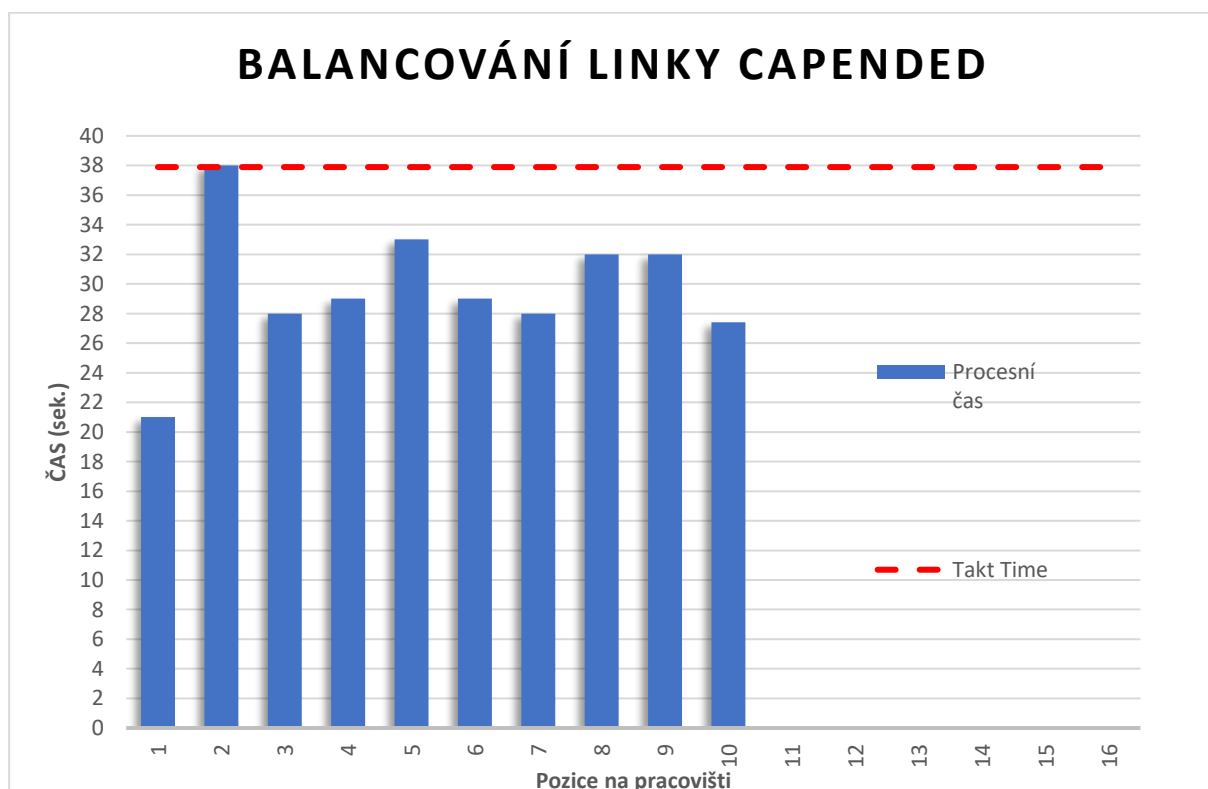


Obr. 41: Návrh nového vybalancování linky pro Inline verzi [70]

Tab.7 Tabulka procesních časů k novému diagramu inline verze [70]

Poz.	Popis poz.	Linka	Operátor	Čas [s]
1	Těsnění	HLAVNÍ	Operátor	40
2	Lis BODY	HLAVNÍ	Operátor	40
3	Kolečka	HLAVNÍ	Operátor	38
4	Lis+ Kolečka	HLAVNÍ	Operátor	39
5	MJC stroj	HLAVNÍ	Operátor	42
6	BODY+latch	HLAVNÍ	Operátor	35
7	Latch+ Barcode	HLAVNÍ	Operátor	32
8	Příbal	HLAVNÍ	Operátor	29
9	Příprava+Lis	HLAVNÍ	Operátor	24
10	Balení	HLAVNÍ	Senior Operátor	23

Jelikož byla linka balancována převážně na inline verzi, která je vyráběna ve větším množství, je nově navržený proces pro verzi capended mírně nevybalancovaný. Ovšem stejně jako u verze inline se podařilo výrazně snížit počet potřebných operátorů. Úzkým místem při výrobě capended verze je pozice lisování těla těsnění, a to zejména z toho důvodu, že verze capended se ve většině případů vyrábí s těsněním s klipy. Do těla se pak vkládá jen jedno těsnění, avšak delší a je třeba jej přesně umístit do poloměru zaoblené části těla. Klipy na konci těsnění je pak potřeba zajistit do drážek v těle těsnění. Další skok v balancování linky tvoří automatický stroj na pozici 5. Tento procesní čas však není v dohledné době ovlivnitelný. Posledním rozdílem oproti inline verzi je předposlední pozice lisování klipů těla, kde je potřeba před lisováním uzavřít klipy umístěné na zaoblené části těla, které stroj nedokáže dostatečně zalisovat.



Obr. 42: Návrh nového vybalancování linky pro Capended verzi [70]

Tab.8 Tabulka procesních časů k novému diagramu capended verze [70]

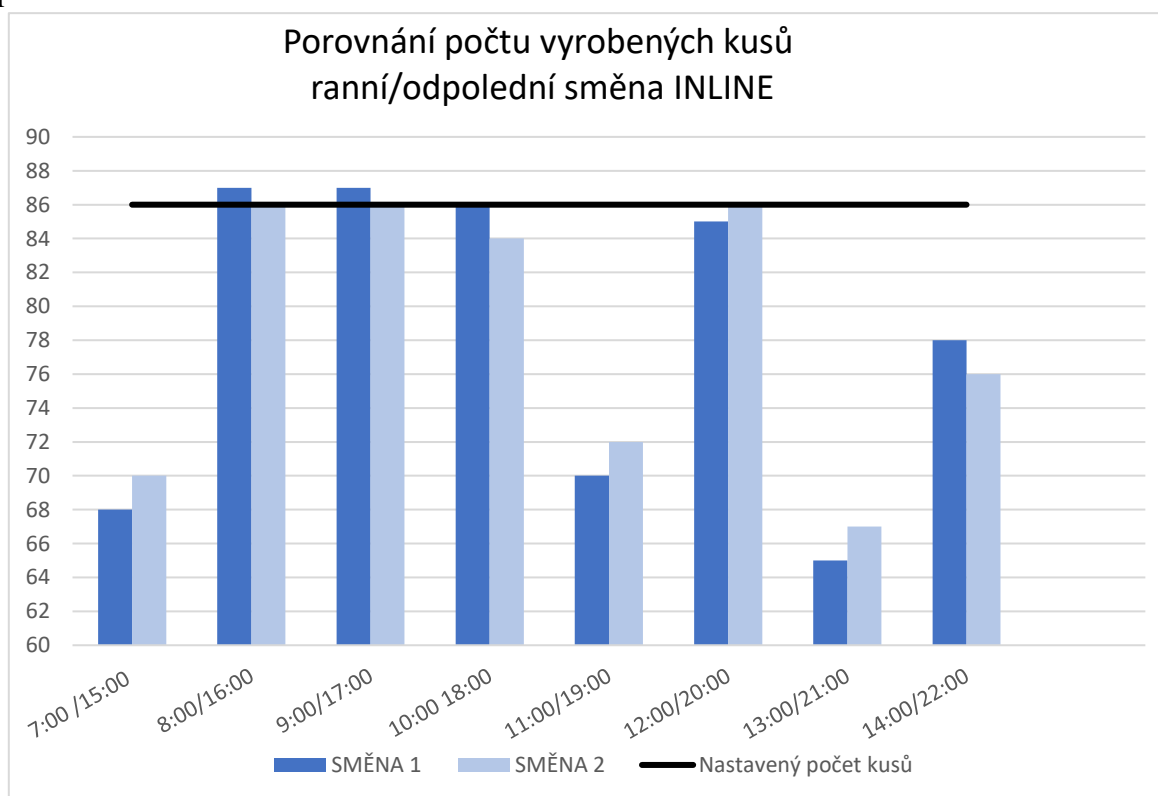
Poz.	Popis poz.	Linka	Operátor	Čas [s]
1	Těsnění	HLAVNÍ	Operátor	21
2	Lis BODY	HLAVNÍ	Operátor	38
3	Kolečka	HLAVNÍ	Operátor	28
4	Lis+ Kolečka	HLAVNÍ	Operátor	29
5	MJC stroj	HLAVNÍ	Operátor	33
6	BODY+latch	HLAVNÍ	Operátor	29
7	Latch+ Barcode	HLAVNÍ	Operátor	28
8	Příbal	HLAVNÍ	Operátor	32
9	Příprava+Lis	HLAVNÍ	Operátor	32
10	Balení	HLAVNÍ	Senior Operátor	27.4

### 3.5. Kontrola

Poslední částí DMAIC cyklu je fáze kontroly. V této části tak bude věnována pozornost zejména dodržování nově zavedených procesních toků a standardů. Dále pak porovnání plnění cílů jednotlivých verzí u obou směn a celkové kontrole plnění cílů celého projektu.

#### 3.5.1. Kontrola splnění výstupů

Kontrola dosahování nastavených výstupů byla provedena až s odstupem, po zavedení všech navržených zlepšení pomocí měsíčního akčního plánu. Eliminuje se tak možnost nezkušenosti a přizpůsobování se operátorů na nový proces. Z prvního přiloženého sloupcového grafu je patrné, že jsou mezi směnami mírné rozdíly. Nejsou však nijak markantní a vždy se výstup pohybuje okolo požadované hranice. U produktu MJC inline byl požadovaný hodinový výstup nastaven na 86 kusů za hodinu. Proces tak nebude potřeba dodatečně upravovat a je nastaven správně.

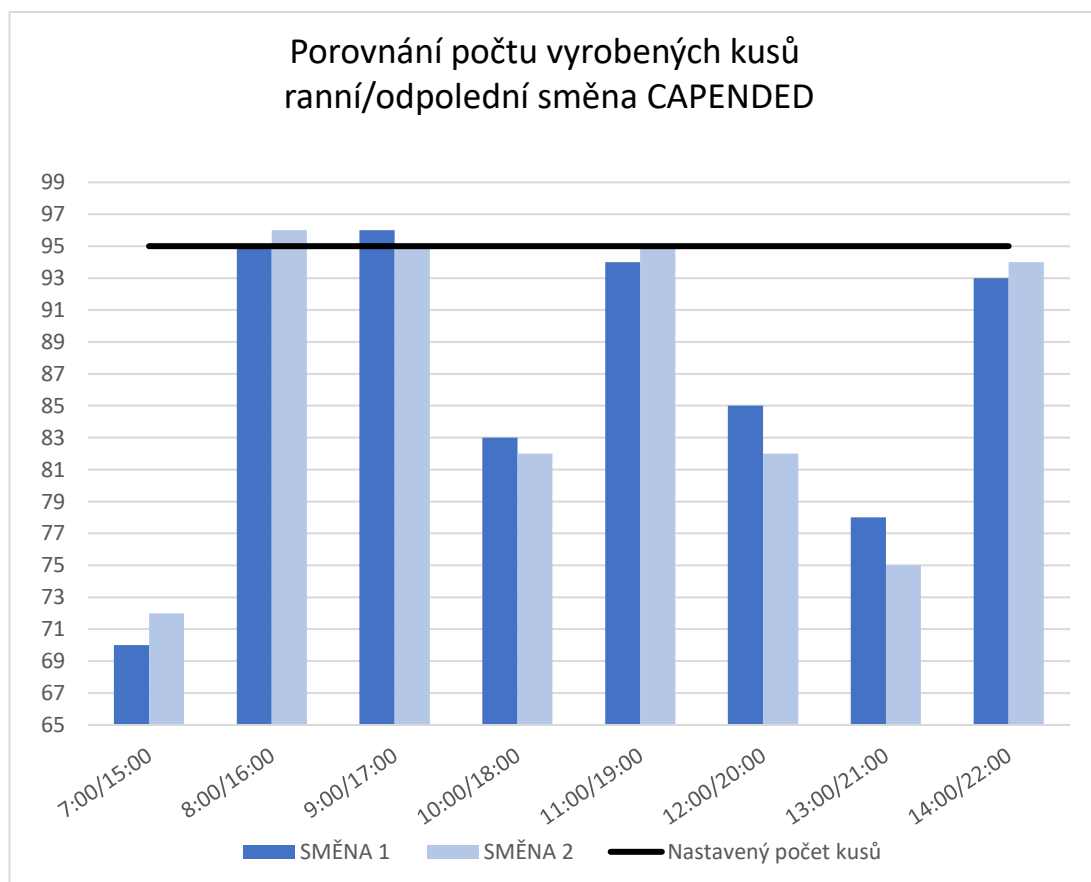


Obr. 43: Graf porovnání plnění cílů jednotlivých směn INLINE [70]

Tab.9 Tabulka počtu vyrobených kusů ranní a odpolední směny pro verzi INLINE [69]

Čas ranní/odpolední směny	SMĚNA 1	SMĚNA 2	Nastavený počet kusů
7:00 /15:00	68	70	86
8:00/16:00	87	86	86
9:00/17:00	87	86	86
10:00 18:00	86	84	86
11:00/19:00	70	72	86
12:00/20:00	85	86	86
13:00/21:00	65	67	86
14:00/22:00	78	76	86

Druhým produktem je MJC capended. V tomto případě byla hranice hodinového výstupu nastavena na 95 ks/hod. Z přiloženého grafu lze vidět výkyv zejména na začátku a konci směny. Na začátku a na konci směny jde zejména o prostoje při vychystávání materiálu, na konci pak úklid pro předání další směně. Bude tak potřeba se na tuto oblast zaměřit a zefektivnit počáteční přípravu procesu. Stejně jako u předchozí verze jsou rozdíly mezi směny minimální a linka za svůj časový fond vyrobí přibližně požadovaný počet kusů. U capended verze je navíc počet zakázek často nižší, a tak i při malých výkyvech stihne linka vyrobit požadovanou zakázku včas.



Obr. 44: Graf porovnání plnění cílů jednotlivých směn CAPENDED [70]

Tab.10 Tabulka počtu vyrobených kusů ranní a odpolední směny pro verzi CAPENDED [69]

Čas ranní/odpolední směny	SMĚNA 1	SMĚNA 2	Nastavený počet kusů
7:00 /15:00	70	72	95
8:00/16:00	95	95	95
9:00/17:00	96	95	95
10:00/18:00	83	82	95
11:00/19:00	94	95	95
12:00/20:00	85	82	95
13:00/21:00	78	75	95
14:00/25:00	93	94	95

### 3.5.2. Kontrola splnění cílů

Hlavním požadavkem celého projektu bylo snížení rozlohy pracoviště. Pracoviště bylo složeno ze tří hlavních částí, kanbanového regálu, stanoviště podsestav a finální linky a pracovní prostor automatického stroje na klipy. Celková rozloha předchozího rozmístění pracovišť tak byla 91 m<sup>2</sup>. Z této plochy se novým návrhem one piece flow materiálového toku linky podařilo uspořit 37 m<sup>2</sup>, což je úspora přibližně 41 % oproti předchozímu stavu.

S úsporou podlahové plochy úzce souvisí další cíl, a to redukce rozpracované výroby linky. Před úpravou se na lince nacházelo celkem 5 paletových míst s rozpracovanou výrobou. Celkem se tak v rozpracované výrobě drželo přibližně 210 000 Kč. V nově navrženém rozmístění pracoviště se počítá s rozpracovaností pouze na pozici balení, kde je nastavena na pár kusů na délce podavače.

Dalším faktorem, na který bylo potřeba se zaměřit bylo využití operátorů na lince. Cílem zlepšení bylo zvýšit PPH alespoň o 10 %. V předchozím stavu na hlavní lince při výrobě verze inline, vyrobil jeden operátor za hodinu 6,25 kusů. V nově rozvrženém procesu však vyrobí operátor za hodinu 8,57 kusů. Jde tedy o nárůst přibližně 37 %. U verze produktu capended bylo toto zvýšení menší. Z původních 7,5 kusů za hodinu vyrobí operátor v nově navrženém procesu 9,47 kusů za hodinu. Zvýšení je tedy přibližně o 26 %. Tato čísla tak výrazně převyšují navržený cíl projektu a lze jej tedy považovat za splněný.

## 3.6. Technicko-Ekonomické zhodnocení

V této části práce bude provedeno technicko-ekonomické zhodnocení celého projektu. První část bude zaměřena na souhrn a výpočet všech nutných nákladů k realizaci navržených zlepšení. Druhá část se poté bude zabývat výpočtem celkových nákladů pracoviště před úpravou a po úpravě, z čehož bude následně vypočtena celková úspora získaná nově navrženým řešením. Poslední částí pak bude zhodnocení celého projektu a výpočet návratnosti provedených investic.

### 3.6.1. Výpočet celkových nákladů na realizaci navržených zlepšení

V nově navrženém rozložení linky nebylo třeba provádět příliš velké změny a investice. Z větší části stačilo původní vybavení a investice byly prováděny za účelem většího komfortu a ergonomie pracoviště. Pro odstranění přebytečných procesních časů byl pořízen válečkový skluz mezi pozici lisování a balení, který urychluje přemísťování produktu na finální pozici a taktéž slouží jako možná plocha pro rozpracovanou výrobu. Na tento dopravník lze umístit až 3 hotové produkty pro případ, že by senior operátor musel vykonávat jiné povinnosti. V souvislosti se snížením procesních časů na pozici balení tak, aby byl senior operátor uvolněn a měl možnost vykonávat i jiné pracovní povinnosti, nebo popřípadě zastupovat operátory na lince,

byl pořízen odvíječ na štítky pro možnost rychlejšího vychystávání sáčků na balení finálního produktu.

Další investicí z hlediska ergonomie bylo pořízení proti únavových rohoží na celé pracoviště, zejména kvůli stojícím pozicím. Na první pozici lisování byla také přidána speciální židle, která je ergonomicky vhodnější pro stojící pozici.

Menší, ale také vhodnou investicí je pořízení krytu pod lis na klipy k objímkám. Na této pozici totiž nově operátor klipy nejen lisuje, ale i nacvakává na objímku a mohlo by se stát, že mu při manipulaci zapadnou pod lis.

Poslední investicí bylo přestěhování kanbanových regálů a automatického stroje na nové umístění, prováděné externí firmou. Všechny tyto náklady jsou vyčísleny v tabulce č.11 níže.

Tab.11 Tabulka nákladů na realizaci navržených zlepšení [69]

Popis	Cena	Měna
Válečkový skluz	3 000	Kč
Odvíječ na štítky	5 000	Kč
Protiúnavové rohože	15 000	Kč
Židle pro stojící pozici	5 000	Kč
Kryt pod lis na klipy	1 000	Kč
Přemístění kanbanu a automatického stroje na klipy	5 000	Kč
<b>Celkový součet nákladů</b>	<b>34 000</b>	<b>Kč</b>

### 3.6.2. Výpočet celkové úspory ploch a nákladů procesu

Jak již bylo zmíněno výše, nové rozložení linky umožnilo sloučit všechny tři pracoviště do jednoho, čímž došlo k výraznému snížení jeho celkové rozlohy. Přesné rozlohy jednotlivých pracovišť a velikost úspory lze vidět v tabulce 12.

Tab.12 Tabulka celkové úspory podlahových ploch [69]

	Kanbanový regál	MJC automatický stroj	Výrobní linka	Součet	Jednotka
<b>Předchozí stav</b>	2.5	16.8	71.7	<b>91</b>	m <sup>2</sup>
<b>Nový stav</b>	0	0	53.7	<b>53.7</b>	m <sup>2</sup>
<b>Úspora</b>	2.5	16.8	18	<b>37.3</b>	m <sup>2</sup>

Dále bylo potřeba vypočítat celkovou úsporu nově navrženého procesu. Pro výpočet celkové úspory nákladů procesu bylo potřeba vypočítat celkové náklady před úpravou a celkové náklady po úpravě. Jejich rozdílem byla pak získána celková úspora nově navrženého procesu. Tyto náklady byly vypočítány pomocí PPH (počet produktů vyrobených jedním operátorem za jednu hodinu), tedy ukazatelem vytíženosti operátora, počtu vyrobených kusů za minulý rok a ceny práce. Tyto tři hodnoty jsou hlavními vstupy celé kalkulace. Pomocí obsazenosti linky pro jednotlivé produktové konfigurace a taktu linky nastaveného pro jednotlivé konfigurace byla vypočtena hodnota PPH před úpravou a po úpravě.

$$PPH = \frac{\text{Norma}}{\text{Počet operátorů}} = \frac{86}{8} = 7,14 \frac{ks}{hod} \quad (3.2)$$

Následně pomocí počtu vyrobených kusů zjištěn počet odpracovaných hodin u jednotlivých produktů před a po úpravě.

$$N_{hod1} = \frac{\text{Počet vyrobených kusů}}{PPH_1} = \frac{552}{7,14} = 77,3 \text{ hod} \quad (3.3)$$

$$N_{hod2} = \frac{\text{Počet vyrobených kusů}}{PPH_2} = \frac{552}{10,75} = 51,3 \text{ hod} \quad (3.4)$$

$$\Delta N = N_{hod1} - N_{hod2} = 77,3 - 51,3 = 26 \text{ hod} \quad (3.5)$$

kde:

$N_{hod1}$  – Počet odpracovaných hodin u daného produktu za rok před změnou [hod]

$N_{hod2}$  – Počet odpracovaných hodin u daného produktu za rok po změně [hod]

$\Delta N$  - Rozdíl počtu odpracovaných hodin[hod]

Vynásobením ceny práce, která podle interních dat firmy činí 13,46 \$, a rozdílu počtu odpracovaných hodin pak dostáváme úsporu nákladů na pracovišti za rok pro jednotlivé produkty. Součtem všech dílčích úspor poté dostáváme celkovou úsporu za rok, která čítá přes 131 000 \$. Jednoduchým převodem na Kč dostáváme úsporu přes 3,2 milionu korun.

$$\text{Úspora} = LC \cdot \Delta N = 13,46 \cdot 26 = 350,08 \$ \quad (3.6)$$

kde:

LC-Hodinová sazba za operátora včetně variabilních nákladů a utilizace [\$]

$\Delta N$ - Rozdíl počtu odpracovaných hodin [hod]

Takto velká úspora byla dosažena zejména velkým snížením počtu operátorů, a tedy zvýšením PPH linky. Pro názornost je uveden pouze příklad výpočtu pro jednu zakázku v prvním řádku tabulky. Celá tabulka pro výpočet úspory je pak obsažen v tabulce v příloze práce.

### 3.6.3. Zhodnocení projektu a výpočet návratnosti investic

V předchozích podkapitolách byly vypočteny náklady na realizaci projektu, jejichž součet činí 34 000,- Kč. Celková úspora nově navrženého stavu činí 3 284 907,35,- Kč. Pro výpočet návratnosti stačí jednoduchý výpočet podílu nákladů na realizaci a roční úspory nově navrženého stavu. Pro převod z roků na dny byl podíl vynásoben počtem pracovních dní v roce.

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{Náklady na realizaci}}{\text{Celková úspora za rok}} \cdot \text{Počet pracovních dní} \quad (3.7)$$

$$\text{Návratnost} = \frac{34\,000}{3\,284\,907,35} \cdot 251 = \mathbf{2,597 \text{ dní}}$$

Investice do zlepšení linky bude tedy rentabilní přibližně za 2,6 dní. Takto rychlá návratnost je dána především velkou úsporou operátorů v procesu a nízkými investicemi do změn v celém procesu.

## 4. ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výrobního procesu ve vybraném podniku. Ve společnosti již delší dobu pracuji, a bylo mi umožněno zpracovat výše prezentovaný projekt úpravy linky specializované na výrobu produktu MJC, mechanického těsnění pro ochranu kabelových spojů.

V první části práce je zpracování literární rešerše problematiky, využitě následně při koncepci nových řešení výrobního procesu. Praktická část je tedy zpracována s využitím všech teoretických znalostí ze zkoumané oblasti, je zde krátce představena společnost, ve které byla tato diplomová práce zpracována, její podnikatelský záměr a produktové portfolio.

Vlastní praktická část práce je zpracována na základě cyklu DMAIC. V první fázi je postupně definován proces, je stanoven rozsah projektu a jeho cíle, krátce definován procesní tok a odpovědnosti jednotlivých pozic vstupujících do tohoto procesu.

Následně je prováděno měření pomocí špagetových diagramů pro zaznamenání přebytečných pohybů na lince, stanoven zákaznický takt na základě předchozích období, přeměření rozměrů výrobní linky a definování všech potřebných výrobních ploch, a nakonec sestrojen diagram vybalancování linky pro obě dvě verze produktu, na základě rozboru video záznamů jednotlivých pozic.

Třetí fázi z cyklu DMAIC je analyzování, ve kterém je věnována pozornost datům získaným ze špagetových diagramů a sestavení matice dopadu a úsilí, kde byly zapsány jednotlivé podněty v rámci gemba walku, na kterých bylo nutné zapracovat, jako například nedodržování standardizace pracoviště, absence rotace pracovních pozic a příliš velká rozpracovanost celého pracoviště. Protože byl původní stav na lince nevyhovující, bylo potřeba se zamyslet nad celkovou změnou rozmístění a procesního toku linky. V analyzování tak nechybí také ishikawův diagram, díky kterému byly přehledně vyobrazeny veškeré komponenty vstupující do produktu MJC. Na základě tohoto diagramu pak byl propočten všechn potřebný materiál a nutná posloupnost jednotlivých operací, jako základ pro tvorbu nového procesního toku one piece flow. Následně byl tento návrh rozvíjen a pomocí 3P analýzy nalezeno rozmístění, které nejvíce odpovídalo požadovaným cílům projektu.

Další fázi je samotné zlepšení, ve které jsou řešeny nalezené problémy z předchozích dvou kroků analyzování a měření, a nakonec vytvořen nově vybalancovaný stav linky. Jedním z nejzásadnějších zlepšení bylo zavedení nového procesního toku one piece flow a změna rozestavění linky, což umožnilo snížit rozpracovanou výrobu na minimum a snížilo celkový počet operátorů téměř na polovinu. Z původní hlavní linky a pracovišť podsestav tak vznikla jednotná linka se všemi nutnými pracovními pozicemi. Vlivem lepšího rozestavění pracoviště vznikl volný prostor, do kterého mohly být umístěny i další potřebná pracoviště související s výrobním procesem, jako například MJC stroj a kanbanové regály. Vzniklo tak kompaktní pracoviště se všemi potřebnými procesy v jednom bloku. Další prováděná zlepšení byla zaměřena na podněty z analýz a balančních diagramů, a jejich hlavním cílem bylo zlepšit ergonomii celého procesu a snížit tak větší část prostoje a nepotřebných pohybů operátorů. Výsledkem je vybalancovaný proces s klesajícím zatížením jednotlivých operací a zavedením rotací pracovních pozic pro zlepšení efektivity celého procesu.

Poslední fázi cyklu je kontrola, ve které byla hlavní pozornost soustředěna na splnění nově navržených řešení. Byly provedeny kontrolní diagramy jednotlivých směn, kde se ukázalo, že nový proces vyhovuje, funguje a linka zvládá vyrábět nově navržené počty kusů. Následně byly podrobeny kontrole i celkové cíle projektu. Celkový výstup výrobní linky se sice snížil, ale počet operátorů klesl z celkových 16 na 10, což zvýšilo vytíženost operátorů a z původních 6,25 kusů za hodinu nově operátor vyrobí až 8,57 kusů za hodinu. PPH se tedy zvýšilo o 37 %. Kromě zvýšení PPH bylo také hlavním cílem snížit rozlohu pracoviště. Z celkových 91 m<sup>2</sup> bylo novým rozmístěním ušpořeno 37 m<sup>2</sup>, což znamená úsporu podlahových

ploch přes 40 %. Za zmínku také stojí fakt, že vlivem změny rozmístění pracoviště se podařilo zrušit rozpracovanou výrobu v hodnotě cca 210 000 Kč.

Poslední částí práce je technicko-ekonomické zhodnocení celého projektu, kde jsou sepsány všechny nutné investice provedené za účelem zlepšení stávajícího stavu výrobního procesu. Jelikož se výrobní linka spíše zmenšovala, nebyly potřeba velké investice. Většina z nich se tak týkala pouze vylepšení ergonomie pracoviště. Celkový součet provedených investic byl vyčíslen na 34 000 Kč, což je vzhledem k výstupům linky a provedeným změnám poměrně zanedbatelná částka. Pro vyčíslení úspory nově navrženého řešení bylo využito PPH linky. Na základě PPH předchozího a nového stavu byl stanoven počet odpracovaných hodin nutný k pokrytí množství vyrobených kusů za celý kalendářní rok. Tento součet byl pak vynásoben cenou práce na základě interních dat společnosti a rozdílem těchto dvou hodnot před a po změně vznikla úspora čítající přes 3 200 000 Kč. Návratnost investice je tak téměř okamžitá vzhledem k její výši v poměru k roční úspoře nákladů za zaměstnance.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 2011. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
2. SETTER, Craig, Joseph. *Six Sigma: A Complete Step-by-Step Guide: A Complete Training & Reference Guide for White Belts, Yellow Belts, Green Belts, and Black Belts*. 412 N. Main St, Suite 100, Buffalo, WY 82834: Council for Six Sigma Certification, 2018. ISBN 9781732592629.
3. VOEHL, Frank, H. James HARRINGTON, Chuck MIGNOSA a Rich CHARRON. *The lean six sigma black belt handbook: Tools and methods for process acceleration* [online]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014 [cit. 2020-02-10]. ISBN 978-1-4665-5469-6. Dostupné z: [https://www.academia.edu/40111769/LEAN\\_SIX\\_SIGMA\\_BLACK\\_BELT\\_HANDBOOK\\_Tools\\_and\\_Methods\\_for\\_Process\\_Acceleration](https://www.academia.edu/40111769/LEAN_SIX_SIGMA_BLACK_BELT_HANDBOOK_Tools_and_Methods_for_Process_Acceleration)
4. Six Sigma Green Belt. In: *Virginia Highlands Community College* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.vhcc.edu/current-students/program-pathways/engineering-industrial/six-sigma-green-belt>
5. MORGAN, John a Martin BRENIG-JONES. *Lean six sigma for dummies*. 2nd edition. Chichester [England]: John Wiley, [2012]. ISBN 978-1-119-95370-8.
6. Six Sigma DMAIC Process - Measure Phase - Measurement System. In: *SixSigma Institute* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: [https://www.sixsigma-institute.org/Six\\_Sigma\\_DMAIC\\_Process\\_Measure\\_Phase\\_Measurement\\_System.php](https://www.sixsigma-institute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Measure_Phase_Measurement_System.php)
7. Od regulačních diagramů k six sigma. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. 2001, (7-8), 18-20 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <http://www.stat-soft.cz/file1/PDF/SixSigma.pdf>
8. KAN, S. H. *Metrics and models in software quality engineering*. 2nd. Boston: Addison-Wesley, 2003. ISBN 02-017-2915-6.
9. ROSER, Christopher. The Difference Between Lean and Six Sigma: The Fundamentals of Six Sigma. In: *All about Lean: Organize your industry* [online]. 2014 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/lean-and-six-sigma/>
10. Six Sigma. In: *6σ Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/six-sigma/>
11. What Are the Six Sigma Belts? In: *Six Sigma Team Building* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.sixsigmateambuilding.com/six-sigma-training.html>
12. NOVOTNÝ, Radovan. Co vytvořilo svět levných výrobků?: Fordův svět hromadné výroby: Auto černé barvy pro každého. In: *Investujeme.cz* [online]. 02.05.2019 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.investujeme.cz/clanky/co-vytvorilo-svet-levnych-vyrobku/>
13. TPS Basic Handbook. In: *Art of Lean* [online]. Art of Lean, 2019 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: [artoflean.com/wp-content/uploads/2019/01/Basic\\_TPS\\_Handbook.pdf](http://artoflean.com/wp-content/uploads/2019/01/Basic_TPS_Handbook.pdf)
14. Jidoka. In: *Svět Produktivity Beta* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Jidoka.htm>
15. JIT( Just-in-time). In: *ManagementMania* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/just-in-time>

16. What to Learn from the Toyota Production System. In: *ProjectEngineer* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.projectengineer.net/what-to-learn-from-the-toyota-production-system/>
17. Plytvani (muda). In: *ManagementMania* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvani>
18. Muda. In: *Agentura Poznani s.r.o.* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.agenturapoznani.cz/userFiles/muda.pdf>
19. 7 Wastes of Lean Manufacturing. In: *Lean Manufacturing Tools: Lean Manufacturing Tools, Techniques and Philosophy | Lean and Related Business Improvement Ideas* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/>
20. Štíhlá výroba: Systém štíhlé výroby Indeva® plně podporuje zásady pro štíhlou výrobu. In: *Indeva: Intelligent devices for handling* [online]. [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://www.indevagroup.cz/stihla-vyroba/>
21. NOVOTNÝ, Radovan. Sedm druhů plýtvání: Zeštíhlete administrativu! In: *Investujeme.cz* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.investujeme.cz/clanky/sedm-druhu-plytvani-zestihlete-administrativu/>
22. The Waste of Motion; Causes, symptoms, Solutions, Examples. In: *Lean Manufacturing Tools: Lean Manufacturing Tools, Techniques and Philosophy | Lean and Related Business Improvement Ideas* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://leanmanufacturingtools.org/96/the-waste-of-motion-causes-symptoms-solutions/>
23. 7 Wastes of Lean: How to Optimize Resources: The 7 forms of waste is a concept that is an integral part of Lean management. Find out what costs you money and resources and eliminate it. In: *Kanbanize* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/7-wastes-of-lean/>
24. The Seven Wastes of Lean Manufacturing: The Seven Wastes of Lean Manufacturing and Their Impacts on the Environment. In: *EKU online* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://safetymanagement.eku.edu/blog/the-seven-wastes-of-lean-manufacturing/>
25. What is the Poka Yoke Technique?: Have you heard of Poka Yoke? Learn why it is one of the most powerful work standardization techniques and how you can use it in your organization. In: *Kanbanize* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-poka-yoke/>
26. Poka-Yoke, vizualizace....: Poka-yoke. In: *6σ Lean Six Sigma* [online]. Copyright © 2020 Lean Six Sigma [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/poka-yoke-vizualizace/>
27. DMAIC. In: *6σ Lean six sigma* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <http://lean6sigma.cz/dmaic/>
28. DMAIC - cyklus zlepšování (Improvement Cycle). In: *ManagementMania.com* [online]. Wilmington (DE) 2011-2020, 22.06.2016 [cit. 01.03.2020]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cyklus-zlepsovani>
29. PYZDEK, Thomas a Paul A. KELLER. *The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Companies, c2010. ISBN 978-0-07-162338-4.
30. Define. In: *6σ Lean six sigma* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/define/>

31. GEORGE. *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. United States: McGraw-Hill Education, 2002. ISBN 0071385215.
32. THOMSON, Jane. Types of Analysis in the Analyze Phase of the DMAIC Method. In: *Quality magazine* [online]. 4.3.2019 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.qualitymag.com/articles/95305-types-of-analysis-in-analyze-phase-of-the-dmaic-method>
33. Tools of the Six Sigma Analysis Phase. In: *Six Sigma Daily: Your everyday fix* [online]. 2014 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.sixsigmadaily.com/tools-six-sigma-analysis-phase/>
34. MAIC Phase 4: Improve Phase of Six Sigma and Its Tools Including Pugh Matrix, FMEA, Control Charts, Pareto Charts, and ANOVA: Objectives of Improve Phase. In: *Bright Hub Project Management* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.brighthubpm.com/six-sigma/25328-dmaic-phase-four-the-improve-phase/>
35. Improve – Phase 4 (of 5) of Lean Six Sigma. In: *Go lean six sigma* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://goleansixsigma.com/improve-phase-4-of-5-of-lean-six-sigma/>
36. ROTHER, Mike a John SHOOK. *Learning to see: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Brookline, Massachusetts, USA: Lean Enterprise Institute, 1999. ISBN 0-9667843-0-8.
37. VAVRUŠKA, Jan. Plýtvání, mapování toku hodnot (VSM). In: *Educom* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: [http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY\\_03\\_06-VSM%20value%20stream%20mapping\\_MZ\\_6.pdf](http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY_03_06-VSM%20value%20stream%20mapping_MZ_6.pdf)
38. WROBLEWSKI, Mike. Understand and Implement the 7 Flows of Manufacturing. In: *ReliablePlant* [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.reliableplant.com/Read/19651/underst-implement-7-flows-of-manufacturing>
39. Value Stream Mapping Guide | Complete VSM Tutorial. In: *Creately* [online]. 2019 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://creately.com/blog/diagrams/value-stream-mapping-guide/>
40. MOHD NORZAIMI, Bin Che An. *THE EFFECTIVENESS AND IMPACTS OF ONE PIECE FLOW MANUFACTURING TECHNIQUE INTO MANUFACTURING INDUSTRIES* [online]. 2012, , 1-3 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/281226237\\_The\\_Effectiveness\\_and\\_Impacts\\_of\\_One\\_Piece\\_Flow\\_Manufacturing\\_Technique\\_into\\_Manufacturing\\_Industries\\_THE\\_EFFECTIVENESS\\_AND\\_IMPACTS\\_OF\\_ONE\\_PIECE\\_FLOW\\_MANUFACTURING\\_TECHNIQUE\\_INTO\\_MANUFACTURING\\_INDUSTR](https://www.researchgate.net/publication/281226237_The_Effectiveness_and_Impacts_of_One_Piece_Flow_Manufacturing_Technique_into_Manufacturing_Industries_THE_EFFECTIVENESS_AND_IMPACTS_OF_ONE_PIECE_FLOW_MANUFACTURING_TECHNIQUE_INTO_MANUFACTURING_INDUSTR)
41. CRITCHLEY, Liam. One Piece Flow Process - A Guide. In: *AZO Materials* [online]. 13.6.2018 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16106>
42. MARTON, Michal a Iveta PAULOVÁ. ONE PIECE FLOW - ANOTHER VIEW ON PRODUCTION FLOW IN THE NEXT CONTINUOUS PROCESS IMPROVEMENT. In: *Slovenská technická univerzita v Bratislavě* [online]. 2011 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: [https://www.mtf.stuba.sk/buxus/docs/internetovy\\_casopis/2011/1/PDF/marton\\_paulova.pdf](https://www.mtf.stuba.sk/buxus/docs/internetovy_casopis/2011/1/PDF/marton_paulova.pdf)
43. The Benefits of One Piece Flow. In: *TRILOGIQ* [online]. Parc d'activités du Vert Galant, 2016 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://trilogiq.fr/the-benefits-of-one-piece-flow/>
44. 5 Benefits of One-Piece Flow. Shmula.com: Lean Six Sigma. Simplified [online]. 2018, 12.08.2018 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.shmula.com/5-benefits-of-one-piece-flow/26644/>

45. PEREIRA, Ron. 10 Benefits of One Piece Flow. In: *Gemba Academy* [online]. 27.3. 2008 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://blog.gembaacademy.com/2008/03/27/10-benefits-of-one-piece-flow/>
46. 7 Advantages of One-Piece Flow in Manufacturing. In: *Otto Motors* [online]. 24.4.2017 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://ottomotors.com/blog/advantages-of-one-piece-flow-manufacturing>
47. SAAD, Shaikh, Noor Alam ANSARI, Naseem Ahmed KHAN, Ishtiyak SAWANT a Sayyed ZIAUL HASAN. Review of 5S Technique. *International Journal of Science: Engineering and Technology Research* [online]. IJSETR, 2015, (4), 927-931 [cit. 2020-03-08]. ISSN 2278–7798. Dostupné z: <http://ijsetr.org/wp-content/uploads/2015/04/IJSETR-VOL-4-ISSUE-4-927-931.pdf>
48. KII. Workplace management through 5S. Kaizen Institute [online]. Ahmedabad, India, 2014, 30.01.2014 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://in.kaizen.com/blog/post/2014/01/30/workplace-management-through-5s.html>
49. BURIETA, Ján. 5S, 6S, nebo dokonce 7S. *Svetproduktivity.cz* [online]. 2012 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm>
50. 5S Guide [online]. Creative Safety Supply, 2017 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.5stoday.com/5s-guide/>
51. ROSER, Christoph. What Is “Just in Time”? In: *All about lean: Organize your industry* [online]. 21.6.2016 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/what-is-just-in-time/>
52. JIT – Just In Time Inventory Management – Definition, Elements & Advantages. In: *Cleartax* [online]. Defmacro Software Pvt., 27.11.2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://cleartax.in/s/just-in-time-jit-inventory-management>
53. Just-in-Time Manufacturing System: From Introduction to Implement. *International Journal of Economics, Business and Finance* [online]. 2013, 1(2), 7-25 [cit. 2020-03-21]. ISSN 2327-8188. Dostupné z: [http://ijebf.com/IJEBF\\_Vol.%201,%20No.%202,%20March%202013/Just-in-Time%20Manufacturing%20System%20%20Just-in-Time%20Manufacturing%20System.pdf](http://ijebf.com/IJEBF_Vol.%201,%20No.%202,%20March%202013/Just-in-Time%20Manufacturing%20System%20%20Just-in-Time%20Manufacturing%20System.pdf)
54. The Four Key Elements of Just In Time System | JIT System. In: *Knowledgiate* [online]. 2020, 28.6.2013 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.knowledgiate.com/elements-of-just-in-time-system/>
55. What Is a Pull System? Details and Benefits. In: *Kanbanize* [online]. 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://kanbanize.com/lean-management/pull/what-is-pull-system/>
56. ROSER, Christoph. The (True) Difference Between Push and Pull. In: *All About Lean: Organize your industry* [online]. 2.6.2015 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/push-pull>
57. ROSER, Christoph. Why Pull Is So Great! In: *All About Lean* [online]. 9.6.2015 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/why-pull-is-great/>
58. RAHMAN, Nor Azian Abdul, Sariwati Mohd SHARIF a Mashitah Mohamed ESA. Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance* [online]. 2013, 7, 174-180 [cit. 2020-03-21]. DOI: 10.1016/S2212-5671(13)00232-3. ISSN 22125671. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212567113002323>

59. What is Kanban ? In: *Project Manager* [online]. ProjectManager.com, ©2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.projectmanager.com/Kanban>
60. ONDREICSIK, Ana. Getting Started with Kanban Boards. ConceptBoard [online]. 2015, 27.11.2015 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://conceptboard.com/blog/getting-started-with-kanban-boards/>
61. Kanban. In: *Lean Manufacturing Tools* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://leanmanufacturingtools.org/kanban/>
62. Kanban Training and Research Page. In: *Creative safety supply* [online]. 20.6.2016 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.creativesafetysupply.com/articles/kanban/>
63. JOHNSON, Leo. Types of Kanban Systems. In: *Medium* [online]. A Medium Corporation, ©2019, 19.8.2016 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://medium.com/@leojohnson140/types-of-kanban-systems-df2086098404>
64. Kanban – výroba tahem. In: *System Online: S přehledem ve světě podnikové informatiky* [online]. CCB spol. s r.o., ©2001-2020, 21.5.2014 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
65. What is Kanban ? In: *Engel* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.schrauben-engel.de/en/c-parts-management.html>
66. HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
67. Just in Time (JIT) Production. In: *Lean Manufacturing Tools* [online]. 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://leanmanufacturingtools.org/just-in-time-jit-production/>
68. KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen - Osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Computer Press, 2010. ISBN 9788025123492.
69. Interní zdroje společnosti
70. Vlastní zpracování

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
$\sigma$	Směrodatná odchylka	[-]
$\mu$	Střední hodnota	[-]
$\sigma^2$	Rozptyl	[-]
D	Počet defektů	[-]
N	Počet ověřených kusů	[-]
O	Počet příležitostí na jednotku	[-]
DPMO	Počet zmetků na milion příležitostí	[-]
DPO	Počet defektů na jednotku	[-]
Y	Výtěžnost procesu	[%]
TQM	Total Quality Management	[-]
TPS	Toyota Production System	[-]
VSM	Value Stream Mapping	[-]
WIP	Work in progress-rozpracovaná výroba	[-]
LT	Lead Time – čas průchodu výrobou	[-]
VA	Value Added – aktivita s přidanou hodnotou	[-]
JIT	Just in time – výroba právě včas	[-]
ERP	Enterprise resource planning – Plánování podnikových zdrojů	[-]
MJC	Mechanical joint closure	[-]
KLT	Přepravka na materiál	[-]
PPOH	Počet kusů na jednoho operátora za hodinu	[ks]
QCPC	Karty na zaznamenávání kvality	[-]
WO	Work Order- Zakázka	[-]
t	Takt linky	[s/ks]
$E_s$	Efektivní fond strojního pracoviště	[hod/měsíc]
$s_s$	Směnnost pracoviště	[hod/směna]
N	Požadovaný počet výrobků za měsíc	[ks]
PPH	Počet kusů vyrobených operátorem za 1 hodinu	[ks/hod]
$N_{hod1}$	Počet odpracovaných hodin u daného produktu za rok před změnou	[hod]
$N_{hod2}$	Počet odpracovaných hodin u daného produktu za rok po změně	[hod]
$\Delta N$	Rozdíl počtu odpracovaných hodin	[hod]
LC	Hodinová sazba za operátora včetně variabilních nákladů a utíli- zace	[\$]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 6 $\sigma$ metodologie, DMAIC cyklus [4].....	11
Obr. 2 Normální rozdělení 6 $\sigma$ [6] .....	12
Obr. 3 Hierarchie pásů Six Sigma [11].....	16
Obr. 4 Grafické znázornění TPS [15] .....	17
Obr. 5 Příklad využití Poka-Yoke [26].....	19
Obr. 6 Grafické znázornění DMAIC cyklu [28].....	20
Obr. 7 Symboly VSM [37] .....	23
Obr. 8 Schéma One Piece Flow [43] .....	25
Obr. 9 Schéma 5S [47].....	26
Obr. 10 Využití Red Tag karty [50].....	27
Obr. 11 Příklad Shadow Boardu a nástrojové pěny [50] .....	28
Obr. 12 Příklad horizontálního značení [50] .....	28
Obr. 13 Změna objemu zásob při zavedení JIT[51] .....	31
Obr. 14 Systém tahu a tlaku [56] .....	32
Obr. 15 Ukázka kanbanové tabule [60] .....	33
Obr. 16 Příklad vzhledu kanbanové karty [64].....	33
Obr. 17 Schéma systému zásobníků [65].....	34
Obr. 18 SIPOC diagram [68] .....	37
Obr. 19 Brněnský závod společnosti CommScope [69] .....	38
Obr. 20 Ukázka LSA PLUS modulů [69].....	39
Obr. 21 Ukázka TDUX těsnění kabeláže [69].....	39
Obr. 22 Produkty FIST, FOMS a OTE [69] .....	40
Obr. 23 Produkt MJC closure verze INLINE [69].....	41
Obr. 24 Rozložení pracovišť ve výrobní hale [69] .....	42
Obr. 25 Špagetový diagram senior operátorů [70] .....	43
Obr. 26 Špagetový diagram Water-Spidera [70] .....	44
Obr. 27 Layout linky MJC [69] .....	47
Obr. 28 Rozměry kanbanu a automatického stroje na klipy [69] .....	47
Obr. 29 Graf vybalancování linky na výrobu verze Inline [70] .....	48
Obr. 30 Graf vybalancování linky na výrobu verze Capended [70] .....	49
Obr. 31 Rozdělení návrhů z Gemba Walku do jednotlivých kvadrantů [70] .....	51
Obr. 32 Současný stav na lince zachycený při Gemba walku [70].....	51
Obr. 33 Diagram rybí kosti pro produkt verze Inline [70].....	52
Obr. 34 Výsledná podoba analýzy 3P [70].....	53
Obr. 35 Rozmístění nově navrženého pracoviště [70].....	54
Obr. 36 Zobrazení ušporených ploch novým rozložením pracoviště [70] .....	55
Obr. 37 Pracovní prostor na pozici lisování těla těsnění před změnou [70].....	55
Obr. 38 Pracovní prostor na pozici lisování těla těsnění po změně [70] .....	55
Obr. 39 Umístění skeneru do stabilní polohy a sdílení kontrolní váhy [70].....	56
Obr. 40 Pracovní prostor na pozici balení [70].....	56
Obr. 41 Návrh nového vybalancování linky pro verzi Inline [70].....	57
Obr. 42 Návrh nového vybalancování linky pro verzi Capended [70].....	58
Obr. 43 Graf porovnání plnění cílů jednotlivých směn INLINE [70] .....	59
Obr. 44 Graf porovnání plnění cílů jednotlivých směn CAPENDED [70] .....	60

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Tabulka poměrů DPMO a efektivity procesu [10] .....	13
Tab. 2 Počet operátorů na jednotlivých linkách [69] .....	41
Tab. 3 Přehled vyrobených kusů za posledních 6 měsíců [69].....	45
Tab. 4 Tabulka nejčastěji vyráběných produktů a potřebných komponent podsestav [69].....	46
Tab. 5 Tabulka procesních časů k diagramu Inline verze [70].....	49
Tab. 6 Tabulka procesních časů k diagramu Capended verze [70] .....	50
Tab. 7 Tabulka procesních časů k novému diagramu Inline verze [70] .....	58
Tab. 8 Tabulka procesních časů k novému diagramu Capended verze [70] .....	59
Tab. 9 Tabulka počtu vyrobených kusů ranní/odpolední směny pro verzi INLINE [70].....	60
Tab. 10 Tabulka počtu vyrobených kusů ranní/odpolední směny pro verzi CAPENDED [69] .....	61
Tab.11 Tabulka nákladů na realizaci navržených zlepšení [69].....	62
Tab.12 Tabulka celkové úspory podlahových ploch [69].....	62