



# 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 ZA VYUŽITÍ METOD ŠTÍHLÉ VÝROBY VE FIRMĚ ADC CZECH REPUBLIC S.R.O.

PROCESS OPTIMALIZATION AND LEAN IMPLEMENTATION IN THE MANUFACTURING COMPANY ADC  
CZECH REPUBLIC S.R.O

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jindřich Mauer

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2018



# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Bc. Jindřich Mauer</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA</b>
Akademický rok:	2017/18

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 za využití metod štíhlé výroby ve firmě ADC Czech Republic s.r.o.**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Úkolem studenta je navrhnout optimalizaci výrobního procesu za využití moderních metod řízení kvality a procesu (5S, LEAN, TPM).

### **Cíle diplomové práce:**

1. Úvod do problematiky
2. Analýza požadavků na pracoviště z pohledu štíhlé výroby
3. Návrhy uspořádání pracoviště, optimalizace
4. Přínosy a zdůvodnění realizace návrhu
5. Ekonomické zhodnocení

### **Seznam doporučené literatury:**

KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

KOŠTURIÁK, Ján a kol. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-553-3.

JONES, Erick C. Quality management for organization using lean Six Sigma techniques. Boca Raton: CRC Press, c2014. ISBN 978-1-4398-9782-9.

MACINNES, Richard L. Štíhlý podnik Memory Jogger: vytvářejte hodnotu a eliminujte ztráty v celém vašem podniku. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01849-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního procesu ve firmě ADC Czech Republic s.r.o. V první části se diplomová práce věnuje rešeršní studii dané problematiky, která je využita v praktické části. Druhá kapitola se věnuje stručnému představení společnosti ADC Czech Republic a představením produktu, který je montován na výrobní lince. Další kapitola je rozdělena na 3 části. První z nich je analýza současného stavu. Druhá část se zabývá implementací návrhu. Závěrečná část se věnuje dalším teoretickým návrhům, které ovšem nebyly důkladně propracovány.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Standardizace, balancování, 5S, technologický postup, optické vlákno, montáž, montážní linka, mapa toku hodnot, snížení času, návrh

## **ABSTRACT**

This Master's thesis deals with the optimization of the production process of the firm ADC Czech Republic s.r.o. The first part the thesis is focused on the research study of the issue, which is used in the practical part. The second one is devoted to brief introduction of the company ADC Czech Republic and the introduction of the product, that is engineered on the production line. The next chapter is divided into three parts. The first chapter creates an analysis of actual condition. The second deals with the implementation of the proposal. Finally, the third part is focused on other possible proposals, which have not been properly worked out.

## **KEY WORDS**

Standardization, balancing, 5S, technological process, optical fiber, assembly, assembly line, value stream mapping, time reduction, proposal

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MAUER, J. *Optimalizace výrobního procesu za využití metod štihlé výroby ve firmě ADC Czech republic s.r.o.*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 76 s.  
Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Strejček, Ph.D.,MBA

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Optimalizace výrobního procesu za použití metod šíhlé výroby ve firmě ADC Czech republic s.r.o.“ pod vedením Ing. Jana Strejčka, Ph.D.,MBA vypracoval samostatně a s použitím uvedených literárních pramenů.

V Brně dne.....

.....  
Jindřich Mauer

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D., MBA za ochotu a cenné rady, které mi při její tvorbě poskytl.

Dále velmi děkuji rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole. Mé poděkování patří týmu kolegů ODF and BOXES, kteří mi dali cenné rady a předali své zkušenosti.

Můj dík patří také každému, kdo mě při studiu podporoval.



---

**OBSAH**

ÚVOD.....	11
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	12
1.1 Štíhlá výroba .....	12
1.1.1 Historie štíhlé výroby .....	12
1.1.2 Druhý plýtvání ve štíhlé výrobě .....	13
1.2 Metody štíhlé výroby .....	13
1.2.1 Tok jednoho kusu .....	14
1.2.2 Kanban.....	14
1.2.3 Jidoka.....	15
1.2.4 Poka-yoke .....	15
1.2.5 Just-in-time (JIT).....	16
1.2.6 Standardizace.....	16
1.2.7 5S .....	17
1.2.8 DMAIC.....	21
1.2.9 PDCA cyklus .....	22
1.2.10 TPM.....	23
1.3 Výroba .....	24
1.4 Montáž .....	25
1.5 Montážní linka .....	26
1.6 Spotřeba času .....	26
2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ADC CZECH REPUBLIC S.R.O. ....	28
2.1 Optické vlákno.....	28
2.2 Produkt Budi .....	30
3 PRAKTICKÁ ČÁST .....	32
3.1 Analýza současného výrobního procesu.....	32
3.1.1 Mapy toku hodnot.....	32
3.1.2 Změna zakázky .....	35
3.1.3 Montáž.....	37
3.1.4 Chyby při montáži .....	44
3.1.5 Postupový graf materiálu.....	44
3.1.6 Ekonomické zhodnocení.....	46

---

3.2	Úprava výrobního procesu .....	46
3.2.1	Snížení času změny zakázky .....	47
3.2.2	Výrobní linka .....	52
3.2.3	Snížení chyb při montáži.....	59
3.2.4	Ekonomické zhodnocení .....	62
3.3	Návrhy na další zlepšení.....	64
3.3.1	Dotykové obrazovky .....	64
3.3.2	Snížení času vychystávání materiálu .....	65
3.3.3	Úspora podlahové plochy.....	66
3.3.4	Signalizace .....	66
	ZÁVĚR .....	67
	LITERATURA.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	71
	SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN.....	73
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....	74
	Obrázky .....	74
	Tabulky .....	74
	Grafy .....	75
	SEZNAM PŘÍLOH.....	76

## ÚVOD

Společnosti v dnešní době neustále hledají způsob, jak vylepšit výrobní procesy. Cílem je snížit plýtvání a odstranit všechny procesy, které s výrobou daného produktu nesouvisí. Jednou z osvědčených metod, je štíhlá výroba, kterou lze chápat jako soubor metod a nástrojů, kterými se soustřeďuje na výrobu. Cílem štíhlé výroby je mít flexibilní, standartní a stabilní výrobu. Štíhlá výroba má mnoho metod, jedním ze základních dělení je dělení na metody hledající způsob plýtvání a na metody odstraňující plýtvání. Mezi metody hledající způsob plýtvání lze uvést VSM mapy nebo snímek pracovního dne. Metody, které jsou zařazeny jako metody odstraňující plýtvání, lze uvést standardizace, vizualizace, 5S nebo metody, které využívají maximálně strojní zařízení (TPM, SMED).

Užitím metody standardizace se společnosti snaží nastavit ve firmě standardy, které platí pro celou firmu. Jako příklad lze uvést stabilizace řešení jednotlivých postupů nebo jednotné uspořádání přípravků ve skříních. 5S je metoda, která je jednou z nejrozšířenějších metod štíhlé výroby. Metoda je používána jak na výrobních linkách, tak i v kancelářích. Cílem této metody je odstranění plýtvání, kdy pracovník dohledává pracovní pomůcky.

Touto tematikou se chci zabývat, protože již více než rok pracuji ve firmě ADC Czech Republic na brigádnické pozici procesní inženýr. Náplň mé práce tvoří měření montážních časů a jejich následné vyhodnocení. Během dosavadní praxe ve firmě ADC Czech Republic, jsem byl svědkem velkého projektu, kdy došlo k transformaci všech montážních linek. Během řešení tohoto projektu byly využity mnohé metody štíhlé výroby, například byly vytvořeny VSM mapy, byly provedeny různé náměry či špagetové diagramy.

Diplomová práce je rozdělena na 3 hlavní kapitoly. V první části je uvedeno několik teoretických pojmů a jejich následné vysvětlení. Druhá část je věnována krátkému představení firmy ADC Czech Republic a následné představení produktu. Třetí část se zabývá praktickou částí diplomové práce, která je následně rozdělena do třech částí. Kde první částí je analýza současného stavu. Druhá část je zaměřena na řešení problému a jeho implementaci. A nakonec je práce zaměřena na další teoretická zlepšení, které by mohly zrychlit montážní proces.

---

## 1 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část diplomové práce obsahuje stručné seznámení s problematikou, která je následně v praktické části využívána. Rešeršní část práce se podrobně zabývá metodou 5S jelikož tato metoda byla v praktické části nejvíce využita.

### 1.1 Štíhlá výroba

Lean Six Sigma je kombinací dvou nejdůležitějších trendů, které se neustále zdokonalují. Je to zlepšování a zrychlování procesů. První zmíněný proces zlepšování se zdokonaluje pomocí využití metod Six Sigma, druhý zmíněný využívá principy Lean. Existují čtyři klíče, kterými se Lean Six Sigma řídí:

#### **Klíč: Potěšení zákazníků rychlostí a kvalitou**

Veškerá orientace na přání zákazníka není pouze jako součást pro zlepšování projektu. Každý člen v týmu při vypracovávání projektu by si měl uvědomit, že potřebuje vědět co zákazníka uspokojí nebo naopak s čím zákazník nebude spokojen.

#### **Klíč: Zlepšování procesů**

Při zlepšování procesu je zapotřebí se podívat na to, jakým způsobem probíhá tok práce od pracoviště k pracovišti. Dalším úkolem, který je nezbytné zjistit, je zmapování variability procesu a jak ovlivňuje celkový proces. Nejdůležitější na celém cyklu zlepšování procesů je uvažovat procesně. Tedy nehledat viníka, ale hledat důvod proč byla daná věc či součást vyrobena špatně, zda byl pracovník dostatečně proškolen, případně zda měl k dispozici potřebné vybavení.

#### **Klíč: Pracování společně na dosažení maximálního zisku**

Pro dosažení maximálního zisku je žádoucí, důkladné proškolení celého týmu v dané problematice. Protože jakmile nebude tým dostatečně vzdělaný, nebude tým fungovat tak, jak by bylo žádoucí.

#### **Klíč: Rozhodování se na základě faktů a dat**

Správné rozhodnutí není možné docílit, aniž by daný tým neměl sesbíraná fakta a naměřená data o aktuálním dění v procesu [1,2].

#### 1.1.1 Historie štíhlé výroby

Založení štíhlé výroby je příkládáno firmě Toyota v době po 2. světové válce, ale první zmínky pochází již z roku 1913, kdy se o štíhle výrobě začal zmiňovat Henry Ford a následně Tomáš Baťa.

Henry Ford ve svém podniku zavedl pásovou výrobu pro výrobu legendárního automobilu Ford T. Z hlediska veřejnosti to bylo chápáno jako pohyblivá montážní linka, ovšem pro tehdejší výrobní inženýry to znamenalo mnohem více. Problémem nebyla schopnost pokrytí poptávky, jelikož jeho společnost byla schopna vyrábět množství automobilů, aby byli schopni pokrýt poptávku. Ovšem zásadním nedostatkem byla variabilita. Ford T se vyráběl pouze v jedné barvě a to černé, ale také se stejným typem karosérie. Postupem času nebyl schopen Ford reagovat na poptávku po více modelech, které ale začaly být k dispozici od konkurence [3].

---

Tomáš Baťa čerpal zkušenosti od Henryho Forda, kde byl zaměstnaný v jeho výrobním závodě v Deatroitu. Princip pásové výroby, který se využíval pro montáž Fordu T, následně zavedl ve svých závodech při výrobě bot.

Boty se posouvaly po páse ve dvou patrech, kdy ve vrchním patře byly boty určeny k přesunu do rukou dělníků či následně do strojů. Ve spodním patře bylo umístěno vytápění, sloužící k dosušování kůže na botách, které byly umístěny ve spodním patře. Stroje byly rozmístěny okolo linky, jenž se daly operativně přemístit [4].

Tomáš Baťa aplikoval systém 8S, což byl integrovaný systém, charakterizován spoluvlastnictvím, sdílením zisku nebo například manažerskou nezávislostí procesů.

8S:

- Světová třída Globální srovnávání
- Spolupráce Pracovní partnerství
- Sebeřízení Soukromá společnost
- Spoluúčast Sdílení zisku
- Spoluvlastnictví Zhodnocování lidského kapitálu
- Samostatné řízení Nezávislost obchodní jednotky
- Společné podnikání Zaměření na trh/zákazníka
- Soutěživost Vnitřní srovnání [5].

### 1.1.2 Druhý plýtvání ve štíhlé výrobě

Štíhlá výroba je soubor nástrojů a metod, kdy cílem této metody je stabilizovat a zvýšit produktivitu práce a v neposlední řadě zvýšit efektivnost výroby. Jednotlivé nástroje štíhlé výroby lze zavést jednotlivě, avšak pro docílení maximálního efektu je dobré zavést komplexní nástroje [6,7].

Štíhlá výroba identifikuje a následně se snaží odstranit těchto 7+1 druhů plýtvání:

- Čekání
- Vysoké zásoby
- Zbytečná doprava a manipulace
- Výroba chybných dílců
- Nadvýroba
- Nepotřebné procesy
- Zbytečné pohyby [6,7].

Za nejčastější příčiny plýtvání se považuje nedostatek disciplíny, čistoty a pořádku. Dále poruchy strojů, s tou poruchou je spojena nedostatečná údržba. Další možností jsou nerovnoměrné dodávky materiálu a špatné plánování. Velmi častým problémem v mnoha podnicích bývá špatná dokumentace pracovních postupů, nedostatečné proškolení operátorů, chybějící výkresová dokumentace, nedostatek či nevhodný stav pracovních pomůcek [8,9].

## 1.2 Metody štíhlé výroby

K eliminaci výše popsaných druhů plýtvání lze dosáhnout pomocí dvou druhů metod, konkrétněji základních a komplexních metody [10].

## **Základní metody**

Jsou to metody zaměřené na určitou, zpravidla úzkou množinu problémů. Přestože zavedení metody bývá obvykle snadné, výsledek se dostaví rychle. Mezi základní metody lze uvést tok jednoho kusu, jidoka, kanban, MOST, 5S, poka-yoke, SMED, standardizace, TPM a jiné [8].

## **Komplexní metody**

Významnou předností těchto metod je fakt, že spojují základní metody dohromady a vytváří z nich komplexní metodu. Ovšem zavádění těchto metod bývá komplikované, je zapotřebí aby pracovníci byli při zavádění dostatečně proškoleni o předešlých základních metodách.

Mezi komplexní metody lze uvést dílenské řízení, just-in-time, kaizen, nová montáž, Six Sigma, štíhlé pracoviště, TOC – teorie omezení, trvalé zlepšování procesů, týmová práce [8].

### **1.2.1 Tok jednoho kusu**

Tok jednoho kusu (one piece flow) je systém vhodný v případě, kdy je pracoviště uspořádáno buňkově. Pohyb operací je krok za krokem bez meziskladu.

Mezi přínosy toku jednoho kusu patří:

#### **Zajištění jakosti**

Většina problémů bývá řešena ihned.

#### **Vytvořena flexibilita**

Podnik je schopen v krátkém časovém okamžiku zareagovat na žádosti zákazníka.

#### **Vyšší produktivita**

Nenastává zbytečné přesouvání rozpracované výroby do meziskladů. Dochází k úspoře podlahové plochy a manipulačního času, jelikož ve firmě nemusí být mezisklady.

#### **Vyšší bezpečnost.**

Menší tok materiálu ve výrobě, snižuje nebezpečí úrazu [8].

#### **Tok materiálu**

Cyklus, který začíná předáním objednávky od zákazníka, končí předáním zakázky zákazníkovi. Princip spočívá v udržení materiálu v neustálém pohybu, aby logicky navazovalo vyskladnění, následná montáž a až následné dodání k zákazníkovi. Metoda se pokouší eliminovat zbytečné hromadění v meziskladech, jelikož u hromadné výroby je zbytečné hromadění běžné. [11,12].

### **1.2.2 Kanban**

Zakladatel tohoto systému je japonec Taichi Ohno, který kanban zavedl v 60–tých letech minulého století v závodu Toyoty. Cílem kanbanu je optimalizace výrobních zásob ve výrobním systému.

Název je složen ze dvou japonských slov „kan“ (karta) a „ban“ (signál). Kanban je založen na předpokladu, že jde výrobní prostor rozdělit na prodavače (sklad) a kupující (linky). Podstatou je, že dochází k poskytnutí pouze takových komponentů, které jsou potřebné v daném čase, tudíž nedochází ke zbytečnému obsazení místa nepotřebnými komponenty [12,13].

Princip kanbanu lze velice jednoduše nastínit pomocí zákazníka v supermarketu.

1. Zákazník si vezme z regálu požadované zboží, na kterém je nalepena kartička.
2. Na pokladně je kartička odlepena a vložena do schránky.
3. Schránka je doručena do skladu
4. Ve skladu vyskladní požadované zboží a nalepí na ně konkrétní kanbanové karty
5. Zboží je i s kanbanovými kartami doplněno do regálu v supermarketu
6. Zboží je opět připraveno k prodeji

Existují dva základní druhy kanbanu, a to a využitím papírových kartiček a bez využití papírových kartiček.

### **Papírové kartičky**

Komponenty jsou uskladněny v regálech a v bednách různých rozměrů. Na bedně je nalepena kartička, která obsahuje číslo komponentu, čárový nebo QR kód, počet kusů v bedně a přezdívka (často se komponentům přiřazují přezdívky, pro snadnější orientaci operátorů v komponentech). Poté, co je bedna s komponenty vyprázdněna, odlepi se z bedny kartička a následně se připevní na kanbanovou tabuli. Kanbanová tabule bývá v určitých pravidelných časových intervalech vyzvedávána. Materiál je následně dopraven ze skladu, vloží se do bedny a nalepí se navrch kartička. Plná bedna s nalepenou kartičkou je opět vložena do regálu.

### **Bez kartiček**

Tento princip spočívá v tom, že se k signalizaci nepoužívají kartičky, ale jiný druh signalizace. Jako příklad lze uvést zvukový či světelný efekt [13].

### **1.2.3 Jidoka**

Je to systém, který zastaví proces, aby byla zaručena jakost produktu. Jidoka se zabývá autonomností pracovišť. Vychází z předpokladu, že není nutné, aby vše kontroloval operátor pasivně, ale lze stroje vybavit funkcemi, které hlásí chybu. Následně operátor zastaví proces, dojde k nápravě a k opětovnému spuštění procesu. Mezi konkrétní nástroje systému jidoka patří dotykový snímač chybějícího materiálu nebo senzor, který zjišťuje polohu a počet komponent v produktu [14].

Velmi podobnou metodou je metoda poka-yoke, která je zmíněna v další podkapitole.

### **1.2.4 Poka-yoke**

Technika eliminující lidské chyby na pracovišti. Tato metoda je založena na mechanickém či elektronickém opatření, která nedovolí operátorovi chybovat [15].

#### **Kontaktní metoda**

Typ kontaktu – ocelový hrot či odlišná koncovka zabraňující vložení nesprávného komponentu do nesprávného místa v produktu.

Varování – čtečka na vrtačce snímá polohu bodů

#### **Fixní metoda**

Typ kontaktu – snímač kontroluje, zda jsou všechny komponenty v produktu

Varování – snímač spustí varovný signál a zastaví celou linku. Šrouby jsou utahovány šroubovákem, který je namočen v barvě – šrouby bez obarvení nejsou utaženy.

#### **Kroková metoda**

Typ kontaktu – snímač se otevře až pokud jsou všechny komponenty vloženy ve správném pořadí

Varování – pokud není dodržen postup odebírání komponent z dávkovače, zazní varovný signál a upozorní operátora na chybu [15].

### **1.2.5 Just-in-time (JIT)**

Metoda just in time je dnes velice uznávaná metoda, využívá se jako jeden ze základních pilířů moderních produkčních systémů. JIT má zcela jednoduchou filosofii, která zní: zásoby jsou odpadem. Zjednodušeně lze říct, že se vyrábí v malých výrobních dávkách. Tyto výrobní dávky jsou následně přejímány na další pracoviště principem tahu bez využití meziskladů.

Tuto aplikaci využívá podnik v situaci, kdy je jeho cílem eliminace skladových zásob a zároveň dopravních nákladů. Tato aplikace, ale požaduje velmi přesnou koordinaci procesů a toků, které s tou metodou souvisí.

Tato aplikace je založena na těchto prvcích:

1. Výroba a plánování pouze na objednávku
2. Vyrábí se v malých sériích, materiál dodáván v malém množství co nejdéle je to možné
3. Dodávky se opakují několikrát denně
4. Zajištěná kvalita ve výrobě

Aplikace JIT přináší mnoho výhod, příkladem lze uvést:

- Snížení skladovací a výrobní plochy na jednotku výstupu
- Kontrola kvality zabudovaná do procesu
- Díky kontinuálnímu výrobnímu procesu je snížen seřizovací čas [16,17].

### **1.2.6 Standardizace**

Standardizace je systematický proces výrobního procesu, který usměrňuje stabilizaci řešení jednotlivých postupů, sjednocuje varianty a mnohé jiné... Cílem standardizace je snížení rozmanitosti v procesu výroby a v procesu řízení firmy. Standardizace se snaží zajistit jednoznačný výklad nastavených rozhodnutí a používaných prvků. Standardizace je obecně norma, chápána obecně jako předpis nebo pravidlo k vymezení závěru.

Standardizace zasahuje celou firmu Jak už operátory na výrobních linkách, tak také vedoucího managementu. Základ kvalitně řízeného podniku je nastavení komplexních standardů, které vedou k efektivnímu řízení výrobního podniku.



V oblasti standardizace řídicího procesu jsou zahrnuty normy, které určují průběh vykonávaných činností, rozsah působení jednotlivých organizací a mnoho dalšího [18].

Standardizace je základem pro neustálé zlepšování výrobního procesu, měla by být výsledkem společného úsilí výrobního dělníka a jeho nadřízeného. Standardizace v podání TPS obsahuje tři prvky.

- Takt – čas potřebný na dokončení jednoho pracovního úkolu, který odpovídá tempu poptávky
- Posloupnost provádění věcí a sledem procesů
- Množství zásob, které musí mít pracovník při ruce, aby mohl dokončit práci

Popis standardizované práce bývá k dispozici na výrobní lince na takovém místě, aby na něho bylo vidět z vnějšku. Když dochází k zavádění nové výroby nebo nového standardu, vytvoří se tým, který nový standard ověřuje a následně se k němu vyjádří. Na základě připomínek tohoto testovacího týmu, bývá standard upraven [19].

### 1.2.7 5S

5S standard je jedním z nástrojů štíhlé výroby, který má na starost eliminaci plýtvání na pracovišti. Po zavedení 5S na pracovišti dochází k uspořádání pořádku a především k uložení věcí dle používání [20].

5S se skládá z 5-ti japonských slov (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke). V překladu znamená vytřídit, nastavit pořádek, uklidit, standardizovat a zachovat. Pro správné zavedení 5S je nejsložitější vytřídit a nastavit pořádek, pokud jsou úspěšně zavedeny tyto dvě metody, následně už je lehké 5S dokončit [21,22].

#### Seiri (vytřídit)

Třídění odpovídá metodě JIT, kdy je na pracoviště to, co je potřeba pouze v daném potřebném množství a v daný čas. Při použití tohoto pilíře je zapotřebí si uvědomit 3 základní věci:

- Je tento předmět zapotřebí?
- Pokud ano, je nutné ho mít v takovém množství?
- Pokud ano, musí být umístěn na tomto místě?

K odstraňování zbytečných věcí pomáhá metoda, kdy dochází ke štítkování daných předmětů pomocí červených kartiček. Jedná se o předměty různých oblastí, jako příklad lze uvést nářadí, materiál na skladě, vozíky či regály. Poté co dojde k označení předmětů kartičkami, dochází k pozorování. Při pozorování se sleduje, zda se daný předmět používá, jak často se používá a pokud se používá málo, zda by nešel umístit jinam. Obecně to bývá tak, že předměty, které se používají každý den zůstávají na pracovišti. Předměty používající se jednou do týdne se ponechají ve skříních, které jsou určeny na málo používané přípravky. Tyto skříně zpravidla bývají umístěné poblíž pracoviště. Pokud se daný předmět používá méně než jednou za měsíc, nechá se zaskladnit do skladu a nechá se přivést pouze když je zapotřebí. U předmětů, které jsou určeny k likvidaci, může dojít k následnému zpeněžení, konkrétně prodeji jiné firmě, uložení do sběru či předání na jiné oddělení. Vždy záleží, o jaký druh předmětu se jedná [21,22].

Po použití tohoto pilíře, dochází k eliminaci těchto problémů:

- V podniku se těžce pracuje, jelikož je čím dál zaplněnější

- Přeplněné regály vytváří bariéry mezi zaměstnanci a brání jejich komunikaci
- Dochází k prostojům při hledání přípravků či náhradních součástek
- Vyskytují se zbytečné náklady u údržby nepotřebných věcí
- Dochází k problému se zlepšováním toku procesu

### Seiton (nastavení pořádku)

Druhým pilířem metody 5S je nastavení pořádku. Hlavním úkolem tohoto pilíře je uspořádat předměty, tak aby byly lehce použitelné, dále je označit, aby byly lehce dohledatelné, a především lehce uložitelné. Zde je nejkličovějším slovem kdokoliv, myšleno tak, aby kdokoliv daný předmět lehce našel a následně lehce uložil [21,22].

Při určování uložení daných předmětů se analyzuje, jak často se daný předmět používá. Pokud se používá každý den, ponechá se na pracovišti, případně se uloží do šuplíku u pracoviště. V případě, že se předmět používá například jednou týdně, uloží se do skříní, které jsou poblíž pracoviště. Pokud se předmět používá velice málo, nechá se zaskladnit do skladu a vyskladní se pouze pokud je potřeba. Pro analýzu použití se využívají špagetové diagramy, které analyzují pohyb operátorů po hale nebo po daném pracoviště. Následně se výsledky zhodnotí a dojde k přesunu analyzovaných předmětů [21,22].

Pro snadné uložení předmětů se používají různé pomůcky. Například je do polystyrenu vyříznut daný obrys předmětu, aby se na dané místo dal uložit pouze daný předmět. Následně je daný předmět označen a jeho místo taktéž [21,22].

Tento pilíř využívá několik nových nástrojů, které se využívají pro snadnou realizaci.

Jako první lze uvést 5S mapu. Použitím mapy 5S dochází k vytvoření dvou map, a to před a po použití tohoto pilíře. Mapa „před“ znázorňuje umístění strojů, součástek, předmětů a jiných věcí před použitím tohoto pilíře. Pomocí mapy „po“ vidíme umístění součástek po zavedení tohoto pilíře. Tato mapa bývá umístěná na pracovišti a znázorňuje její standard [21,22].

Druhým nástrojem je strategie štítků. Hlavní význam strategie štítků spočívá v zobrazení umístění předmětu a ukázání množství předmětů. Štítky se často využívají k identifikaci názvu pracovních oblastí, umístění zásob, umístění strojů nebo umístění různých polic či regálů [21,22].

Jedním z dalších nástrojů je strategie nátěru. Je to metoda pro identifikaci umístění na halách a chodbách. Název je odvozen, přímo od činnosti, která je při této metodě prováděna. Ovšem velmi často se používají pásy, které se ustříhnou na danou délku, je možné po nich ihned chodit, ale nemají takovou výdrž. Po nějakém čase se páska strhne. Při značení různých částí se používají různé barvy. Obecně platí, že si konkrétní barvy, které se používají, určuje samotná firma dle firemních standardů [21,22].

Strategie barevného kódování je nástroj, který se užívá pro barevné odlišení různých předmětů. Například pokud se do stroje dolévají různé druhy kapalin, tak každá kapalina je odlišena jinou barvou. Ale víčko nádrže na stroji je označen stejnou barvou, jakou je označena kapalina, která se tam má nalévat. Dále lze uvést případ, kdy se na montáž jednoho produktu používá stejné nářadí. Nářadí se označí stejnou barvou, které je uloženo v jednom boxu a box je označen taktéž barvou [21,22].

Posledním nástrojem je strategie hranice, kdy se ohraničí lokace daných míst. Například se vyznačí poloha paletového vozíku, když se následně daný paletový vozík nepoužívá, uloží se na dané vyznačené místo [21,22].

Po použití tohoto pilíře dochází ke zlepšení těchto problémů:

- Nedochází ke zbytečnému pohybu operátorů, když hledají vozíky na špatném místě
- Neplýtvá se zbytečně časem při hledání klíče k zamčené skříni s přípravky
- Dochází ke zlepšení bezpečnosti (předměty se nenachází mimo vyznačená místa) [21,22].



Obr. 1.1 5S [23]

### Seiso (udržovat pořádek)

Je to nástroj, jehož základním principem je odstranění nečistot a prachu z pracoviště. V některých publikacích se tato část 5S nazývá lesk, což znamená, že se pracoviště udržuje zametené a čisté.

Jedním ze základních úkolů je udržování pořádku na pracovišti. Společnosti tímto nástrojem zavádí pravidelný úklid na daných pracovištích. Dříve se pracoviště uklízela pouze několikrát ročně, po zavedení tohoto nástroje jsou pracoviště uklížena každý den nebo při výměně směn.

Při zavádění systému lesku je zapotřebí si uvědomit, že tento proces je potřeba vnímat jako určitá pravidla a kroky, které zaměstnanci zachovávají a tím udržují i disciplínu.

#### Krok č.1

Prvním krokem je stanovení cílů, které se rozdělují do třech kategorií, kterými jsou skladové položky, zařízení a prostor. Jako příklad skladových položek lze uvést rozpracované či dokončené produkty, zásoby od dodavatelů a jiné. Mezi zástupce zařízení patří různé stroje (svarovací, řezací, ohýbací...), nářadí, dopravní prostředky a mnoho dalších. Za prostor lze považovat podlahy pracovních oblastí, ale patří tam i okna či osvětlení.

#### Krok č.2

Druhým úkolem tohoto systému je stanovení úkolů lesku. Při zavádění tohoto kroku se využívají dva nástroje, kterými jsou mapa úkolů 5S a plán 5S.

- Mapa úkolů 5S

Tato mapa uvádí oblasti udržování pořádku a zároveň odpovědnost za provedený úklid.

- Plán 5S

Tento plán bývá umístěn na pracovišti. Plán uvádí konkrétní osobu, která je zodpovědná za úklid v daná den a v dané oblasti.

### Krok č.3

Třetím úkolem je stanovení metod lesku, kdy základní myšlenkou tohoto kroku je vymezení doby úklidu. Kontrola úklidu by měla být prováděna před započítáním směny, v průběhu směny a na konci směny. Velmi důležitým faktorem je vyčlenění času na úklid, aby se úklid stal přirozenou součástí pracovního dne. Se začleněním tohoto úkolu napomáhají dvě metody výběr cílů a nástrojů, provádění lesku v pěti minutách a vytvoření standardů pro tyto procedury.

- Výběr cílů a nástrojů

Tato metoda definuje jaká oblast bude uklizena a jaké prostředky na to budou použity.

- Provádění lesku v pěti minutách

Metoda je prováděna po dobu 5-ti minut, kdy hlavní myšlenkou je, že pětiminutový intenzivní úklid může být efektivní. Při této metodě je každému člověku přiřazena určitá část úklidu.

- Vytvoření standardů

Tato metoda popisuje vytvoření standardu, aby operátoři věděli jak a co mají uklízet. Pomocí této metody nedochází ke zbytečnému plýtvání časem.

### Krok č.4

Čtvrtým krokem je příprava nástroje. V tomto kroku je nastavení místa kam se uklízeční prostředky ukládají a vyzvedávají.

### Krok č.5

Pátý krok je samotný úklid.

Tato část metody 5S je velice důležitá, jelikož pomocí tohoto pilíře je možné předejít mnoha problémům. Příklad lze uvést:

- Unikání oleje ze stroje
- Poškozená kabeláž
- Stroje jsou tak špinavé, že se jich operátoři štítí dotékat
- Zašpiněné ukazatele mohou vést k chybné výrobě
- Negativní vliv na operátory [21,22].

### **Seiketsu (určení pravidel)**

Standardizace je čtvrtý pilíř metody 5S. Tento pilíř dohlíží na dodržování předchozích 3 pilířů. Standardizace je definována jako výsledek, který existuje, pokud jsou předchozí 3 pilíře řádně dodržovány [21,22].

Pokud není standardizace správně zavedena, mohou nastat tyto problémy:

- Nastavené věci se vrací do původního chaotického stavu před zavedením 5S
- Po konci směny zůstává na pracovištích nepotřebné nářadí nebo materiál
- Místa určená na uložení nářadí jsou chaoticky uspořádána

Pro správné udržení čtvrtého pilíře je nezbytné, aby byl definován standard. Tento standard obsahuje všechny důležité informace, které vedou ke správnému dodržení 3S. Standard je vyvěšen u pracoviště nebo v místě, kde se nachází standardizované místo (může být vylepen na dveřích skříní s přípravky) [21,22].

### **Shitsuke (zachování)**

Zachování je pátým pilířem procesu 5S, základem je převést krátkodobé dodržování předchozích čtyřech pilířů na dlouhodobý zvyk. Tento pilíř na rozdíl od předešlých čtyř pilířů, není zaveden žádnou technikou ale pouze návykem. Součástí tohoto pilíře je proces neustálého zlepšování [21].

Správným zavedením pátého pilíře dochází k eliminaci těchto nedostatků.

- Po ukončení prvního pilíře třídění se opět začínají hromadit předměty
- Přestože je druhý pilíř zaveden správně, přípravky a nářadí nejsou vraceny na svá místa
- Nářadí a přípravky nejsou čištěny
- Stroje, které nejsou čištěny a udržovány chátrají a produkují špatné výrobky

### **1.2.8 DMAIC**

DMAIC je jedním z nástrojů Six Sigma, kde základním úkolem tohoto nástroje je zlepšování. Oblast zlepšování při použití tohoto nástroje není definována, používá se v mnoho oblastech například při zlepšování procesů, zvyšování kvality či jiných problematik. DMAIC je dokonalejší PDCA cyklus [24,25].

DMAIC se skládá z 5-ti částí.

#### **D – define – definovat**

V této fázi je třeba stanovit cíle celého projektu. Určuje se složení týmu, který bude na daném přiděleném projektu pracovat. Popisuje se aktuální proces, který bude následně zlepšován. Součástí této fáze je i definice plánu, který určuje činnosti, které povedou ke zlepšení aktuálního procesu [24].

#### **M – measure – měřit**

V této fázi dochází k důkladnému proměření výrobního procesu. Jelikož bez naměřených dat není možné rozhodovat o konkrétních řešení [24].

#### **A – analyze – analyzovat**

Dochází k analýze naměřených dat. Je důležité zjistit skutečný potenciál pro zlepšení. Základem této fáze je analýza příčin problému, nedostatků atd. Dalším důležitým poznatkem je fakt, že se zjišťuje, zda se opravdu řeší daný problém [24].

### **I – improve – zlepšovat**

Podstatou této fáze je odstranění skutečného problému či příčiny. V této fázi se nastavují nové parametry procesu, dochází ke zlepšení procesu. Vše se nastavuje pro zlepšení spokojenosti zákazníka, nezáleží na tom, zda se jedná o zákazníka interního či externího [24].

### **C – control – řídit**

Pokud došlo k úspěšnému odstranění problému, následně nastává tato fáze. Během této fáze dochází k implementování standardizování procesu či systému. Dále je nutné kontrolovat, zda jsou uvedené změny řádně uplatňovány a používány každý den, kdy daný proces probíhá [24].

## **1.2.9 PDCA cyklus**

Metoda PDCA je cyklus, který postupně zlepšuje kvalitu výrobků, výrobní cyklus a jiné. Metoda PDCA je jedním z nástrojů štíhlé výroby. Je to velice jednoduchá smyčka, která dává k dispozici vynikající techniku pro spojení zjištěných nástrojů pro řešení problémů neustálého zlepšování. Tato metoda se skládá ze čtyř základních fází [25,26].

### **P – plan – plánovat**

V této fázi dochází ke komplexnímu prozkoumání a porozumění problému, následuje návrh zlepšení. Během této fáze je potřeba udělat následující kroky:

- Najít faktory, které nejvíce ovlivňují proces
- Založit dostatečně kvalifikovaný tým, který bude řešit vzniklý problém
- Najít faktory, které mají největší vliv na výstup z procesu [26].

### **D – do – dělat**

V této fázi se daný plán realizuje. Dochází k implementaci navržených změn. Při této fázi je nutné:

- Provést sběr dat
- Neprovádět žádné změny, které by nebyly zdokumentovány
- Pro měření používat pouze kalibrovanou a stabilní techniku
- Pokud se vyskytne neobvyklá událost, ihned ji zaznamenat
- Zaznamenávat průběžné výsledky [26].

### **C – check – ověřit**

Během této fáze dochází k analýze naměřených výsledků. V této fázi je nutné udělat tyto kroky:

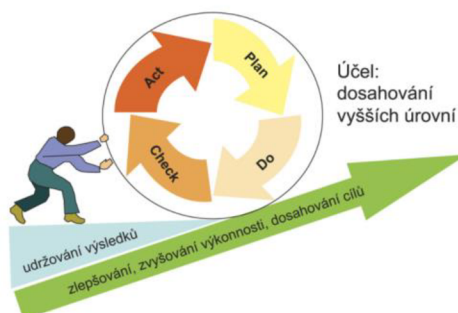
- Data analyzovat z hlediska stability a schopnosti
- Kombinovat statistickou analýzu s běžným citem [26].

### **A – act – provést**

Jedná se o konečnou verzi PDCA cyklu. Na základě analýzy výsledku z předchozí fáze se provádí některé z následujících kroků:

- Pokud jsou výsledky akceptovatelné, přijímají se projednané a navržené změny

- Pokud je proces velice nestabilní, dojde ke korekci příčin a vrací se zpět k fázi plánování
- Jestliže nedostatky přetrvávají, i když nedošlo k technologické či jiné chybě, následují dvě možnosti:
  - Revize
  - 100 % kontrola (tato možnost je velice drahá, avšak ne vždy účinná) [26].



Obr. 1.2 PDCA cyklus [27]

### 1.2.10 TPM

Total product maintenance (totálně produktivní údržba) je celkový přístup k provozu, aby byl provoz co nejvíce efektivní. Pro dosažení vysoké produktivity musí být ve firmě přijato pravidlo tzv. produktivní údržby.

Nejčastějšími časovými ztrátami lze uvést:

1. Prostoje související s poruchami strojů a neplánované prostoje
2. Čas na seřizování a nastavování parametrů (různé změny a výměny).
3. Ztráty způsobené přestávkami ve výkonu zařízení, krátkodobé poruchy
4. Ztráty rychlosti průběhu výrobních procesů
5. Kvalitativní důsledky procesních chyb (zhoršená kvalita)
6. Snížení výkonu ve fázi náběhu výrobních procesů, technologické zkoušky [7].

TPM se snaží o to, aby v podniku docházelo k pravidelné kontrole a údržbě, kterou mají na starost sami operátoři. A proto je nastaveno několik pravidel.

Operátor je proškolen a vzdělán na takové úrovni, aby byl schopen provádět základní údržbu stroje sám. Operátor je neustále proškolen, aby se jeho vzdělání a schopnosti zlepšovaly.

Údržbář je osvobozen od rutinní údržby strojů, kterou převzal operátor. Údržbář se zaměřuje na složitější problémy, kde je jejich vzdělání více potřebné.

Je účelně sestaven tým, jehož úkolem je najít co nejjednodušší a nejlevnější řešení, které zajistí lepší stav strojů a příčiny poruch. Toto řešení vede ke zvýšení produktivity strojů.

TPM se skládá z několika samostatných částí.

1. Samostatná údržba

Tato část TPM je prováděna samotnými operátory. Operátoři jsou proškoleni, aby požadovanou činnost zvládli sami.

2. Plánovaná údržba
3. Hladká přejímka
4. Trénink
5. Zvyšování využití strojů
6. Technické využití strojů [28].



Obr. 1.3 TPM [29]

## 1.3 Výroba

Výrobu lze definovat jako transformace výrobních faktorů do ekonomických statků a služeb. Podle míry plynulosti výrobního procesu se výroba dělí:

### Výroba plynulá

Tuto výrobu lze také nazvat výrobou nepřetržitou. Typickým příkladem pro tento druh výroby lze uvést výrobu surové oceli či zpracovávání ropy rafinérií. Při tomto druhu výroby, výroba probíhá 24 hod denně, 7 dní v týdnu, téměř po celý rok. Přerušit lze pouze z důvodu údržby či nenadále poruchy.

### Výroba přerušovaná

Tento druh výroby probíhá pouze v určitém čase. Například pouze na dvě směny, tedy v rozmezí 6–22 hod, zpravidla pouze v 5–ti dnech. Tuto výrobu lze přerušit kdykoliv. Tato výroba je typická ve strojírenství.

Výroba se dále dělí dle počtu vyráběných kusů:

### Kusová výroba

Kusová výroba je někdy také nazývána jako výroba malosériová. Výroba bývá velice často uskutečňována ve velice malém množství. Výrobky jsou vyráběny na univerzálních strojích a na univerzálních výrobních linkách. Operátoři při výrobě musejí být velice kvalifikovaní. Kusová výroba je rozdělena na opakovatelnou kusovou výrobu, kdy se jednotlivá výroba daného kusu opakuje, a neopakovatelnou kusovou výrobu, při tomto druhu výroby se výroba již neopakuje.

Kusová výroba, která je řízena pouze zákazníkem se nazývá zakázková výroba. Při této výrobě dochází k výrobě produktu pouze při objednávce od zákazníka. Kusová výroba je oproti výrobě sériové složitější. Dochází k neustálým změnám výrobního procesu, který závisí především na výrobním programu. Za typický příklad lze považovat strojírenskou výrobu s přesnými požadavky od zákazníka, zakázková výroba nábytku či mnoho dalších.



## **Sériová výroba**

Sériová výroba je výroba, ve které jsou výrobky vyráběny po sériích (větších dávkách), kdy po vyrobení požadovaného množství kusů dojde k přechodu na výrobu jiného výrobku. U této výroby se už na místo univerzálních strojů používají stroje specializované. Průběh výrobního procesu je u sériové výroby méně proměnlivý než u kusové výroby.

## **Hromadná výroba**

U tohoto typu výroby dochází k hromadné výrobě produktů. Používají se specializované stroje, které jsou určeny přímo pro danou výrobu. Pracoviště jsou zcela upravena pro daný typ produktu. Kvalifikace u operátorů v této výrobě není tak důležitá jako ve výrobě kusové. Průběh výrobního procesu se opakuje a je do jisté míry stabilizován [30].

## **1.4 Montáž**

Montáž je možné popsat jako soubor lidí, strojů a zařízení, kteří vykonávají určitou činnost. Během této činnosti vznikne za určitý časový okamžik hotový výrobek. Montáž je zpravidla závěrečnou činností ve výrobě. Typickým rysem montáže je spojování dvou a více součástí do sebe, čímž vzniká montážní celek.

### **Členění montážního procesu**

Z hlediska montáže je každý výrobek dle složitosti rozdělen do montážních prvků. Montážní prvky jsou skupiny dílů, které mohou být montovány nezávisle na sobě. K základním prvkům montážního procesu patří:

#### **Součást**

Je to nerozebíratelný kus montáže, který je obvykle vyroben z jednoho kusu materiálu.

#### **Podskupina**

Jiným slovem lze nazvat díl. Je to jednotka, která vznikla spojením dvou či více součástí. Vyskytuje se několik druhů podskupin, kdy například skupina I. je namontována do skupiny II.

#### **Skupina**

Skupina je nejvyšším montážním prvkem. Vzniká spojením dvou či více montážních podskupin.

#### **Výrobek**

Výsledný produkt, který je určen pro trh. Skládá se ze souboru skupin a podskupin, které jsou spojeny rozebíratelným či nerozebíratelným způsobem. Výrobek je funkčně i konstrukčně uzavřený.

#### **Zařízení**

Soubor výrobků, který plní technologickou a provozní funkci.

#### **Druhy montáže**

Dělení dle způsobu vykonávání činností:

- ruční (případně částečně mechanizované)
- strojní (případně mechanizované či automatizované)

Montáž lze dále dělit dle mnoha dalších parametrů, kterými jsou místo provádění montáže, pohyb montážního celku při montáži, stupeň automatizace a mechanizace [31].

## 1.5 Montážní linka

Montážní linka je soubor pracovišť uspořádaných dle montážního postupu, kdy jednotlivá pracoviště jsou propojena mezioperační dopravou.

Montážní linky se dělí z několika hledisek:

- Použití mechanizace a zapojení člověka do montáže
  - Ruční linky
  - Poloautomatické linky
  - Automatické linky
  
- Možnosti provádění montáže
  - Přimo na dopravníku
  - Mimo dopravník
  
- Způsobu uspořádání v prostoru
  - Jednoduché linky
  - Rozvětvené linky

Způsob uspořádání montážních linek:

- Osazení stran montážní linky
  - Jednostranné
  - Oboustranné
  
- Směr pohybu na lince
  - Jednosměrné
  - Obousměrné
  
- Dle tvaru montážní linky
  - Přímé
  - Tvar ‚U‘
  - Kruhové [32,34].

## 1.6 Spotřeba času

Spotřeba času doprovází výrobní a pracovní proces, taktéž ale i jejich přerušení. Spotřeba času je měřítkem kvality organizace práce a pracovních metod. Spotřeba času může být sledována jak z hlediska operátora, tak z hlediska stroje. Obecně se čas dělí na čas nutný ( $t_N$ ) a čas ztrátový ( $t_Z$ ). Čas nutný se dále dělí na čas práce ( $t_1$ ) a čas přestávek. Čas přestávek je dále rozdělen na čas obecně nutných přestávek a čas podmíněčně nutných přestávek [33].

Čas práce je rozdělen na časy jednotkové, časy dávkové a časy směnové.

Čas jednotkový ( $t_{A1}$ ) je čas provedení jednotlivých pracovních úkonů, které jsou bezprostředně spjaty s vykonáním dané práce. Typickým příkladem lze uvést ruční upínání či odepínání daných předmětů, výměna otupeného nástroje nebo měření rozměrů každého  $x$ -tého kusu.

Čas dávkový ( $t_{B1}$ ) je čas, který je potřebný pro výkon pracovních úkonů, které se vztahují k výrobní dávce (přípravení instrukce, příprava nářadí, prostudování výrobního příkazu a jiné).

Čas směnový ( $t_{C1}$ ) čas, který je k dispozici pro přípravu pracoviště na začátku směny a na úklid pracoviště na konci směny.

Čas nutných přestávek je rozdělen na čas obecně nutných přestávek a čas podmíněčně nutných přestávek.

Čas obecně nutných přestávek se dále rozděluje:

Čas jednotkový ( $t_{A2}$ ) je čas, který je přímo úměrný jednotlivým vyráběným kusům. Zahrnuje především čas na oddech při jednostranné, velice namáhané či zdravotně závadné práci.

Čas dávkový ( $t_{B2}$ ) je to obdobný případ jako je čas jednotkový, ovšem není úměrný k jednotlivým vyrobeným kusům ale k vyrobeným dávkám.

Čas směnový ( $t_{C2}$ ) je čas vztažený na směnu. Jedná se o čas, který je vymezen pro přestávku či osobní potřeby.

Čas podmíněčně nutných přestávek je čas, který je závislý na dané úrovni techniky a organizace práce. Jedná se především o časy ukončení montážní operace, příjezdu vysokozdvizného vozíku nebo jeřábu.

Čas ztrátový ( $T_z$ ) je čas tvořící rezervy ve využití pracovního času a tím i rezervy v produktivitě práce. Ztráty mohou být způsobeny mnoha aspekty [34].

## 2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ADC CZECH REPUBLIC S.R.O.

Společnost ADC Czech Republic je nadnárodní společnost, která se zabývá výrobou telekomunikačních technologií. Počet zaměstnanců závodu, nacházející se v Brně Černovicích, v roce 2017 přesáhl 1000 zaměstnanců.

Hlavním předmětem činnosti brněnského závodu je výroba pasivních telekomunikačních prvků jako jsou optické kabely, moduly, panely a distribuční rámy. Lze je využít při rádiovém, televizním a zejména pak telefonickém přenosu dat. Tyto výrobky v praxi mohou vypadat jako telefonní ústředny nebo rozvodné skříně.

Společnost má pobočky téměř po celém světě. Závody této společnosti je možné najít v USA, Číně, Mexiku, Belgii a jiné státy.

Tato společnost má mnoho známých zákazníků, mezi něž patří společnost Austria Telecom, Telefonica, Deutsche Telecom a mnoho jiných zákazníků, které sídlí po celém světě.

Hlavními dodavateli společnosti ADC Czech Republic jsou TESLA Liptovský Hradok, HANSA Brno s.r.o., Sonepar Czech Republic spol. s.r.o. mnoho dalších dodavatelů z celého světa.

V závodu Brno-Slatina jsou vyráběny produkty na bázi optických vláken, proto je v následující podkapitole napsáno několik základních informací o optickém vlákně.

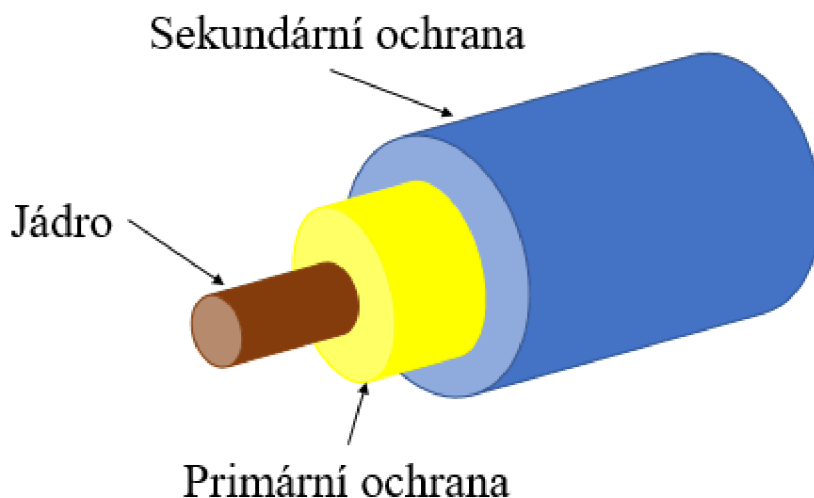
Diplomová práce byla vypracovaná v oblasti oddělení ODF a BOXES. Tato dvě oddělení jsou primárně orientována na montáž různých produktů, jako například jsou rámy, panely či různé boxy. Na těchto odděleních se vyskytují převážně univerzální montážní linky. Ke konci dubna 2018 se na oddělení ODF a BOXES vyskytuje 20 montážních linek a několik speciálních. Z důvodu ochrany informací společnosti ADC nebude uvedeno o jaké speciální linky se jedná. [35].

### 2.1 Optické vlákno

Tato podkapitola je v diplomové práci zmíněna z důvodu, jelikož firma ADC Czech Republic je jedním z předních výrobců produktů s optickými vlákny. Z tohoto důvodu bylo vypracováno několik základních informací o optickém vlákně.

Optické vlákno je vyrobeno z plastu nebo skla, které prostřednictvím světla nebo signálu přenáší signál. Směr signálu je veden podél podélné osy. Podélný rozměr vlákna je mnohonásobně větší než rozměr příčný. Vlákno se skládá z optického jádra, které má vyšší index lomu a optického obalu, který má nižší index lomu. Toto složení optického vlákna způsobuje vedení signálu podél podélné osy [36].

Pro přenos informace optického vlákna se využívá vlnových délek 500 až 1600 nm. Jako nejvýhodnější se považuje rozhraní 1300 až 1600 nm, kdy při těchto vlnových délkách dochází k nejmenším ztrátám [37].



Obr. 2.1 Řez optickým vláknem [37,38].

Optická vlákna se skládají z optického vlákna s tenkým jádrem, primární a sekundární ochrany. Primární ochrana zvyšuje pružnost optického vlákna. Sekundární ochrana zvyšuje odolnost optického vlákna. Optické vlákno je velice křehké a náchylné na zlomení [36].

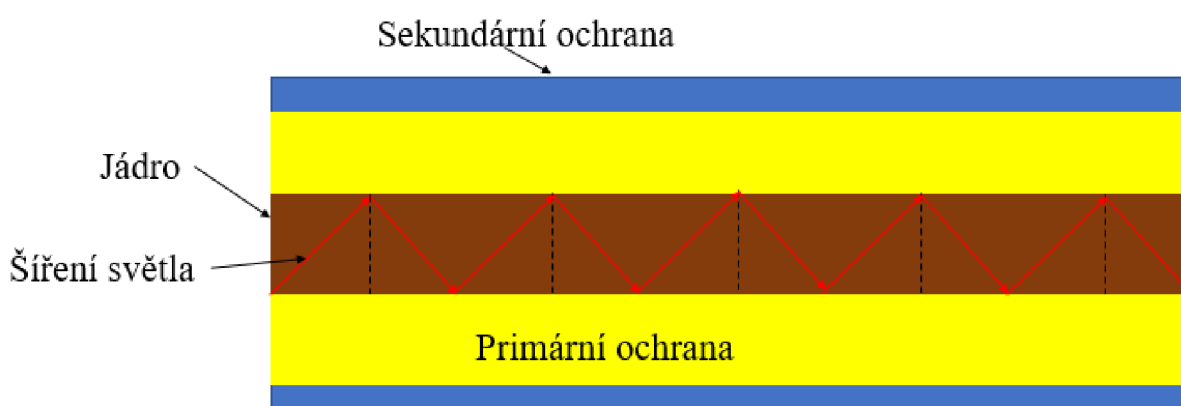
Optická vlákna jsou používána jako náhrady kabeláže z kovů, jelikož přenáší data s menší ztrátou, umožňují vyšší přenosové rychlosti a jsou imunní vůči elektromagnetickému signálu [36,37].

Pro přenos signálu optickým vláknem jsou využity světelné impulsy, které slouží jako nosiče informace. Při přenosu signálu se využívá fyzikální podstaty odrazu světla, tedy paprsek dopadá na rozhraní dvou prostředí s rozdílnými indexy lomu. Následně se část energie odrazí zpět a zbylá do okolního prostředí. Úhel, pod kterým paprsek vstupuje do optického vlákna, je parametr určující úhel odrazu [36,37].

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2}$$

Obr. 2.2 Snellův zákon [37,38].

Aby došlo k šíření světla vláknem musí být index lomu jádra větší než index lomu primární ochrany. Dále musí být dodržen minimální úhel dopadu, aby došlo k odrazu a následnému šíření světla [36,37].



Obr. 2.3 Šíření světla [37,38].

## 2.2 Produkt Budi

Tento produkt patří do produktové skupiny Budi, který je ve firmě ADC Czech Republic vyráběn. Produkt Budi byl použit jako předmět, pomocí kterého byla zavedena změna na montážní lince. Tato podkapitola se věnuje představení produktu Budi.

Produkt Budi, slouží jako rozvodná skříň (optický rozvaděč), která může být umístěna jak ve vnitřním, tak vnějším prostředí. Tento produkt je vyráběn ve velkém počtu druhů, výsledné složení je montováno dle specifických požadavků zákazníka [35].

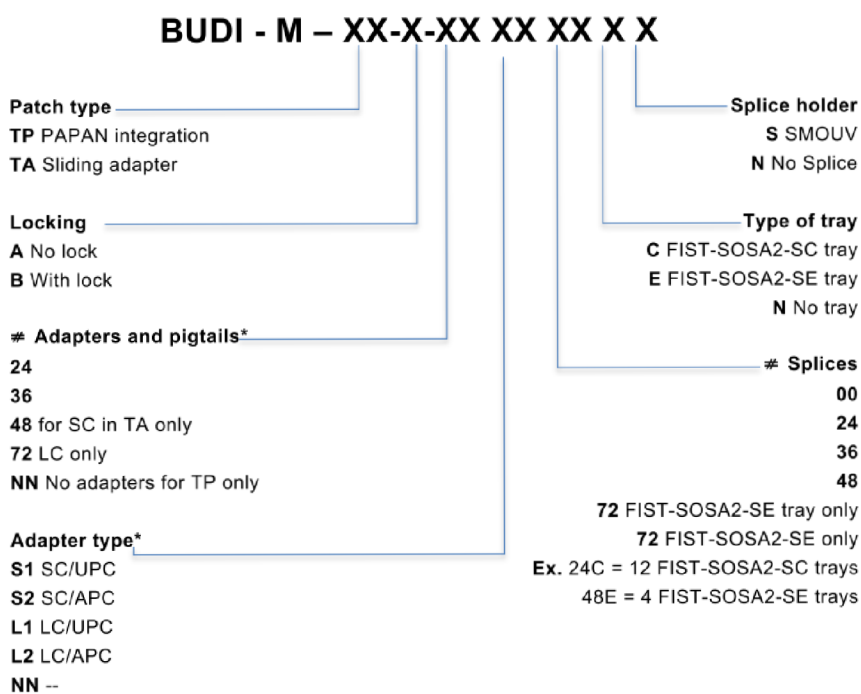
Optický rozvaděč slouží k ukončení nebo propojení optických kabelů. Vždy záleží, o jaký druh produktu se jedná. Produkt Budi je nástěnný optický rozvaděč.

Základní rozdělení rodiny Budi je: Budi-S, Budi-1S, Budi-2S, Budi-M a mnoho dalších typů. Písmeno M znamená middle (střední velikost).

Diplomová práce se zabývá konkrétním produktem, který je značen jako: BUDI-M-TA-A-24S200NN. Podrobný popis jednotlivých značek popisuje Obr. 2.5. Obr. 2.4 zobrazuje produkt Budi. Tento produkt je montován na montážní lince, jejíž zvýšení výstupu bylo jedním z předmětů diplomové práce.



Obr. 2.4 Obrázek produktu z vnitřní a vnější strany [35]



Obr. 2.5 Schéma označení výrobků [35].

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část diplomové práce je rozdělena na tři části. První část tvoří analýza současného stavu výrobního procesu, druhá část se skládá z návrhů a následných implementací řešení a třetí část se zabývá dalšími teoretickými zlepšeními.

#### 3.1 Analýza současného výrobního procesu

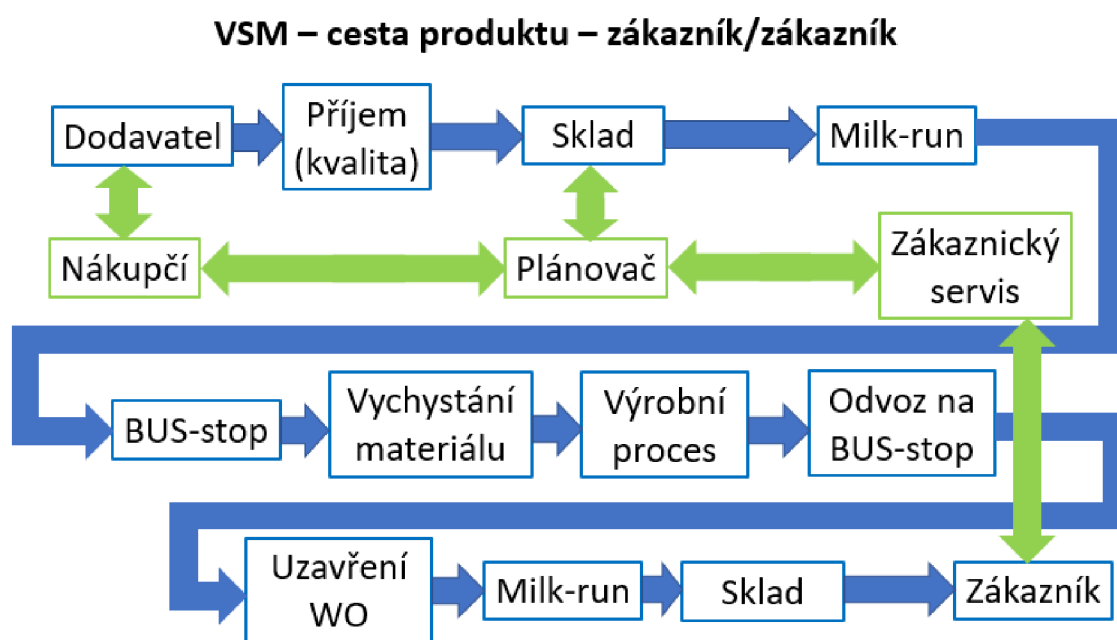
V této části diplomové práce byl definován problém, který se vyskytuje na výrobní lince. Problém spočívá ve změně výrobní zakázky, která trvá téměř hodinu, to je pro firmu velice ztrátové. Dalším problémem je špatné vybalancování výrobní linky a s tím i navazující nízký výstup výrobků.

Obsahem této části diplomové práce jsou VSM mapy, špagetové diagramy a propočty, které vedly k analýze současného stavu výrobního procesu.

##### 3.1.1 Mapy toku hodnot

Bylo provedeno sestavení několika map toku hodnot, aby byl možný následný postup. První mapa toku hodnot, který ukazuje obr. 3.1, znázorňuje proces od počátku produktu, kdy si zákazník objedná produkt až po dodání produktu zákazníkovi.

Z důvodu ochrany informací společnost ADC neposkytla již vytvořenou VSM mapu, kde jsou uvedeny konkrétní informace, proto VSM mapy byly zpracovány obecně.



Obr. 3.1 VSM mapa celého procesu [38].

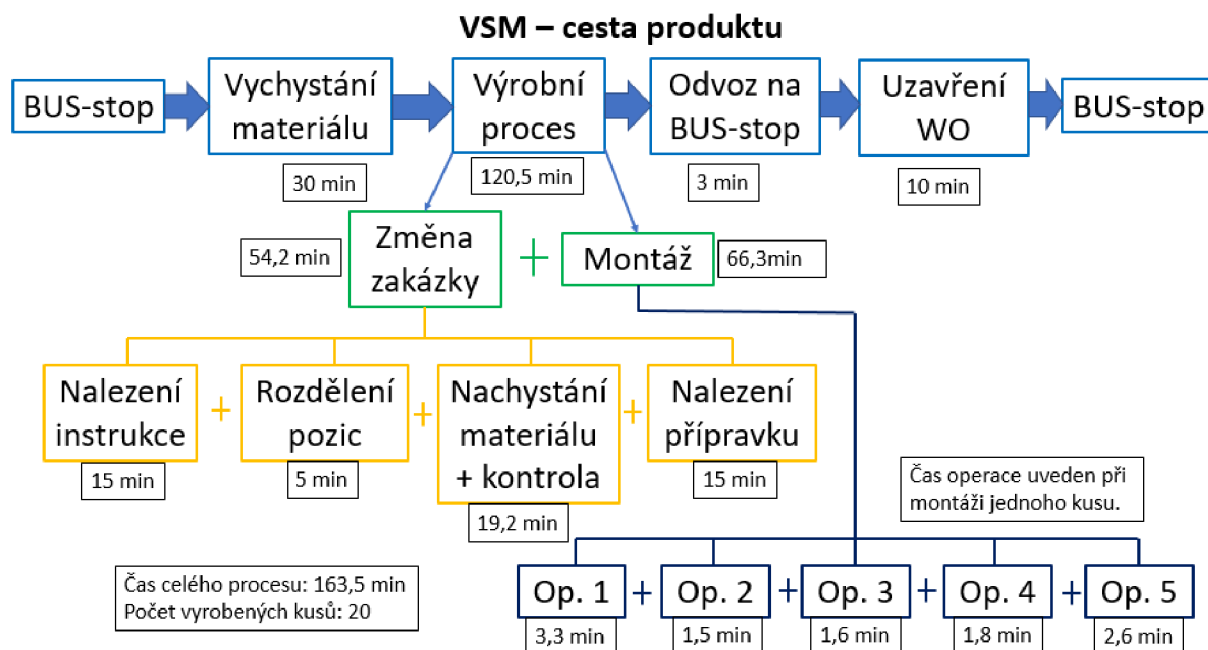


Obr. 3.2 Vysvětlení šipek [38].



Z obrázku je patrné, že materiál vstupuje do firmy, kde je provedena kontrola kvality a následuje uskladnění. Po naplánování výroby je materiál připraven a dovezen v určitý čas na montážní halu, kde je složen.

Obr. 3.3 popisuje mapu toku hodnot na montážní hale, kdy došlo k časovému proměření celého procesu. Sběr dat byl prováděn v několika dnech a měřen při práci různých zaměstnanců. Časy, které jsou tu použity byly získány průměrem naměřených hodnot.



Obr. 3.3 VSM mapa pohybu materiálu na montážní hale [38].

Z obrázku lze vyčíst, že materiál je dovezen na montážní halu, kde je složen v oblasti „bus – stopu“, kde je uložen na nezbytně nutnou dobu. Dovoz materiálu ze skladu na montážní halu je proveden pomocí vláčku „Milk – run“.

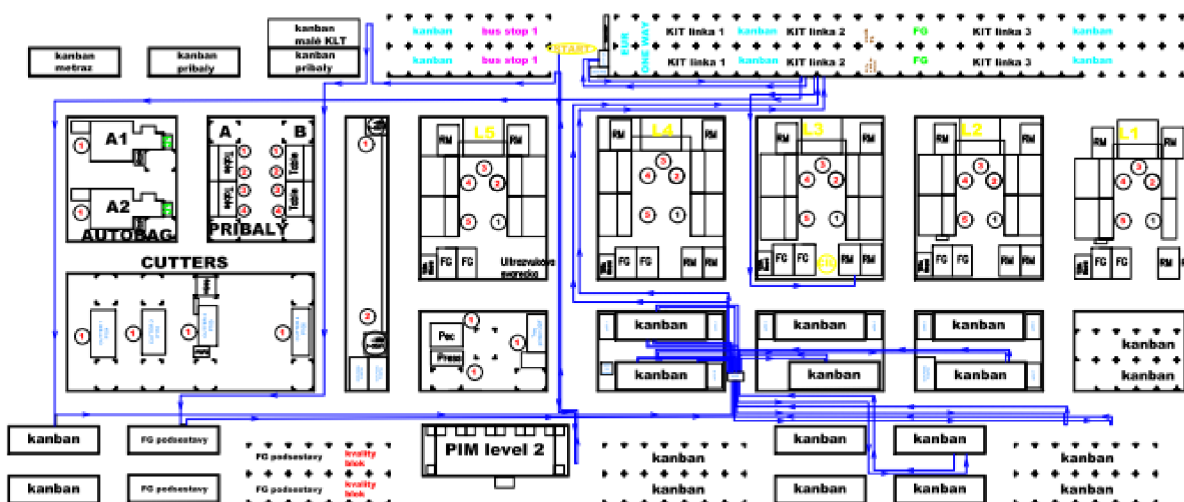
„Milk – run“ je speciální vozík, který za sebou táhne několik paletových, speciálně upravených vozíků, na kterých jsou umístěny palety s materiálem. Tento vozík dováží materiál ze skladu na montážní halu, ale také odváží materiál a odpad z montážní haly zpět do skladu. Obr. 3.4 znázorňuje vozík, který se ve firmě používá pro dovoz a odvoz materiálu na montážní halu.



Obr. 3.4 „Milk – run“ [39].

Následně dochází k přichystání materiálu k výrobní lince. Tento úkon je prováděn water-spiderem. Je vytisknuta výrobní zakázka, kterou si water-spider vezme a postupně připraví materiál. Materiál je rozmístěn na různých částech montážní haly. Pohyb water-spidera je znázorněn pomocí špagetového diagramu, který je znázorněn na obr. 3.5. Začátek i konec pohybu je v obrázku zaznamenán pomocí kružnice a vysvětlivky.

Water-spider je interní název pro zaměstnance, který připravuje materiál a následně ho rozváží na montážní linky. Další činností water-spidera je odvoz dokončených produktů na místa označená jako „dokončená výroba“. Water-spider také doplňuje materiál do kanbanových regálů.



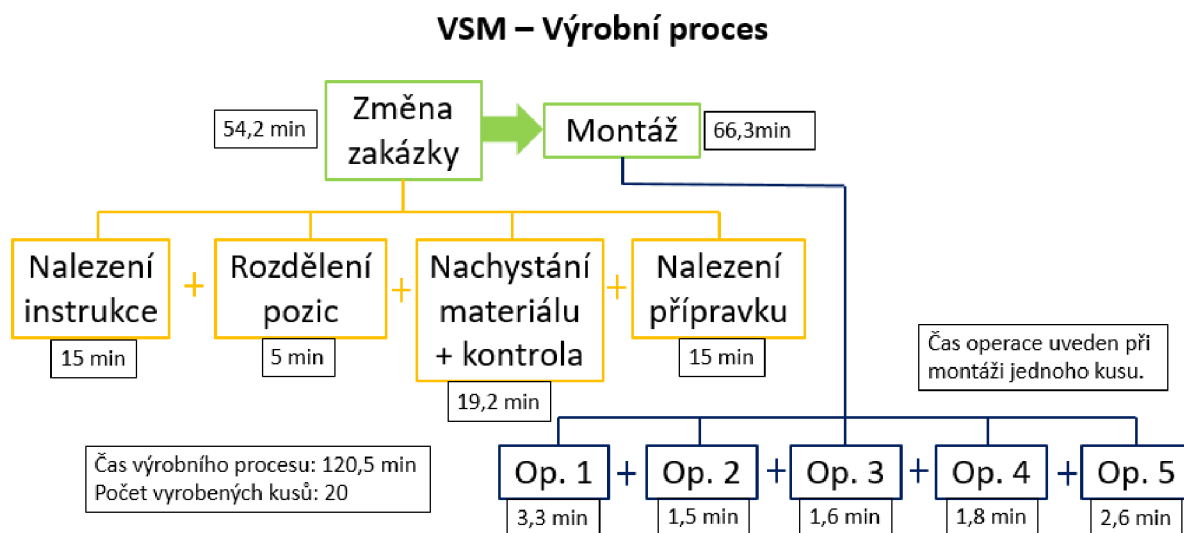
Obr. 3.5 Špagetový diagram pohybu „water – spidera“ během vychystávání materiálu [35,38].

Pohyb water-spidera je na obrázku znázorněn pomocí modrých čar. Z obrázku je zřejmé, že materiál je rozmístěn po celé hale. Materiál je v montážní hale krátkodobě uskladněn v „bus stopu“ a dále je umístěn v kanbanových regálech. Přehlednější výkres obsahuje příloha 5.

Proces přichystání materiálu trval 30 min a byl připraven materiál pro výrobu 20 kusů produktu. Dle propočtů „water – spider“ při této činnosti urazil vzdálenost 445 m.

### 3.1.2 Změna zakázky

Po přichystání materiálu následuje výrobní proces produktu, který se dělí na dvě části. Detailní popis výrobního procesu produktu ukazuje obr. 3.6 a tab. 3.1.



Obr. 3.6 Znáornění rozdělení výrobního procesu [38].

Výrobní proces je rozdělen na dvě části, první část tvoří změna výrobní zakázky a druhá část se skládá ze samotné montáže produktu.

Tab. 3.1 Rozdělení výrobního procesu [38].

Operace	Činnost	Počet operátorů	Čas [min <sup>-1</sup> ]
1	Nalezení instrukce	1	15
2	Rozdělení pozic	1	5
3	Nachystání materiálu a kontrola	5	19,2
4	Nalezení přípravku	1	15
5	Montáž	5	66,3

Změna výrobní zakázky je rozdělena na čtyři části, kterými jsou nalezení pracovní instrukce, rozdělení pracovních pozic při montáži, příprava materiálu na příslušné pozice na montážní lince včetně kontroly úplnosti výrobní zakázky a nalezení přípravku.

Příprava instrukce je prováděna pověřeným operátorem, který dojde ke kartotéce a najde ji. Tento úkon trvá 15 minut. Pohyb operátora je znázorněn na obr. 3.7.

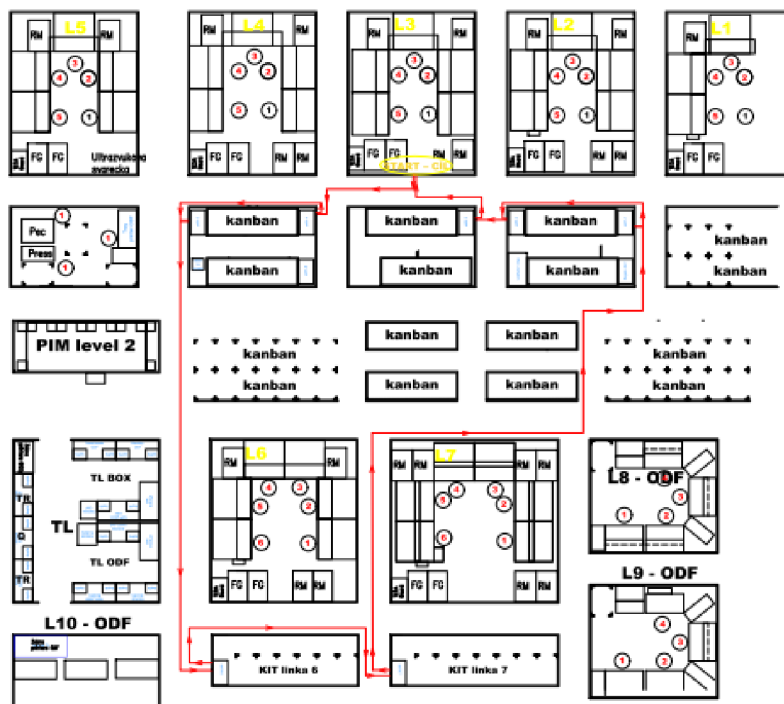


Obr. 3.7 Špagetový diagram zaměstnance hledající pracovní instrukci [35,38].

Pohyb operátora, který byl pověřen vyzvednutím pracovní instrukce, je v obrázku znázorněn červenými čarami. Operátor vyjde od linky a následně se vrátí zpět, začátek i konec je v obrázku znázorněn. Přehlednější výkres obsahuje příloha 7.

Následuje úkon rozdělení pozic operátorů na výrobní lince, kde jsou operátorům určeny operace k provedení. Při měření bylo zjištěno že tento úkon trvá 5 minut. Dalším úkonem je přichystání materiálu. Tento úkon představuje přichystání materiálu do pořadačů na montážní lince a následnou důkladnou kontrolu úplnosti dané zakázky. Tento úkon trvá 19,2 min.

Následující krok je nalezení přípravku. Operátor při tomto úkonu projde velkou část oddělení, jelikož neví, kde je daný přípravek uložen a žádný seznam uložení neexistuje. Špagetový diagram, který znázorňuje obr. 3.8, ukazuje pohyb operátora během hledání přípravku. Tento úkol zabere 15 minut. Operátor během této činnosti ujede vzdálenost 96 m.



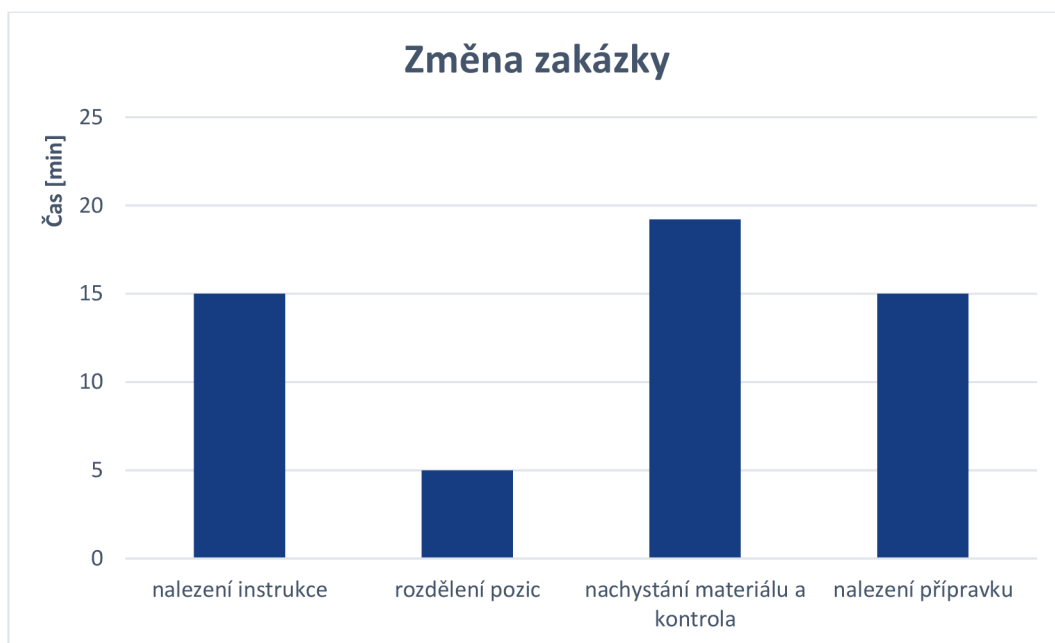
Obr. 3.8 Špagetový diagram zaměstnance hledající přípravek [35,38].

Pohyb operátora hledající přípravek, který je umístěn ve skříní, je znázorněn v obrázku hnědými čarami. Operátor vyjde od linky a následně se vrátí zpět, začátek i konec je v obrázku znázorněn. Přehlednější výkres obsahuje příloha 6.

Z provedených měření se lze dozvědět, že nejdelší operace je nachystání materiálu a kontrola. Graf 3.1 a tab. 3.2 zobrazují přehled jednotlivých operací a jejich čas ve změně zakázky. Dle tabulky je zřejmé, že nejdelší čas je nachystání materiálu a jeho následná kontrola. Tato položka nejde ovlivnit, jelikož na kontrolu úplnosti zakázky je ve firmě kladen veliký důraz. Další vysokou časovou položkou je nalezení pracovní instrukce a nalezení přípravku, tyto vysoké časy jsou způsobeny chybějícím značením v kartotéce, kdy operátor musí prohledat téměř celou kartotéku, než nalezne správnou pracovní instrukci. A chybějícím seznamem s přípravky, jelikož operátor musí projít každou skřín s přípravky a musí hledat v jaké skříní se přípravek nachází.

Tab. 3.2 Časy jednotlivých operací [38].

	Čas [min <sup>-1</sup> ]
Nalezení instrukce	15
Rozdělení pozic	5
Nachystání materiálu a kontrola	19,2
Nalezení přípravku	15
Změna zakázky	54,2



Graf 3.1 Úkony během změny zakázky [38].

### 3.1.3 Montáž

Montáž probíhá na montážní lince, která je obsazena 5–ti operátory. Bylo provedeno měření času montáže jednoho kusu. Tab. 3.3 níže zobrazuje montáž daného produktu, časy jednotlivých operací a jaký operátor danou operaci prováděl.

Tab. 3.3 Montážní postup [38].

Číslo operace	Popis činnosti	Číslo pozice	Čas [s <sup>-1</sup> ]
1	Příprava boxu z palety	1	9,7
2	Příšroubování dvou plastů k základní desce Mk=0,7 Nm, BIT=Ph1	1	56,7
3	Nalepení štítku	1	9,2
4	Montáž základní desky do boxu Mk=0,7 Nm, BIT=Tx10	1	56,1
5	Montáž záslepek Mk=1,0 Nm, BIT=Tx10	1	29,7
6	Přisroubovat „loop bracket“ Mk=0,7 Nm, BIT=Tx10	1	19,7
7	Přesun na další pozici (ruční přesun)	1	4,9
8	Meziperační kontrola (vizuální kontrola správnosti provedení operací na předchozí pozici)	2	9,1
9	Nýtování „UMS profilů“	2	23,9
10	Nýtování plastových držáků	2	35,1
11	Nacvaknutí 5–ti stěn pro držáky adaptérů	2	16,5
12	Přesun na další pozici (ruční přesun)	2	4,9
13	Meziperační kontrola (vizuální kontrola správnosti provedení operací na předchozí pozici)	3	9,1
14	„Fasblock“ zacvaknout do UMS profilů	3	19,7
15	„Basket“ zacvaknout do UMS profilů	3	34,1
16	Vložení drátku do krytu traye a následně nacvaknout do boxu	3	9,1
17	Kompletace netopíra a založení suchého zipu	3	21,9

18	Přesun na další pozici (ruční přesun)	3	4,9
19	Meziperační kontrola (vizuální kontrola správnosti provedení operací na předchozí pozici)	4	9,1
20	Nasazení 4 držáku adaptérů	4	26,1
21	Příprava víka	4	21,2
22	Nalepení laserového loga a nasunutí záslepky zámku	4	19,6
23	Nasazení plastových tyčinek	4	9,2
24	Příprava předchystaného „příbalu“	4	5,1
25	Příprava „příbalu“	4	14,8
26	Přesun na další pozici (ruční přesun)	4	4,9
27	Kontrola příbalu na váze	5	47,2
28	Finální vizuální kontrola správnosti operací na předchozích pozicích	5	22,9
29	Vložení příbalu do boxu a následné uzavření	5	28,1
30	Kompletace krabice, vložení produktu do krabice, zalepení	5	49,5
31	Nalepení štítku a uložení na paletu	5	9,9
Celkový čas			641,9

Při montáži jsou použity několik druhů nářadí, seznam je popsán pomocí tab. 3.4.

Tab. 3.4 Seznam potřebného nářadí [38].

Číslo nářadí	Název nářadí	Počet kusů
1	Plochý šroubovák	1
2	Páskovačka	1
3	Nýtovačka	1
4	Elektrický šroubovák – $M_k=0,7$ Nm	2
5	Elektrický šroubovák – $M_k=1,0$ Nm	1
6	Bit Tx10 – 120 mm	1
7	Bit Tx10	1
8	Bit PH1	1
9	Přípravek BOX–BUDI–M–1	1

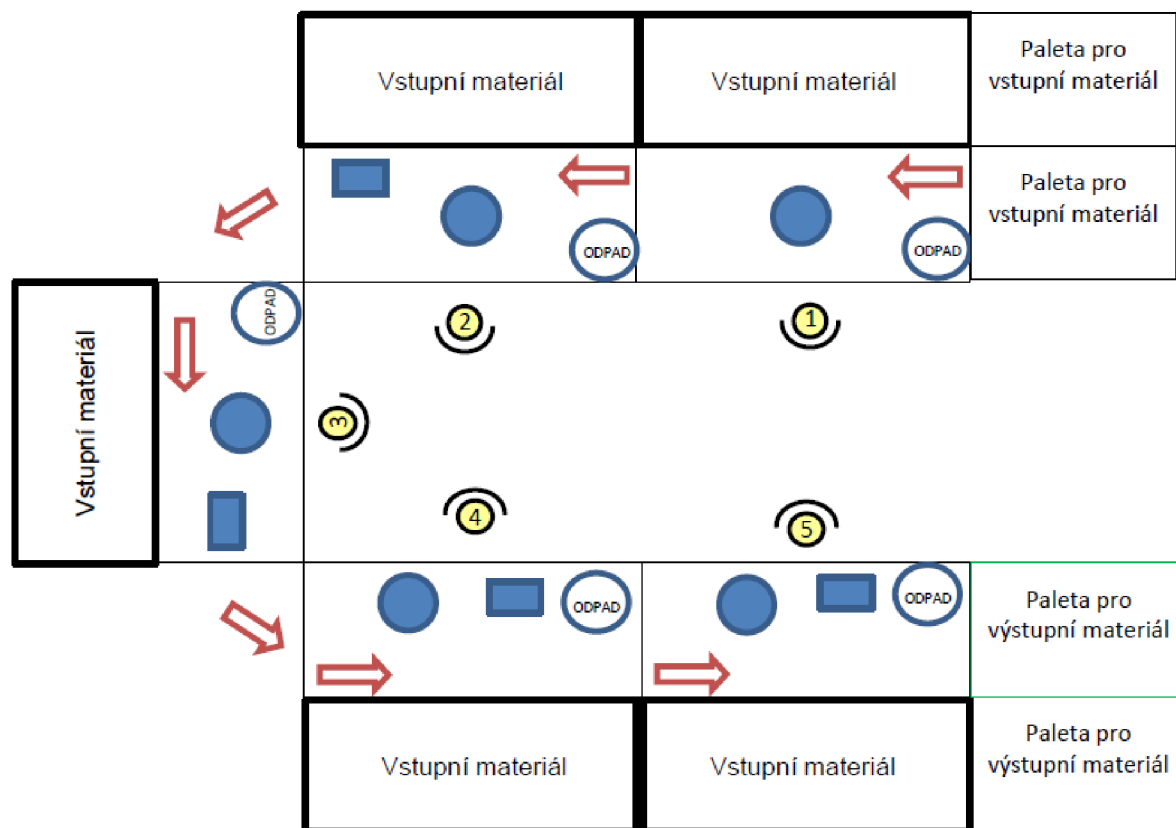
Pro montáž produktu je použita pneumatická nýtovací pistole, jejíž součástí je zásobník na nýtky. Dalším nářadím jsou elektrické šroubováky, jejichž zdroje jsou umístěny na místě poblíž elektrické zásuvky. Samotný šroubovák je poté zavěšen na stahovacím mechanismu nad montážní linkou. Nastavení kroutících momentů je prováděno pomocí kalibrační. Kroutící momenty jsou ověřeny a nastaveny před započítáním výrobní zakázky pověřeným operátorem. Kalibrační zařízení je zobrazeno na obr. 3.9, toto zařízení je uloženo ve speciální skřini, kde mají přístup pouze mistrové.



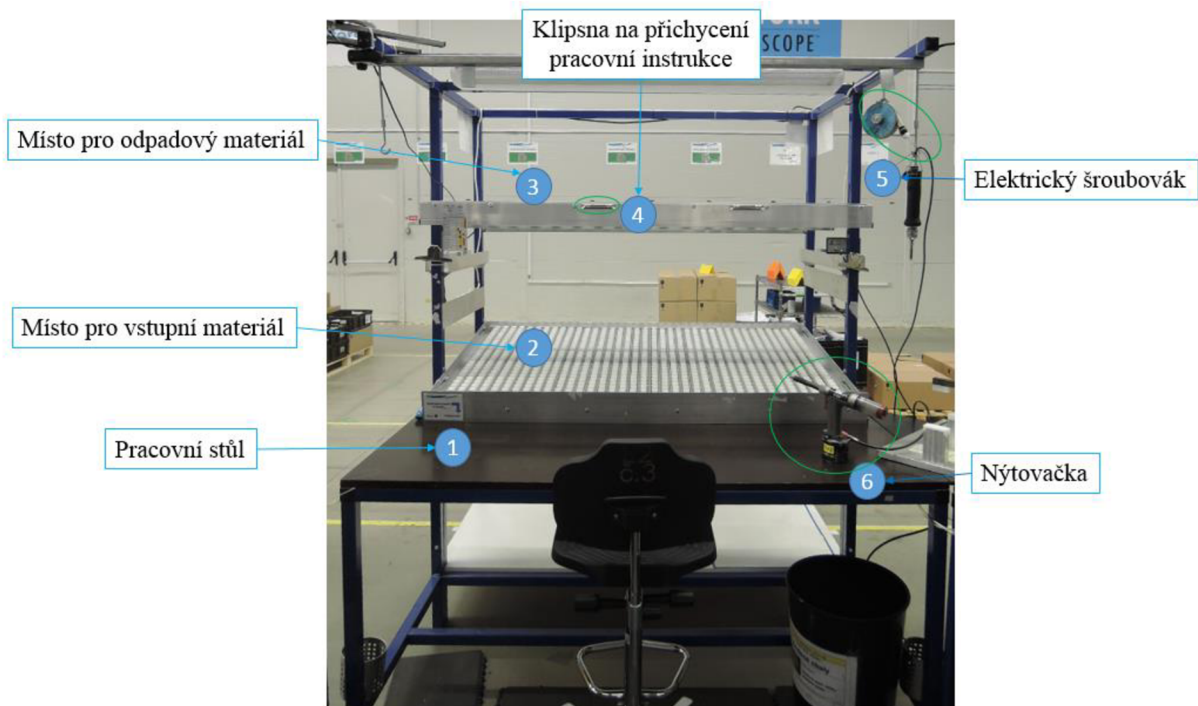
Obr. 3.9 Kalibrační zařízení [35,38]

Obr. 3.10 zobrazuje schéma montážní linky. Toto schéma bývá vyvěšeno na tabuli před montážní linkou, aby operátoři věděli, jak má daná linka být vybavena.





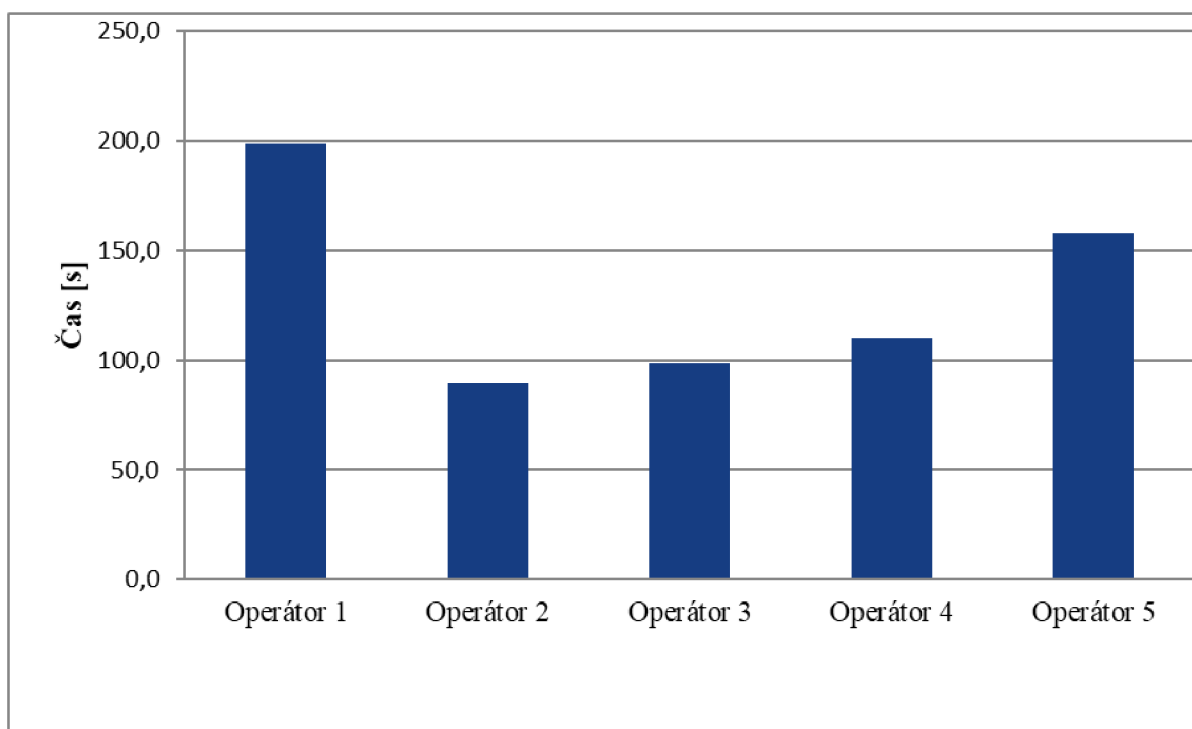
Obr. 3.10 Schéma montážní linky [35].



Obr. 3.11 Montážní pracoviště [35,38]

Obr. 3.11 zobrazuje montážní pracoviště a rozmístění jednotlivých nástrojů. Z obrázku je patrné, že vstupní materiál je umístěn na válečkovém skluzu, který je nakloněn směrem k operátorovi. Na válečkový skluz jsou za sebe narovnány klt bedny, které se postupně posouvají, jak dochází k vyprazdňování. Odpadový materiál se odkládá na válečkový skluz, který má sklon směrem od operátora. Na tento skluz se odkládají především krabice, ve kterých je dopraven materiál.

Při montáži bylo provedeno opakované naměření jednotlivých operací, tyto data byla následně zpracována a vykreslena do grafu. Graf 3.2 níže popisuje stav nevybalancované linky před úpravami.



Graf 3.2 Nevybalancovaná linka před optimalizací [38].

Tab. 3.5 Přehled montážních časů jednotlivých operátorů [38].

	Čas [ $s^{-1}$ ]	Čas [ $min^{-1}$ ]
Operátor 1	198,9	3,3
Operátor 2	89,5	1,5
Operátor 3	98,8	1,6
Operátor 4	110,0	1,8
Operátor 5	157,6	2,6
Čas montáže 1 výrobku	198,9	3,3
Výstup (ks/hod)	17,1	

Z grafu 3.2 a tab. 3.5 je zřejmé, že montážní linka při montáži produktu není vybalancovaná. Rozdíl prací mezi operátory je v nejvyšším případě 109 s. Při takovém

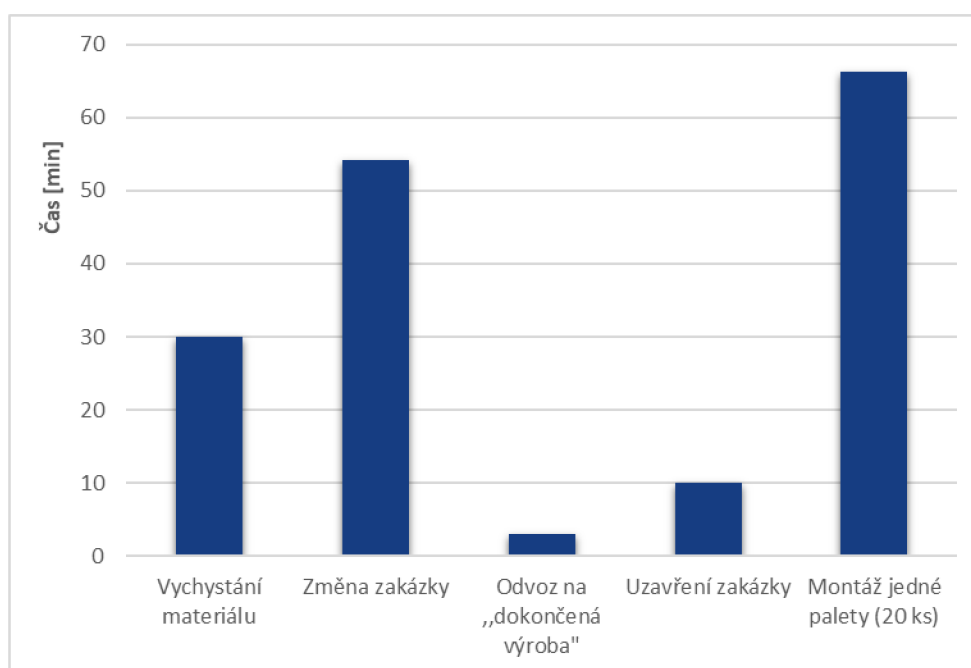
vybalancování linky a obsazení linky 5–ti operátory je hodinový výstup 17,1 ks. Při takovémto rozvržení pracovních úkonů mezi jednotlivé operátory je patrné, že operátoři nejsou rovnoměrně vytíženi. Z grafu je zřejmé, že úzké místo se nachází na pozici 1 a na pozici 5. Operátor na pozici 5, je operátor, který zodpovídá za celou montážní linku, a proto by neměl být tolik vytížen.

Po dokončení montáže všech výrobků operátor přivolá water-spidera, který odveze zabalené krabice do míst, které jsou označeny „dokončená výroba“. Po tomto kroku následuje část, která je nazývána uzavření zakázky. Water-spider položí na krabice s dokončenými výrobky žlutou stříšku a odnese výrobní zakázku do místnosti, kde sídlí mistrové. Mistrová zavře zakázku v systému, zkontroluje dokumentaci a následně dojde na místo, kde je umístěna paleta s dokončenou zakázkou. Poté je zkontrolován štítek na krabici a počet kusů. Následně je mistrovou vyměněna žlutá stříška za zelenou. Zelená stříška je signálem pro milk-run, že je paleta připravena k přepravě do skladu.

Celkový čas při montáži jedné palety zahrnující také změnu výrobní zakázky detailně popisuje tab. 3.6 a graf 3.3, které jsou umístěny níže.

Tab. 3.6 Celková spotřeba času [38].

	Čas [min <sup>-1</sup> ]	Čas [hod <sup>-1</sup> ]
Vychystání materiálu	30	0,5
Změna zakázky	54,2	0,9
Odvoz na „dokončená výroba“	3	0,1
Uzavření zakázky	10,0	0,2
Montáž jedné palety (20 ks)	66,3	1,1
Celý proces	163,5	2,7



Graf 3.3 Celková spotřeba času [38].

### 3.1.4 Chyby při montáži

Během vypracování diplomové práce byl proveden sběr dat, který ukázal chyby montáže na dané montážní lince při montáži produktu. Tento sběr dat slouží pouze jako zdroj k diplomové práci, samotný záznam o chybách není prováděn. Tab. 3.7 popisuje, jaké chyby a s jakou četností byly během montáže zaznamenány. Sběr dat byl proveden při výrobě 1200 výrobků, záznam byl prováděn pověřeným operátorem přímo na montážní lince.

Tab. 3.7 Seznam vyskytujících se chyb [38].

Jaká chyba	Zkratka	Četnost
Chybějící část příbalu	A	180
Špatně nalepené laser logo	B	140
Špatně nalepený štítek	C	80
Vystouplé nýtky po nýtování UMS profilů	D	65
Špatně zacvaknutý fasblock	E	50
Špatně zacvaknutý basket	F	45
Nenasazený drátek	G	25
Chybějící šroub při montáži základní desky	H	15






Z tabulky je zřejmé, že nejčastější chybou je chybějící část „příbalu“, který je způsoben nedodáním požadovaného materiálu na montážní linku či jeho záměnou.

Analýzou interní zmetkovitosti se diplomová práce zabývá níže, konkrétně tab.3.16 a graf 3.7.

### 3.1.5 Postupový graf materiálu

Z naměřených dat byl vytvořen postupový graf materiálu, který popisuje postup materiálu na montážní lince. Postupový graf je zobrazen níže v tab. 3.8. Pomocí tohoto postupového grafu, lze určit, že se na lince nachází několik úzkých míst. Z postupového grafu je možné vyčíst, že materiál je nejdříve krátce skladován před montážní linkou a následně probíhá proces samotné montáže produktu. U pozice číslo 4 dochází k pohybu operátora o celkové délce 10 150 mm, tento operátor si dochází pro materiál, který se mu nevešel na pracoviště a je umístěn na začátku montážní linky. Po skončení montáže opět dochází ke krátkodobému skladování před montážní linkou. Obr. 3.12 pod tab. 3.8 znázorňuje vysvětlení značek v postupovém grafu.

Tab. 3.8 Postupový graf materiálu [38].

pozice	procesy pozice						čas [s <sup>-1</sup> ]	vzdálenost [mm]	Počet zaměstnanců
1	1	●							
	2		●						
	3					●	9,7	2000	0,05
	4				●		56,7		0,30
	5				●		9,2		0,05
	6				●		56,1		0,30
	7				●		29,7		0,16
	8				●		19,7		0,11
	9					●	4,9	600	0,03
2	10			●		9,1		0,10	
	11				●	23,9		0,27	
	12				●	35,1		0,39	
	13				●	16,5		0,18	
	14					●	4,9	600	0,05
3	15		●			9,3			
	16			●		9,1		0,09	
	17				●	19,7		0,20	
	18				●	34,1		0,35	
	19				●	9,1		0,09	
	20				●	21,9		0,22	
	21					●	4,9	600	0,05
4	22		●			11,2			
	23			●		9,1		0,08	
	24				●	26,1		0,24	
	25				●	22	10150	0,20	
	26				●	19,6		0,18	
	27				●	9,2		0,08	
	28				●	5,1		0,05	
	29				●	14,8		0,13	
	30					●	4,9	600	0,04
	5	31		●			47,6		
32				●		47,2		0,55	
33					●	22,9		0,27	
34					●	5		0,06	
35					●	5		0,06	
36						●	5	1200	0,06
37			●						
Součet	Σ					638,3	15750	5	



Obr. 3.12 Vysvětlení značek [38].

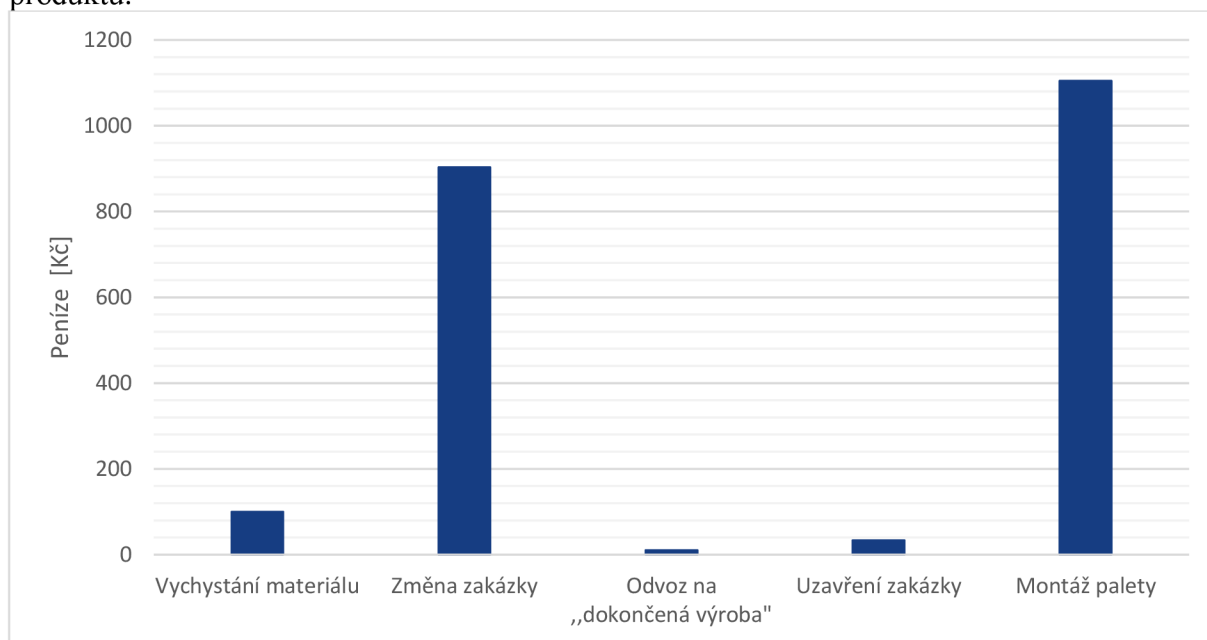
### 3.1.6 Ekonomické zhodnocení

Dle interních zdrojů firmy ADC je průměrná hodinová mzda na jednoho operátora 200 Kč. Příložená tabulka níže popisuje, jak finančně náročné jsou jednotlivé procesy pro firmu.

Tab. 3.9 Finanční náročnost produktů [38].

	Čas [min <sup>-1</sup> ]	Čas [hod <sup>-1</sup> ]	Cena (Kč/ 1 operátor)	Počet operátorů	Cena jednotlivých částí procesu [Kč]
Vychystání materiálu	30	0.5	100	1	100.0
Změna zakázky	54.2	0.9	180.7	5	903.3
Odvoz na „dokončená výroba“	3	0.1	10.0	1	10
Uzavření zakázky	10.0	0.2	33.3	1	33.3
Montáž jedné palety (20 ks)	66.3	1.1	221.0	5	1105.0
Celý proces	163.5	2.7	545.0		2151.7

Z příložené tab. 3.9 lze vyčíst, že nejdražší činností z celého procesu je montáž produktu. Graf 3.4 ukazuje finanční náročnost montáže jedné palety produktů, konkrétně se jedná o 20 ks produktů.



Graf 3.4 Finanční náročnost [38].

## 3.2 Úprava výrobního procesu

Tato část diplomové práce je věnována řešení problému, který byl v první části definován. Hlavní problém, kterým se zabývá diplomová práce, je změna zakázky a vybalancování montážní linky. Po naměření a zpracování všech naměřených dat byl proveden návrh možných řešení a následně jejich implementace na montážní halu. Hlavní změnou při řešení problémů bylo zavedení 5S, změna výrobního postupu a vizualizace všech míst na montážní hale.

### 3.2.1 Snížení času změny zakázky

První částí je snížení času změny zakázky. Po zhodnocení a prověření naměřených výsledků, kde bylo určeno, které procesy je možné upravovat, aniž by došlo k ohrožení kvality či výskytu chyby, bylo dosaženo řešení. Je možné se pokusit změnit pouze 2 části změny zakázky a to konkrétně nalezení výrobní instrukce a nalezení přípravku.

Tato část diplomové práce je rozdělena na dvě části, a to na optimalizace nalezení instrukce a optimalizace nalezení přípravku.

#### 3.2.1.1 Zkrácení času přípravy instrukce

Všechny instrukce se v montážní hale ukládají do kartoték, které jsou k tomu určeny. Bylo provedeno nové uspořádání, které spočívalo v několika základních krocích.

Nejdříve proběhlo roztřídění všech instrukcí podle druhu produktů, respektive bylo provedeno roztřídění produktů do jednotlivých produktových skupin a následně rozdělení těchto produktových skupin do zásuvek v kartotékách.

Dalším krokem bylo viditelné očíslování kartoték a samotných šuplíků v kartotékách, a následná vizualizace samotných kartoték. Vizualizace byla provedena pomocí zataveného popisku, který byl připevněn na sloup, jenž se nachází za kartotékami.

Následně byl proveden krok, kdy byly na dvířka zásuvek kartoték nalepeny štítky, které označují, jaké skupiny se v dané zásuvce nacházejí.

Následující krok tvoří seřazení instrukcí a jejich následné očíslování. Očíslování je prováděno, dle produktů, jak byly v časové ose zařazeny do výroby. A následně bylo provedeno barevné rozlišení jednotlivých skupin.

Dalším krokem bylo sepsání seznamu pracovních instrukcí, které se v dané zásuvce nachází. Následně byl seznam vytisknut a vyvěšen na dvířka zásuvky kartotéky. Posledním krokem bylo vytisknutí názvů označení jednotlivých produktů, které se shodují s vyvěšeným seznamem, a nalepení na jednotlivé instrukce.

Obr. 3.13–15 níže ukazují, jak bylo zavedeno nové uspořádání a vizualizace.



Obr. 3.13 Kartotéka – pohled vnější [35].



Obr. 3.14 Kartotéka – pohled vnitřní [35].



Obr. 3.15 Vizualizace kartotéky [35].

Po následném přeměření bylo zjištěno, že se proces nalezení výrobní instrukce zkrátil o 10 minut, což znamená na 5 minut. K úspoře času došlo díky krokům, které byly výše popsány. Tato vizualizace pomohla především operátorů, kteří nyní nemusí dohledávat složité pracovní instrukci, tak jak to bylo dříve. Nyní operátor přijde ke kartotéce, dle objednávky si zjistí, o jakou skupinu produktů se jedná. Na dvířkách kartotéky jsou nalepeny štítky, kde je napsáno, které pracovní instrukce konkrétních skupin jsou v dané zásuvce umístěny. Dle vyvěšeného seznamu na dvířkách si operátor vyhledá číslo instrukce a následně si ji vezme ze zásuvky.

### 3.2.1.2 Nalezení přípravku

Přípravky se v montážní hale ukládají do plechových skříní, které jsou k tomu určeny. Přípravky jsou používány jako další součást vybavení linky při montáži produktu. Přípravky slouží k především ke zjednodušení montáže. Tato část diplomové práce byla zpracována pomocí zavedení 5S ve skříních s přípravky a jejich následná vizualizace.

Nejdříve bylo provedeno protřídění všech přípravků v montážní hale. Přípravky, které byly označeny, že se nepoužívají, byly vyhozeny. Při protřídění bylo zjištěno, že se některé přípravky vyskytují na pracovišti několikrát, ale byly založeny na špatně viditelných místech.



Dalším krokem bylo označení přípravků. Přípravky byly zpravidla označeny dle oddělení a skupin, na kterou montáž se využívají. Po skupině následuje číslo a v případě, že se jedná o přípravek, který se už vyskytuje, je označen odlišujícím se písmenem. Obr. 3.16 ukazuje označení přípravku jak přímo na přípravku, tak i ve skříni.



Obr. 3.16 Označení přípravku [35].

Následoval krok, při kterém došlo k urovňování přípravků do skříní. Přípravky byly rozříděny do skříní dle produktových skupin a dle umístění linek, tak aby operátoři nemuseli pro přípravek chodit přes celou halu. Zřídka používané přípravky byly uloženy do vyšších pozic. Stejně přípravky byly umístěny za sebe či vedle sebe. Těžké přípravky byly uloženy do spodních pozic, aby nedošlo při manipulaci k úrazu.

Další krok tvoří vymezení míst a vizualizace. V této části bylo vytvořeno přesné umístění pro dané přípravky pomocí pásky. Jak bylo místo označeno, zobrazuje obr. 3.17.



Obr. 3.17 Vymezení přesného místa a jeho označení [35].

Dále došlo k označení lokací pro dané přípravky, kdy dané lokace byly označeny stejným názvem jako přípravek. Obr. 3.18 označuje standardizovanou skříň s přípravky.



Obr. 3.18 Standardizovaná skříň s přípravky [35].

Bylo provedeno očíslování polic příslušnými čísly. Skříně byly označeny čísly, shodují se s čísly montážních linek, u kterých jsou skříně umístěny. Označení skříní bylo také vyvěšeno na předem připravené dráty, které jsou rozvěšeny na hale v několika řadách. Tyto dráty slouží především pro vyvěšení označení daných paletových míst, linek a mnohých dalších značení. Dále byl na skříně vylepen popisek, který určuje, kdo za pořádek v dané skříně a na jaké směně odpovídá. Obr. 3.19 ukazuje skříně s přípravkami a její označení.



Obr. 3.19 Skříně přípravky [35].

Byl vytvořen standard viz obr. 3.20, který zobrazuje správné uložení přípravků a do kterého byl sepsán seznam s přípravky, uloženými v dané skříni. Tento standard byl následně vylepen na danou skříň. Poté bylo provedeno sepsání seznamu přípravků, kde bylo označeno, v jaké skříni a v jaké polici se daný přípravek vyskytuje. Tento seznam byl umístěn na výrobní linku, aby si mohl každý operátor vyhledat, kde se potřebný přípravek nachází.



Obr. 3.20 Standard uložení přípravků [35].

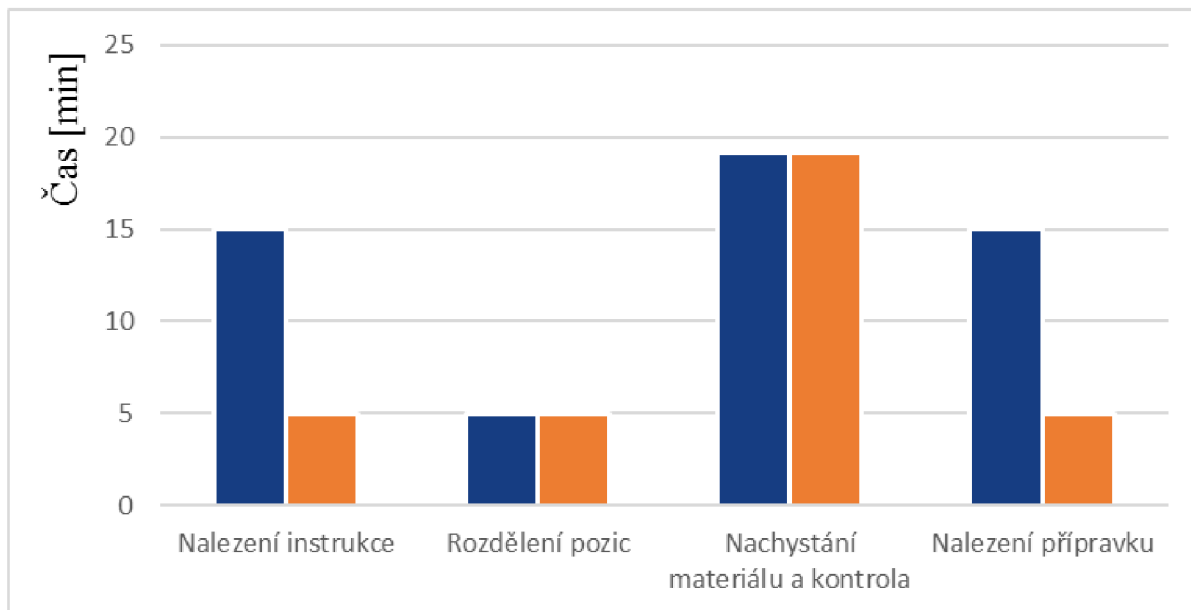
V současné době je hlídáno, zda jsou standardy uložení přípravků ve skříních dodržovány. Následně jsou přijímány poznatky od operátorů k dalšímu zlepšení. Poznatky se týkají především uložení přípravků. Standard uložení přípravků byl vytvořen podle nastaveného standardu, který je nastaven v celé montážní hale.

Proces hledání přípravku byl zkrácen taktéž o 10 minut stejně jako u hledání instrukce. Nový čas je tedy 5 minut. Úspora času se projevila především v označení přípravků a vytvořením seznamu, kde se daný přípravek nachází. Pověřený operátor, již nemusí obcházet celou montážní halu a hledat ve skříních daný přípravek.

Obě výše popsaná zlepšení byla provedena za pomoci konzultací s procesními inženýry v podniku. Zavedení 5S ve skříních s přípravky bylo provedeno s pomocí pověřených operátorů a během ukládání přípravků na nová místa byly brány v potaz jejich připomínky. Celkově se podařilo snížit změnu zakázky o 20 minut, změna zakázky nově trvá 34,2 minuty. Příložená tab. 3.10 a graf 3.5 zobrazují časy jednotlivých operací a porovnání s časy jednotlivých operací před úpravou.

Tab. 3.10 Časy jednotlivých operací [38].

	Čas [ $\text{min}^{-1}$ ]	
	Před úpravou	Po úpravě
Nalezení instrukce	15	5
Rozdělení pozic	5	5
Nachystání materiálu a kontrola	19.2	19.2
Nalezení přípravku	15	5
Celková změna zakázky	54.2	34.2



Graf 3.5 Porovnání úkonů během změny zakázky [38].

### 3.2.2 Výrobní linka

Druhou praktickou částí diplomové práce je zvýšení výstupu výrobní linky. Tato část je věnována především vybalancování montážní linky, tak aby rozdíl času práce jednotlivých operátorů byl co nejmenší.

Po naměření časů jednotlivých operací, byla provedena úprava montážního postupu. Během této úpravy byly přeřazeny jednotlivé montážní operace mezi operátory (označeno zeleně). Tab. 3.11 zobrazuje změněný montážní postup. Tento produkt není závislý na konkrétním pořadí montáže, proto je možné přeřadit různé montážní činnosti mezi operátory. Ovšem musí být dodržena některá pravidla. Prvním pravidlem je, že úprava musí být logická a musí být možné ji provést. Druhé pravidlo říká, že montážní pracoviště musí být na daný druh montáže dostatečně vybaveno.

Tab. 3.11 Montážní postup [38].

Číslo operace	Popis činnosti	Číslo pozice	Čas [s <sup>-1</sup> ]
1	Příprava boxu z palety	1	7,8
2	Přišroubování dvou plastů k základní desce Mk=0,7 Nm, BIT=Ph1	1	56,7
3	Nalepení štítku	1	9
4	Montáž základní desky do boxu Mk=0,7 Nm, BIT=Tx10	1	56,1
5	Přesun na další pozici (ruční přesun)	1	4,9
6	Meziperační kontrola (vizuální kontrola správnosti provedení operací na předchozí pozici)	2	9,1
7	Montáž záslepek Mk=1,0 Nm, BIT=Tx10	2	29,7
8	Přišroubovat „loop bracket“ Mk=0,7 Nm, BIT=Tx10	2	19,7
9	Nýtování „UMS profilů“	2	23,9
10	Nýtování plastových držáků	2	35,1
11	Nacvaknutí 5-ti stěn pro držáky adaptérů	2	16,5
12	Přesun na další pozici (ruční přesun)	2	4,9
13	Meziperační kontrola (vizuální kontrola správnosti provedení operací na předchozí pozici)	3	9,1
14	„Fasblock“ zacvaknout do UMS profilů	3	19,7
15	„Basket“ zacvaknout do UMS profilů	3	34,1
16	Vložení drátku do krytu traye a následně nacvaknout do boxu	3	9,1
17	Kompletace netopíra a založení suchého zipu	3	21,9
18	Nasazení 4 držáku adaptérů	3	26,1
19	Přesun na další pozici (ruční přesun)	3	4,9
20	Meziperační kontrola (vizuální kontrola správnosti provedení operací na předchozí pozici)	4	9,1

21	Příprava víka	4	5,3
22	Nalepení laserového loga a nacvaknutí záslepky zámku	4	19,6
23	Nasazení tyčinek	4	9,2
24	Příprava předchystaného „příbalu“	4	5,1
25	Příprava „příbalu“	4	14,8
26	Kontrola příbalu na váze	4	47,2
27	Přesun na další pozici	4	4,9
28	Finální kontrola produktu	5	22,9
29	Vložení příbalu do boxu a následné uzavření	5	28,1
30	Kompletace krabice, vložení produktu do krabice, zalepení	5	49,5
31	Nalepení štítku a uložení na paletu	5	9,9
Celkový čas			623,9

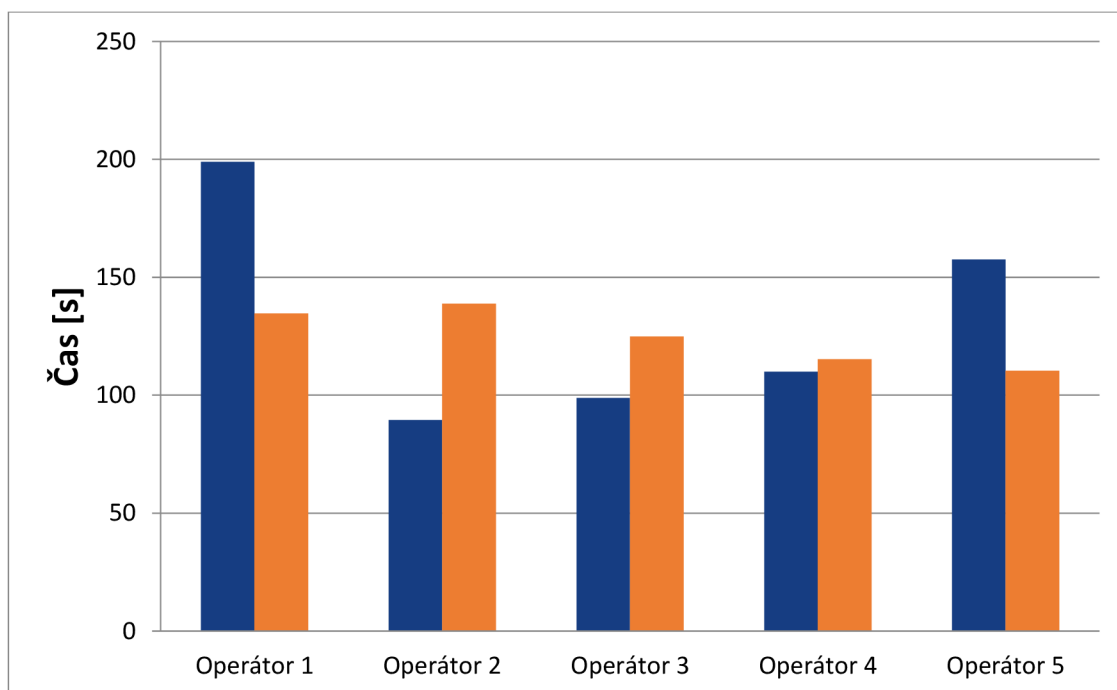
S porovnáním s montážním postupem před změnou je patrné, že se povedlo snížit montážní čas téměř o 20 s. Snížení bylo dosaženo především změnou uložení připraveného materiálu u pozice 4. Dříve byl materiál uložen pro operátora na pozici 4 na začátku montážní linky. Po úpravě je materiál uložen ihned vedle pozice 4 a operátor již nemusí chodit pro každý kus materiálu.

Během urychlení výrobního procesu na montážní lince byla zároveň se změnou montážního postupu provedena změna seznamu používaného nářadí. Vzhledem k přesunu šroubovacích činností na pozici 2, musel být na montážní linku dodán ještě jeden elektrický šroubovák. Elektrické šroubováky, bity, aku-vrtačky jsou interní zásobou firmy, tudíž není potřeba přepočítávat, zda se daná úprava vyplatí. Toto nářadí je uloženo ve skříních, které jsou umístěny poblíž místnosti, kde sídlí mistrové. Tyto skříně jsou opatřeny zámky, aby nebylo možné odcizit ze skříně hodnotné nářadí. Nářadí je vydáváno pověřenými operátory nebo přímo mistrovou. Nářadí, které bylo navýšeno, je v tabulce označeno zelenou barvou. Tab. 3.12 zobrazuje seznam používaného nářadí.

Tab. 3.12 Seznam používaného nářadí [38].

Číslo nářadí	Název nářadí	Počet kusů
1	Plochy šroubovák	1
2	Páskovačka	1
3	Nýtovačka	1
4	Elektrický šroubovák – Mk=0,7 Nm	3
5	Elektrický šroubovák – Mk=1,0 Nm	1
6	Bit Tx10 – 120 mm	1
7	Bit Tx10	2
8	Bit PH1	1
9	Přípravek BOX–BUDI–M–1	1

Během zvýšení výstupu montážní linky proběhlo několik změn v montážním postupu a tudíž došlo k vybalancování montážní linky. Graf 3.5 ukazuje vybalancování jednotlivých montážních pozic.



Graf 3.5 Vybalancování montážní linky [38].

Sloupce modře zobrazují stav před změnou, sloupce označené oranžově ukazují stav po zavedení zlepšení.

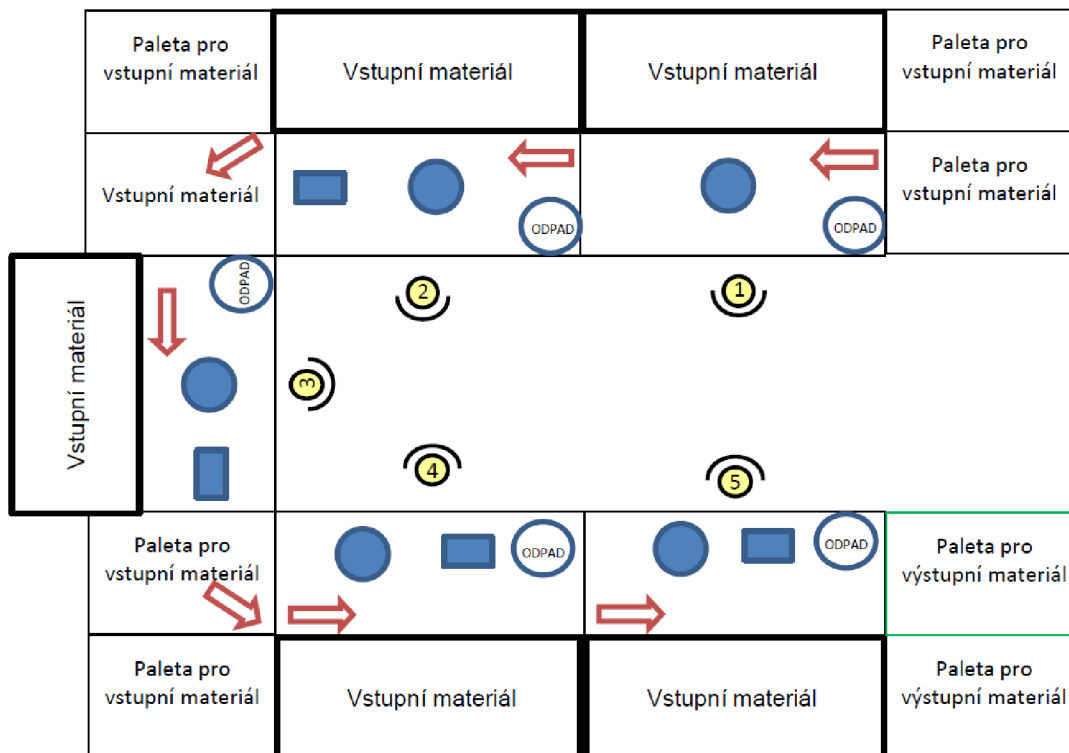
Tab. 3.13 Přehled doby montáže jednotlivých operátorů [38].

	Před úpravou		Po úpravě	
	Čas [s <sup>-1</sup> ]	Čas [min <sup>-1</sup> ]	Čas [s <sup>-1</sup> ]	Čas [min <sup>-1</sup> ]
Operátor 1	198.9	3.3	134.7	2.2
Operátor 2	89.5	1.5	138.9	2.3
Operátor 3	98.8	1.6	124.9	2.1
Operátor 4	110.0	1.8	115.2	1.9
Operátor 5	157.6	2.6	110.4	1.8
Čas montáže 1 výrobku	198.9	3.3	138.9	2.3
Výstup (ks/hod)	17.1		24.9	

Tab. 3.13 popisuje přehled doby montáže jednotlivých operátorů po vybalancování montážní linky a její porovnání se stavem před vybalancováním. Z tabulky lze vyčíst, že došlo ke snížení celkového času montáže jednoho výrobku a zvýšení hodinového výstupu montážní linky.

Bylo provedeno několik změn. První změnou bylo pořízení zvedacích paletových vozíků. Tyto vozíky byly rozmístěny na pozice 1,3,4 a 5. Pořízení zvedacích paletových vozíků vedlo ke snížení montážních časů.

Obr. 3.21 zobrazuje schéma montážní linky po vybalancování linky, kdy byly k montážní lince pořízeny zvedací paletové vozíky.



Obr. 3.21 Schéma montážní linky po úpravě [35,38].



Na pozicích 1 a 5 jsou vozíky zvednuty do takové výšky, do jaké si je nastaví sám operátor. Konkrétně, operátor si nastaví vozík do takové polohy, z jaké polohy se mu dobře odebírá nebo ukládá materiál.



Obr. 3.22 Paletový zvedací vozík [35].

Parametry paletového vozíku:

Nosnost – 1 000 kg

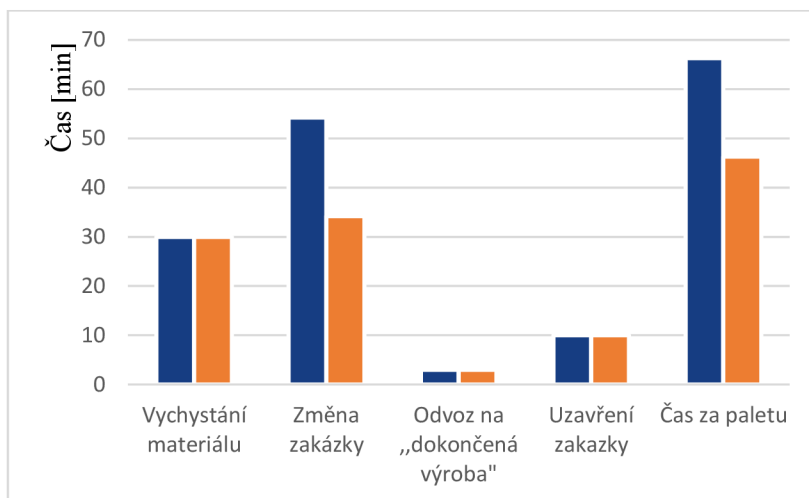
Maximální zdvih – 800 mm

Na pozici 3 a 4 byl vozík umístěn do rohu montážní linky, kde je paleta s materiálem zvednuta na úroveň výšky stolu. Operátor si následně odebírá materiál od stolu přímo z palety, nemusí si pro materiál chodit na okraj montážní linky, kde je umístěn materiál pro operátora na pozici 1. V tomto kroku došlo k největší úspoře času, při tomto zlepšení došlo ke snížení přípravy víka o 15,9 s.

Celkový čas při montáži jedné palety zahrnující také změnu výrobní zakázky detailně popisuje tab. 3.14 a graf 3.6, které jsou umístěny níže. V grafu i tabulce je zobrazeno porovnání před a po provedení změn.

Tab. 3.14 Celková spotřeba času [38].






	Před úpravou		Po úpravě	
	Čas [min <sup>-1</sup> ]	Čas [hod <sup>-1</sup> ]	Čas [min <sup>-1</sup> ]	Čas [hod <sup>-1</sup> ]
Vychystání materiálu	30	0,5	30	0,5
Změna zakázky	54,2	0,9	34,2	0,6
Odvoz na „dokončená výroba“	3	0,05	3	0,05
Uzavření zakázky	10,0	0,17	10,0	0,17
Montáž jedné palety (20 ks)	66,3	1,1	46,3	0,8
Celý proces	163,5	2,725	123,5	2,06



Graf 3.6 Celková spotřeba času [38].

Tab. 3.15 zobrazuje postupový graf materiálu, který byl vypracován po zlepšení procesu. Z tabulky je zřejmé, že přibýlo více operací čekání, ovšem celkový montážní čas pro jeden kus produktu se snížil.

Tab. 3.15 Postupový graf materiálu [38].

pozice	procesy						čas [s <sup>-1</sup> ]	vzdálenost [mm]	Počet zaměstnací
	pozice								
1	1	●							
	2		●						
	3					●	7.8	2000	0.058
	4				●		56.7		0.421
	5				●		9.2		0.068
	6				●		56.1		0.416
	7					●	4.9	600	0.036
2	8		●			4.2			
	9			●		9.1		0.066	
	10				●	29.7		0.214	
	11				●	19.7		0.142	
	12				●	23.9		0.172	
	13				●	35.1		0.253	
	14				●	16.5		0.119	
	15					●	4.9	600	0.035
3	16			●		9.1		0.073	
	17				●	19.7		0.158	
	18				●	34.1		0.273	
	19				●	9.1		0.073	
	20				●	21.9		0.175	
	21				●	26.1		0.209	
	22					●	4.9	600	0.039
4	23			●		9.1		0.079	
	24				●	5.3	1000	0.046	
	25				●	19.6		0.170	
	26				●	9.2		0.080	
	27				●	5.1		0.044	
	28				●	14.8		0.128	
	29			●		47.2		0.410	
	30					●	4.9	600	0.043
5	31			●		22.9		0.207	
	32				●	28.1		0.254	
	33				●	49.5		0.448	
	34				●	5		0.045	
	35					●	5	1200	0.045
Součet	Σ	●				628.4	6600	5	



Obr. 3.23 Vysvětlení značek [38].

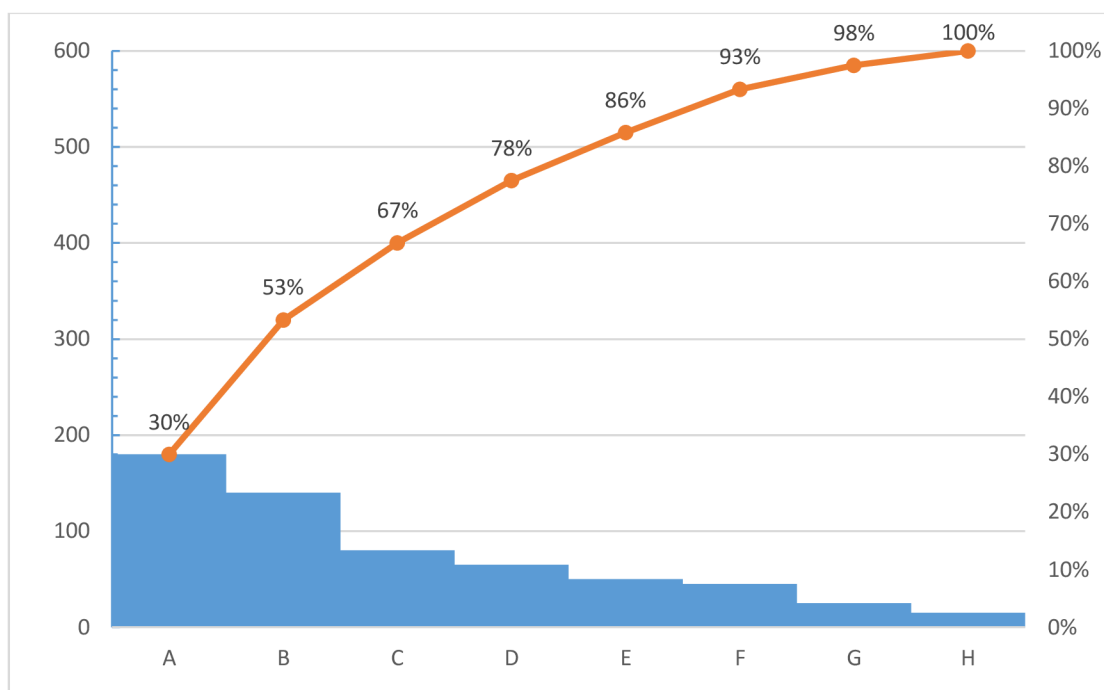
### 3.2.3 Snížení chyb při montáži

Při analýze současného stavu poznání došlo ke zjištění, že se vyskytuje několik druhů chyb, které se poměrně často opakují. Byla vypracována Paretova analýza, která je znázorněna v grafu 3.7, naměřená data a data potřebná k vytvoření Paretovy analýzy obsahuje tab. 3.16. Zjištěné chyby, byly naměřeny při montáži 20 palet, což znamená 400 kusů výrobků. Z tabulky

je patrné, že nejčastější chyba s největší četností, je chybějící část příbalu. Chyby byly nalezeny na kontrolních pozicích, které jsou znázorněny na obrázku 3.21, kde je znázorněno schéma montážní linky.

Tab. 3.16 Naměřená data [38].

Jaká chyba	Zkratka	Četnost	Kumulativní četnost
Chybějící část příbalu	A	180	0.3
Špatně nalepené laser logo	B	140	0.5333333333
Špatně nalepený štítek	C	80	0.6666666667
Vystouplé nýtky po nýtování „UMS profilů“	D	65	0.775
Špatně zacvaknutý „fasblock“	E	50	0.8583333333
Špatně zacvaknutý „basket“	F	45	0.9333333333
Nenasazený drátek	G	25	0.975
Chybějící šroub při montáži základní desky	H	15	1
Suma		600	



Graf 3.7 Paretova analýza [38].

Po vypracování Paretovy analýzy byly provedeny návrhy na minimalizaci chyb při montáži a jejich následná implementace. Tab. 3.17 zobrazuje soupis chyb a následné návrhy na zlepšení, které byly později implementovány.

Tab. 3.17 Návrhy na minimalizaci chyb [38].

Chyba	Zlepšení	Odpovědnost	Kdo realizoval
Chybějící část příbalu	Zavedení vah kontrolující obsah příbalu	Operátor	Procesní inženýr
Špatně nalepené laser logo	Do výrobní instrukce dodáno detailní foto s přesnou pozicí laser loga	Operátor	Procesní inženýr
Špatně nalepený štítek	Do výrobní instrukce dodáno detailní foto s přesnou pozicí štítku	Operátor	Procesní inženýr
Vystouplé nýtky po nýtování „UMS profilů“	Provedeno proškolení operátorů jak zacházet s nýtovačkou a provedena úprava výrobní instrukce	Operátor	Procesní inženýr
Špatně zacvaknutý „fasblock“	Do výrobní instrukce dodáno detailní foto dobře nacvaknutého fasblocku	Operátor	Procesní inženýr
Špatně zacvaknutý „basket“	Do výrobní instrukce dodáno detailní foto dobře nacvaknutého basketu	Operátor	Procesní inženýr
Nenasazený drátek	Do výrobní instrukce dodáno detailní foto obsahující drátek	Operátor	Procesní inženýr
Chybějící šroub při montáži základní desky	Do výrobní instrukce dodáno detailní foto a důkladnější popis	Operátor	Procesní inženýr

Dle výsledků Paretovy analýzy jsou nejčastějším problémem vystouplé nýty. Tato chyba je způsobena špatným zacházením s nýtovací pistolí. Bylo provedeno opatření, kdy byli operátoři důkladně proškoleni, jak se má s nýtovací pistolí zacházet. Konkrétně se má nýtovací pistole držet kolmo k ploše, ke které je daný komponent nýtován. Dále byl do výrobní instrukce doplněn text a správná fotografie hlavičky nýtu.

Firma ADC Czech Republic si zakládá na kvalitě, proto byly zavedeny nápravné opatření ke všem nalezeným chybám.

Častou chybou vyskytující se při montáži je chybějící část příbalu. Návrhem zlepšení bylo zavedení kontrolní váhy na montážní lince. Princip je takový, že se naskenuje čárový kód z příbalu do počítače, kde je nastavena správná váha a dochází k porovnání. U jednotlivých komponentů jsou nastaveny tolerance váhy, ovšem konkrétní tolerance nesmí být vyšší jak komponent s nejnižší hmotností v daném příbalu. Váha na této montážní lince ukazuje maximálně do hodnoty 6000 g a jeden dílek je 0,2 g. Tedy hmotnost je vždy zaokrouhlována na sudé desetinné místo gramu. Na montážní hale se vyskytuje téměř na každé lince váha, jejich maximální změřitelné hodnoty jsou odlišné. Vždy záleží, jaký druh produktu se na dané montážní lince vyrábí.

Další častou chybou je špatné nalepení laser loga. Tato chyba se nejčastěji projevovala nalepením laser loga mimo určenou pozici nebo nebylo nalepeno rovně. Bylo provedeno detailní nafocení správně nalepeného laser loga a tato fotografie byla následně dodána do

výrobní instrukce. Dále byl ve výrobní instrukci zvýrazněna pozice správně nalepeného laser loga.

Chyba, při níž byl špatně nalepen štítek, byla eliminována stejně jako je popsáno u eliminace chyby špatného nalepení laser loga.

Ostatní chyby byly eliminovány pomocí již zmíněných dodaných detailních fotografií do výrobní instrukce, dodáním doplňujícího textu a případně dalším proškolením operátorů.

### 3.2.4 Ekonomické zhodnocení

Z tab. 3.18 vyplývá, že nejdražší položkou je opět montáž produktu. Ovšem celková částka je výrazně menší než částka před snížením.

Tab. 3.18 Finanční náročnost produktů [38].

	Čas [min <sup>-1</sup> ]	Čas [hod <sup>-1</sup> ]	Cena (Kč/ 1 operátor)	Počet operátorů	Cena jednotlivých částí procesu [Kč]
Vychystání materiálu	30,0	0,5	100,0	1,0	100,0
Změna zakázky	34,2	0,6	114,0	5,0	570,0
Odvoz na „dokončená výroba“	3,0	0,1	10,0	1,0	10,0
Uzavření zakázky	10,0	0,2	33,3	1,0	33,3
Montáž jedné palety (20 ks)	46,3	0,8	154,3	5,0	771,7
Celý proces	123,5	2,1	411,7		1485,0

Bylo provedeno porovnání finanční náročnosti produktu před změnami a po zavedení změn. Rozdíl ukazuje tab. 3.18.

Tab. 3.19 Finanční úspora [38].

Náklad před úpravou	2151,7	Kč
Náklady po úpravě	1485	Kč
Rozdíl	666,7	Kč

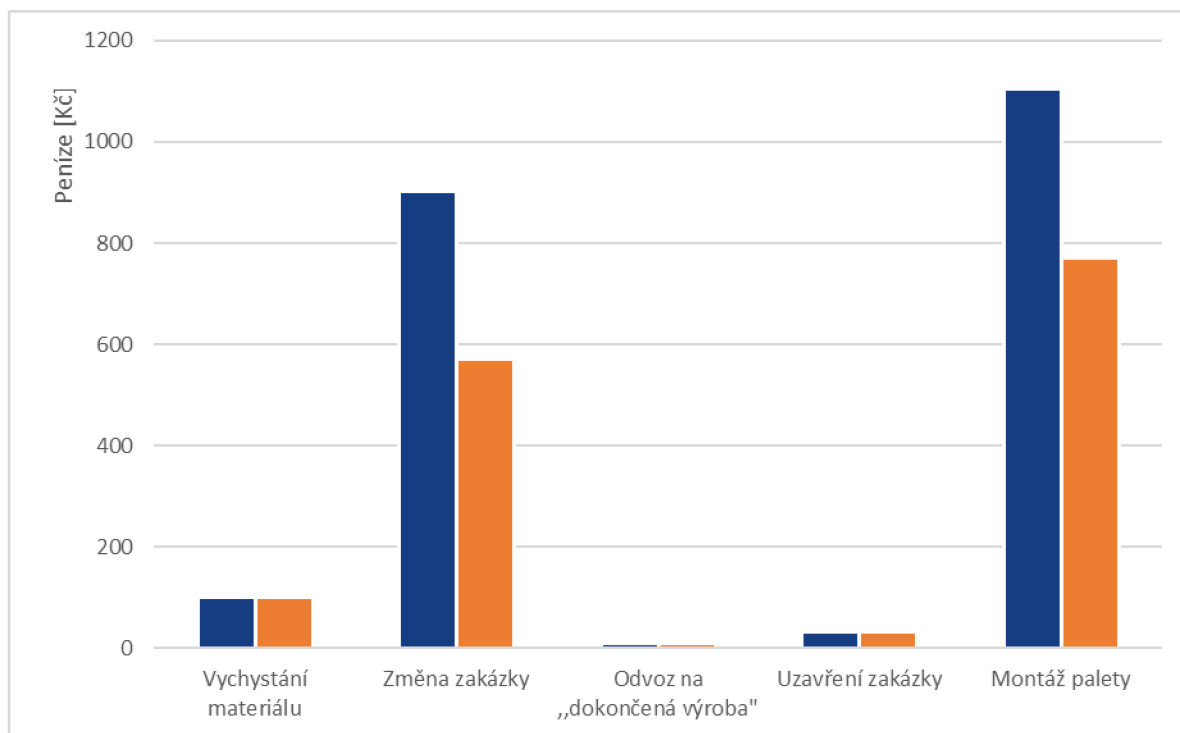
Dle tab. 3.19 je patrné, že se jedná o úsporu ve stovkách korun, konkrétně jde o úsporu 666,7 Kč. Tato úspora se projevila při montáži jedné palety výrobků, konkrétně 20 ks produktů. Plánovaná roční výroba tohoto produktu a jemu podobným, u kterých lze využít těchto zavedených změn, je 312 palet tedy 6 240 výrobků za rok.

V rámci zlepšení procesu byly pořízeny 4 paletové zvedací vozíky, které byly rozmístěny k linkám. Dle interních materiálů firmy ADC byla pořizovací cena jednoho vozíku 12 000 Kč. Před pořízením byla spočítána návratnost. Tab. 3.20 ukazuje porovnání investic a ušetřených nákladů.

Tab. 3.20 Porovnání investic [38].

Úspora na paletu	666,7	Kč
Roční úspora	208010,4	Kč
Cena jednoho vozíku	12000	Kč
Cena všech vozíků	48000	Kč
Rozdíl	160010,4	Kč

Z tab. 3.20 je zřejmé, že i přes investici do paletových vozíku je roční úspora 160 000 Kč. Jedná se o úsporu, která vznikla úsporou času. Do nákladů nebyly započítány náklady na vytvoření 5S ve skříních a náklady na označení linek, paletových míst a dalších věcí. Tyto náklady byly započítány do jednoho velkého, finančně náročného projektu, který se týkal transformace celé montážní haly.



Graf 3.8 Porovnání finanční náročnosti [38].

Graf 3.8 ukazuje porovnání nákladů na montáž jedné palety produktů před a po zavedení změn.

Následující tabulka ukazuje návratnost investice, tedy kolik kusů produktů se musí vyrobit, aby byla investice úspěšná.

Tab. 3.21 Návratnost nákladů [38].

Úspora na 1 kus	33,3 Kč
Úspora na 1 paletu (20 ks)	666,7 Kč
Celkové náklady	48 000 Kč
Počet vyrobených kusů	1 442
Počet vyrobených palet s produkty	73

Z tab. 3.21 vyplývá, že ve firmě se musí vyrobit 1 442 produktů, aby se vyplatila investice, která byla provedena.

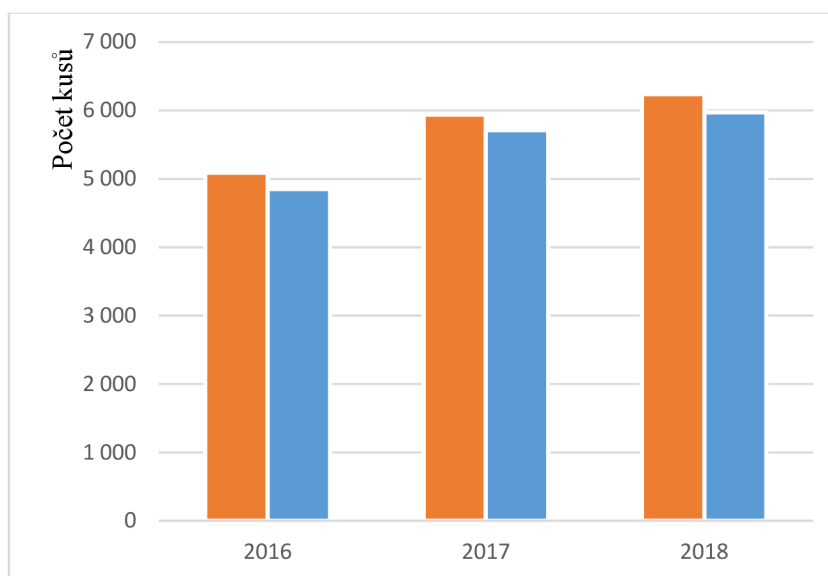
Následující tabulka ukazuje porovnání naplánovaného množství se skutečným počtem vyrobených kusů. Důvodem, proč nebyl vyroben přesný počet výrobků, je především zrušení objednávek zákazníku či nedodání materiálu. Informace byly čerpány z interních zdrojů firmy.

Tab. 3.22 Porovnání plánu se skutečností [35,38].

Rok	Plán výroby	Skutečně vyrobeno	Rozdíl	Rozdíl v %
2016	5 090	4 850	240	4,7
2017	5 940	5 710	230	3,9

Dle výsledků je vidět, že rozdíl mezi naplánovanou výrobou a skutečnou výrobou je za poslední 2 roky v průměru 4,3 %. Tudíž je teoreticky možné, že objem výroby těchto produktů bude za rok 2018 5 972 kusů.

Následující graf 3.9 ukazuje porovnání plánu výroby a skutečnou výrobu za poslední 2 roky. Rok 2018 je v grafu obsažen pouze teoreticky, kdy počet vyrobených kusů byl získán procentuálním průměrem mezi těmito hodnotami z předchozích dvou let.



Graf 3.9 Porovnání plánu se skutečností [35,38]

Jelikož se ve firmě ADC Czech Republic vyrábí produkty dle přání zákazníka, byla propočítána návratnost pouze na vyrobených produktech. Návratnost ve dnech nebyla počítána, protože produkt tohoto typu není vyráběn každý den.

### 3.3 Návrhy na další zlepšení

Poslední část praktické části diplomové práce je zaměřena na další návrhy zlepšení, které už jsou pouze teoretické. Obsah této části zobrazuje, o jaký návrh se jedná a následně jeho teoretickou úsporu a pořizovací náklady.

#### 3.3.1 Dotykové obrazovky

První návrh je pořízení dotykových obrazovek na montážní linku. Smyslem je pořízení dotykové obrazovky na každou montážní pozici. Výhodou by bylo, že by si každý operátor mohl v dané výrobní instrukci listovat a nenastal by problém, když by více operátorů potřebovalo jednu část instrukce.

Obrazovky by byly připevněny na držácích, které by byly upevněny k montážní lince. Tyto konzole by umožňovaly nastavení výšky obrazovky dle výšky operátora.



Tento návrh by vedl k úspoře plochy pro kartotéky s instrukcemi, došlo by k peněžní úspoře s vydáváním papírových instrukcí. Pracovní instrukce by se nemusely tisknout a dále laminovat. Další úsporou je časová úspora, kdy pověřený operátor musí pro danou instrukci zajít do kartotéky.

Dle interních zdrojů firmy ADC jsou celkové náklady na pořízení dotykových obrazovek pro celou montážní linku 100 000 Kč, tudíž návratnost je zde velice zdlouhavá.

### 3.3.2 Snížení času vychystávání materiálu

Dalším návrhem je snížení času při vychystávání materiálu. Návrh spočívá v seřazení komponent v kusovníku, popořadě dle kanbanových lokací a dle paletových pozic s rozmístěným materiálem. Dále by se jednalo o pořízení vah, které jsou již pořízeny na montážních linkách. Váha by byla umístěna na vozíku a propojena s tabletem, kde by byl zobrazen kusovník.

Příprava materiálu by probíhala tak, že zaměstnanec naskenuje objednávku a na tabletu se mu následně zobrazí kusovník. Kusovník by byl seřazen dle komponent podle umístění na montážní hale. Zaměstnanec by dorazil k umístění komponentu, naskenoval by daný komponent a položil by daný komponent na váhu. Na váze by došlo k zobrazení, kolik kusů se na váze nachází. Po narovnání požadovaného počtu na váhu, by došlo k potvrzení v kusovníku a zobrazil by se další komponent.

Tento návrh by ušetřil zaměstnancům především nachozenou vzdálenost při vychystávání materiálu. Dle propočtů by došlo ke snížení vzdálenosti téměř o 50 %, tedy by se jednalo o vzdálenost 230 m, kterou by daný zaměstnanec nachodil místo 445 m. Další zlepšení by bylo ve snížení doby přípravy materiálu a eliminace chyb záměny materiálu. Obr.3.24 nacházející se níže, ukazuje teoretický pohyb water-spidera při přípravě materiálu.

Náklady na tento návrh nebyly propočítány, jelikož by se návrh musel probrat důkladněji s ostatními procesními inženýry a IT techniky. Další problém by mohl nastat s externím napájením váhy a tabletu.



Obr. 3.24 Teoretický pohyb „water – spidera“ během vychystávání materiálu [35,38]

### 3.3.3 Úspora podlahové plochy

Mezi další návrh uvádím používání užší podlahové pásy. V současné době je v celé firmě používána podlahová páska o šířce 5–ti cm. Tyto podlahové pásy označují paletová místa, vymezují umístění paletových vozíků, označují přechody a mnohé jiné... Návrhem je, aby byla používána páska o šířce 2,5 cm, kdy tato šíře je pro označení místa naprosto dostačující. Teoreticky lze říci, že by došlo k úspoře místa až o 50 %, oproti nyní používané pásce. Tento návrh je pouze teoretický, v rámci této diplomové práce nebyl návrh realizován propočtem.

Propočet by byl realizován po zjištění kolik m<sup>2</sup> podlahová páska o šířce 5–ti cm zabírá. Následovalo, by projednání a propočítání, zda se vyplatí použít užší pásku. Jelikož by došlo k opětovné transformaci celé montážní haly, včetně montážních linek a přeznačení všech vyznačených míst. Teoretiky je možné, že by došlo k takové úspoře plochy, že by bylo místo pro další montážní linku.

### 3.3.4 Signalizace

Následující návrh se týká signalizace vzniklého problému na montážní lince. V současné době jsou montážní linky vybaveny světelnou signalizací, kdy zelená barva značí, že je vše v pořádku a probíhá montáž. Oranžová barva značí, že je montážní linka nevyužívána. Červená barva značí nějaký vzniklý problém. O světelnou signalizaci se stará pověřený operátor, který v případě vzniklého problému přepne tlačítko a rozsvítí se červená barva. Následně dojde pro mistrovou či mistra a daný problém začnou řešit.

Tento návrh spočívá v pořízení systému, který by upozornil mistra či mistrovou o problému ihned. Je několik možností řešení.

První možností je pořízení signalizace do místnosti, kde sídlí mistrové. Signalizace by byla umístěna na panelu, na panelu by byl stejný počet světýlek jako je počet montážních linek. Při vzniku problému by pověřený operátor rozsvítil červenou signalizační barvu a následně by se na panelu červeně rozblikalo světýlko u čísla linky, kde je problém. Mistr by okamžitě věděl, kde je problém a šel by na danou linku. Podobný princip funguje již v nemocnicích, kde pacienti používají tyto tlačítka pro přivolání pomoci.

Druhou možností je pořízení systému, který by poslal znamení o problému. Princip je takový, když by se vyskytl problém, operátor by přepnul barvu na červenou a zároveň při přepnutí by se vyslal signál. Signál by byl vyslán pomocí sms zprávy na mobilní telefon nebo pomocí krátké zprávy do e-mailu. Ve zprávě by bylo obsaženo, na jaké montážní lince se problém nachází.

Tento návrh je pouze teoretický, nebyl k němu vypracován žádný výpočet. Jelikož tento návrh není předmětem diplomové práce, jedná se pouze o zdroj případného nápadu pro další zlepšování procesu ve firmě ADC.

---

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrzení optimalizace výrobního procesu. Kdy bylo nejdříve nutné zanalyzovat v jakém stavu se výrobní proces nachází, následně vytvořit návrhy a návrhy zhodnotit. Optimalizace výrobního procesu byla rozdělena na dvě hlavní části, kdy první je snížení změny zakázky a druhá se týká vybalancování montážní linky.

Nejdříve byla provedena analýza současného stavu, která probíhala především pozorováním výrobního procesu a jeho následné vyhodnocování. Bylo zjištěno několik úzkých míst, kde dochází k plýtvání času. Během pozorování byly vytvořeny špagetové diagramy, které snímají pohyb operátorů, a časové snímky, snímající časy jednotlivých operací při montáži. Bylo zjištěno, že k největším ztrátám dochází při přípravě pracovních instrukcí a při hledání přípravku. Další příčinou plýtvání je nevybalancování montážní linky, kdy největší rozdíl mezi prací operátorů byl 109 s.

V druhé části diplomové práce byla provedena úprava výrobního procesu a jeho následná implementace. V rámci snížení změny zakázky bylo provedeno zavedení 5S do skříní, kde se nachází přípravky, a jejich následná vizualizace. Dále bylo provedena vizualizace kartotéky a její přehledné číslování. Po zavedení těchto změn a jejich následném přeměření bylo zjištěno snížení změny zakázky o 20 minut.

Optimalizace týkající se vybalancování montážní linky, spočívala ve změně pořadí montáže a dodání potřebného nářadí na pracoviště. Jelikož se jedná o poměrně jednoduchou montáž, nebyl problém pořadí montáže měnit s přihlédnutím na logičnost operací. Další změnou bylo pořízení zvedacích paletových vozíků k montážní lince. Pomocí těchto změn došlo ke snížení rozdílu práce mezi operátory na 24,3 s a hodinový výstup zvýšit na téměř 25 kusů za hodinu.

Část diplomové práce se zabývá eliminací chyb při montáži. Byl vytvořen sběr informací o počtu a druhů chyb, které se při montáži vyskytují. Vypracováním Paretovy analýzy bylo zjištěno, které chyby nejvíce ovlivňují proces. Následně byly provedeny nápravné opatření, aby došlo k eliminaci chyb. Nápravné opatření se týkají především změnou pracovní instrukce, kde byly dodány detailnější fotografie s popisky. Další opatření bylo provedeno v rámci proškolení operátorů.

Po následných propočtech bylo zjištěno, že zavedené úspory ročně firmě ušetří 160 000 Kč, pokud bude vyrobeno naplánované množství produktů. Návratnost investice je po následném vyrobení 1442 kusů. Dle naplánované výroby bude návratnost v průběhu 3 měsíců.

Poslední částí diplomové práce jsou návrhy teoretických zlepšení. Tyto návrhy jsou pouze teoretické a nejsou zpracovány detailně. Aby bylo možné tyto návrhy zavést do praxe, je nutná velká investice a konzultace s pověřenými l

V celé diplomové práci není zmíněno technologické projektování, jelikož diplomová práce se netýká přestavby montážní linky. Přestavbu montážní linky by firma v rámci vypracování diplomové práce nedovolila.

Závěrem lze říci, že cíle diplomové práce byly splněny.

---

**LITERATURA**

1. GEORGE, Michael L., Dave ROWLANDS a Bill KASTLE. *Co je Lean Six Sigma?*. Brno: SC, c2005. ISBN 80-239-5172-6.
2. JONES, Erick C. *Quality management for organization using lean Six Sigma techniques*. Boca Raton: CRC Press, c2014. Shopfloor series. ISBN 978-1-4398-9782-9.
3. *Lean: A BRIEF HISTORY OF LEAN* [online]. 2000 [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
4. BEJČKOVÁ, Jana. *Batův výrobní systém: využitelný i v současnosti* [online]. 2015 [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25755n-batuv-vyrobní-systém-využitelný-i-v-současnosti>
5. ZELENÝ, Milan. *ŽIVÁ ORGANIZACE A ORGANIZACE ŽIVOTA* [online]. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <http://www.darius.cz/bata/bata2.html>
6. *Synext: ŠTÍHLÁ VÝROBA - LEAN PRODUCTION* [online]. 2008 [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/stihla-vyroba-lean-production.html>
7. MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902-2350-8.
8. *Produktivita: Co je průmyslové inženýrství, Ing. Otakar Ježek* [online] <http://www.produktivita.cz/cs/nase-sluzby/co>. 2006 [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <http://www.produktivita.cz/cs/nase-sluzby/co-je-prumyslove-inzenyrstvi-a-k-cemu-slouzi.html#sek14259>
9. MACINNES, Richard L. *Štíhlý podnik Memory Jogger: vytvářejte hodnotu a eliminujte ztráty v celém vašem podniku*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. Shopfloor series. ISBN 80-020-1849-4.
10. *Synext: NÁSTROJE ŠTÍHLÉ VÝROBY (LEAN PRODUCTION)* [online]. 2008 [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/nastroje-stihle-vyroby-lean-production.html>
11. *Volko Partners: Co je to: "One Piece Flow"?* [[http://www.volko.cz/new/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_](http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_)]. 2007 [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: [http://www.volko.cz/new/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_term=12](http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_term=12)
12. *Systém tahu ve výrobním prostředí*. Brno, 2008. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-0-3.
13. ŠIMON, Michal a Antonín MILLER. *Kanban – výroba tahem* [online]. , 4 [cit. 2017-11-11]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
14. *SVĚT PRODUKTIVITYBeta: Jidoka* [<http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Jidoka.htm>]. 2012 [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Jidoka.htm>
15. *Volko Partners: Co je to: "Poka-Yoke"?* [[http://www.volko.cz/new/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_](http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_)]. 2007 [cit. 2017-11-10]. Dostupné z: [http://www.volko.cz/new/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_term=16](http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_term=16)

16. *Volko Partners: Co je to: "JIT"?* [online]. 2007 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: [http://www.volko.cz/new/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_term=14](http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_term=14)
17. *Managementmania: JIT (Just-in-time)* [online]. 2016, 2007 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/just-in-time>
18. SOUKUPOVÁ, V. a D. STRACHOTOVÁ. *Podniková ekonomika*. 1. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005. ISBN 80-7080-575-7.
19. LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
20. BURIETA, Ján. *Svět produktivity: 5S, 6S nebo dokonce 7S* [online]. 2012 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>
21. *5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště*. Brno, c2009. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.
22. *Lean manufacturing and Six sigma sefinitions* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://leansixsigmadefinition.com/glossary/5s/>
23. A Common Sense Approach with the 5S Tool. *Shmula.com* [online]. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.shmula.com/a-common-sense-approach-with-the-5s-tool/18936/>
24. Svět produktivity: DMAIC- Model řízení Six Sigma projektu. *Svět produktivity: DMAIC - Model řízení Six Sigma projektu* [online]. 2012 [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/DMAIC-Model-řízení-Six-Sigma-projektu.htm>
25. *ManagementMania: Demingův cyklus (Deming Cycle, PDCA Cycle)* [online]. 2016 [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/deminguv-cyklus>
26. Svět produktivity: PDCA cyklus. *Svět produktivity: PDCA cyklus* [online]. 2012 [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/PDCA-cyklus.htm>
27. Kvalita. *CEZ* [online]. 2014 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost2013/cs/bezpecnost/zasada-zlepsovani-kvality-řízení.html>
28. *Produktivita: TPM* [online]. 2006 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.produktivita.cz/cs/metody-pi/tpm.html>
29. THE JOURNEY AT NIPPON DENSO. *JISHUKEN* [online]. 2015 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: [http://www.jishukencoe.com/?page\\_id=38](http://www.jishukencoe.com/?page_id=38)
30. KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
31. *Základy montáže* [online]. In: . s. 16 [cit. 2018-01-27]. Dostupné z: [https://www.old.fst.zcu.cz/files\\_web\\_FST/dokumenty\\_FST/akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf](https://www.old.fst.zcu.cz/files_web_FST/dokumenty_FST/akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf)
32. VIGNER, Miloslav, Antonín ZELENKA a Mirko KRÁL. *Metodika projektování výrobních procesů*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1984.
33. ZEMČÍK, Oskar. *TECHNOLOGICKÉ PROCESY. TECHNOLOGICKÉ PROCESY* [online]. s. 54 [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TechnProcesy.pdf>

34. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I.* Třetí. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM,s.r.o. Brno, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
35. Interní materiály firmy ADC Czech republic s.r.o.
36. KAŠÍK, Ivan a Pavel PETERKA. *Optická vlákna – páteř moderních komunikací* [online]. 2011, (61) [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: [https://www.ufe.cz/sites/default/files/peterka/fjfi/11\\_kasik\\_peterka\\_ccf\\_opticka\\_vlaka\\_a.pdf](https://www.ufe.cz/sites/default/files/peterka/fjfi/11_kasik_peterka_ccf_opticka_vlaka_a.pdf)
37. PUNČOCHÁŘ, J. *Analýza elektronických obvodů* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [http://fe1.vsb.cz/kat420/vyuka/FEI/AEO/sylaby/AEO\\_02.pdf](http://fe1.vsb.cz/kat420/vyuka/FEI/AEO/sylaby/AEO_02.pdf)
38. *Vlastní zpracování*
39. Production driven to perfection. *JUNGHEINRICH* [online]. [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://www.jungheinrich.co.za/company/industry-reports/reports/plant-engineering/bosch/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Název
TPM	–	Totálně produktivní údržba
SMED	–	Systematický proces pro minimalizaci časů
VSM	–	Mapa toku hodnot
TOC	–	Teorie omezení
JIT		Just-in-time
$t_1$	s	Čas práce
$t_{A1}$	s	Čas jednotkový
$t_{B1}$	s	Čas dávkový
$t_{C1}$	s	Čas směnový
$t_2$	s	Čas nutných přestávek
$t_{A2}$	s	Čas nutných přestávek– jednotkový
$t_{B2}$	s	Čas nutných přestávek– dávkový
$t_{C2}$	s	Čas nutných přestávek– směnový
$T_Z$	s	Čas ztrátový
Obr.	–	Obrázek
Tab.	–	Tabulka
$\alpha_1$	°	Úhel dopadu
$\alpha_2$	°	Úhel odrazu
$n_1$	–	Index lomu 1. prostředí
$n_2$	–	Index lomu 2. prostředí

<b>Zkratka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Název</b>
$v_1$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Rychlost v 1. prostředí
$v_2$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Rychlost v 2. prostředí



---

**SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN**

<b>Zkratka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Název</b>
t	s	Čas
l	m	Délka
m	kg	Hmotnost
S	m <sup>2</sup>	Plocha

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

## Obrázky

OBR. 1.1 5S [23].....	19
OBR. 1.2 PDCA CYKLUS [27] .....	23
OBR. 1.3 TPM [29].....	24
OBR. 2.1 ŘEZ OPTICKÝM VLÁKNEM [37]. .....	29
OBR. 2.2 SNELLŮV ZÁKON [38].....	29
OBR. 2.3 LOM SVĚTLA [37].....	30
OBR. 2.4 OBRÁZEK PRODUKTU Z VNITŘNÍ A VNĚJŠÍ STRANY [35].....	30
OBR. 2.5 SCHÉMA OZNAČENÍ VÝROBKŮ [35].....	31
OBR. 3.1 VSM MAPA CELÉHO PROCESU [38].....	32
OBR. 3.2 VYSVĚTLENÍ ŠIPEK [38].....	32
OBR. 3.3 VSM MAPA POHYBU MATERIÁLU NA MONTÁŽNÍ HALE [38].....	33
OBR. 3.4 „MILK – RUN“ [39]. .....	34
OBR. 3.5 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM POHYBU „WATER – SPIDERA“ BĚHEM VYCHYSTÁVÁNÍ MATERIÁLU [35,38].....	34
OBR. 3.6 ZNÁZORNĚNÍ ROZDĚLENÍ VÝROBNÍHO PROCESU [38].....	35
OBR. 3.7 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM ZAMĚSTNANCE HLEDAJÍCÍ PRACOVNÍ INSTRUKCI [35,38].....	36
OBR. 3.8 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM ZAMĚSTNANCE HLEDAJÍCÍ PŘÍPRAVEK [35,38]. .....	36
OBR. 3.9 KALIBRAČNÍ ZAŘÍZENÍ [35,38].....	40
OBR. 3.10 SCHÉMA MONTÁŽNÍ LINKY [35]. .....	41
OBR. 3.11 MONTÁŽNÍ PRACOVIŠTĚ [35,38].....	41
OBR. 3.12 VYSVĚTLENÍ ZNAČEK [38].....	45
OBR. 3.13 KARTOTÉKA – POHLED VNĚJŠÍ [35]. .....	47
OBR. 3.14 KARTOTÉKA – POHLED VNITŘNÍ [35].....	48
OBR. 3.15 VIZUALIZACE KARTOTÉKY [35].....	48
OBR. 3.16 OZNAČENÍ PŘÍPRAVKU [35].....	49
OBR. 3.17 VYMEZENÍ PŘESNÉHO MÍSTA A JEHO OZNAČENÍ [35].....	49
OBR. 3.18 STANDARDIZOVANÁ SKŘÍŇ S PŘÍPRAVKY [35].....	50
OBR. 3.19 SKŘÍŇ PŘÍPRAVKY [35]. .....	50
OBR. 3.20 STANDARD ULOŽENÍ PŘÍPRAVKŮ [35].....	51
OBR. 3.21 SCHÉMA MONTÁŽNÍ LINKY PO ÚPRAVĚ [35,38]. .....	56
OBR. 3.22 PALETOVÝ ZVEDACÍ VOZÍK [35].....	57
OBR. 3.23 VYSVĚTLENÍ ZNAČEK [38].....	59
OBR. 3.24 TEORETICKÝ POHYB „WATER – SPIDERA“ BĚHEM VYCHYSTÁVÁNÍ MATERIÁLU [35,38] .....	65

## Tabulky

TAB. 3.1 ROZDĚLENÍ VÝROBNÍHO PROCESU [34].....	35
TAB. 3.2 ČASY JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ [34]. .....	37
TAB. 3.3 MONTÁŽNÍ POSTUP [34].....	38
TAB. 3.4 SEZNAM POTŘEBNÉHO NÁŘADÍ [34].....	40

TAB. 3.5 PŘEHLED MONTÁŽNÍCH ČASŮ JEDNOTLIVÝCH OPERÁTORŮ [34].....	42
TAB. 3.6 CELKOVÁ SPOTŘEBA ČASU [34]. .....	43
TAB. 3.7 SEZNAM VYSKYTUJÍCÍCH SE CHYB [34].....	44
TAB. 3.8 POSTUPOVÝ GRAF MATERIÁLU [34].....	45
TAB. 3.9 FINANČNÍ NÁROČNOST PRODUKTŮ [34]. .....	46
TAB. 3.10 ČASY JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ [34].....	52
TAB. 3.11 MONTÁŽNÍ POSTUP [34]. .....	53
TAB. 3.12 SEZNAM POUŽÍVANÉHO NÁŘADÍ [34].....	55
TAB. 3.13 PŘEHLED DOBY MONTÁŽE JEDNOTLIVÝCH OPERÁTORŮ [34]. .....	56
TAB. 3.14 CELKOVÁ SPOTŘEBA ČASU [34]. .....	58
TAB. 3.15 POSTUPOVÝ GRAF MATERIÁLU [34].....	59
TAB. 3.16 NAMĚŘENÁ DATA [34].....	60
TAB. 3.17 NÁVRHY NA MINIMALIZACI CHYB [34].....	61
TAB. 3.18 FINANČNÍ NÁROČNOST PRODUKTŮ [34]. .....	62
TAB. 3.19 FINANČNÍ ÚSPORA [34].....	62
TAB. 3.20 POROVNÁNÍ INVESTIC [34].....	62
TAB. 3.21 NÁVRATNOST NÁKLADŮ [34].....	63
TAB. 3.22 POROVNÁNÍ PLÁNU SE SKUTEČNOSTÍ [33,34].....	64

## Grafy

GRAF 3.1 ÚKONY BĚHEM ZMĚNY ZAKÁZKY [34].....	37
GRAF 3.2 NEVYBALANCOVANÁ LINKA PŘED OPTIMALIZACÍ [34].....	42
GRAF 3.3 CELKOVÁ SPOTŘEBA ČASU [34].....	43
GRAF 3.4 FINANČNÍ NÁROČNOST.....	46
GRAF 3.5 POROVNÁNÍ ÚKONŮ BĚHEM ZMĚNY ZAKÁZKY [34]. .....	52
GRAF 3.6 CELKOVÁ SPOTŘEBA ČASU [34].....	58
GRAF 3.7 PARETOVA ANALÝZA [34]. .....	60
GRAF 3.8 POROVNÁNÍ FINANČNÍ NÁROČNOSTI [34]. .....	63
GRAF 3.9 POROVNÁNÍ PLÁNU SE SKUTEČNOSTÍ [33,34].....	64

---

**SEZNAM PŘÍLOH**

<b>Název</b>	<b>Popis</b>	<b>Rozsah</b>
Příloha 1	Montážní postup před úpravou	5
Příloha 2	Seznam nářadí před úpravou	2
Příloha 3	Montážní postup po úpravě	5
Příloha 4	Seznam nářadí po úpravě	2
Příloha 5	Špagetový diagram – spider	1
Příloha 6	Špagetový diagram – přípravek	1
Příloha 7	Špagetový diagram – kartotéka	1
Příloha 8	Špagetový diagram – spider návrh	1