

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Optimalizace výroby pomocí nástrojů LEAN**

Optimalization of production using lean manufacturing tools

Autor: Bc. Radka Bauerová

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Kavan CS.c.

Praha 2017

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bauerová** Jméno: **Radka** Osobní číslo: **381586**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**  
Studijní program: **Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení a ekonomika podniku**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Optimalizace výroby pomocí nástrojů LEAN**

Název diplomové práce anglicky:

**Optimization of production using lean manufacturing tools**

Pokyny pro vypracování:

Úvod: cíl DP, teoretická část, Charakteristika problematiky: Lean manufacturing, Value stream mapping, předmětného podniku. Analýza: aplikace metody VSM v podniku Latecoere CZ, produktová rodina, úzká místa, podniková praxe. Řešení: návrh racionalizace. Praktické návrhy a doporučení. Závěr.

Seznam doporučené literatury:

- [1] JIRÁSEK, Jaroslav: Štíhlá výroba. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
- [2] KAVAN, Michal: Výrobní a provozní management: Grada Publishing: 2002. ISBN 80-247-0199-5
- [3] LIKER, J.K.: Tak to dělá Toyota: Management Press 2008, ISBN 978-80-72-61-173-7.
- [4] MAŠÍN, I. Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003. 77 s. ISBN 80-903533-1-2.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**doc. Ing. Michal Kavan CSc., ústav řízení a ekonomiky podniku MÚ**

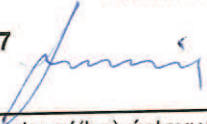
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **12.04.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **28.07.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **25.08.2017**

  
Podpis vedoucí(ho) práce


  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

4.5.2017  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studentky

# Prohlášení

Prohlášení Prohlašuji, že jsem svou diplomovou (bakalářskou) práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 27.7.2017

.....

## **Poděkování**

Děkuji především vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalu Kavanovi CSc. za cenné rady při zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Latecoere Czech Republic s.r.o. za poskytnutí veškerých potřebných informací k vypracování praktické části.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá popisem nástrojů štlé výroby a racionalizací výroby pomocí metody Value stream mapping. První část je věnována teoretickému seznámení s nástroji štlé výroby, kapacitního plánování a metodou Value stream mapping, praktická část je věnována aplikací těchto metod v provozu firmy Latecoere Czech Republic s.r.o. a návrhům pro racionalizaci procesů.

## **Klíčová slova**

Mapování hodnotového toku, štlá výroba, optimalizace výroby, zlepšování

## **Abstract**

This diploma thesis deals with description of lean production tools and rationalization of production using Value stream mapping. The first part is devoted to the theoretical introduction to lean production tools, capacity planning and Value stream mapping, the practical part is devoted to application of these methods in Latecoere Czech Republic s.r.o. And proposals for rationalizing processes.

## **Key words**

Value stream mapping, lean production, optimization of production, improvement

## Obsah

Úvod.....	8
1. Historie výroby .....	9
1.1    Výroba.....	9
1.2    Základy továrního výrobního způsobu.....	10
1.3    Následky 2. světové války v průmyslu .....	11
1.4    Systém výrobní firmy Toyota .....	12
1.4.1    Taiichi Ohno .....	13
2    Lean manufacturing .....	14
2.1    Zvýšení zisku .....	14
2.2    Přidávání hodnoty .....	16
2.3    Plýtvání .....	17
2.4    Princip tahu .....	18
2.5    Základní lean metody .....	19
2.5.1    5S .....	19
2.5.2    Kaizen .....	20
2.5.3    Just in Time.....	22
2.5.4    Kanban .....	22
2.5.5    TPM (Total Productive Maitenance) .....	23
2.5.6    SMED .....	24
2.5.7    Six Sigma.....	25
3.    Vliv uspořádání výrobního procesu na kapacitu výroby .....	26
3.1    Kapacitní rozhodování .....	27
3.2    Způsoby uspořádání výroby .....	28
3.2    Projektování výrobních linek .....	29
3.4    Prostorové uspořádání výrobního procesu .....	30
4    Value stream mapping (Mapování hodnotového toku) .....	32
4.1    Hlavní cíle VSM .....	32
4.2    Průběžná doba výroby.....	33
4.3    Postup při mapování toku hodnot .....	35
4.3.1    Výběr reprezentantů jednotlivých výrobních rodin .....	35
4.4    Znázornění současného stavu.....	36

4.5	Tvorba mapy budoucího stavu .....	39
5	Analýza současného stavu ve firmě Latecoere Czech Republic.....	41
5.1	Představení firmy .....	41
5.2	Popis problematiky na pracovišti lakovna .....	45
5.2	Nynější uspořádání lakovny.....	46
5.3	Popis výrobních procesů na lakovně.....	47
5.4	Specifikace výrobních rodin.....	48
5.4.1	Rodina výrobků A – vybraný zástupce.....	49
5.4.2	Rodina výrobků B – vybraný zástupce .....	50
5.4.3	Rodina výrobků C – vybraný zástupce .....	51
5.6	Kapacitní vytížení pracovišť .....	52
5.6	Sušení .....	55
5.7	Průběh výroby znázorněný na layoutu lakovny .....	58
6	Mapování VSM.....	60
6.1	Průběh analýzy a VSM mapa původního stavu .....	60
6.2	Stanovení produktivních a neproduktivních časů – původní stav.....	63
6.3	VSM mapa a stanovení produktivních a neproduktivních časů po optimalizaci 65	
6.4	Shrnutí problémů a návrhy pro zlepšení .....	69
6.4.1	Normované časy neodpovídají realitě.....	69
6.4.2	Nevyužívání 5S.....	69
6.4.3	Investice pec – snížení zásob v rozpracované výrobě .....	69
6.4.4	Maskování.....	70
6.4.5	Nevhodné uspořádání layoutu .....	71
6.4.6	Nedodržování FIFO .....	71
6.4.7	System tlaku.....	71
6.4.8	Dohledatelnost operátora .....	71
7	Závěr .....	72
8	Seznam použité literatury .....	73
9	Seznam obrázků a tabulek .....	75
10	Přílohy.....	77
	Příloha 1: Symboly používané při tvorbě VSM mapy.....	77
	Příloha 2: Část technologické průvodky .....	78

## Úvod

Pokud chce kterýkoli podnik v dnešní době uspět na trhu a být dostatečně konkurence schopný, měl by své produkty nabízet dle požadavků zákazníků, a to většinou znamená levně, rychle a v dostatečné kvalitě. Přístupů, jak vyhovět všem požadavkům, je více, většinou jsou však časově a finančně nákladné. Já se ve své práci budu zabývat systémy, které jsou všeobecně známy pod pojmem „štíhlá výroba“ (lean production) a následně jejich praktickou aplikací ve výrobním podniku.

Při správném aplikování a pochopení principů štíhlé výroby může podnik nejenom ušetřit finanční prostředky, tak také pomáhá zlepšit pracovní prostředí zaměstnanců, nebo pomoci v ohledu environmentální politiky.

V aplikacích moderních přístupů k výrobě vidím docela velký potenciál, firmy se budou do budoucna čím dál více snažit šetřit zdroji, jako jsou energie, materiál apod., a zároveň si udržet stále zaměstnance, k čemuž může dopomoci zlepšení pracovního prostředí a motivace. Lean systém řízení by měl být zároveň i novou podnikovou filosofií a změnit dosavadní přemýšlení všech zainteresovaných zaměstnanců.

V teoretické části své práce se budu nejprve zabývat základními metodami štíhlé výroby, její historií, principy a také plýtváním. Zaměřím se na to, proč by se podniky měly snažit snížit objem činností, které nepřidávají produktu přidanou hodnotu, a které činnosti to jsou. V další části teorie se budu podrobněji popisovat metodu Value Stream Mapping, protože právě její aplikací v podniku se budu zabývat v praktické části.

Cílem praktické části mé diplomové práce je definování problémů na lakovně firmy Latecoere Czech Republic s.r.o., zmapovat procesy, určit kapacity a zdroje a následně navrhnout zlepšení pro hladší chod výrobního toku především pomocí metody Value stream mapping a také dalších lean nástrojů. Poznatky z VSM mapy by měly definovat úzká místa a plýtvání kapacit či jejich nedostatek. Všechny návrhy by měly fungovat jako prostředky ke zkrácení celkové průběžné doby výroby, což by vedlo k menším zásobám v rozpracované výrobě a potažmo k menšímu objemu vázaného kapitálu.



# 1. Historie výroby

## 1.1 Výroba

Výroba je transformační proces, který ze surovin, materiálu, energie a informací tvoří výrobky a služby. Na obrázku je vidět zjednodušeně transformační proces v podniku.



**Obrázek 1.: Tranformační proces [Vlastní zpracování]**

Mezi vstupy neboli zdroje patří například kapitál, materiál nebo práce. Za výstup považujeme hotový produkt (výrobek nebo službu). Rozdílem mezi vstupy a výstupy je **přidaná hodnota**. Hodnotu ovšem určuje trh, tudíž ji lze měřit pouze cenou, kterou jsou za produkty zákazníci ochotni zaplatit. Řízení výroby je zajištění co nejvíce optimálního fungování výrobního procesu tak, aby přidaná hodnota a produktivita práce byla co nejvyšší. [2]

Přístupů k řízení výroby je mnoho, v této práci se budu více zabývat principy založenými na tzv. „lean production“, které pochází z Japonska. Nicméně i český odborník Jan Heřman definoval následující cíle, kterými by se měl řídit každý podnik, ať už praktikuje jakékoli přístupy:

- zabezpečení výroby na vysoké technické a kvalitativní úrovni
- včasné zavádění výrobních a technologických inovací
- zabezpečení vysoké pružnosti výroby
- zdokonalování informačních systémů řízení výroby
- optimalizace spotřeby výrobních činitelů a snižování nákladů
- zkracování průběžné doby přípravy a výroby výrobku
- minimalizace výrobních zásob a rozpracované výroby, zkrácení materiálových toků
- zabezpečení vysoké produktivity všech procesů jako předpoklad konkurenceschopnosti firmy [6]

## 1.2 Základy továrního výrobního způsobu

Průmyslová revoluce začala manufaktúrou, zavedení strojů přineslo úžasný efekt, produktivita práce se zvýšila až pětkrát. Přesto byl počátek 20. století naplněn problémy, jak výkonné stroje sesynchronizovat s méně výkonnými lidmi a uspořádat je tak do produktivních sestav. První stroje byly ztělesněním rozdělené práce, vykonávaly spíše jednoduché operace převážně v rovině. Výrobní soustava tedy představovala řadu poměrně jednoduchých strojů, spojení mezi nimi obstarával výrobní plán a časem výrobní pás. Tento revoluční koncept se spojuje s průmyslovou iniciativou Henryho Forda, který se stal průkopníkem velkopřůmyslového myšlení ve své době. Dle něho byl správný způsob výroby automobilů dělat jeden jako druhý, čímž mělo dojít ke snížení výrobních nákladů a tím se mělo dostat auto k lidem jako předmět denní potřeby. Této představě se Henrymu Fordovi podařilo dostat, v roce 1910 byla vystavena továrna na výrobu nového modelu „T“ (později známá jako „Tin Lizzy“. „Plechová Líza se skutečně stala lidovým vozem a brzy představovala až polovinu všech aut v Americe, bylo jich vyrobeno přes 15 000 000 kusů a tento rekord byl zatím překonán pouze jednou, a to když Volkswagen zavedl výrobu „brouka“.

Výrobní způsob, jak jej založil Henry Ford, spočíval v několika zásadách:

- Uniformní výrobek
- Hluboká dělba práce (každý vykonává prostý soubor úkonů, jimž se snadno naučí)
- Nucený pohyb výroby (unášený běžícím pásem)
- Jednotné ústřední řízení práce

Žádnou z těchto věcí Ford samozřejmě ne vynalezl, ale až on je dokázal sloučit v jeden velkovýrobní tovární proces. [1]

Henry Ford téměř po celé půl století zůstával ideálem hromadné velkovýroby, přesto musela později uniformita výrobků ustupovat zakázkovosti a také se objevilo mnoho kritik tohoto výrobního způsobu. Především pro strojový charakter pracovního výkonu, který vedl mimo jiné k většímu opotřebování pracovníků.

### 1.3 Následky 2. světové války v průmyslu

S druhou světovou válkou přišly velké pokroky v průmyslu, výsledek války mimo jiné nesmírně ovlivnila kvalita zbrojní výroby. Inženýři z válčících zemí vnesli do výroby mnoho změn, jelikož pod tlakem museli řešit i takové problémy jako je vysoká výrobní výkonnost a zrychlené zavádění inovací a modernizací. Zároveň musela být zachována neselehávající spolehlivost, a to především zbraní. Dalšími problémy byly omezené zdroje a pracovní síly a rušení výroby z důvodů napadání nepřátelskou armádou. Nejvyšší objemové výkony podával průmysl USA a SSSR, největších zbraňových inovací dosahoval především německý průmysl.

Všeobecně z války pochází mnoho nových podnětů pro rozvoj vědy, a proto bezprostředně po válce shrnuli inženýři dotknutých zemí válečné poznatky a zkušenosti a poukázali na možnost využít některé z nich i v běžné průmyslové sféře. Například se začalo používat mnohem více přípravků, podavačů a podobných zařízení, která předcházela budoucí automatizaci. Začaly se řešit problémy s manipulací a skladování materiálů a nedokončených výrobků a převzalo se mnoho poznatků z přísné kontroly jakosti. I mnoho amerických inženýrů bylo povoláno, aby pomohli zvýšit zbrojní výkon, například E.W. Deming byl původně statistik, a právě on zavedl do výroby statistické metody, které se staly základem pro kontrolu výrobních procesů a zvyšování jakosti. Když se však se svým zobecněním obrátili na americké podnikatele, nedočkali se ohlasu. Jiná reakce ovšem byla v poraženém Japonsku.

Japonci získali pocit, že pokud se naučí vyrábět „po americku“, tak se opět stanou velmocí. Deming přesvědčoval Japonce, aby se odvrátili od podřadné nekvalitní výroby k promyšlenému výrobnímu procesu a vyšší jakosti. Jakost japonských výrobků bývá ovšem stále předmětem dohadů, jako nekvalitní výrobky byly známy především levné spotřební zboží. Ovšem od Deminga převzali Japonci důraz na kvalitu a zavedli pojem TQC (total quality management). Tedy s americkou pomocí zahájilo Japonsko velký průmyslový rozmach, vojenská porážka Japonce velmi tížila, ale využili ji pro jako poučení se do budoucnosti.

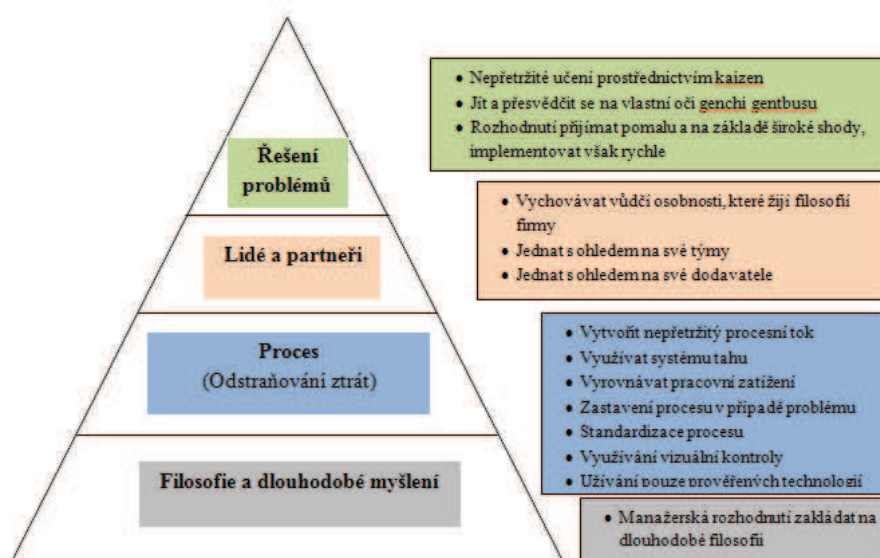
Nelze opomenout, že v Japonsku hrála výraznou roli podpora průmyslu od státu a také jejich mentalita. Například celoživotní zaměstnání, upřednostňování pracovních „seniorů“, společné rozhodování a kontinuální zlepšování nenajdeme příliš na západě. Po válce Japonsko kumulovalo kapitál nejprve v lehkém průmyslu a těžký je pouze zásoboval stroji, ovšem pokračovalo to rychle a Japonsko se stalo ohromným vývozcem

i do Ameriky, od níž se nedávno učilo. Tato skutečnost vedla k různým sporům mezi Amerikou a Japonskem, dokonce to vyústilo v prohlášení, za kterým stojí Akio Morita (bývalý šéf Sony), že Amerika zapoměla vyrábět a ztratili převahu kvůli tomu, že se více nežli výrobě, kde se tvoří hodnota, věnují obchodu a financím, kde se peníze pouze přerozdělují, ale nevytváří. Že peníze již nejsou „krví výroby“, ale jsou samoučelem. Tyto dohady vygradovaly v domluvu, v níž se domluvili General Motors a Toyota, že v Americe založí společnou továrnu, kde bude japonské vedení, ale američtí dělníci. Tento podnik byl něco mezi výrobnou a laboratoří, dosahoval sice o něco leších výsledků, než-li americké automobilky, ale rozhodně ne tak dobrých jako čistě japonské.

### 1.4 Systém výrobní firmy Toyota

Japonská firma Toyota nejvíce přitáhla pozornost celého světa v osmdesátých letech minulého století, tehdy se jasně ukázalo, že japonská efektivnost a jakost přináší ovoce. Japonské vozy začaly být více spolehlivé než americké. Toyota vyráběla automobily rychleji, s větší spolehlivostí a přesto s konkurenci schopnými náklady na výrobu, přestože svým dělníkům vyplácela poměrně vysoké mzdy.

V čem tedy spočívá tajemství firmy Toyota? Podstatou firmy Toyota je to, že se řídí dle 14 zásad, které je možno rozdělit do čtyřech kategorií: řešení problémů, lidé a partneři, proces a filosofie. Jelikož v angličtině všechny tyto slova začínají na „P“ (Problem solving, People and partners, Proces, Philosophy), mluví se o tomto modelu jako o modelu 4P: viz níže na obrázku. [3]



Obrázek 2.: Model 4P [3 – Vlastní zpracování]

Velmi důsledná shodnost výrobků je výsledkem provozní excelence, kterou Toyota proměnila ve strategickou konkurenční zbraň. Tato excelence se zakládá jak na nástrojích zlepšování jakosti, které firmu proslavily například metodou *kaizen* nebo metoda jednokusového toku *just in time*. Tyto techniky pomohly vytvořit základy štíhlé výroby, nicméně tyto nástroje nejsou vyloženě žádnou tajnou zbraní podnikové transformace. Trvalý úspěch firmy Toyota pramení z hlubší podnikové filosofie, která se mimo jiné zakládá i na tom, jak rozumí lidem a jejich motivaci. Úspěch Toyoty se v konečném důsledku zakládá na schopnosti najít a rozvíjet vůdčí potenciál, budovat týmy a podnikovou kulturu, vytvářet a udržet vztahy s dodavateli a s odběrateli a udržovat učící se organizaci. [3]

#### 1.4.1 Taiichi Ohno

Otcem konceptu štíhlé výroby jako takové byl Taiichi Ohno, který od svého nadřízeného Eiji Toyody v padesátých letech dostal za úkol „zdokonalit výrobní systém tak, aby dosáhl produktivity firmy Ford. Taiichi Ohno se inspiroval od Fordu v systému vytvoření nepřetržitého toku a systému tahu, nicméně poměry ve Fordu a Toyotě se lišily natolik, že nemohl uplatnit úplně stejné metody jako viděli na cestách po automobilkách ve Spojených Státech. Tehdy se Taiichi Ohno vrátil do výrobních prostor a začal pracovat na vytváření nového výrobního systému, který se poté po světě proslavil jako Toyota production system a dále jako štíhlá výroba. [3]



**Obrázek 3: Taiichi Ohno a Eiji Toyoda [24]**

## 2 Lean manufacturing

Štíhlá výroba neboli Lean production je metodika, která umožňuje maximalizování aktivit přidávajících hodnotu výrobku nebo služby a eliminování aktivit, které hodnotu nepřidávají. Zrychluje procesy a redukuje investovaný kapitál. [4]

Nejvýznamnějším důvodem pro zavedení principů štíhlé výroby je kýžené snížení nákladů a tím udržení konkurence schopnosti za požadované míry zisku.

### 2.1 Zvýšení zisku

Štíhlá výroba by měla být tím typem organizační změny, která zvyšuje jakost produktů a také zisk.

$$Z = q * (C - VN - FN)$$

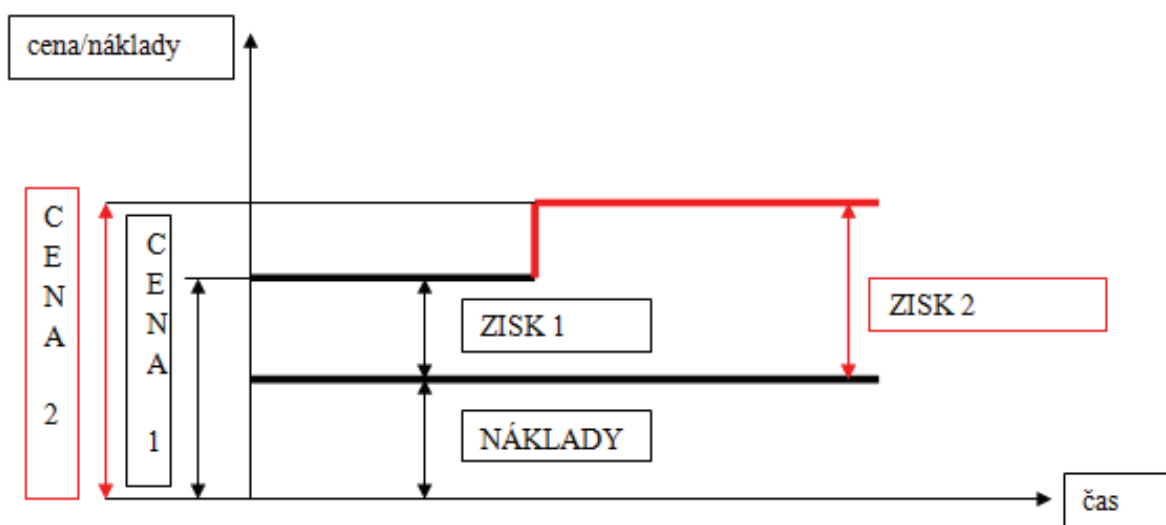
Z výše uvedené rovnice vyplývá, že existují dva základní způsoby, jak lze zvýšit zisk, a to:

- Zvýšením ceny
- Snížením nákladů

#### Zvýšení ceny

Je tradiční způsob, jak firma reaguje v případě, že za určitých stálých nákladů nedosahuje kýženého zisku. Tato metoda může být ale pro většinu firem nebezpečná, protože má za následek snížení prodeje a odchod zákazníků ke konkurenci.

Jak dochází ke zvýšení zisku je vidět z obrázku níže:

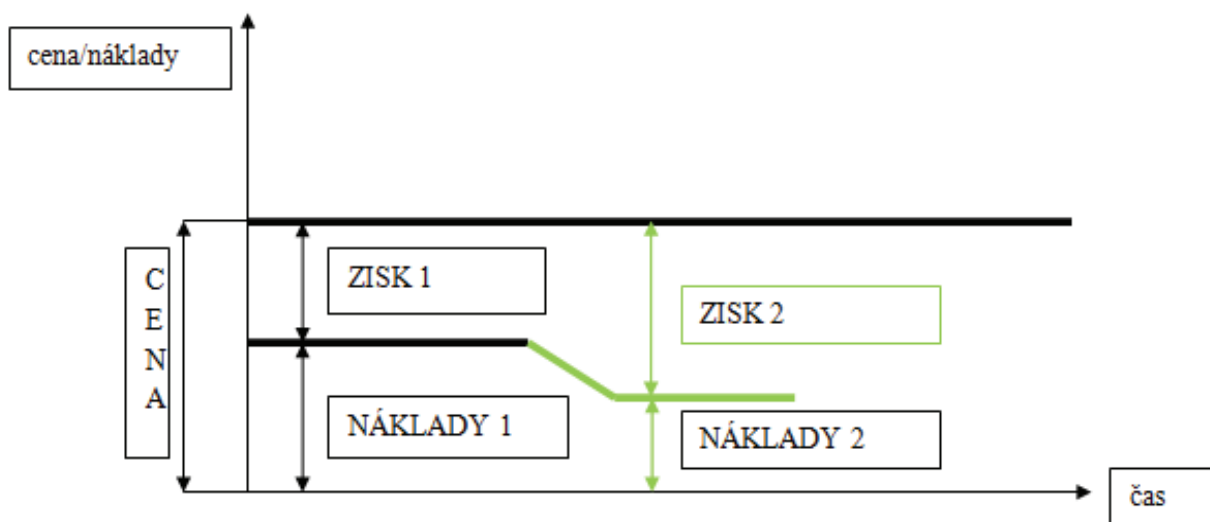


Obrázek 4.: Zvýšení zisku pomocí zvýšení prodejní ceny [Vlastní zpracování]

## Snížení nákladů

Snížení nákladů pomocí nástrojů štíhlé výroby se rozumí při zachování stávající produkce. Štíhlé myšlení se zaměřuje na to, aby byly odstraněny veškeré činnosti, které nepřinášejí hodnotu zákazníkovi. Podnik ovšem musí vědět, za jakou hodnotu zákazník platí, jedině to, co považuje za hodnotu zákazník, je pro podnik důležité.

Jak dochází ke zvýšení zisku pomocí strategie snížení nákladů je vidět na obrázku níže:



Obrázek 5.: Zvýšení zisku pomocí snížení nákladů [Vlastní zpracování]

Štíhlé myšlení by mělo dosáhnout snížení nákladů zacílením všech zaměstnanců na hodnotu, kterou definuje zákazník. Štíhlé úsilí by mělo být zaměřeno na odstranění všech kroků ve výrobě produktů nebo při poskytování služby, které nepřidávají hodnotu produktu.

### Základní koncepty štíhlého myšlení:

- 1) Definice činností přidávající/nepřidávající hodnotu
- 2) Identifikace hodnotových toků
- 3) Zavedení plynulého toku
- 4) Aplikace principu tahu
- 5) Snaha o neustálé zlepšování a učení se
- 6) Snaha o uspořádání

## 2.2 Přidávání hodnoty

Existuje mnoho definic, co to vlastně hodnota je. Podle definice hodnotového managementu je to poměr mezi užitečnými vlastnostmi produktu a náklady. V chápání štíhlé výroby musíme však hodnotu chápat trochu jinak, a to následovně: Přidávání hodnoty je to, za co je zákazník ochoten zaplatit.

Přidaná hodnota se vztahuje pouze na činnosti, které přeměňují zdroje na výrobky nebo služby odpovídající požadavkům zákazníka, patří do nich například montáž, technologické zpracování a podobně. Přidaná hodnota je tedy pouze takový proces, který splňuje následující podmínky:

- zákazník za něj zaplatí,
- přeměňuje produkt,
- je proveden napoprvé správně

Všechny ostatní procesy se pak řadí do nepřidané hodnoty. Patří sem například manipulace, skladování, plánování, fakturace, komunikace, opravy apod. Nepřidaná hodnota se dále dělí na procesy, které sice výrobku nepřidávají hodnotu, avšak jsou pro daný hodnotový tok nezbytné a na ty, které jsou prostým plýtváním, které musíme eliminovat. Mezi činnosti, které nepřidávají hodnotu, ale jsou nutné pro fungování podniku, patří například: mzdové a daňové účetnictví, mezi činnosti, které jsou prostým plýtváním, řadím například opravy chybných produktů.

Při zkoumání efektivnosti procesů, při kterých se vytváří hodnota využíváme následující poměrový ukazatel:

$$\text{VA-index} = \frac{\text{čas, kdy je produktu přidávána hodnota}}{\text{celková průběžná doba, při které produkt vzniká}}$$

**Čas, kdy je produktu přidávána hodnota** = čas, kdy probíhají aktivity přidané hodnoty.

**Celková průběžná doba, při které produkt vzniká** = čas od navezení materiálu do vstupního skladu po čas, kdy je hotový produkt z expedičního skladu transportovaný zákazníkovi.

**VA-index (Value added index, Value added ratio)** = poměr času přidávané hodnoty a celkové průběžné doby výroby. Tuto hodnotu se snažíme u každého procesu zvyšovat, tedy naším cílem je hlavně výrazně zkrátit celkovou průběžnou dobu výroby.



## 2.3 Plýtvání

Pojem plýtvání pochází z japonského slova muda a označuje všechny druhy plýtvání a ztrát, které způsobují snižování efektivnosti či hospodárnosti organizace. Za plýtvání či ztráty se považuje vše, co nepřidává hodnotu. Chceme-li eliminovat plýtvání z podnikových procesů, musíme je umět především identifikovat a měřit. [3]

Muda v pojetí Lean production, tedy zaměřená především na podniky výrobního sektoru, rozlišuje 7 základních druhů plýtvání:

- 1) **Transport (Přemísťování)** – zbytečné přemísťování materiálu a výrobků je plýtvání.
- 2) **Inventory (Skladové zásoby)** – zbytečné skladování je plýtvání.
- 3) **Motion (Pohyb)** – zbytečný pohyb pracovníků je plýtvání.
- 4) **Waiting (Čekání)** – zbytečné prostoje a čekání je plýtvání.
- 5) **Over-production (Nadvýroba)** - výroba nad rámec požadavků zákazníků je plýtvání.
- 6) **Over-processing (Nadbytečné zpracování)** - zbytečná kvalita nebo zpracování, které již nepožaduje zákazník je plýtvání.
- 7) **Defects (Vady)** - výroba defektních výrobků je plýtvání. [3]

(V poslední době se často uvádí ještě 8. druh plýtvání, a to: **People, Creativity and Motivation, Skills - (Lidé)** - nevyužitý potenciál pracovníků a jejich tvořivosti je plýtvání. V některých zdrojích se tedy uvádí 7+1 druhů plýtvání.)

Ve spojitosti s managementem je plýtvání definováno ještě několika jinými způsoby, a to **5 druhů plýtvání v systému managementu:**

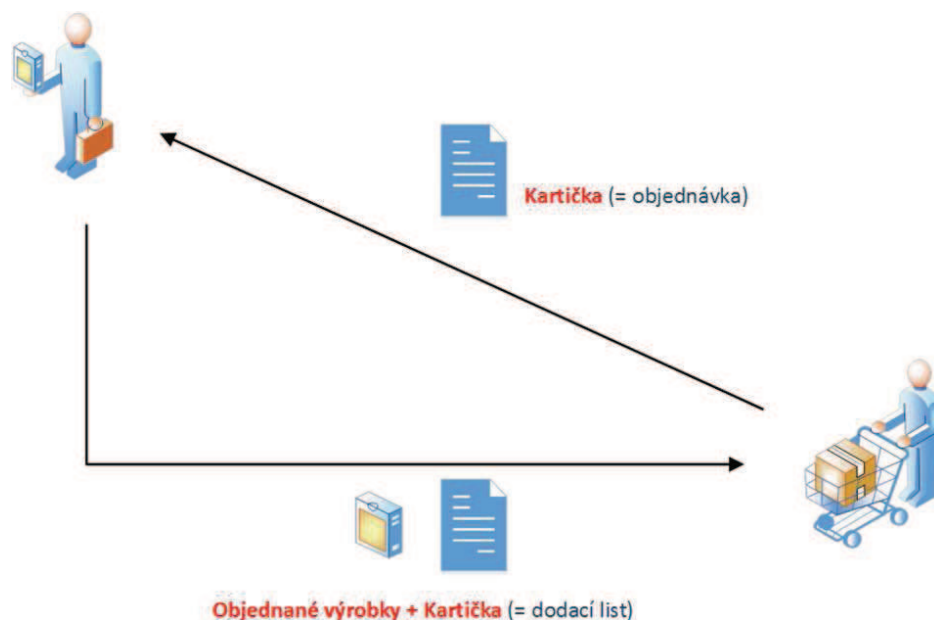
1. **Zbytečná práce** - provádění činností, které nejsou potřeba (systémová norma je striktně nevyžaduje, ale přesto je organizace provádí, např. vytváření nadbytečné dokumentace, vytváření záznamů a zpráv, které nikdo nečte, provádění aktivit, které nejsou adekvátní specifickým organizace a odvětví)
2. **Chybně provedená práce** – nevhodně nastavené procesy a postupy, obcházení postupů (např.: bezhlavé přejímání obecných postupů nezohledňující specifika firmy, které nerespektují/neobsahují nejlepší praktiky - to co se osvědčilo, ale vycházejí z požadavků certifikačního orgánu či od poradce, pracovníci obcházejí byrokraticky nastavené procedury a vzniká velká variabilita v systému)
3. **Neefektivní dosahování cílů** – systém managementu nepodporuje podnikové záměry a cíle (např.: obecně nastavené procesy dogmaticky přebírající procesní

model z normy, formální cíle nepodporující záměry firmy, aplikace požadavků normy bez přidané hodnoty, klíčové indikátory výkonnosti nevypovídají o způsobilosti procesů)

4. **Neefektivní využívání příležitostí** – ztráty způsobené nepochopením principů systému managementu a používáním nevhodných metod a nástrojů (např.: používání dotazníků měření spokojenosti zákazníků v případech, kdy je to efektivní, bezmyšlenkovité vyplňování formulářů, tvorba zpráv pro zprávy)
5. **Nevyužitá tvořivost zaměstnanců** – nepochopení a nedůvěra v systém managementu (např.: systém, který je „zaveden“, a nikdo jej nezná, systém je byrokratický nástroj vedení a omezuje přirozenou kreativitu lidí) [3]

## 2.4 Princip tahu

Důležitým z principů lean managementu, o který stojí za to usilovat ve výrobě, je zavádění systému tahu. Systém tahu je opakem tlaku, který nastává, když jsou v procesu stroje s různou kapacitou a před některými pracovišti se hromadí zásoby, protože kapacita předcházejícího místa byla větší než kapacita toho následujícího, a vyrobené množství tak tlačí na takzvané úzké místo, které se nachází před ním. [8]



Obrázek 6.: Systém tahu pomocí metody Kanban [9]

Systém tahu je založen na myšlence, že by se měla spouštět výroba na zařízení teprve ve chvíli, kdy máme informaci z následujícího pracoviště o volné kapacitě pro výrobu. Snahou v procesech řízených tahem bývá rozdělit pracovní operace časově tak, aby byly

rovnoměrné a nikde se nehromadily rozpracované kusy ve větší míře, než je vypočítaná optimální dávka. Vzniká tak plynulý tok ve výrobním procesu. V praxi mívá systém tahu často podobu, které se říká Kanban. [8]

## 2.5 Základní lean metody

V této kapitole se budu zabývat konkrétně popisem jednoduchých metod a nástrojů štíhlé výroby. Tyto metody korespondují se základními koncepty štíhlého myšlení, jež jsem již uvedla výše, ale nyní uvádím ještě v tabulce níže spolu s příslušnými konkrétními metodami.

KONCEPT ŠTÍHLÉHO MYŠLENÍ	ODPOVÍDAJÍCÍ METODY
Definice činností přidávající/nepřidávající hodnotu a identifikace hodnotových toků	Value stream mapping, Snímek pracovního dne
Snaha o minimalizaci a rychlé řešení chyb	TPM Six sigma 5S
Zavedení plynulého toku	Just in time Single minutes Exchange of Dies TPM
Aplikace principu tahu	Kanban Just in time
Snaha o neustálé zlepšování a učení se	Kaizen
Snaha o uspořádání	5S

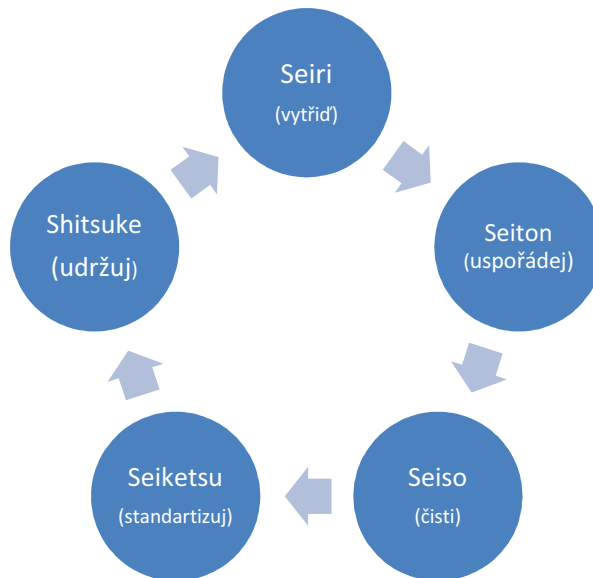
**Tabulka 1.: Koncept štíhlého myšlení včetně příslušných metod [Vlastní zpracování]**

### 2.5.1 5S

Velmi známá metoda 5S je založena především na vizualizaci a standardizaci. Vizualní management a standardizace jsou často opomíjenými a podceňovanými nástroji zlepšování procesů. Firmy by chtěly implementovat složité systémy, ale na ty nejjednodušší a nejzákladnější zapomínají. Přitom existuje jednoduché a poměrně elegantní řešení, důsledné zavedení a dodržování metody známé pod zkratkou 5S. Myšleno tím ale metodu 5S v jejím pravém smyslu. Je zkratkou pěti japonských slov:

- Seiri (vytřídí)
- Seiton (uspořádej)

- Seiso (čisti)
- Seiketsu (standardizuj)
- Shitsuke (udržuj)



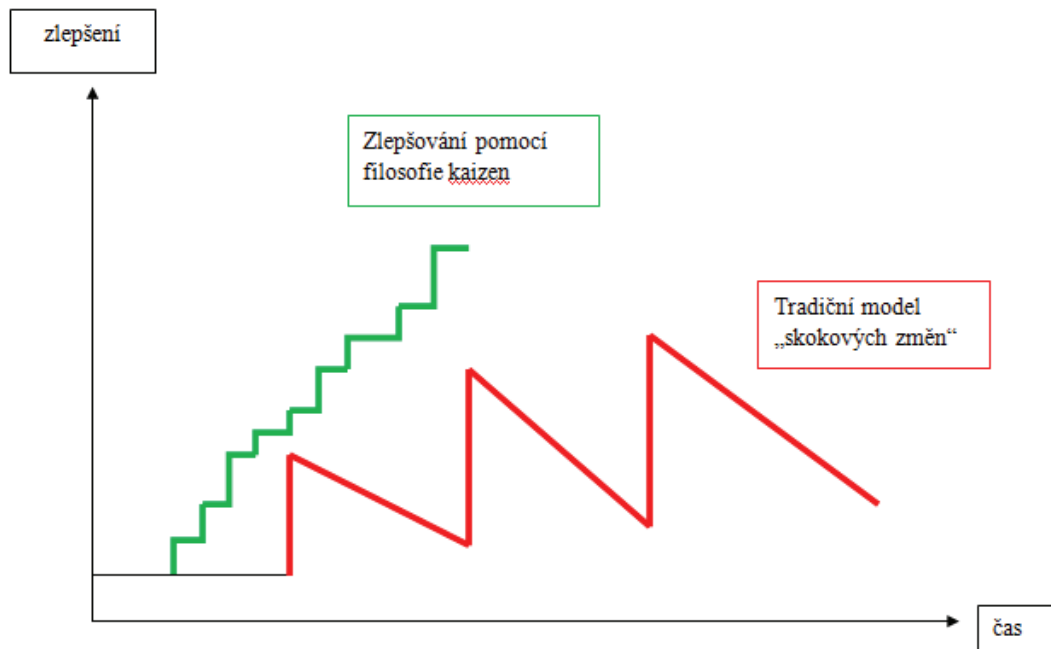
**Obrázek 7.: 5S [Vlastní zpracování]**

Jejím cílem je v podniku vytvořit a udržet čisté a organizované pracoviště. Metoda 5S určitě není pouze o tom uklidit. V případě, že je takto chápána, není divu, že již při jejím vyslovení většina lidí propadá skepsi a pochybuje o jejím reálném přínosu. Tuto metodu je však třeba chápat nohem hlouběji. Při její důsledné implementaci dokážeme odstranit základní formy plýtvání, definovat layout pracovišť, standardizovat výrobní proces, zvýšit kvalitu produkce, zkrátit čas pro zpracování nového zaměstnance, ušetřit plochu, zabránit hledání nástrojů a náradí, zajistit pořádek a čistotu na pracovišti a v neposlední řadě zlepšit kulturu prostředí a vytvořit podmínky pro další zlepšování a optimalizace. Jedině, když máme jednoznačně a pro všechny pracovníky závazně a neměnně nastaven standard práce, teprve tehdy můžeme podnikat kroky pro další zefektivňování vykonávaných činností.

### **2.5.2 Kaizen**

Slovo Kaizen je spojeno ze dvou slov, kde v překladu KAI=změna a ZEN=dobry, což již samo napovídá, že kaizen znamená cosi jako zlepšování. Kaizen je systém průběžného zlepšování napříč celou firmou. Tento systém vyjadřuje úsilí o neustálá zlepšení v podniku, která se však nerealizují jed-norázovými velkými inovačními

skoky, ale zdokonalováním i těch nejmenších detailů. Ze zkušenosti je prokázáno, že skokové změny většinou nejsou trvalé udržitelné a podnik se postupně vrací do původního stavu. Zatímco drobná zlepšení jsou trvale udržitelná. Více je vidět na obrázku. [10]



**Obrázek 8.: Postupné zlepšování pomocí metody kaizen [Vlastní zpracování]**

Mezi hlavní zásady pro úspěšné uplatňování metody Kaizen patří:

- Každému návrhu pro zlepšení by měla být věnována dostatečná pozornost
- Všichni pracovníci ve firmě od managementu po dělníky by měli být zainteresováni na procesu zlepšování
- Motivace pracovníků k podávání zlepšovacích návrhů – např. formou materiálního či finančního ohodnocení
- Kaizen je postaven na aktivitě zdola, ale měl by mít velké zastání u vedení podniků
- Podpora zlepšením, které se dají rychle zrealizovat a nejsou nákladná [10]

Filosofie kaizen je aplikovatelná i mimo podnikovou sféru, hojně ho využívají i koučové v osobním životě, protože postupné změny jsou přirozenější než-i změny skokové.

### 2.5.3 Just in Time

Just in Time (JIT) je jedním z nejvýznamnějších nástrojů pro snížení zásob a rozpracované výroby. V překladu JIT znamená něco jako „právě teď“, čímž je myšleno, že dodávky nebo komponenty do výroby vstupují právě ve chvíli, kdy jsou potřebné. Tedy nikoliv tehdy, kdy se to hodí dodavatelům. Pro implementaci Just in Time je ovšem nutno mít vyhodnoceny v každé chvíli aktuální zásoby na skladech a meziskladech. Dalším aspektem jsou vyjasněné vztahy s dodavateli a být si jisti zodpovědností svých dodavatelů. V opačném případě může metoda přinést i značné škody, například může řetězově ovlivnit dochvilnost našich dodávek odběratelům, pokud naši dodavatelé nesplní své závazky včas. [11]

Důvody proč přesto podniky přistupují k metodě JIT je především snížení financí držených v rozpracované výrobě, snížení nákladů na skladovací prostory a přepravu, lepší přehled nad výrobou, nemožnost existence zastaralých zásob (není tedy nutné mít systém hlídání např. FIFO).

Speciální formou JIT je metoda Single Piece Flow-tedy snaha tok pouze jednoho kusu. Právě tato dávka je uznávána jako nejvíce flexibilní forma výroby, nýbrž je zřejmé, že v mnoha případech není právě vhodná.

### 2.5.4 Kanban

Systém Kanban znamená v překladu kartička, lístek. Základní myšlenkou systému bylo původně po vzoru amerických supermarketů výroba na objednávku. Snahou tohoto systému řízení je co nejdokonalejší přizpůsobení se průběhu výroby materiálovým tokem. Hlavním cílem systému Kanban je na každém stupni výroby podporovat výrobu na objednávku, která umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a zlepšuje přesnost plnění termínů. Aby to bylo možné dosáhnout, musí se už při návrhu výrobní dispozice vyvážit výrobní kapacity (např. tvorba rodin příbuzných výrobků, zajištění pravidelného odběru a tím i výroby, použití principů skupinové technologie apod.). [12]

Systém Kanban je nejvhodnější implementovat pro opakovanou výrobu stejných součástek s velkou mírou v odbytu. Pokud není splněn tento předpoklad, je třeba systém Kanban vybavit speciálním plánovacím systémem (určení kapacity regulačních okruhů a jejich toleranční rozsahy apod.).

### **Předpoklady zavedení Kanban systému:**

- vyškolený personál
- vysoký stupeň opakování výroby
- vzájemně harmonizované kapacity
- rychlé postupy přetypování zařízení
- pružnost kapacit
- rychlé odstranění poruch výkonná kontrola kvality přímo na pracovišti
- připravenost managementu na všech úrovních delegovat pravomoci
- správně navržený layout dílny s tendencí k linkovému uspořádání (plynulé toky)

### **Základní pravidla pro fungování Kanban systému:**

- Personál následujícího procesu je povinen odebrat dílce z předcházejícího procesu, tak jak to předepisuje příslušná Kanban karta
- Výrobní personál vyrábí jen to, co mu povoluje výrobní Kanban karta.
- Pokud na pracovišti nejsou k dispozici žádné Kanban karty, nesmí být realizována žádná činnost.
- Kanban karty jsou vždy přepravovány společně s paletami a dílci.
- Výrobní personál odpovídá za to, že jen výrobky v odpovídající kvalitě budou vloženy do palet pro následující proces. Pokud se vyskytne chyba, následuje stop celého procesu a odstranění chyby tak, aby se nemohla opakovat.
- Inicializační počet Kanban karet musí být postupně redukován, provázanost procesů se musí zvyšovat, snížení zásob odkrývá problémy a umožňuje tak jejich eliminaci. [12]

### **2.5.5 TPM (Total Productive Maintenance)**

TPM je možno přeložit jako totálně produktivní údržba. Tento překlad občas vede k mylnému chápání TPM jako problematiky týkající se především útvaru údržby v podniku. To ale není úplně pravda, protože se jedná o metodu, která z hlediska údržby strojů a zařízení nepočítá jen s profesionálními údržbáři, ale využívá schopností a dovedností všech pracovníků podniku s cílem výrazně snížit prostoje strojů a ztráty v jejich využívání po celou dobu životního cyklu zařízení. Program je založený v největší míře na prevenci a kromě operátorů strojů se do systému TPM zapojují i další profese v podniku, například pracovníci technické přípravy výroby či konstrukce. [13]

Již v roce 1971 byla filosofie TPM výstižně definována v pěti bodech japonským institutem pro podnikovou údržbu (JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance):

- TPM se soustředí na maximalizaci celkové efektivity zařízení.
- TPM využívá analýzu preventivní údržby v celém životním cyklu zařízení.
- TPM je implementována v jednotlivých útvarech podniku.
- TPM zapojuje do svých aktivit všechny pracovníky – od top managementu až po dělníky u strojů.
- TPM je založena především na produktivní údržbě vycházející z motivace managementu a práce autonomních týmů. [14]

### **2.5.6 SMED**

Metoda SMED (Single Minute Exchange of Dies) je jednou z metod štíhlé výroby a synchronizace výrobních toků, používá se pro zkracování časů při změnách výrobních zařízení nebo nástrojů. Tím pomáhá odstraňovat plýtvání

Výrobní linky mají obvykle optimalizovaný čas na výrobu jednotlivých součástí či výrobků. Pokud ale na takové výrobní lince dochází ke změně vyráběného sortimentu nebo výrobních dávek a je třeba stroje přenastavit (seřízení stroje, změna barvy, obráběcích nástrojů, výměna formy a podobně), dochází k tomu částo neefektivně. Metoda SMED je zaměřena právě na tuto fázi výrobního procesu - na změnu nastavení výrobních nástrojů. Odtud pochází i zkratka Single Minute Exchange of Dies, tedy něco ve smyslu Výměna nástroje během jedné minuty. Je jedno, zdali se jedná o zařízení nebo nástroj nebo dokonce část linky.

Metoda se využívá nejčastěji v hromadné nebo opakované výrobě, kde se vyrábí určité omezené množství výrobků a kde probíhá výměna nebo přenastavení nástrojů či výrobní linky. Lze ji ale využít přeneseně i v jiných oblastech, kde dochází k nastavování prostředí pro zákazníka a toto nastavování představuje konkurenční nevýhodu nebo zbytečně vynaložené náklady kvůli neefektivnímu času. Celý postup metody je založený na důkladné analýze změny výrobních nástrojů nebo zařízení. Cílem je odhalit co způsobuje dlouhé časy takové změny a dosáhnout radikálního zrychlení. Základem je identifikace slabin současného stavu pomocí analýzy nebo lépe pomocí pozorování přímo na pracovišti. Výsledků se dosahuje změnou technologií, pracovními pomůckami, změnou nastavení nebo technických úprav strojů, změnou organizace práce, standardizací postupu pro všechny zúčastněné týmy, vytvořením specializovaných týmů nebo lepším tréninkem týmu. [8]



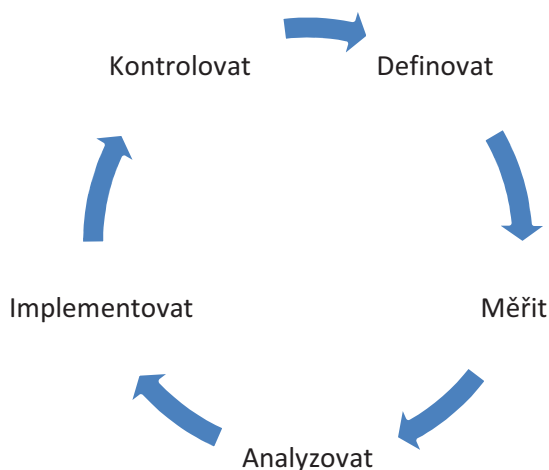
### Jaké jsou pozitivní dopady metody SMED?

- zvýšení pružnosti provozu,
- zrychlení reakce na změny v poptávce
- snížení plýtvání
- zmenšení objem zásob díky zlepšené době reakce

### 2.5.7 Six Sigma

Metoda Six Sigma je cíl úplného pokrytí očekávání zákazníků. Je to nový zlepšovateľský nástroj kvality. Metoda Six Sigma není o teorii, nýbrž o praxi. Firma Motorola vymyslela původní koncepty metody Six Sigma, které přizpůsobila svému systému řízení. Tento nový přístup zlepšování se datuje k roku 1987. K hlavním součástem zlepšování dle metody Six Sigma patří měření a statistika. Metoda Six Sigma je založená na detailní statistické analýze. Koncepty Six Sigma jsou založené na kreativě lidí, jejich vzájemné spolupráci, komunikaci a dovednostech. Jiná definice říká, že je to cíl úplného pokrytí očekávání zákazníků. Pojem „Six Sigma“ (nebo-li „Šest Sigma“) je odvozen od řízení procesu, který vykáže méně jak 3,4 defektů na milion příležitostí. [8]

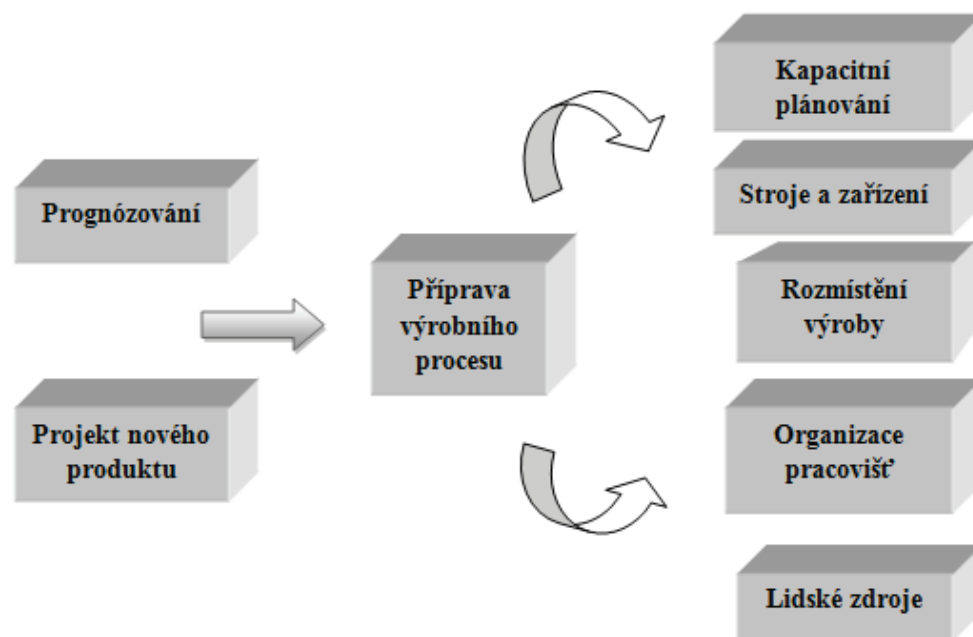
Velmi často používaným nástrojem Six Sigma je takzvaný DMAIC-cyklus, který je zobrazen na obrázku níže. Zkratka DMAIC pochází z anglických: Define (definovat), Measure (měřit), Analyse (analyzovat), Improve (zavést), Control (řídít, kontrolovat).



**Obrázek 9.: Zobrazení cyklu DMAIC [Vlastní zpracování]**

### 3. Vliv uspořádání výrobního procesu na kapacitu výroby

Jedním z nejdůležitějších součástí rozhodování výrobních manažerů je využití kapacit, tedy kapacitní plánování. Jedná se především o výběr technologie, rozmístění výrobních zařízení, organizace pracovišť a plánování lidských zdrojů.



**Obrázek 10.: Jednoduchý model přípravy výrobního procesu [2- Vlastní zpracování]**

Základní otázkou, již je nutno položit je známé „Make or buy?“ (v překl. „vyrobit nebo koupit?“). Tato otázka by měla mít zodpovězena s pomocí ekonomických a kapacitních faktorů, které byly důsledně zváženy. Existuje mnoho úspěšných firem, které ve skutečnosti příliš nevyrábějí, ale spíše „montují“ a následně prodávají pod svojí značkou. [2]

Nejdůležitějšími kritérii, podle nichž se rozhodujeme, zda nakoupit nebo vyrobit, jsou:

- Zda disponujeme volnou výrobní kapacitou (nebo financemi na případné investice, které by požadovanou kapacitu utvořily)
- Zda máme dostatek odborných znalostí pro danou výrobu
- Pokud lze předpokládat stabilní a dlouhodobou poptávku
- Důsledná kalkulace nákladů na nakoupení a výrobu

Velký vliv má také to, jací by byli naši případní dodavatelé (spolehlivost dodávek, kvalita, vzdálenost) a jak silným jsme my pro ně odběratelem, což by nám mohlo způsobit silnější vyjednávací pozici.

### 3.1 Kapacitní rozhodování

Výrobní kapacita je maximum, které je schopna daná výrobní jednotka zvládnout.

Provozní výrobní jednotkou se může rozumět jak celý závod, či jedno pracoviště. Kapacitu je možno vyjádřit v různých jednotkách – záleží na vstupech a výstupech. Ve výrobních firmách se často vyjadřuje v kusech za určitou časovou jednotku. Znalost kapacity je úplně zásadní v oblastech výrobního plánování.

Mezi důležité aspekty kapacitního plánování patří především:

- jaký druh kapacity se jedná (strojohodiny, prostorové kapacity, hodiny pracovníků)
- Jaký je požadavek produktů na množství
- Časový interval, ve kterém jsou tyto produkty zapotřebí

Ideální by bylo, pokud by kapacita korespondovala s poptávkou po daných produktech, to se bohužel nedá zaručit a nestává se příliš často. Další formou optimalizace by byly pružné kapacity, což je ovšem velice problematické. Základem ale přesto zůstává schopnost své kapacity změřit, při měření můžou nastat ovšem potíže, protože musí být vhodně vybrány ukazatelé neboli jednotky kapacity. Pokud vyrábíme pouze jeden výrobek (nebo několik výrobků velmi podobně náročných na výrobu), je stanovení kapacity poměrně jednoduché. Nejlepší je pro výrobní podnik stanovit určitou kapacitní základnu stejnou pro všechny výrobky, například počet strojohodin. [2]

Z hlediska posuzování efektivity se používají následující pojmy kapacity:

- 1) **Projektovaná kapacita (Desing capacity)** – teoretické maximum výstupu, jaký může být za daných podmínek dosažen
- 2) **Efektivní kapacita (Effective capacity)** – množství, které je prakticky dosažitelné za daných podmínek (různost výrobního sortimentu, údržba, přestávky, výrobní potíže..)
- 3) **Aktuální výkon (Actual output)** – skutečně dosažené (aktuálně naměřené) výkony. Tento výkon je ze všech nejnižší, jelikož zahrnuje např. i problémy s organizací, poruchy, defekty apod. [2]

Při posuzování účinnosti výrobního systému se definují termíny:

*Výkonnost (Efficiency) = aktuální výkon / efektivní kapacita*

*Využití (Utilization) = aktuální výkon / projektovaná kapacita*

Čím vyšší je výsledná hodnota, tím vyšší je kapacitní využití. Pokud chceme nadále zvyšovat kapacitní využití, je nutno analyzovat jednotlivé prvky, které přispívají k efektivnímu využití kapacity.

- 1) Strojní zařízení (rozmístění, výrobní parametry,..)
- 2) Produkty (standardizované, unifikované zvyšují kapacity)
- 3) Výrobní technologie
- 4) Metody řízení výroby (znalosti, zácvik, motivace,..)
- 5) Organizace (koordinace zásob, koordinace prací,..)
- 6) Vnější faktory (legislativa, dohody s odbory,..)

Všeobecně je nutno brát v potaz celková propojení a vzájemné vazby výrobního systému. Celkové náklady na výrobek totiž při zvyšování produkce klesají, ale pouze do určitého bodu, pak mohou skokově narůstat. [2]

### **3.2 Způsoby uspořádání výroby**

Uspořádání výrobního procesu neboli „layout“ má velmi značný vliv na efektivnost celého výrobního procesu. Jedná se o optimalizaci rozmístění jak jednotlivých výrobních zařízení a pracovišť, tak výrobních středisek. Měřítkem úspěšného uspořádání výroby je především plynulost výrobního toku zakázek. Při projektování výrobních systémů je ovšem nutno počítat se skutečností, že rozhodnutí v jedné oblasti se odrazí změnou i v ostatních oblastech, které s ní nějak souvisejí. Výsledná produktivita je ovšem dána úzkým místem. [2]

Důvodem potřeby neustálého zlepšování uspořádání výrobního procesu je především technický pokrok. Ale jelikož žijeme ve světě omezených zdrojů a deficitu kapitálu, provádí se většinou dílčí změny uspořádání výrobních procesů.

Potřeba změn bývá většinou vyvolána z těchto důvodů:

- Malá efektivita dosavadní výroby
- Poruchy výrobního toku
- Změny konstrukce výrobků
- Zaváděním nových výrob

- Modernizací technologie
- Ekologické a legislativní požadavky
- Nezbytnými změnami v organizaci práce
- Nedostatečné kapacity

Mezi základní uspořádání patří:

**Předmětné uspořádání (Product layout)** – je založeno na co největší standardizaci výrobků a pracovních operací. Cílem je dosažení hladkého a plynulého toku, jehož výsledky jsou nízké náklady, ale pouze za předpokladu zajištěného odbytu.

**Technologické uspořádání (Process layout)** - výrobní tok prochází jednotlivými pracovišti s podobnými technologiemi (např. pracoviště obráběcích strojů apod.) Cesta výrobků není pevná.

**Pevné uspořádání projektu (Fixed-position layout)** – případ velkých celků, kdy se k montáži schází tisíce dílů a musí se zajistit správná koordinace a případně i improvizace. Průběh je většinou kontrolován dle harmonogramu ze síťové analýzy.

**Buňková výroba (Cellular manufacturing)** – uspořádání strojů do skupin (buněk), které jsou schopny vyrobit produktivně výrobky jedné rodiny. Stroje jsou v buňce uspořádány s požadavkem na minimální přepravu. [2]

### 3.2 Projektování výrobních linek

Úspěšné projektování výrobních linek zaručuje dobré ekonomické účinky při organizování plynulého výrobního procesu. Většinou je nejdůležitější především synchronizovat práci z hlediska časového trvání operací. Tím dochází k vyrovnaní úzkých míst a vytvoří se poměrně hladší výrobní tok, čímž minimalizujeme časové ztráty a zabezpečujeme co největší využití strojů a lidí.

**Čas cyklu je minimálně maximum z časů, které výrobek stráví na jednom pracovišti.**

**Čas cyklu je maximálně součet všech časů operací potřebných ke zhotovení výrobku.**

$$„Kapacita linky = \text{pracovní doba (minuty)} / \text{čas cyklu (minuty)}“ [2]$$

Pokud ve výrobní praxi určuje čas cyklu požadovaný výstup (např. počet výrobků), pak se vychází z výpočtu:

$$„\text{Čas cyklu (minut/ks)} = \text{časový fond (minuty)} / \text{očekávaný výstup (ks)}“ [2]$$

kde čas cyklu musí náležet mezím minimum-maximum, pokud nezapadne mezi výše definované meze, musí se zrevidovat rozsah zakázek, nebo kapacita výroby pomocí počtu pracovišť.

$$\text{„Teor. minimum počtu pracovišť} = (\text{očekávaný výstup} * \text{celkový součet operačních časů}) / \text{pracovní doba} \text{“ [2]}$$

Cílem synchronizace linky je samozřejmě co minimalizovat ztrátové časy.

$$\text{„Ztrátový čas / pracoviště} = \text{čas cyklu} - \text{operační čas na pracoviště} \text{“ [2]}$$

$$\text{„Ztrátové časy linky} = \text{celkový čas ztrát linky} / (\text{počet pracovišť} * \text{čas cyklu}) \text{“ [2]}$$

Převedením na procenta získáme celkové procento ztrátových časů linky.

V případech, že jsou jednotlivé pracovní časy velice nevyvážené, může být řešením sloučit některé operace, pokud je to technologicky možné. V případech, kdy je požadováno například zvýšení/snížení kapacity, lze operovat s počtem pracovišť, které vykonávají stejnou činnost nebo počtem přiřazených pracovníků, či směnností. [2]

### 3.4 Prostorové uspořádání výrobního procesu

Ve výrobním závodu máme k dispozici omezený počet pracovních ploch nebo omezenou pracovní plochu, tudíž je nutno plochu efektivně a vhodně využít. Některá pracoviště by u sebe měla být co nejbližší kvůli menšímu materiálovému toku a některá zase co nejdále, například kvůli bezpečnosti práce apod. Na uspořádání pracovišť má vliv mnoho dalších věcí jako je umístění skladů, vzdálenost ramp, okna, odvětrávání apod. V analýzách je důležité počítat s možnými vysokými náklady na případnou přestavbu pracovišť nebo celých výrobních hal. [2]

Jednoduchou metodou v případě, že se snažíme minimalizovat materiálový tok je maticová metoda, kdy známe vzdálenosti mezi pracovišti a počet přepravovaných výrobků.

Vzdálenosti pracovních míst			
	A	B	C
A	-	X12	X13
B	X21	-	X23
C	X31	X32	-

Výrobní dávky mezi pracovišti			
	A	B	C
A	-	Y12	Y13
B	Y21	-	Y23
C	Y31	Y32	-

**Tabulka 2.: Přehled vzdáleností pracovních míst a příslušných výrobních dávek [2-Vlastní zpracování]**

Jelikož přepravní vzdálenosti mezi pracovišti by se neměly lišit (nýbrž může se to stát, především pokud bychom počítali např. toky mezi továrnami nebo jednotlivými halami), tak dále počítám s tím, že  $X_{12}=X_{21}$ ;  $X_{12}=X_{31}$  a  $X_{32}=X_{23}$ . Ovšem počty přepravovaných kusů „Y“ se samozřejmě lišit mohou a budu dále počítat i se zpětnou přepravou, to znamená, že výrobek se může pohybovat jak z místa A na B, tak také zpět z místa B na A, a to v jiném množství. [2]

Pro zpřehlednění situace a celkový výpočet toku, vytvoříme další tabulku:

Pracoviště	Vzdálenosti	Přepravované množství	Tok (přepr. množství*vzdálenost)	Součty
A → B	$X_{12} (=X_{21})$	Y <sub>12</sub>	$X_{12}*Y_{12}$	$X_{12}*(Y_{12}+Y_{21})$
B → A	$X_{12} (=X_{21})$	Y <sub>21</sub>	$X_{12}*Y_{21}$	
B → C	$X_{23} (=X_{32})$	Y <sub>23</sub>	$X_{23}*Y_{23}$	$X_{23}*(Y_{23}+Y_{32})$
C → B	$X_{23} (=X_{32})$	Y <sub>32</sub>	$X_{23}*Y_{32}$	
A → C	$X_{13} (=X_{31})$	Y <sub>13</sub>	$X_{13}*Y_{13}$	$Y_{13}*(Y_{13}+Y_{31})$
C → A	$X_{13} (=X_{31})$	Y <sub>31</sub>	$X_{13}*Y_{31}$	

**Tabulka 3.: Výpočet přepravního toku mezi pracovišti [2-Vlastní zpracování]**

Z tabulky výše nás zajímá především poslední sloupec, který nám ukazuje kritický součet součinů. Práce tato čísla se snažíme minimalizovat.

Při projektu racionalizace pracoviště (či projektování zcela nových hal) je nutno dle Richarda Muthera vzít v potaz nejenom vzdálenosti a materiálový tok mezi jednotlivými pracovišti, ale i další následující aspekty:

- Zajištění hladkého výrobního toku
- Možné užívání stejného zařízení několika pracovištím
- Možné využívání stejných pracovníků na více pracovištích
- Snadný tok informací a komunikace
- Zamezení záporného ovlivnění pracovního výkonu
- Zamezení záporného ovlivnění v oblasti BOZP či hygieny práce

Při řešení prostorových dispozic výrobních systémů a výrobních toků se dnes samozřejmě už většinou používají počítačové simulace či speciální software. [2]

## 4 Value stream mapping (Mapování hodnotového toku)

Mapování hodnotového toku (v překl. Value stream mapping) je jednou z metod, kterou využívá štíhlá výroba. Hodnotový tok je vyjádřením veškerých událostí a procesů, které vychází z přeměny původních zdrojů na výrobek či produkt požadovaný zákazníky. Tok hodnot je veškeré dění, ať už se jedná o kroky přidávající hodnotu nebo nepřidávající hodnotu, v současné době nutné k tomu, aby výrobek prošel hlavním výrobním tokem od suroviny až po náruč zákazníka, což je právě oblast, kde většina podniků usiluje o zavedení štíhlých metod. Hodnotový tok se dělí na dva proudy, a to na transformační a informační. Transformační tok je přímo přeměna materiálů na výrobky, kdežto do toku informačního patří například objednávky apod.

Na hodnotu lze pohlížet jako na poměr mezi užitnými vlastnosti a náklady (z hlediska zákazníka cenou). Velmi jednoduše matematicky vyjádřeno níže:

$$\text{Hodnota} = \text{užitné vlastnosti} / \text{náklady}$$

Vzorec výše je velmi známý například pod zákaznickým slangovým zhodnocením: „cena versus výkon“.

### 4.1 Hlavní cíle VSM

Výstupem metody VSM by měl být ucelený pohled na hodnotový tok sledovaného výrobku či výrobkové rodiny. Při mapování daného výrobku přímo ve výrobě nebo na pracovištích odhalíme možné ztráty, úzká místa a důvody možného neefektivního toku v procesech, na pracovištích, v systému nebo i skladech. Mapa toku hodnot je nástrojem vizuálním, často slouží k hlubšímu pochopení celého toku produktu skrz výrobou s návazností na systém řízení a plánování výroby, kapacitu průtoku, procesy a výši zásob s ohledem na požadavek zákazníka. Cílem mapování toku hodnot je navrhnout budoucí co nejoptimálnější stav tvorby produktu bez plýtvání. [16]

**Mapování toku hodnot se obvykle používá:**

- při analýze výrobních i nevýrobních procesů, kdy chceme zjistit průběžnou dobu výroby/realizace daného výrobku či zakázky, index přidané hodnoty či reálný stav současného stavu,
- u výrobku, jehož výroba se zavádí,
- u výrobku, u kterého se plánují změny,



- při návrhu nových procesů,
- při novém způsobu rozvrhování výroby

### **Hlavní požadované výstupy**

Mezi hlavní výstupy mapování toku hodnot patří následující:

- hodnota VA indexu (Value added index) – poměr celkové doby, za kterou je produktu přidávaná hodnota k celkové průběžné době, po kterou produkt vzniká. Index se udává v procentech.
- informace o velikosti a stavu rozpracovanosti,
- procesní časy,
- množství "meziskladů" a jejich řízení

### **Hlavní přínosy VSM**

Při dodržení podmínek a předpokladů pro využití Value Stream Mapping, tato metoda může přinést podniku řadu přínosů, jsou to například:

- optimalizaci materiálového toku,
- nalezení nedostatků a potenciálu ke zlepšení,
- snadnější pochopení návaznosti procesů z hlediska kapacit a stavu zásob,
- zmapování aktuálního stavu ve výrobě,
- snížení rozpracované výroby,
- redukci průběžné doby výroby o 20 – 40%,
- vizualizaci dat (současný stav), hledá se nejdelší operace, která nepřináší hodnotu v toku materiálu a informací a dochází k přetvoření současného stavu na stav budoucí.

## **4.2 Průběžná doba výroby**

Průběžná doba výrobku je základním výkonovým ukazatelem podniku. Pojmem průběžná doba výrobku označujeme časový interval, který začíná okamžikem, ve kterém zákazník uplatní svůj požadavek na výrobek až po dodání výrobku zákazníkovi. Průběžná doba výrobku se skládá z: [17]

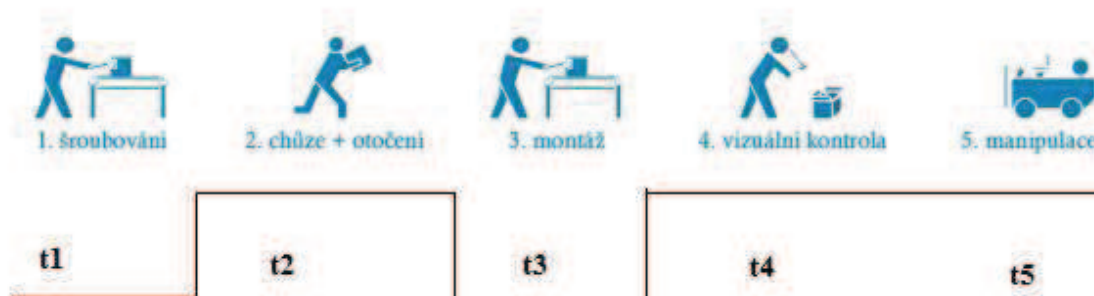
- **Průběžné doby přípravy výroby produktu** - výrobu jako proces tvorby nových materiálových hodnot musíme co nejlépe naplánovat, aby v průběhu samotné výroby nedocházelo ke zdržování z důvodu nejasnosti průběhu výrobního procesu.

- **Průběžné doby výroby** - je učená především časovou strukturou výroby, o které vypovídá výrobní postup. Celková průběžná doba výrobní zakázky ve výrobě se sériově nebo paralelně skládá z průběžných dob jednotlivých komponent (výrobků) výrobní zakázky.

Průběžná doba jednotlivých komponent výrobní zakázky se také skládá z menších částí jako: [17]

1. čas čekání před opracováním (pracoviště je obsazeno)
2. čas dopravy (mezi jednotlivými pracovišti)
3. čas seřizování (stroje)
4. čas čekání po opracování
5. čas samotného zpracování

Na obrázku níže je vidět příklad výrobního procesu ve firmě. Každá operace má přiřazen čas t1 až t5.



**Obrázek 11.: Znázornění přidávání hodnoty v jednoduchém výrobním procesu [16]**

Pokud vycházíme z principu přidávání hodnoty dle teorie lean manufacturing, tak dojdeme k závěru, že hodnotu vytváříme pouze v operaci 1 a 3. Celková průběžná doba výroby by v tomto případě ovšem byla součet všech časů t1-.. t5.

Pokud bychom chtěli spočítat VA-index (viz. Kapitola 2.2), tak dojdeme k následujícímu jednoduchému vztahu:

$$\text{VA-index} = \frac{t1+t3}{t1+t2+t3+t4+t5} \cdot 100$$

Výsledkem bude jakou dobu z celkové doby výroby je produktu přidávána hodnota (v procentech).

### 4.3 Postup při mapování toku hodnot

Mapování toku hodnot se skládá ze základních čtyř částí, které jsou znázorněny na obrázku níže:

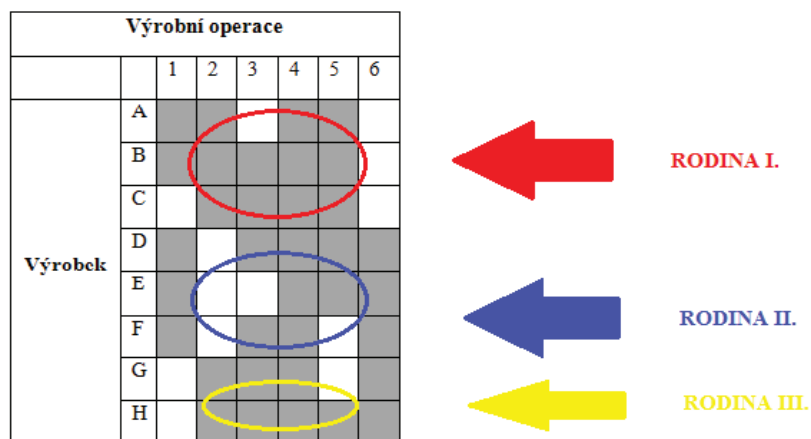


Obrázek 12.: Základní postup mapování toku hodnot [16-Vlastní zpracování]

Jako pátý krok by mohlo být vybrat vhodný realizační tým, ale to zde nebudu uvažovat, přestože výběr realizačního týmu je zásadní pro úspěch zavedení jakýchkoli změn směřujícím k zavedení štíhlé výroby. [16]

#### 4.3.1 Výběr reprezentantů jednotlivých výrobních rodin

Pro použití VSM mapy je velmi důležité si vybrat produkt, který reprezentuje požadovanou výrobní řadu, a to především z hlediska technologického, to znamená, že prochází podobnými výrobními operacemi. Často ovšem bývá problém rodiny a jejich reprezentanty určit. Pomocí nám může velmi známá ABC analýza.



Obrázek 13.: Určení výrobních rodin pomocí ABC analýzy [Vlastní zpracování]

Výrobek či výrobková řada může být určena i podle více kritérií například dle prioritního zákazníka, nejvyšší procento na výrobě, či zavedení nového produktu.

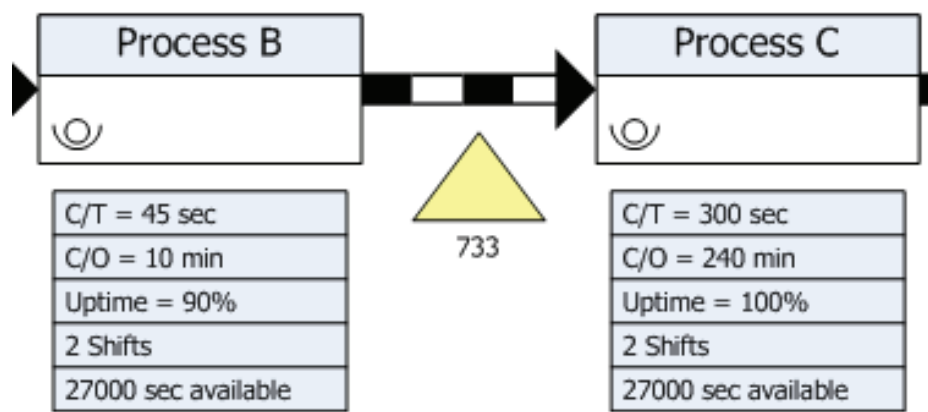
#### 4.4 Znázornění současného stavu

Tvorba mapy toku hodnot začíná od zákazníka a směřuje proti toku k dodavateli. Mapa toku současného stavu se vytváří přímo ve výrobě. Začíná se na expedici, kde se zjistí stav zásob a pokračuje se zaznamenáváním zásob, parametrů výrobního procesu a veškerých nedostatků nebo jakýchkoliv poznatků mezi procesy až směrem k vstupnímu materiálu. Zmapovaný stav by měl představovat reálný obraz stavu výroby k danému časovému okamžiku.

Od cíle mapování se odvíjí, které parametry výrobního procesu budou sledovány. Tato data budou sloužit jako podklad při posuzování stávajícího stavu a navrhování stavu budoucího. [18]

Pro jednotlivé výrobní operace provozu jsou naměřeny následující informace.

- cyklový čas (C/T Cycle Time) – standardizovaný čas potřebný pro vykonání operace (výroby jednoho kusu) strojem nebo pracovníkem,
- čas na přestavbu (C/O Change Over Time) – čas potřebný pro přetypování stroje z jednoho typu výrobku na další,
- disponibilita = užitná doba zařízení – stanovený fond denní pracovní doby, po kterou by mělo zařízení či pracovník pracovat,
- velikost dávky – velikost výrobní dávky (VD), velikost transportní dávky (TD),
- směnnost – ranní, odpolední a noční směna. [18]



Obrázek 14: Informační tabulka procesu [18]

Dalším krokem mapování je označení základních výrobních procesů. Na zakreslení procesu se používá ikona výrobního procesu. Výrobní procesy představují samostatné oblasti toku materiálu. Zakreslování každého jednotlivého kroku výrobního postupu by snižovalo přehlednost a výpovědní hodnotu mapy, proto výrobní proces končí všude tam, kde jsou procesy oddělené a tok materiálu se zastavuje.

Při průběhu mapování jednotlivých procesů se zapisují stavy zásob analyzovaného výrobku na jednotlivých pracovištích. Jedná se o zásoby ve skladech a různých místech uložení před následujícím procesem.

Do mapy se dále musí zakreslit informační tok. Informační tok představuje rovná šipka. Obměna této značky je šipka ve tvaru blesku, která označuje, že informace nejsou odevzdané na papíře, ale v elektronické podobě. Informační tok se kreslí ve směru zprava doleva do horní poloviny mapy.

Oddělení řízení výroby se zakreslí jako samostatný proces. Řízení výroby shromažďuje informace od zákazníků. Ověřuje je, zpracovává a nakonec posílá každému výrobnímu procesu, konkrétně instrukce, které specifikují, co se má kdy vyrobit. [19]

Při pohledu na mapu současného stavu můžeme vidět základní strukturu toku hodnoty. Jde o fyzický tok výrobků ve směru zleva doprava, který je umístěný ve spodní části mapy a tok informací související s výrobkem směřujícím zprava doleva, nacházející se v horní části.

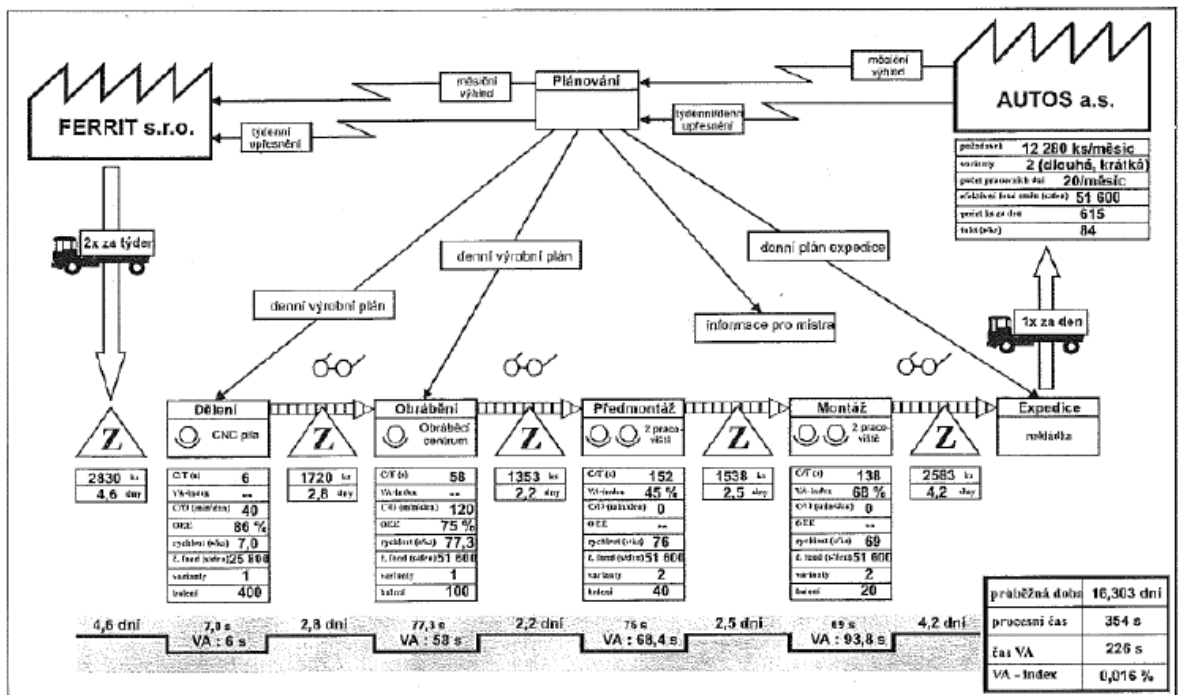
Na základě údajů z pozorování současného stavu se do spodní části mapy se zakreslí VA linka. Tato linka znázorňuje časy přidávající hodnotu v podobě cyklových časů (to jsou časy v horní linii) a časy nepřidávající hodnotu jako výši zásob přepočítanou na dny (hodnoty na spodní linii). Tyto hodnoty jsou sečteny sumarizovány jako VA index. [19]

### **Postup při tvorbě VSM mapy**

Postup tvorby mapy současného stavu je následující [20]:

- 1) Vybrat reprezentativní hodnotový tok,
- 2) nákres hrubé skici procesu,
- 3) příprava formulářů pro zaznamenání dat,
- 4) zjištění a zapsání, vypočtení základních údajů o zákazníkovi (požadavky na dodávky, takt, denní potřeba, směnnost apod.),

- 5) zaznamenání základních údajů o procesu a operacích přímo na gembě (cyklové časy, OEE, časový fond apod.),
- 6) zmapování stavu rozpracované výroby v procesech a velikost zásob v místech skladování,
- 7) přepočítání velikosti zásob podle denní potřeby zákazníka,
- 8) zakreslení ikony zákazníka a uvedení zjištěných údajů do tabulky dat,
- 9) zakreslení ikony externího dodavatele,
- 10) pomocí ikon pro výrobní proces a tabulek dat popsat sled pracovních kroků v podniku včetně dodavatele,
- 11) dokreslení materiálových toků a ikon skladů s údajem o velikosti zásob,
- 12) zakreslení externího transportu,
- 13) zakreslení informačních toků od zákazníka přes podnik až k dodavateli, zachycení systému a formy plánování,
- 14) zakreslení VA- linky,
- 15) vypočítat základní údaje o hodnotovém toku :
  - celková průběžná doba výroby ve dnech,
  - celkový procesní čas,
  - čas přidávání hodnoty,
  - VA - index= čas přidávání hodnoty/celkový průběžný čas.



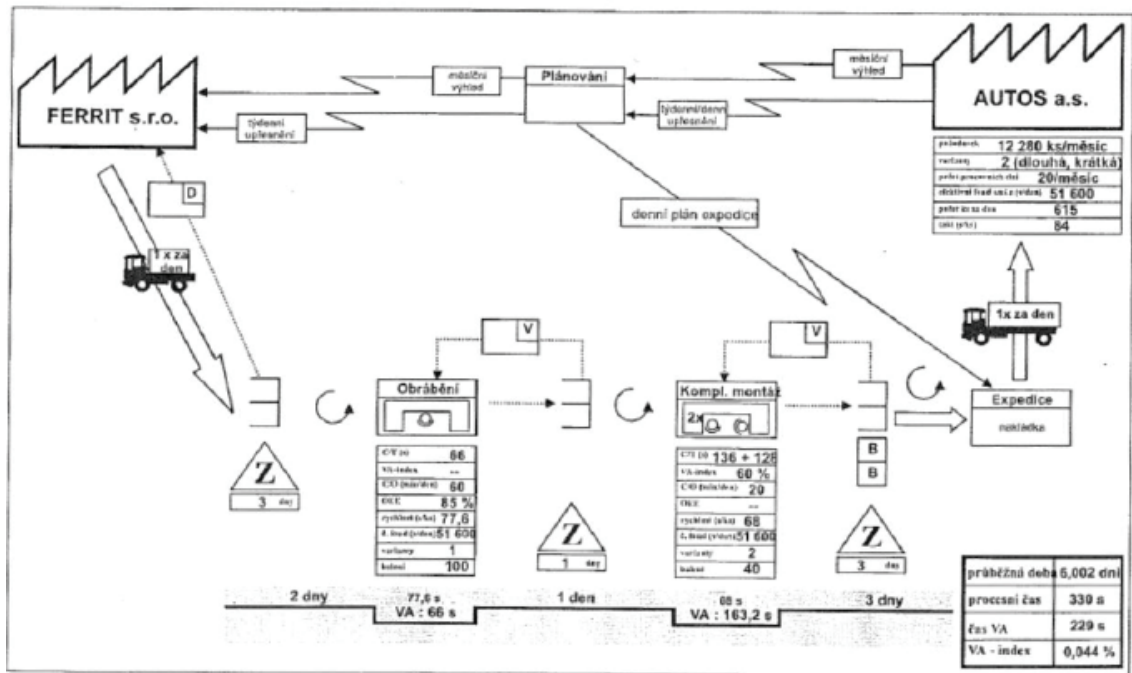
Obrázek 15: Příklad obrazení současného stavu na VSM mapě [21]

## 4.5 Tvorba mapy budoucího stavu

Formálním nástrojem pro zaznamenání potenciálních zlepšení je mapa budoucího stavu. Při její tvorbě se postupuje tímto způsobem [21]:

- 1) provedeme revizi mapy současného stavu,
- 2) nakreslí se ikony pro příležitosti ke zlepšení do mapy současného stavu,
- 3) navrhujeme možná zlepšení v oblasti operací, materiálových a informačních toků,
- 4) do pravého rohu mapy budoucího stavu nakreslíme ikonu pro externího zákazníka a do tabulky zaznamenáme potřebné údaje,
- 5) zakreslíme ikonu dodavatele,
- 6) pomocí ikon pro výrobní proces a tabulek dat popíšeme zleva doprava nový sled procesních kroků v podniku včetně dodavatele a uvedeme potřebné (navrhované) údaje,
- 7) dokreslíme materiálové toky a ikony skladů s údajem o plánované velikosti zásob ve dnech,
- 8) dokreslíme navrhovanou formu externího transportu,
- 9) dokreslíme systém a nové formy plánování (informačních toků od zákazníka, přes podnik až k externímu dodavateli),
- 10) do spodní části mapy nakreslíme VA – linku,
- 11) vypočteme základní údaje charakterizující nový návrh toků:
  - celkovou průběžnou dobu ve dnech,
  - celkový procesní čas,
  - čas přidávání hodnoty,
  - VA-index,
- 12) provedeme porovnání současného a budoucího stavu pomocí uvedených parametrů i jiných údajů (velikost zásob, obrátka zásob, rozpracovanost výroby, apod.),
- 13) provedeme revizi mapy a sestavíme akční plán.

Mapa budoucího stavu vychází s mapy předchozí a je na obrázku níže:



Obrázek 16: Příklad znázornění budoucího stavu ve VSM mapě [21]

Ve většině případů není možné implementovat budoucí stav na jeden krát (záleží na schopnostech a čase členů řešitelského týmu, resp. Value stream manažera). Je důležité mít na paměti, že dosažení budoucího stavu nemůže být chápáno jako zavedení série několika technik štihlé výroby, ale jako proces zavádění plynulého toku pro vybrané výrobní skupiny.



## **5 Analýza současného stavu ve firmě Latecoere Czech Republic**

### **5.1 Představení firmy**

Společnost LATECOERE Czech Republic historicky navazuje na firmu Letov, která je nejstarším leteckým výrobcem v České republice - byla založena v roce 1918 Ministerstvem obrany jako podnik na opravu letounů, které československé letectvo získalo po 1. světové válce. Jako první z mnoha zkonstruovaných a vyrobených strojů vzlétl již v roce 1921 první československý stíhací letoun Letov Š1, zkonstruovaný konstruktérem Aloisem Šmolíkem.

V průběhu 20. a 30. let firma Letov vyvinula a vyráběla více než 50 typů letadel všech kategorií.

V období po druhé světové válce na počátku 50. let byla v Letově zahájena licenční výroba a montáž křidel a zadních částí trupu sovětských stíhacích letounů MiG-15. Konečná montáž těchto letadel však již probíhala v novém závodě Aero Vodochody. Po MiGu-15 následovala výroba křidel a zadních částí trupu letounů MiG-19 a MiG-21.

Počátkem 60. let zahájil Letov ve spolupráci s Aerem Vodochody vývoj a výrobu křídla a zadní části trupu nového československého cvičného letounu L-29 Delfín. Těchto letadel bylo vyrobeno více než 4000 kusů a Delfín se tak stal nejvíce vyráběným letounem ve své kategorii. Dodnes slouží Delfíny spolehlivě v mnoha letectvech světa.

Na úspěch Delfína navázal počátkem 70. let letoun L-39 Albatros, jehož křídlo a zadní část trupu byly opět vyvinuty a vyráběny v Letově. Albatrosů bylo vyrobeno více než 2500 kusů a byly dodány do mnoha zemí světa. Tyto letouny jsou mimo jiné velmi často využívány významnými předváděcími akrobatickými skupinami jako například francouzský Breitling Jet Team nebo litevská skupina Balic Bees Jet Team. Následně se Letov podílel na vývoji a výrobě letounu L 159 Alca.

Po politických změnách v Československu a celém bývalém východním bloku na počátku 90. let zahájil Letov úspěšnou spolupráci s německým leteckým průmyslem a od roku 1991 dodával díly a podsestavy nouzových dveří pro letouny Airbus A 321.

V roce 1997 došlo k zásadní restrukturalizaci firmy Letov. Z divize letecké výroby byla vytvořena dceřiná společnost LETOV LETECKÁ VÝROBA a.s., která převzala odpovědnost za výrobní program Airbus A 321.

V roce 2000 se společnost LETOV LETECKÁ VÝROBA stala součástí Groupe LATECOERE s právní subjektivitou jako LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. V letech 2000- 2006 investovala společnost s podporou Groupe LATECOERE významné částky do modernizace výrobních technologií a navýšení výrobních kapacit. Největšími investičními akcemi byla výstavba 3 nových montážních hal, nové linky povrchových ochranných, nákup CNC obráběcích strojů, výrobních zařízení pro výrobu dílů z kompozitních materiálů a kontrolní měřicí techniky navazující na jednotlivé výrobní procesy.

Následně společnost v rámci koncernové příslušnosti převzala název LATECOERE Czech Republic s.r.o, pod nímž funguje i nyní. V současné době společnost vyrábí a dodává své produkty významným světovým výrobcům letadel a to firmám Airbus, Embraer, Boeing a Dassault. V nynější době nejvýznamnějším zákazníkem české pobočky bude právě Airbus a je pravděpodobné, že jeho důležitost a podíl na celkové výrobě bude stále růst. Toto se ovšem týká pouze české pobočky a vyplývá to ze strategických rozhodnutí vedení celého koncernu.

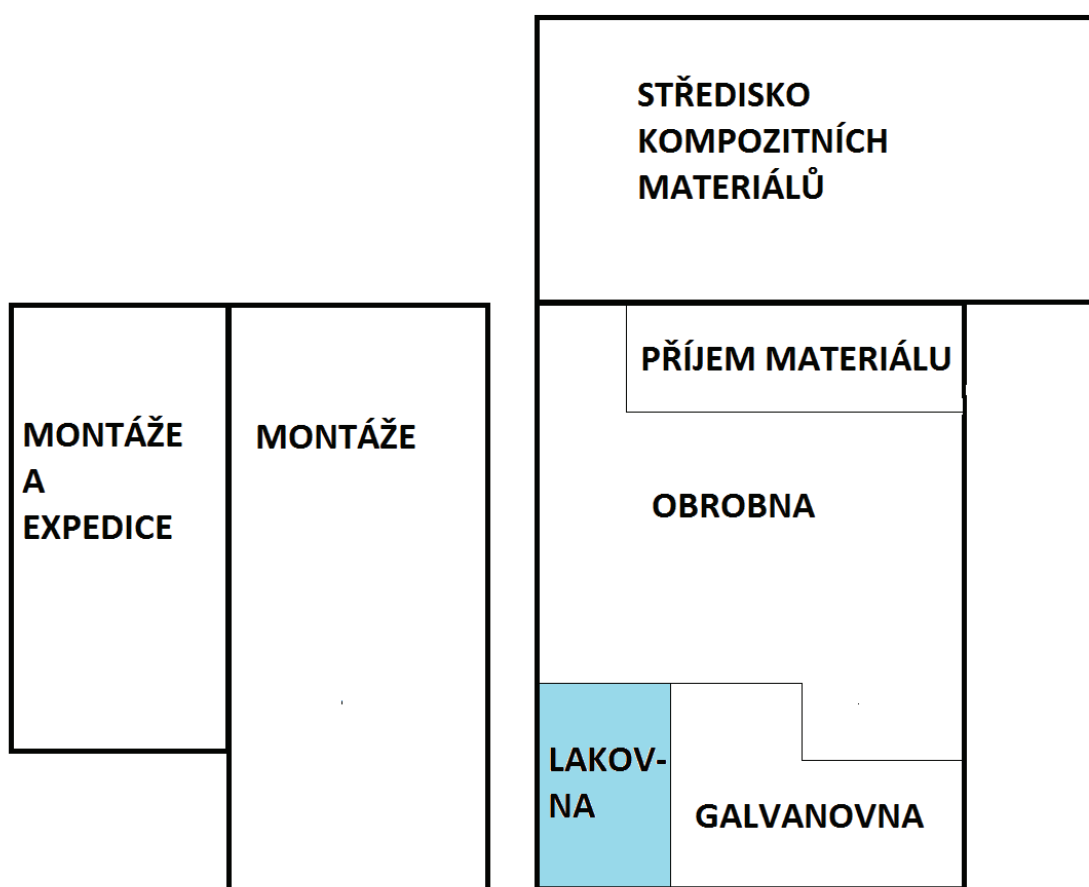
Část produkce je dodávána k finalizaci do mateřské společnosti sídlící ve francouzském Toulouse a další významná část produkce je dodávána přímo na montážní linky finálním zákazníkům.

LATECOERE Czech Republic s.r.o. disponuje mnoha pokročilými moderními technologiemi nutnými pro zajištění výroby a technické kontroly produktů s vysokými nároky na přesnost, spolehlivost a bezpečnost, což jsou klíčové předpoklady pro díly a vyšší montážní celky používané v leteckém průmyslu. Všechny výrobní a kontrolní procesy jsou nastaveny striktně dle požadavků finálních zákazníků a jsou těmito zákazníky také kvalifikovány.

Ve své diplomové práci budu řešit problematiku na pracovišti lakovny, která je podrobněji popsána v kapitolách níže.

**Z hlediska struktury výrobních technologií lze hovořit o těchto hlavních výrobních úsecích:**

- Úsek výroby kovových dílů – obrobna, výroba přípravků a zámečnická dílna
- Úsek výroby kovových dílů – povrchové úpravy (galvanovna, lakovna, neutralizační stanice a NDT kontrola)
- Úsek finálních montáží
- Úsek zaměřený na výrobu dílů z kompozitních materiálů včetně výroby montážních podsestav obsahujících kompozitní díly



**Obrázek 17: Schéma výrobních hal**

Nyní má společnost Latecoere Czech Republic přibližně 900 zaměstnanců a disponuje 2 výrobními halami v pražských Letňanech a odloučeným pracovištěm ve Zdíbech. Společnost se zabývá především výrobou sestav pasažérských dveří do letadel. Výrobní kapacita je přibližně 1400 dveří ročně. Dveře se skládají přibližně ze šestiset

dílů (pokud jako jednotlivé díl nezapočítávám i nýty) a většina z nich je vyráběna přímo zde ve firmě, kde se také kompletují na montážích.



**Obrázek 18: Výsledný produkt - pasažérské letadlové dveře (skupina Airbus)**



**Obrázek 19: Výsledný produkt - letadlové dveře do kabiny (skupina Embraer)**

## **5.2 Popis problematiky na pracovišti lakovna**

V praktické části své diplomové práci se budu zabírat především stavem výroby na lakovně. Lakovna je pro společnost úzkým místem z důvodu nedostatečných výrobních kapacit, které částečně vyplývají z nedostatečných prostorových kapacit a částečně z historicky nevhodně utvořeného uspořádání výroby. Proto je velmi důležité v první řadě zmapování výrobních toků a následně navrhnout optimalizace jak prostorového uspořádání tak co největší možné snížení zásob v rozpracované výrobě. Zároveň musí být bezvýhradně zachovány technologické postupy a procesy, které jsou předepsané zákazníky. Před procesem lakování musí být ukončeny všechny chemické a galvanické operace.

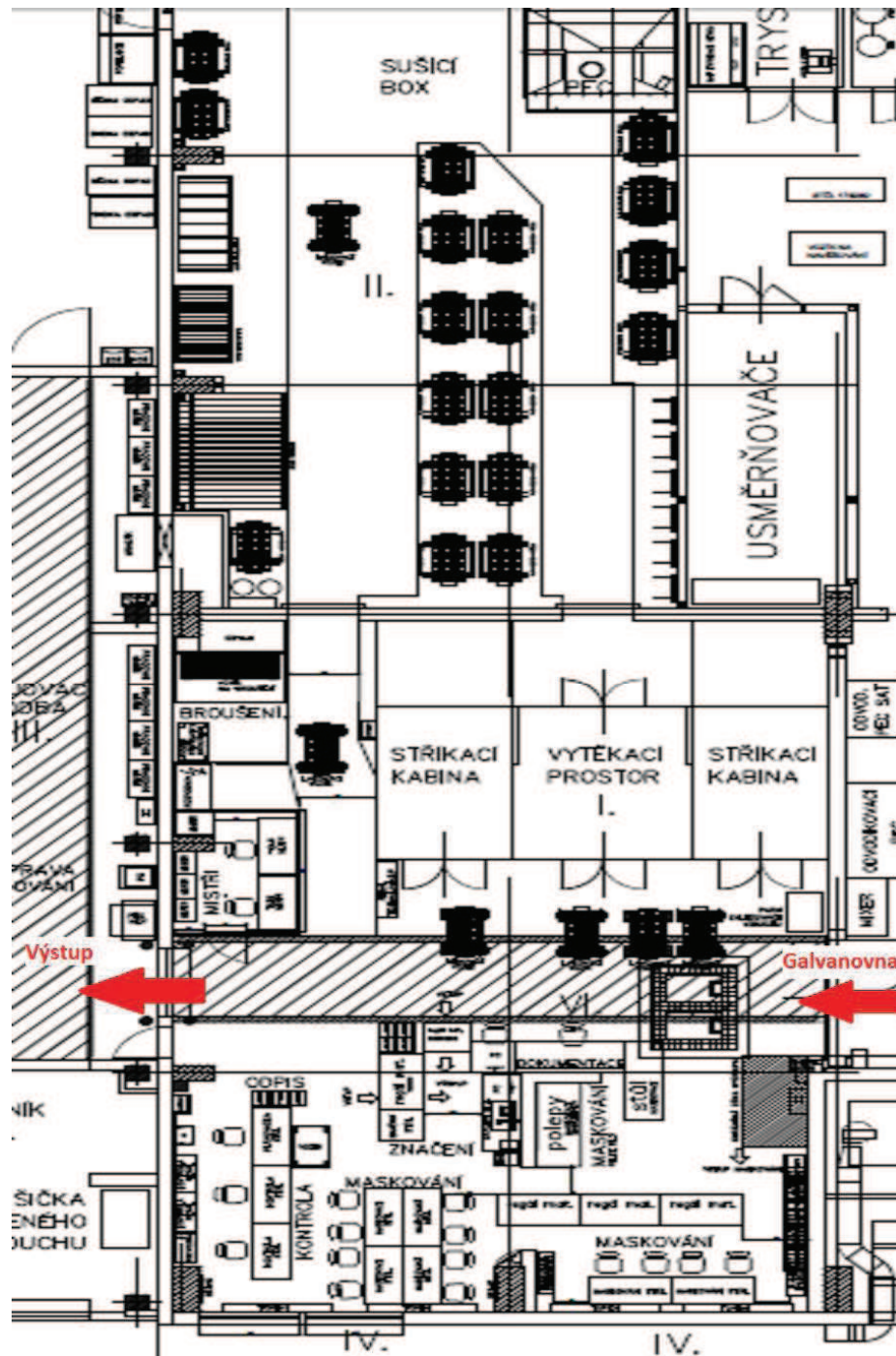
Lakovnou prochází 600 typů výrobků s podobnou technologií výroby (na lakovně).

### **Problémy**

- 1) Nedostatečná výrobní kapacita (uvažování o investicích, např. pec)**
- 2) Příliš dlouhý lead time**
- 3) BOZP a PO (např. spojovací chodba, která zároveň slouží jako úniková chodba, je po většinu času zastavena vozíky s výrobky)**
- 4) Obtížné alokování zakázek**
- 5) Problém hlídání prioritních zakázek**
- 6) Problémy s chemickou legislativou – expoziční limity**
- 7) Velké množství neshodných výrobků (zmetků)**

## 5.2 Nynější uspořádání lakovny

Na lakovně se nachází vstup z galvanovny a výstup (odbyt výrobků) dále dvě lakovací kabiny – pro ruční lakování, vytěkáci prostor mezi lakovacími kabinami, mistrovna, sušící box, brusná kabina, maskovací stoly, zapravovací stoly, kontrola, technologický stůl s regálem na vadné či sporné výrobky, regál s materiálem pro maskování, regál s výrobky pro zapravování, odpisový stůl s PC, značící stůl.



Obrázek 20: Schéma lakovny [23]

### 5.3 Popis výrobních procesů na lakovně

**Maskování** – Části dílů, které je nutno před lakováním dle výrobních instrukcí chránit před nanesením nátěrové hmoty, je nutno maskovat. Maskování se provádí za pomoci speciálních lepicích pásek, maskování vnitřních průměrů se provádí většinou pomocí gumových zátek. Při maskování členitých ploch se používají speciální přípravky k tomu určené.

**Lakování základ** – V našem případě ruční nástřik základové barvy na předepsanou tloušťku vrstvy, které provádí lakýrník ve stříkacích boxech. (Většinou je lakování nutno provádět 2x tedy z obou stran po zaschnutí té první.)

**Lakování vrch** - V našem případě ruční nástřik vrchní barvy na předepsanou tloušťku vrstvy, které provádí lakýrník ve stříkacích boxech. (Většinou je lakování nutno provádět 2x tedy z obou stran po zaschnutí té první.). Zvláštní pozornost je nutno věnovat tomu, zda byly splněny požadované časové limity po nanášení základové hmoty (nebo zda naopak není základová barva „přezrálá“ – v takovém případě je nutno provést aktivaci základní nátěrové hmoty).

**Sušení v sušárně** – Proces, kdy výrobky leží na sítích v sušárně při teplotě cca 38°C. Jedná se o dobu danou výrobním postupem. Při zasychání nátěrů je nutno dodržet stanovené minimální a maximální délky zasychání pro každou barvu při určené teplotě. Délky zasychání u jednotlivých barev se liší.

**Sušení v peci** – Proces, kdy barva zasychá v peci o teplotě okolo 80°C. Tento proces je rychlejší než v sušení v sušárně (cca o X procent). Kapacita pece je však omezena, tudíž se využívá převážně na přednostní zakázky. Při zasychání nátěrů je opět nutno dodržet stanovené minimální a maximální délky zasychání pro každou barvu při určené teplotě.

**Odmaskování** – Operace, kdy jsou z výrobků snímány maskovací polepy a vyndávány maskovací zátky. Pokud na výrobku zbydou stopy lepidel, je nutno je očistit stanoveným rozpouštědlem. Při tomto procesu často dochází k drobnému odloupení barvy v okolí sundávané ochrany, a proto je nutno tyto „vady“ opravit.

**Zapravování** – je proces, kdy jsou „vady“ po předchozím odmaskování zatírány ručně štětcem.

**Značení** – Umísťování štítku s informacemi o dodávce/dílu. Značení se realizuje buď pomocí závěsných štítků, nebo pomocí samolepicích folií.

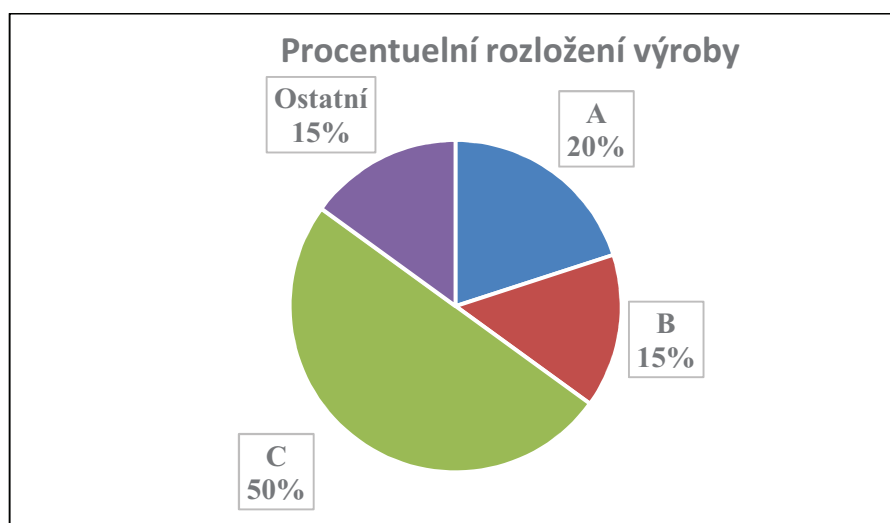
## 5.4 Specifikace výrobních rodin

Jelikož lakovnou prochází velké množství druhů výrobků, musela jsem pro zmapování výrobky rozdělit do několika rodin. Rodiny výrobků jsem rozčlenila dle podobného nebo stejného technologického postupu dle ABC Analýzy, kterou jsem popisovala v teoretické části. Za každou rodinu byl vybrán jeden reprezentativní zástupce, jehož jednotlivé doby trvání jednotlivých operací, velikost a počet druhů v dávce odpovídají přibližně běžným hodnotám výše uvedených charakteristik celé rodiny výrobků. V tabulce je již vidět pouze technologické operace vybraných rodin. Z důvodů ohromného množství typů výrobků (jedná se řádově o stovky) nebylo možné do mé diplomové práce začlenit klasickou ABC-Analýzu se všemi výrobky.

Rodina	A	B	C
Maskování	■	■	
Lakování základ	■	■	■
Sušení sušárna		■	■
Sušení pec	■		
Lakování vrch	■		■
Sušení sušárna	■		■
Odmaskování	■	■	
Zapravování	■		
Značení	■	■	■
Kontrola a balení	■	■	■

Tabulka 4: Technologické procesy jednotlivých výrobních rodin

V tabulce výše je vidíme, že byly vybrány čtyři výrobní rodiny. Výroba těchto tří rodin pokrývá asi 85% produkce lakovny. Konkrétní rozložení je vidět na grafu níže.



Obrázek 21: Graf rozložení produkce dle počtu zakázek



Dále je nutno podotknout, že všechny produktové rodiny se vyrábějí současně, což činí kapacitní propočty, které následují v pozdějších kapitolách, trochu složitějšími. Jednotlivá procenta jsem zjišťovala z historických dat, které se opíraly o počet zakázek. Jedna zakázka odpovídá přibližně 1-2 přeprávkám, v nichž jsou díly přemísťovány a zároveň přibližně jednomu sítu na sušení v sušárně. Veškeré výrobní časy, které uvádím v podkapitolách níže, pocházejí z interních materiálů, jako jsou výrobní postupy a technologické průvodky. Je nutno také brát v potaz, že časy jsou vždy staženy na celé zakázky, nikoliv na jednotlivé kusy. Jedna zakázka může obsahovat například čtyři složité a pracné díly stejně jako padesát jednoduchých.

#### **5.4.1 Rodina výrobků A – vybraný zástupce**

Výrobní program: Boeing

Reprezentant rodiny: DDT Plechový díl ZP05



**Obrázek 22: Reprezentant rodiny A**

V tabulce níže jsou specifikovány jednotlivé výrobní operace, jimiž produkty ze skupiny „A“ prochází včetně časových dotací na jednotlivé procesy. Doporučené časové operace byly čerpány z interních výrobních postupů a technologických návodek, které jsou ve společnosti aktuálně používány.

Proces	Doba trvání procesu [min]
Maskování	24,4
Lakování základ	38
Sušení sušárna	600
Lakování vrch	82
Sušení sušárna	390
Odmaskování a zapravování	64
Značení	30,4
Kontrola a balení	0,001
Sumace	1228,801

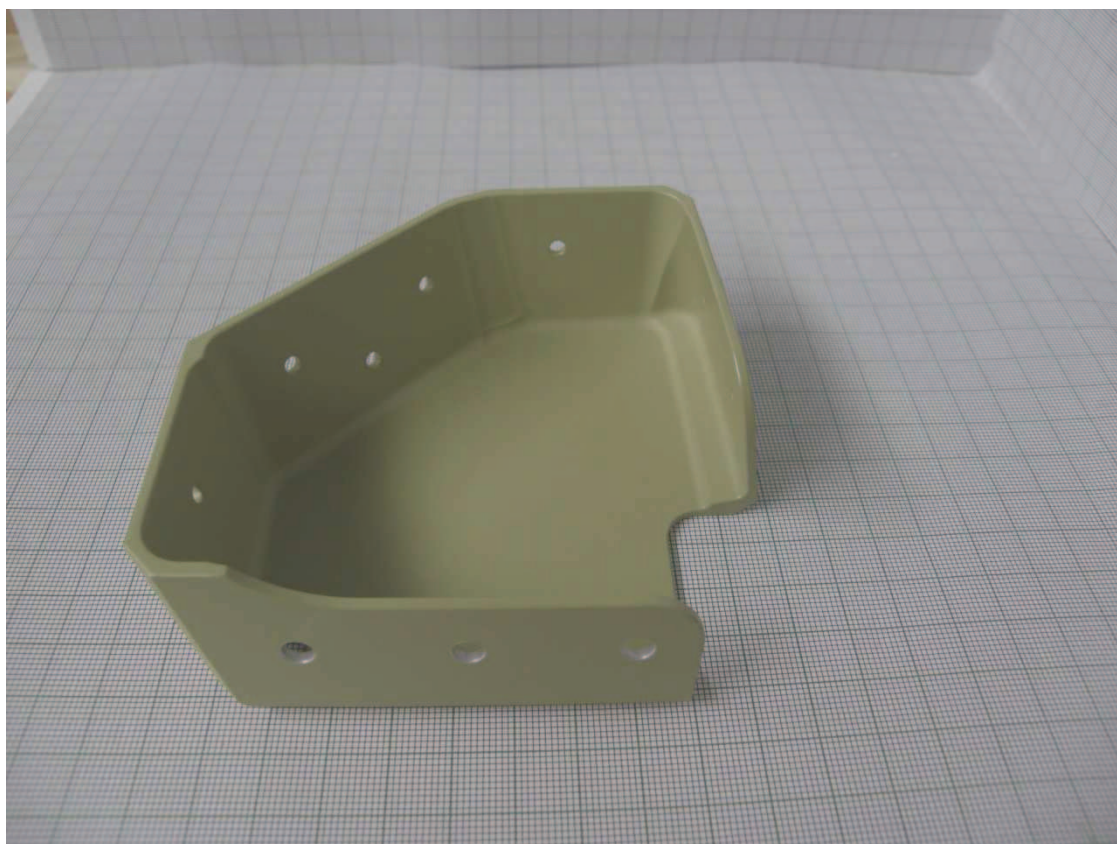
**Obrázek 23: Časová dotace na jednotlivé výrobní operace u rodiny A**

Z tabulky výše lehce vyčteme, že výroba jednoho dílu trvá přibližně **20,5 hodin**. Tato doba by odpovídala přibližně necelým třem směnám lakovny, přesto ve skutečnosti zakázka na lakovně tráví přibližně 5 dní.

#### **5.4.2 Rodina výrobků B – vybraný zástupce**

Výrobní program: Airbus

Reprezentant rodiny: DDT Frézovaný díl A156



**Obrázek 24: Reprezentant rodiny B**

V tabulce níže jsou zobrazeny konkrétné časové dotace pro reprezentanta rodiny B. Tato rodina neprochází vrchním lakováním, proto je časová dotace na lakování vrch a sušení vrch 0 minut. Celková doba zpracování tohoto výrobku na lakovně by měla být přibližně 9 hodin. Jak se přesvědčíme níže, ve skutečnosti je o mnoho procent delší.

Proces	Doba trvání procesu [min]
Maskování	22,2
Lakování základ	64
Sušení sušárna	480
Lakování vrch	0
Sušení sušárna	0
Odmaskování a zapravování	78
Značení	25
Kontrola a balení	0,001
Sumace	669,201

**Obrázek 25: Časové dotace na jednotlivé operace - rodina B**

#### 5.4.3 Rodina výrobků C – vybraný zástupce

Výrobní program: Airbus

Reprezentant rodiny: DDT Titanový díl ZS23



**Obrázek 26: Reprezentant rodiny C**

V tabulce níže jsou uvedeny konkrétní časové dotace na jednotlivé procesy. Skupina výrobků C neprochází operacemi maskování a tudíž ani odmaskování a zapravování. (Na fotce výrobku C je vidět, že otvory ve výrobku jsou nalakované, tudíž nebyly maskovány).

Proces	Doba trvání procesu [min]
Maskování	0
Lakování základ	58
Sušení sušárna	360
Lakování vrch	99,4
Sušení sušárna	480
Odmaskování a zapravování	0
Značení	49,2
Kontrola a balení	0,001
Sumace	1046,601

**Obrázek 27: Časové dotace na výrobní operace u reprezentanta rodiny C**

Reprezentant rodiny C by na lakovně měl strávit přibližně 17,5 hodin, opět se přesvědčíme, že skutečný čas značně převyšuje dobu, kdy je výrobek zpracováván.

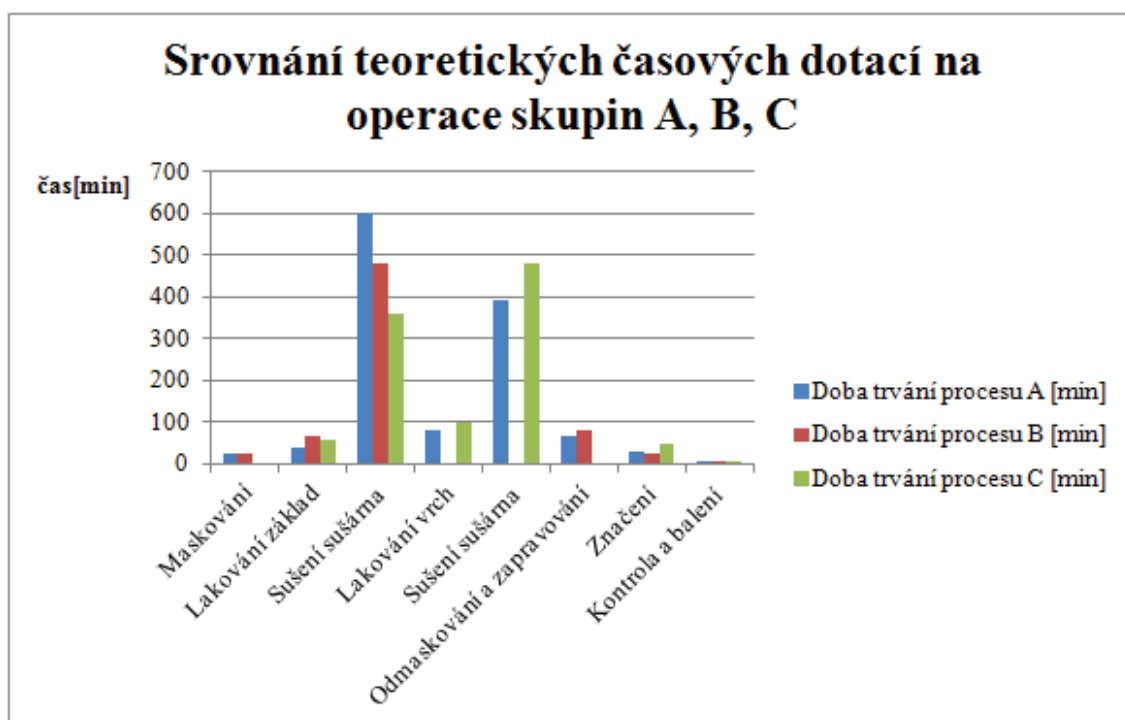
## 5.6 Kapacitní vytížení pracovišť

Při plánování možných kapacit jsem vycházela počtu pracovníků, směnnosti a při plánování pracnosti výrobků teoretických doporučených časů z interních technologických průvodek a výrobních postupů jak jsem již uvedla výše. Jedinou výjimkou je sušárna a sušení, kde bylo nutno počítat s prostorovou kapacitou, nikoli s časovou. Všeobecně jsou prostory sušárny zbytečně velké a sušící proces trvá dlouho. Speciálně problematice sušení se budu věnovat v jedné z následujících kapitol.

Výrobní operace	Počet pracovníků	Směnnost	Délka směny [min]	Disponibilní čas/den
Maskování	3	3	450	4050
Lakování základ	1	3	450	1350
Lakování vrch	1	3	450	1350
Odmaskování a zapravování	4	3	450	5400
Značení	1	1	450	450
Kontrola a balení	1	1	450	450
	<b>Počet sit</b>			
Sušení sušárna	200	3	480	288000

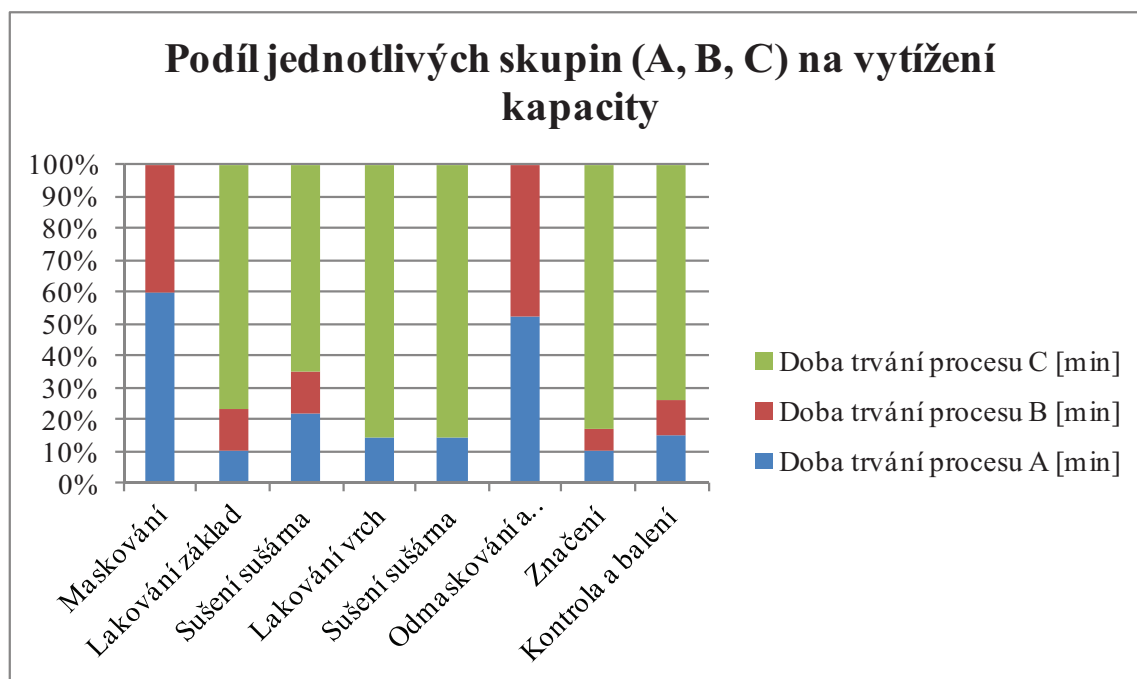
Obrázek 28: Přehled počtu pracovníků a směnnosti

Teoretické časové vytížení jednotlivých pracovišť na jednu zakázku, které vychází z doporučených výrobních časů a zatím není nijak přepočítáno na procento podílů na výrobě, zobrazuje graf níže:



Obrázek 29: Graf srovnání teoretických časových dotací na operace skupin A, B, C

Z grafu je zřejmé, že nejdélejší operací je sušení. Nicméně, jestli je sušárna skutečně úzkým místem, bude zjišťováno později. Na dalším grafu je zobrazeno, v jakém poměru mezi jednotlivými skupinami je využívána dostupná kapacita.



Obrázek 30: Kapacitní vytížení

Důležité při plánování kapacit ovšem je, na kolik procent je dostupná kapacita využívána. V následující tabulce jsem propočítala disponibilní časy a procenta výroby jednotlivých zakázek, procenta podílu na výrobě jsem uvedla v předešlých kapitolách. Výsledkem je poslední sloupec, který udává kolik zakázek celkem je možno vyprodukovat za 1 den (tzn. 3 x 7,5 hodin směny).

Výrobní operace	Disponibilní čas/den	Disponibilní čas pro A	Disponibilní čas pro B	Disponibilní čas pro C	Počet zakázek A/den	Počet zakázek B/den	Počet zakázek C/den	Možný počet zakázek celkem/den
Maskování	4050	1967	1475	0	80,6	66,4	0,0	147,1
Lakování základ	1350	270	202,5	675	7,1	3,2	11,6	21,9
Lakování vrch	1350	385,5	0	761,7	4,7	0,0	7,7	12,4
Odmaskování a zapravování	5400	2622	1967	0	41,0	25,2	0,0	66,2
Značení	1350	270	202,5	675	8,9	8,1	13,7	30,7
Kontrola a balení	450	90	67,5	225	90000	67500	225000	382500
	<b>Disp. kapacita</b>							
Sušení sušárna	288000	57600	43200	144000	58,2	90,0	171,4	319,6

Obrázek 31: Výpočet kapacity jednotlivých pracovišť

Z čísel je vidět značná disproporce. Především je v technologických návodkách naprosto časově podceněná operace kontrola a balení, a to až o tisíce procent. Je možné,

že je to jeden z důvodů, proč se na neshodné výrobky nepříjde při kontrole na lakovně, ale až na montáži. Další velkou disproporcí je kapacita sušárny, která je o mnoho vyšší, než by mohla být. O tomto „problému“ se již ví a částečně je využito tak, že sušárna slouží nějakou dobu jako jakýsi sklad výrobků, které se nestíhají odmaskovat a zapravit. Je to z důvodu nedostatečných skladovacích prostor na lakovně a absence jiného skladu. V budoucnu by ovšem měla být kapacita sušárny omezena a částečně nahrazena sušící pecí, která by proces urychlila.

Čísla, která mi vyšla, jsou relativně reálná, skutečný počet zakázek, které odejdou každý den z lakovny, se pohybuje od 20-35. Ostatní čísla napovídají tomu, že reálně by z lakovny mělo odejít okolo 30 zakázek denně. U pracoviště maskování se ovšem zdá, že nesplňuje kapacitu, kterou by mohlo, dle mého názoru by mělo dojít k personálním přesunům či odebrání směny.

## **5.6 Sušení**

Sušení považuji ve své diplomové práci za proces, to znamená, že při něm dochází k přidávání hodnoty. Za hlavní příčinu nedodržení termínu zakázek považuji skutečnost, že v technologických průvodkách nejsou uvedeny časy sušení a koordinátoři výroby s nimi tudíž nepočítají. Časy sušení jsou zpracovány pouze ve výrobních instrukcích, které nejsou na pracovištích dostupné, a to ještě v nedostatečné kvalitě a ne pro úplně všechny barvy, což operátory vede k improvizaci. Tyto časy jsou doporučeny přímo od výrobců barev. Zde rozhodně vidím příležitost ke zlepšení: zpracovat do technologických průvodek časy zasychání barev a začít s nimi počítat při plánování zakázek.

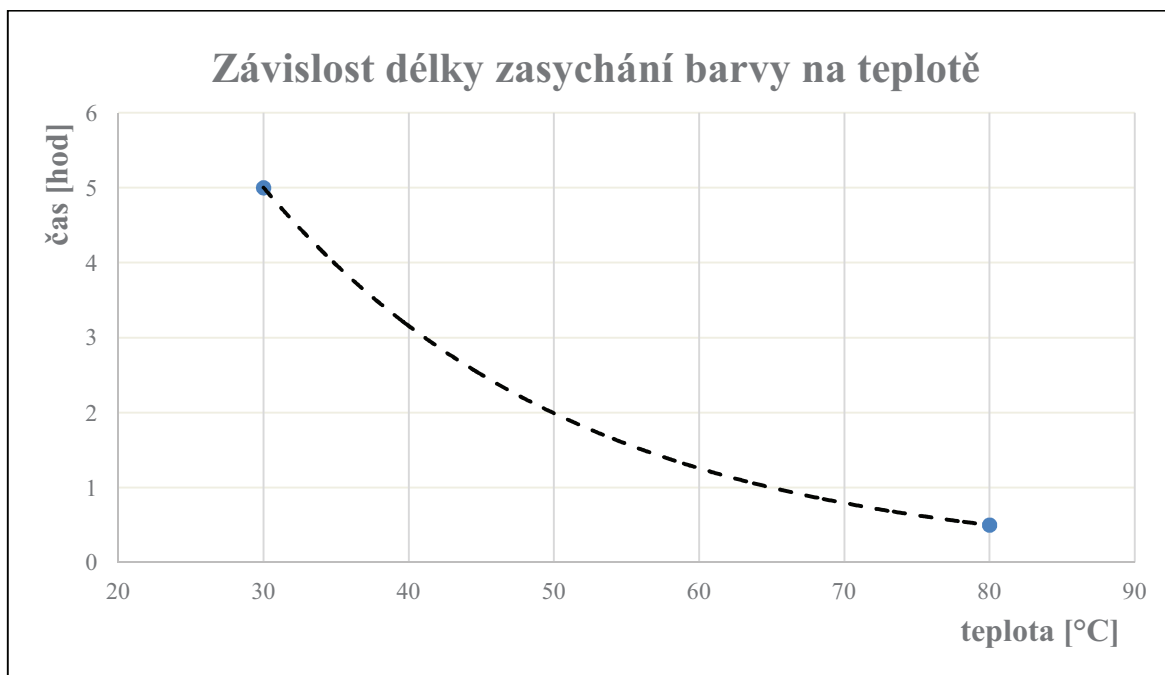
Sušení probíhá buď v sušárně při teplotě cca 38°C nebo v peci při teplotách mezi 70-80°C. Délka sušení je předepsaná výrobním postupem dle typu nátěru a musí se bezpodmínečně dodržovat z technologických a ekologických důvodů.

V tabulce níže jsou rozepsány předepsané doby sušení pro barvy užívané na reprezentantech výrobních rodin, které jsem vybrala. Tyto barvy jsou ve společnosti nejvíce používané.

Rodina	Typ nátěru	Výrobní program	Typ sušení	manipulovatelné	přelakovatelné		plně vytvrzené
				minimum (minut)	minimum (minut)	maximum (minut)	minimum (minut)
A	Základová barva 44GN-60	Boeing	sušárna 35°C	300	60	2880	10080
			pec 70°C	30	30	x	x
	Vrchní email ELC-G		sušárna 35°C	195	x	x	300
			pec 70°C	120	x	x	120
B	Základová barva P60A	Airbus	sušárna 35°C	180	60	4320	4320
			pec 70°C	30	30	120	60
C	Základová barva P60A	Airbus	sušárna 35°C	180	60	4320	4320
			pec 70°C	30	30	120	60
	Vrchní barva F70A		sušárna 35°C	240	x	x	10080
			pec 70°C	60	x	x	60

Obrázek 32: Specifikace časů potřebných pro zasychání nátěrů

Doba se zasychání barev se řídí přibližně exponenciální závislostí na teplotních podmínkách, jak je vidět v grafu níže ( graf je zpracován pro základovou barvu P60A používanou pro program Airbus).



Obrázek 33: Graf závislosti délky zasychání nátěru na teplotě

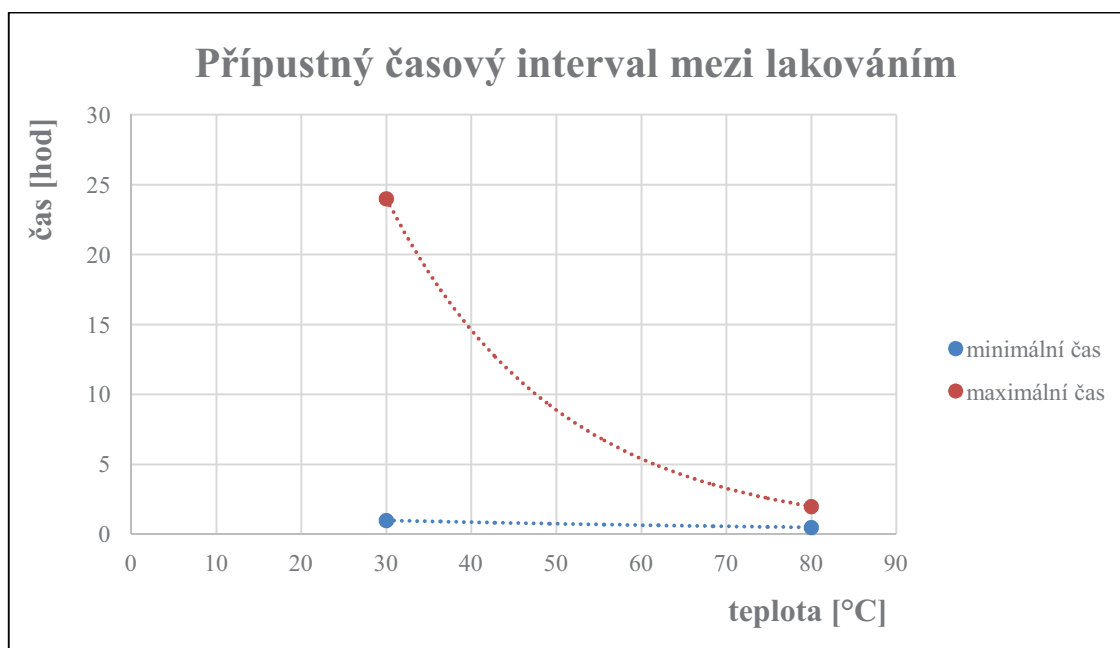


V případě, že z nějakého důvodu není dodržen technologický postup, co se týče délky zasychání základové nátěrové hmoty, může dojít ke dvěma situacím:

- **Nedostatečné doba pro zaschnutí nátěrové hmoty** - způsobuje nadměrné zachytávání prachových částí na povrchu; hrozí poškození otěrem – nemožnost manipulace pro další operace.
- **Překročení doporučené doby pro zasychání** – způsobuje tzv. přezrání barvy – před lakováním vrchní barvou je nutno provést aktivaci základní nátěrové hmoty.

**Aktivace** se provádí ručním přešetěním výrobků k tomu určeným tkaninou napuštěnou methylethylketonem. Tomuto postupu se snažíme vyhnout z několika důvodů: jedná se o práci navíc, na kterou nejsou vyčleněny personální a časové kapacity a látka methylethylketon má stanoveny emisní limity při vytěkání do ovzduší. Firma se bohužel již pohybuje na hranici těchto limitů, a proto je nutno vzhledem k legislativě používání methylethylketonu a podobných přípravků na bázi butanonu omezit.

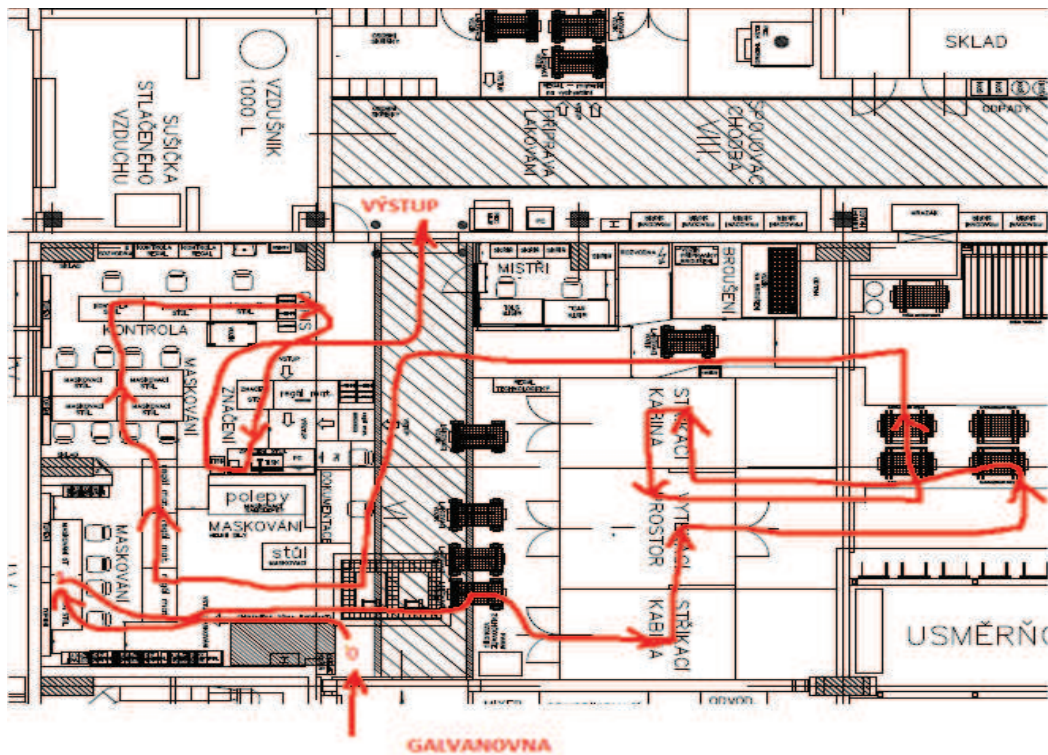
Na grafu níže jsou vidět meze, které znázorňují přípustné časové intervaly pro to, aby byl výrobek bez problému přelakovatelný. Spodní modrá křivka znázorňuje minimální časy zasychání a vrchní červená křivka ohraničuje plochu maximální dobu zasychání základní nátěrové hmoty.



**Obrázek 34: Graf zobrazující přípustnou časovou oblast mezi dvěma lakováními**

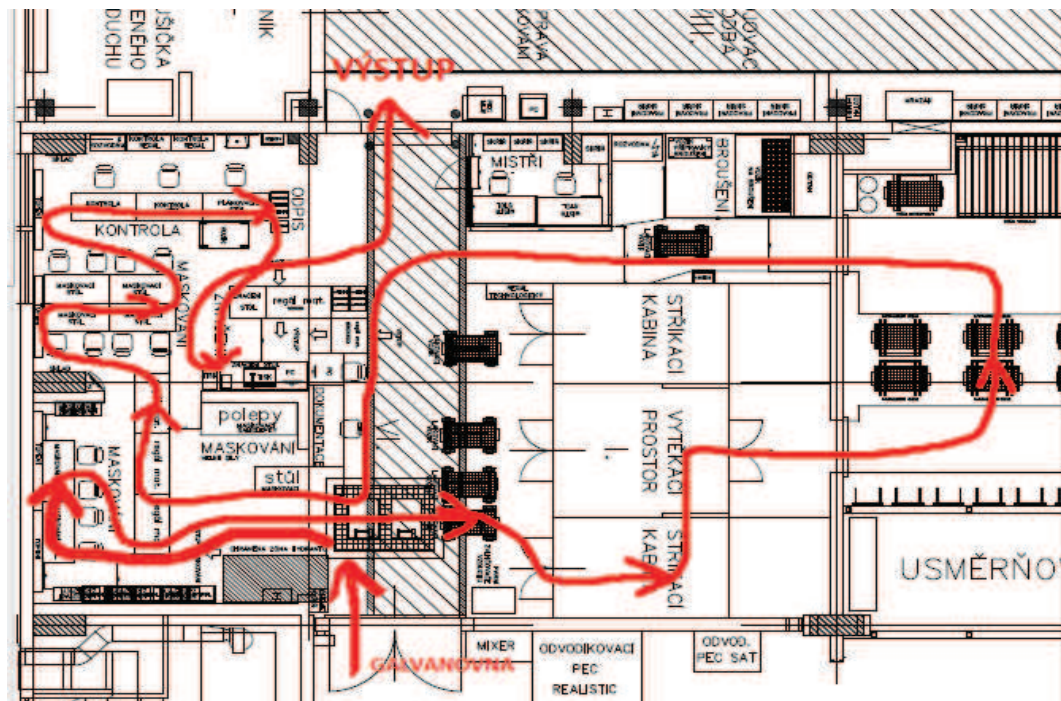
## 5.7 Průběh výroby znázorněný na layoutu lakovny

### Skupina výrobků A



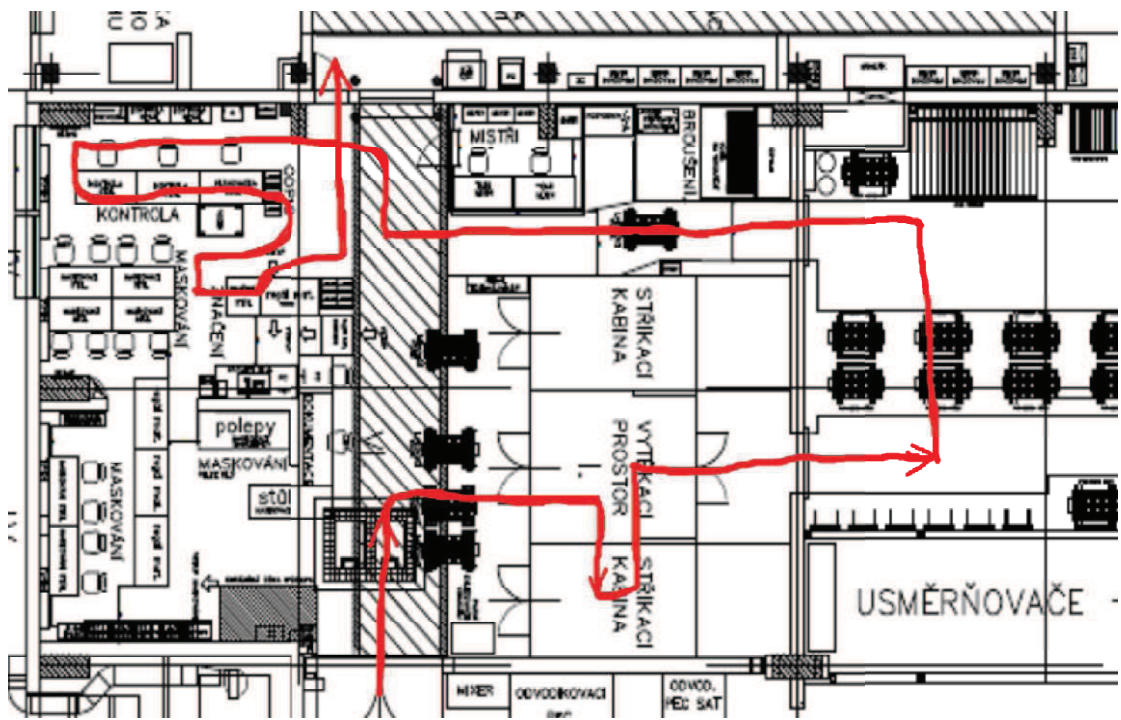
Obrázek 35: Průchod výrobkové rodiny A layoutem lakovny

### Skupina výrobků B



Obrázek 36: Průchod výrobkové rodiny B layoutem lakovny

## Skupina výrobků C



Obrázek 37: Průchod rodiny C layoutem lakovny

## 6 Mapování VSM

Metoda VSM je nejúčinnější a nejvhodnější při aplikacích na sériové a hromadné linky. Výroba v lakovně společnosti Latecoere CZ se dá označit za sériovou. Při metodě VSM jsme téměř okamžitě alokovat úzká místa.

### 6.1 Průběh analýzy a VSM mapa původního stavu

Můj postup byl následující, nejprve jsem od vedoucího úseku lakovny získala data o počtu a typu výrobků a zakázek, které lakovnou procházejí. Následně jsem s technologem lakovny důsledně prošla všechny operace, abych porozuměla celkové výrobní technologii a všem procesům na lakovně. S těmito daty jsem byla schopna roztrždit zakázky do jednotlivých výrobních rodin. Poté jsem provedla fyzickou inventuru počtu zakázek, které stojí před zpracováním před každým procesem. Jelikož je každá zakázka opatřena průvodkou, kde je napsán postup a typ výrobku, nebyl až problém je rovnou třídit podle rodin. Toto jsem zpracovala v programu excel do přehlednějších tabulek. Následně jsem po konzultaci s technologem a vedoucím lakovny vybrala zástupce jednotlivých rodin. K těmto výrobkům jsem si vyžádala technologické průvodky, ve kterých jsou rozepsány časy operací – tyto časy jsem nadále používala ve své diplomové práci. Nadále jsem se zabírala operací sušení, které v technologických průvodkách není uvedena, takže jsem časy brala z výrobních instrukcí a z návodů doporučených dodavateli a výrobcí barev, z čehož jsem sestavila grafy závislosti času na teplotě, které jsou uvedeny v předchozí kapitole. Následně jsem od mistrů zjistila směnnost a počty pracovníků na určitých pozicích, z čehož jsem byla schopna spočítat disponibilní časy pracovišť.

Z výše uvedených informací jsem byla schopna spočítat či vyzjistit denní kapacity pracovišť a další informace, které jsem použila při tvorbě VSM mapy.

Jedná se o:

- Cyklový čas C/T (zjištěn z technologických průvodek)
- Počet pracovníků na pracovištích a směnnost (zjištěno od mistrů)
- Disponibilní čas (spočítáno z počtu pracovníků a délky směn)
- Kapacita (= disponibilní čas / cyklový čas)

Disponibilní časy jsou rozpočítány podle podílu na výrobě. Pokud některá skupina neprochází určitým procesem, je disponibilní čas na daném pracovišti rozdělen pouze mezi výrobky, které daným procesem prochází.



Obrázek 38: VSM mapa - původní stav

## 6.2 Stanovení produktivních a neproduktivních časů – původní stav

Následně jsem dle VSM mapy jsem spočítala VA-indexy pro jednotlivé výrozkové rodiny. (VA- indexy byly podrobněji rozebrány v kapitole 4.1)

VA-index pro výrobky z rodiny A:

$$VA_A = \frac{\Sigma C/T}{\Sigma t} = \frac{1228,4}{5733} = 0,2142 \Rightarrow \mathbf{21,4\%}$$

Z výpočtů vychází, že u rodiny „A“ je pouze 21,4 procent času věnováno přidávání hodnoty. Celková průběžná doba výroby je 5733 minut, což odpovídá přibližně čtyřem celým dnům, ačkoliv doba přidávání hodnoty je pouze 20 hodin. Největší prostoj jsem zaznamenala před operací maskování/zapravování. Tam shledávám úzké místo i z pohledu množství zásob, byť výpočty kapacity dle časů z technologických postupů tmu nenapovídají.

VA-index pro výrobky z rodiny B:

$$VA_B = \frac{\Sigma C/T}{\Sigma t} = \frac{669,2}{5054,2} = 0,1324 \Rightarrow \mathbf{13,2\%}$$

Z výpočtů u rodiny „B“ vychází, že přidávání hodnoty je věnováno pouze přibližně 13,2 procent času, což je ještě méně než u rodiny „A“. Menší procento produktivního času je způsobeno především tím, že výrobek prochází pouze jedním lakováním (tudíž i sušením) a tím pádem je o mnoho menší čas v procesu. Prostoj před odmaskováním/zapravováním je přibližně stejně velký jako u rodiny „A“. Opět toto shledávám nejužším místem. Celková průběžná doba výroby je přibližně 3,5 dne, přičemž k přidávání hodnoty dochází pouze 11 hodin.

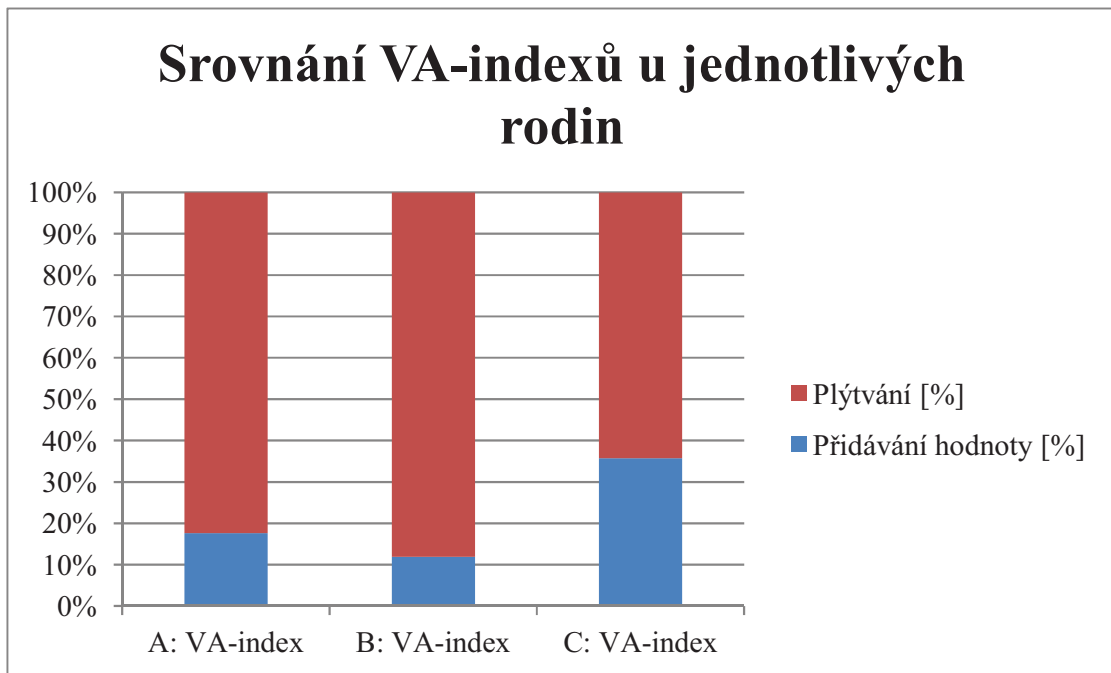
VA-index pro výrobky z rodiny C:

$$VA_C = \frac{\Sigma C/T}{\Sigma t} = \frac{1046,6}{1886,6} = 0,5547 \Rightarrow \mathbf{55,5\%}$$

Zdaleka nejlépe z výpočtu VA-indexu vychází rodina „C“, což potvrzuje můj předpoklad, že nejužším místem je odmaskování/zapravování. Jelikož rodina „C“ neprochází těmito operacemi, nedochází při procesu k takovému čekání a tudíž přidaným neproduktivním časům. Nejužším místem při průchodu rodiny „C“ výrobou je

tedy proces kontroly. Je to způsobeno především tím, že kontrola pracuje pouze na jednu směnu, což znamená, že všechny výrobky musí čekat až do ranní směny. Celkový průběžný čas rodiny je přibližně 31 hodin, přičemž k přidávání hodnoty dochází v 17 hodinách.

V tabulce níže je vidět rozložení produktivních a neproduktivních časů u jednotlivých rodin.



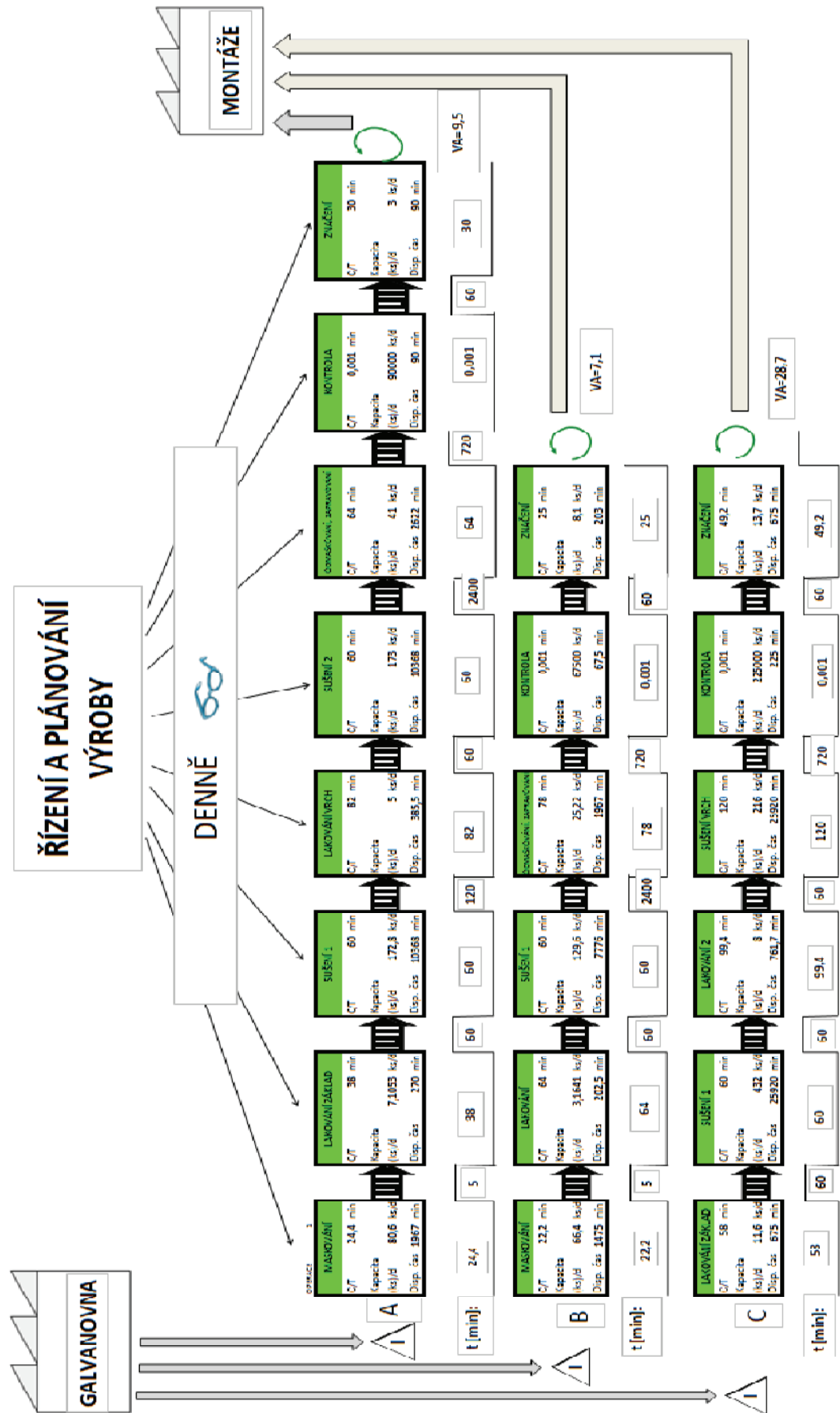
**Obrázek 39: Srovnání produktivních a neproduktivních časů před optimalizací**



### **6.3 VSM mapa a stanovení produktivních a neproduktivních časů po optimalizaci**

Optimalizace v nové VSM mapě probíhaly především ve zkrácení časů na sušení. Toho bude možné dosáhnout díky pořízením sušících pecí místo používání sušárny. Touto racionalizací bude zároveň možno vyřešit prostorové uspořádání, protože pece zaberou mnohem méně místa než sušárna. Zároveň se změnila kapacita sušení, nicméně jelikož sušení nebylo úzkým místem, kapacita po racionalizaci bude stále dostatečná.

Úzká místa, která bych identifikovala dle výrobních časů, nekorespondují se skutečnými úzkými místy, které byly identifikovány dle velikosti zásob rozpracované výroby a dle času čekání na operaci. Toto je způsobeno faktem, že časy uvedené ve v technologických průvodkách zdaleka neodpovídají realitě. Dle skutečného stavu zásob je nejužším místem operace maskování/zapravování, dalo by se vyřešit navýšením počtu pracovníků, při tvorbě nové VSM mapy jsem počítala s navýšením o jednoho pracovníka na každou směnu, což zmenšilo čas čekání před operací odmaskování/zapravování.



Obrázek 40: VSM mapa - po racionalizaci

Po zpracování nové VSM mapy jsem spočítala VA-indexy a průběžné časy výroby opět pro všechny výrobní rodiny.

VA-index pro výrobky z rodiny A:

$$VA_A = \frac{\Sigma C/T}{\Sigma t} = \frac{358,4}{3783,4} = 0,095 \Rightarrow \mathbf{9,5 \%}$$

Jak je vidět z výpočtu výše, VA-index se po racionalizaci dokonce snížil, což teoreticky není žádoucí. Nicméně důvodem snížení VA-indexu je především zkrácení procesu sušení, což značně zkracuje celkovou průběžnou dobu výroby, která je nyní 3783,4 minut (63 hodin) oproti předchozím 5733 minutám (95 hodin).

VA-index pro výrobky z rodiny B:

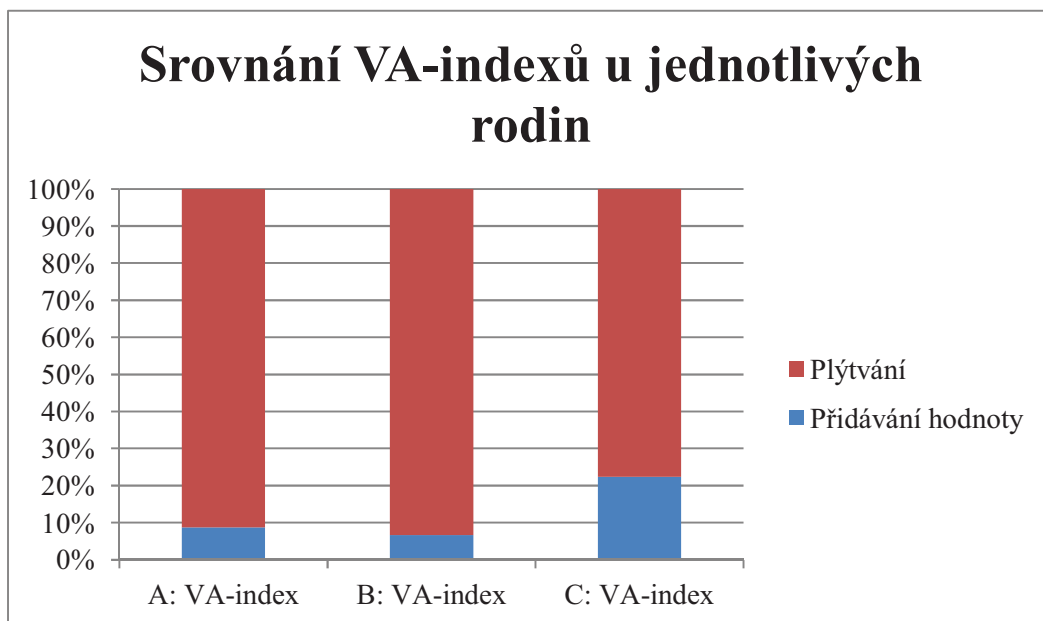
$$VA_B = \frac{\Sigma C/T}{\Sigma t} = \frac{249,2}{3494,2} = 0,071 \Rightarrow \mathbf{7,1 \%}$$

Z výpočtu VA-indexu u rodiny 2 je opět vidět, že došlo k jeho snížení, což by teoreticky nebylo žádoucí. Ovšem stejně jako v předchozím případě bylo důvodem snížení VA-indexu zkrácení celkové průběžné doby výroby, a to z původních 5054 minut (84 hodin) na 3494,2 minut (58 hodin).

VA-index pro výrobky z rodiny C:

$$VA_C = \frac{\Sigma C/T}{\Sigma t} = \frac{386,6}{1346,6} = 0,287 \Rightarrow \mathbf{28,7 \%}$$

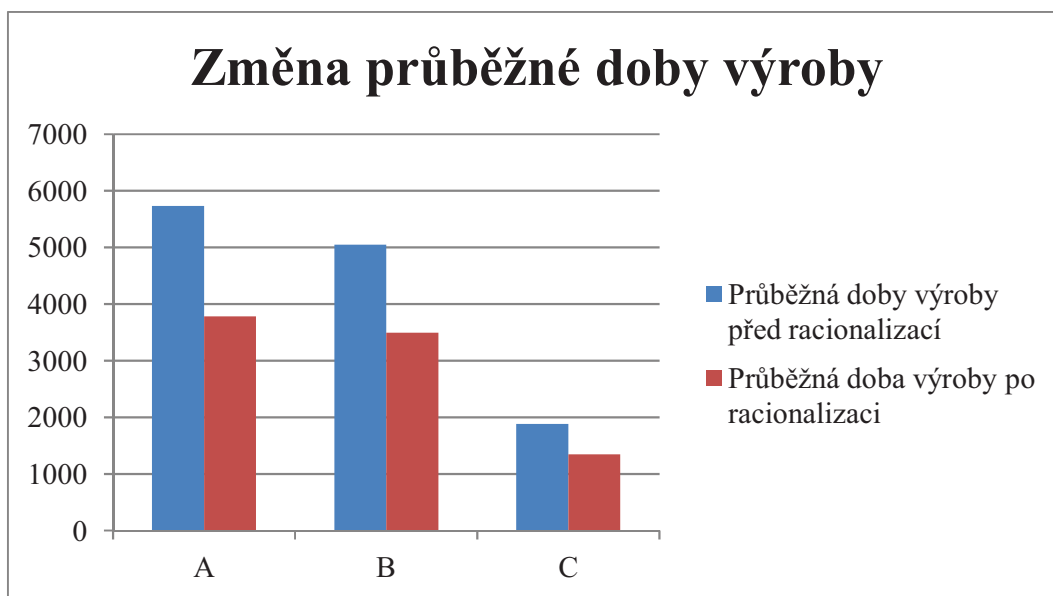
Stejně jako v obou předchozích případech se VA-index snížil, opět ovšem došlo ke snížení celkové průběžné doby výroby, a to z původních 1886 minut (31 hodin) na nynějších 1346,6 minut (24,5 hodin).



**Obrázek 41: Srovnání produktivních a neproduktivních časů po racionalizaci**

Na grafu výše je vidět to, co jsem předeslala v komentářích k výpočtům k jednotlivým VA-indexům, a to, že VA-indexy se u všech výrobních rodin snížily.

Na grafu níže je ovšem vidět, jak se snížila celková průběžná doba výroby, srovnání před a po racionalizaci:



**Obrázek 42: Graf srovnání průběžné doby výroby před a po racionalizaci**

## **6.4 Shrnutí problémů a návrhy pro zlepšení**

### **6.4.1 Normované časy neodpovídají realitě**

Při zjišťování časů v technologických postupech, následném srovnávání s realitou a inventování skladových zásob jsem zjistila, že mnohé časy uvedené v průvodkách zdaleka neodpovídají realitě. Doporučila bych opět nanormovat všechny činnosti, aby lépe odpovídaly realitě, a to ve spolupráci s operátory. Velmi podceněný mi připadá především čas určený pro kontrolu 0,001 minuty na celou zakázku. Pokud by tento čas lépe odpovídal času, který je potřeba pro kontrolu, dalo by se jistě zamezit tomu, aby zmetkovité výrobky byly odhaleny už na lakovně a nikoliv až při finální montáži, kdy to způsobí několikanásobně větší prostoje a s tím spojené náklady.

### **6.4.2 Nevyužívání 5S**

V celé lakovně všeobecně neprobíhá dostatečné označování. Při potřebě jakýchkoli informací o zakázce se musí vyhledávat v několikastránkových technologických průvodkách.

Doporučila bych nové přeznačení všech regálů a vozíků, zároveň také označit stání pro vozíky na zemi, aby neustále nepřekážely v únikových východech, což rozhodně není správné dle zásad BOZP.

### **6.4.3 Investice pec – snížení zásob v rozpracované výrobě**

Jako velmi vhodnou investici bych viděla pořízení pece nebo více pecí na sušení výrobků, které by měly dostatečně velkou kapacitu a dosahovaly vnitřní teploty okolo 70-80°C. Díky nim by bylo možno snížit kapacitu sušárny, která by mohla být využita pro jiná pracoviště, které jsou nyní úzkými místy a také velmi zkrátit výrobní čas. V kapitole 5.6 popisuju přesně možné časové úspory, u některých výrobků by se jednalo o zkrácení až o více než polovinu celkového výrobního času, což by vedlo k velkému snížení zásob v rozpracované výrobě, a to možná až o polovinu.

#### 6.4.4 Maskování

Maskování probíhá pomocí lepiček a zátek uvedených na obrázku níže. Bohužel zatím není předepsáno, který výrobek se maskuje kterými zátkami, tudíž operátorům nezbývá nic jiného než jich zkusit několik dokud do otvoru nebude pasovat.



**Obrázek 43: Regál s materiálem pro maskování**

Doporučila bych označit a pojmenovat všechny maskovací materiály přímo na krabičce a začlenit do technologických průvodek, kolik a kterých maskovacích materiálů na jaké typy výrobků použít. Toto opatření by vedlo hned k několika pozitivním dopadům: zkrácení času operátorů o čas, kdy „zkouší“, který materiál k jaké zakázce bude pasovat (zvláště velkou časovou úsporu bych viděla u méně zkušených operátorů) a také pro lepší plánování objednávek maskovacích materiálů. Tím by se snížily jejich skladové zásoby a nedocházelo by k jejich nedostatku nebo přebytku.

#### **6.4.5 Nevhodné uspořádání layoutu**

V kapitole 5.7 jsem znázornila u všech tří hlavních rodin výrobků jejich průběh výroby layoutem. Je vidět, že průběh není hladký, ale často se otáčí ve smyčkách. Pro případnou přestavbu či investici bych doporučila uspořádání více postupné, aby se výrobky již nevracely. Tento problém by ovšem vyřešilo pouze rozšíření prostor lakovny, ve stávajících prostorách by to šlo uskutečnit pouze velmi obtížně a změny by nebyly příliš razantní.

#### **6.4.6 Nedodržování FIFO**

V celém procesu není dodržováno FIFO (first in-first out, v překl. „první dovnitř-první ven“). Z tohoto důvodu dochází k opomenutí některých zakázek a v horším případě se musí provádět aktivace povrchových nátěrů, pokud se tak stane v sušárně a barva je „přezralá“. Moje doporučení je řádné značení regálů a předem určené ukládání zboží a tím dána posloupnost jejich zpracování. Pro toto zlepšení by stačilo pouze přeznačení lakovny a sušárny a proškolení operátorů.

#### **6.4.7 Systém tlaku**

V podniku celkově není zaveden systém tahu, zakázky se přesouvají spíše tlakem. Systém tahu/poptávky by měl pocházet nejlépe od skladu komponent umístěným na montážích. Toto doporučení by rozhodně usnadnilo práci na montážích, protože by se nemohlo stávat, že některý komponent chybí a situace se musí řešit za pochodu. Navíc by se zjistila celková průchodnost zakázek celým výrobním procesem až do montáží.

#### **6.4.8 Dohledatelnost operátora**

V celé továrně se množí případy, kdy nějaký operátor neprovedl řádně svou operaci. Ve výrobních průvodkách je samozřejmě políčko pro jméno operátora, které je povinné vyplnit. Nýbrž většina pracovníků se podepisuje nečitelně a někteří dokonce schválně (může nastat i shoda příjmení). Doporučuji podpis buď svým číslem ID, které je jedinečné nebo pořídit operátorům ke kartičkám razítka s jejich ID. Toto opatření by o něco málo ušetřilo čas nepřidávající hodnotu, ale především by motivovalo k zodpovědnější práci.

## 7 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo aplikovat metodu Value stream mapping na vybrané produktové rodiny ve firmě Latecoere Czech Republic s.r.o., zanalyzovat výrobní proces a navrhnout racionalizační opatření.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část se zabývá problematikou štihlé výroby, je zde nastíněn i původ tohoto přístupu a následně principy, na kterých je postaven. Dále jsem se v teoretické části zabývala kapacitními propočty a samotným teoretickým úvodem k metodě VSM. V praktické části se zabývám samotnou aplikací metody VSM na vybrané výrobkové rodiny. Stěžejním bodem bylo vybrání vhodných výrobních rodin a následně zvolení konkrétních zástupců z řad výrobků. Následně jsem přešla k propočítání kapacit jednotlivých pracovišť, které vycházely jak z interních technologických průvodek, tak ze sledování stavu zásob apod. Po sestavení mapy současného stavu jsem identifikovala úzká místa a zjistila, že teoretická úzká místa, která vycházejí z teoretických kapacit, v některých případech nekorespondují se skutečnými úzkými místy, kde dochází k hromadění rozpracované výroby. Tento fakt vychází ze skutečnosti, že v poslední době nedošlo k žádnému aktuálnímu normování práce. Hlavní racionalizace spočívá v investici do sušících pecí, čímž se zásadně zkrátí průběžná doba výroby a zároveň bude možno změnit prostorové uspořádání, a to umožní přesunutí více operátorů na kritická pracoviště, což nebylo možné kvůli prostorovým kapacitám. Toto opatření bylo implementováno do návrhu mapy budoucího stavu. V poslední kapitole se zabývám shrnutím zjištěných problémů a dalšími návrhy pro zlepšení.

Základní cíle mé diplomové práce byly splněny, přestože jsem v některých oblastech došla k nečekaným závěrům. Některá racionalizační opatření, která jsem navrhla, jsou v plánu zrealizovat, bohužel vzhledem k termínům, není možno porovnat skutečné výsledky s předpokládanými.



## 8 Seznam použité literatury

- [1] JIRÁSEK, Jaroslav: *Štíhlá výroba*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
- [2] KAVAN, Michal: *Výrobní a provozní management*. Grada Publishing: 2002. ISBN 80-247-0199-5
- [3] LIKER, J.K.: *The Toyota Way*, Management Press 2008, ISBN 978-80-72-61-173-7
- [4] MAŠÍN, I. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003. ISBN 80-903533-1-2.
- [5] HŘEBÍČEK, Vladimír. *Lean management ve výrobě*. In: *www.businessinfo.cz* [online]. 7.4.2009. [cit. 2017-4-4]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/lean-management-ve-vyrobe-2824.html>
- [6] HEŘMAN, Jan. *Řízení výroby*. 1. vydání, Slaný: Melandrium, 2001, 167 s. ISBN 80-86175-15-4
- [7] Školení, kurzy, semináře. Školení, kurzy, semináře [online] cit 7.4.2017. Dostupné z: <http://www.kcm.cz/kategorie/plytvani.aspx>
- [8] Lean management ve výrobě | BusinessInfo.cz. BusinessInfo.cz - Oficiální portál pro podnikání a export [online]. Copyright © 1997 [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/lean-management-ve-vyrobe-2824.html>
- [9] Řízení výroby/ systemonline. [online]. [cit. 27.4. 2017] Dostupné z : [https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm?co=&id=&chci\\_mesic=11&chci\\_rok=2015&chci\\_mesic1=&chci\\_rok1=](https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm?co=&id=&chci_mesic=11&chci_rok=2015&chci_mesic1=&chci_rok1=)
- [10] Svět produktivity [online]. [Cit 1.5.2017] Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>
- [11] Kaizen institut, Just in Time (JIT), TAKT a Tok jednoho kusu [online]. Cit 5.5.2017. Dostupné z: <https://cz.kaizen.com/slovník/just-in-time.html>
- [12] Kanban. Svět produktivity [online]. Cit 15. 6. 2017. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.html>
- [13] BUZIK, P., et al. *Manažer údržby*. 2004. vyd. Praha 4 : Česká společnost pro údržbu, [13] 2004. 183 s.

- [14] White paper 2004. *Lean Manufacturing*. [online]. [cit. 20.5.2017]. Dostupný z:  
<[http://www.managingautomation.com/uploadedimages/downloads/Lean\\_Mfg.pdf](http://www.managingautomation.com/uploadedimages/downloads/Lean_Mfg.pdf)  
>
- [15] Six sigma diagram. Google [online]. [cit 25.5.2017] Dostupné z:  
[https://www.google.cz/search?q=six+sigma+diagram&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiWzI3kifzSAhUiJ5oKHZ5uBdUQ\\_AUIBigB&biw=1366&bih=662#imgrc=LYIs\\_PzOYmee1M](https://www.google.cz/search?q=six+sigma+diagram&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiWzI3kifzSAhUiJ5oKHZ5uBdUQ_AUIBigB&biw=1366&bih=662#imgrc=LYIs_PzOYmee1M):
- [16] GREGOROVÍČOVÁ, Lucie. Nástroj pro identifikaci plýtvání: Mapování toku hodnot (Value Stream Mapping) - 1. část. In: [online]. [cit. 26.5.2017]. Dostupné z:  
<http://e-api.cz/page/69576.nastroj-pro-identifikaci-plytvani-mapovani-toku-hodnot-value-stream-mapping-1-cast>
- [17] Průběžná doba výroby - Provozní management. Miroslav Lorenc [online].  
Copyright © 2007 [cit. 27.07.2017]. Dostupné z:  
<http://lorenc.info/3MA112/prubezna-doba-vyroby.htm>
- [18] SLANÝ, Úspěch, produktivita a inovace v souvislostech. Akademie produktivity a inovací s.r.o., 2010. ISSN 1803-5183.
- [19] ROTHER, Mike a John SHOOK. *Learning to see*. Cambridge, MA USA: The Lean Enterprise Institute, 2003.
- [20] KOŠTURIÁK, Ján a kol. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9
- [21] Co je to Lean?. In: [online]. Dostupné z: <http://www.leanexperts.cz/lean-sluzby/stihla-vyroba/> dne 19.7.2017
- [22] VAVRUŠKA, Jan. VSM Value stream mapping - Technická univerzita v Liberci  
[http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY\\_03\\_06-VSM%20value%20stream%20mapping\\_MZ\\_6.pdf](http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY_03_06-VSM%20value%20stream%20mapping_MZ_6.pdf)
- [23] Interní materiály firmy Latecoere Czech Republic s.r.o.
- [24] Toyoda. Google [online]. [Cit. 19.7.2017] Dostupné z:  
[https://www.google.cz/search?q=toyoda&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjg-bqvuKvVAhWCshQKHRuJC9EQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=0uQaOoz8KKNtgM](https://www.google.cz/search?q=toyoda&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjg-bqvuKvVAhWCshQKHRuJC9EQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=0uQaOoz8KKNtgM):



















## 9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Transformační proces [Vlastní zpracování].....	9
Obrázek 2: Model 4P [3 – Vlastní zpracování] .....	12
Obrázek 3: Taiichi Ohno a Eiji Toyoda [24] .....	13
Obrázek 4: Zvýšení zisku pomocí zvýšení prodejní ceny [Vlastní zpracování].....	14
Obrázek 5: Zvýšení zisku pomocí snížení nákladů [Vlastní zpracování].....	15
Obrázek 6: Systém tahu pomocí metody Kanban [9] .....	18
Obrázek 7: 5S [Vlastní zpracování] .....	20
Obrázek 8: Postupné zlepšování pomocí metody kaizen [Vlastní zpracování].....	21
Obrázek 9: Zobrazení cyklu DMAIC [Vlastní zpracování].....	25
Obrázek 10: Jednoduchý model přípravy výrobního procesu [2- Vlastní zpracování] ..	26
Obrázek 11: Znázornění přidávání hodnoty v jednoduchém výrobním procesu [16] ....	34
Obrázek 12: Základní postup mapování toku hodnot [16-Vlastní zpracování].....	35
Obrázek 13: Určení výrobních rodin pomocí ABC analýzy [Vlastní zpracování]....	35
Obrázek 14: Informační tabulka procesu [18] .....	36
Obrázek 15: Příklad obrazení současného stavu na VSM mapě [21].....	38
Obrázek 16: Příklad znázornění budoucího stavu ve VSM mapě [21].....	40
Obrázek 17: Schéma výrobních hal .....	43
Obrázek 18: Výsledný produkt - pasažérské letadlové dveře (skupina Airbus).....	44
Obrázek 19: Výsledný produkt - letadlové dveře do kabiny (skupina Embraer) .....	44
Obrázek 20: Schéma lakovny [23].....	46
Obrázek 21: Graf rozložení produkce dle počtu zakázek .....	48
Obrázek 22: Reprezentant rodiny A .....	49
Obrázek 23: Časová dotace na jednotlivé výrobní operace u rodiny A.....	50
Obrázek 24: Reprezentant rodiny B.....	50
Obrázek 25: Časové dotace na jednotlivé operace - rodina B .....	51
Obrázek 26: Reprezentant rodiny C.....	51
Obrázek 27: Časové dotace na výrobní operace u reprezentanta rodiny C .....	52
Obrázek 28: Přehled počtu pracovníků a směnnosti.....	53
Obrázek 29: Graf srovnání teoretických časových dotací na operace skupin A, B, C ...	53
Obrázek 30: Kapacitní vytížení .....	54
Obrázek 31: Výpočet kapacity jednotlivých pracovišť .....	54
Obrázek 32: Specifikace časů potřebných pro zasychání nátěrů .....	56

Obrázek 33: Graf závislosti délky zasychání nátěru na teplotě .....	56
Obrázek 34: Graf zobrazující přípustnou časovou oblast mezi dvěma lakováními .....	57
Obrázek 35: Průchod výrobkové rodiny A layoutem lakovny .....	58
Obrázek 36: Průchod výrobkové rodiny B layoutem lakovny .....	58
Obrázek 37: Průchod rodiny C layoutem lakovny.....	59
Obrázek 38: VSM mapa - původní stav.....	62
Obrázek 39: Srovnání produktivních a neproduktivních časů před optimalizací.....	64
Obrázek 40: VSM mapa - po racionalizaci.....	66
Obrázek 41: Srovnání produktivních a neproduktivních časů po racionalizaci .....	68
Obrázek 42: Graf srovnání průběžné doby výroby před a po racionalizaci .....	68
Obrázek 43: Regál s materiálem pro maskování .....	70

## 10 Přílohy

### Příloha 1: Symboly používané při tvorbě VSM mapy [22]:

	Dodavatel Zákazník		Zakázka		Vizuální informace
	Proces		Elektronická informace		Zlepšení Kaizen
	Informační blok		Informace		Činnost nepřidávající hodnotu produktu
	Řídící prvek		Tlačený materiálový tok		Činnost přidávající hodnotu produktu
	Časový zásobník Sklad		FIFO materiálový tok		MRP / IS
	Operátor		Výrobní kanban		Externí doprava

Příloha 2: Část technologické průvodky

2978764

Op. 0145

Pracoviště 492UZ Lakování: základ

Lokalizace



Lakování základ

Datum dokončení operace: 01-03-2017

Odraženo	Předáno	Změty	Ev. č.:	Příjmení:

Datum dokončení: Podpis:

Plánovaný čas (čas operátora) 23.000 MIN 36 MIN

Strojní čas 0 MIN

Celkový čas 49.000 MIN

PA-TAK03

Lakovat

Základní vodouemulzní barva F60-A, sje. DL1-31-5505

Dávk.: ... F60-A, díl A (210635039) / barva:  
 Lichodl.: ... F60-A, díl B (210635039) / barva:

Viskozita:

Operační výrobková poznámka: