

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Česká  
zemědělská  
univerzita  
v Praze

**Posouzení možností aplikace pokročilých  
konceptů řízení výroby ve vybrané výrobní firmě  
a návrh aplikace vhodného konceptu**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Mimra, Ph.D.

Autor práce: Bc. Jakub Hřeben

© 2021 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Hřeben

Obchod a podnikání s technikou

### Název práce

Posouzení možností aplikace pokročilých konceptů řízení výroby ve vybrané výrobní firmě a návrh aplikace vhodného konceptu

### Název anglicky

Assessment of possibilities of application of advanced concepts of production management in selected manufacturing company and proposal of application of suitable concept

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je posouzení možností aplikace pokročilých konceptů řízení výroby ve firmě Festool, spol. s r.o. a návrh aplikace vhodného konceptu. V rešeršní části budou popsány metody a nástroje. V aplikační části bude provedena analýza možných řešení ve vybrané výrobní firmě s využitím relevantních metod a nástrojů.

### Metodika

Diplomant provede pro výrobní firmu Festool, spol. s r.o. strukturovanou analýzu zaměřenou na hledání úzkých míst ve výrobě a v dodavatelsko-odběratelských vztazích. Následně navrhne aplikaci vybraných relevantních pokročilých konceptů řízení z následujících možností: JIT, KANBAN, LEAN, 5S, WCM, JIDOKA, TPM, TQM, TOC, DBR, SCM, WMS, VSM, KAIZEN, 3Mu, SMED, ANDON, Poka-yoke, Tact Time/Cycle Time, SIX SIGMA, HEIJUNKA, TPM, SPC.

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

řízení výroby, teorie omezení, aditivní výroba, inovativní výrobní procesy

---

Doporučené zdroje informací

BASL, J., MAJER, P., ŠMÍRA, M.: Teorie omezení v podnikové praxi: Zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a. s., 2003.

BRUE, G.: Six Sigma for Managers. McGraw Hill Professional, Boston, 2005.

JUROVÁ, M. a kol.: Výrobní procesy řízené logistikou. BizBooks, Brno, 2013.

KAVKA, M., MIMRA, M.: Řízení a organizace výrobních procesů. Interní studijní text. ČZU v Praze, Technická fakulta, Praha, 2020.

KERŤKOVSKÝ, M., VALSA, O.: Moderní přístupy k řízení výroby. C.H.BECK, Praha 2012.

TIDD, J., BESSANT, J., PAVITT, K.: Managing innovation: Integrating Technological, Market and Organisational Change. Nottingham Trent University, Nottingham, 2001.

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V.: Integrované řízení výroby. Grada Publishing, Brno, 2014.

---

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Miroslav Mimra, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 05. 2021

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Posouzení možností aplikace pokročilých konceptů řízení výroby ve vybrané výrobní firmě a návrh aplikace vhodného konceptu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury včetně dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1.3.2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Miroslav Mimra, Ph.D.za poskytnutí cenných rad a připomínek v průběhu psaní diplomové práce. Také bych rád poděkoval panu Ing. Tomáši Kopeckému z firmy Festool s.r.o. za vedení mé praktické části.

# **Posouzení možností aplikace pokročilých konceptů řízení výroby ve vybrané výrobní firmě a návrh aplikace vhodného konceptu**

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá posouzením možností aplikace pokročilých konceptů řízení výroby ve vybrané výrobní firmě a návrhem aplikace vhodného konceptu. Nejdříve jsou charakterizovány konkrétní přístupy z oblasti řízení výroby, obzvláště ty, které mají zásadní vliv při realizaci štlé výroby. Dále je v práci uveden přehled vhodných SW produktů k podpoře efektivního řízení výroby a výrobních procesů. Následně je představena metoda TOC a její metody zlepšování. Tato metoda byla poté využita při řešení problému ve výrobě ve společnosti Festool s.r.o.

**Klíčová slova:** řízení výroby, teorie omezení, aditivní výroba, inovativní výrobní procesy

# **Overview and characteristics of advanced approaches to organization and management of production**

## **Abstract**

This diploma thesis deals with advanced approaches to production organization and management. Firstly, specific approaches to production management are characterized, especially those that have a major impact on lean production. Furthermore, the thesis gives an overview of suitable SW products to support efficient production management and production processes. Subsequently, the TOC method and its methods of improvement are introduced. This method was then used to solve a production problem at Festool s.r.o.

**Keywords:** production management, theory of constraints, additive production, innovative production processes

## Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce .....	2
2.1	Hlavní cíl.....	2
2.2	Dílčí cíle.....	2
3.	Metodika.....	3
3.1	Teoretická část .....	3
3.2	Praktická část .....	3
3.2.1	Výpočty a použité metody.....	3
4.	Přehled řešené problematiky .....	6
4.1	Pokročilé přístupy k organizaci a řízení výroby .....	6
4.1.1	Štíhlá výroba .....	6
4.1.2	Procesní řízení .....	9
4.1.3	Řízení změn.....	10
4.1.4	Standardizace .....	11
4.1.5	Princip tahu a tlaku.....	11
4.1.6	Vznik plýtvání v procesech (MUDA) .....	13
4.1.7	3Mu .....	15
4.1.8	Čas taktu a čas cyklu .....	16
4.1.9	Mapování hodnototvorného řetězce .....	16
4.1.10	5S.....	17
4.1.11	JIT.....	19
4.1.12	KANBAN.....	19
4.1.13	SCM.....	20
4.1.14	KAIZEN .....	20
4.1.15	Andon .....	22
4.1.16	Six Sigma .....	23



4.1.17	Lean Six Sigma .....	25
4.1.18	Jidoka.....	27
4.1.19	TQM – Total Quality Management.....	27
4.1.20	TPM.....	28
4.1.21	Poka-yoke .....	29
4.1.22	WCM.....	29
4.1.23	Heijunka .....	30
4.1.24	SMED .....	30
4.2	TOC .....	31
4.2.1	Omezení průtoku .....	32
4.2.2	Metody zlepšování dle TOC .....	32
4.2.3	Plánování a řízení výroby dle TOC-DBR .....	34
4.2.4	Oblast distribuce podniku podle TOC.....	36
4.2.5	Aplikace TOC na konflikty v distribučním prostředí.....	38
4.2.6	Doplnění zásob položek dle TOC .....	39
4.2.7	Výkonnostní systém v distribučním řešení .....	39
4.3	Průmysl 4.0 .....	40
4.4	Pokročilé informační systémy k organizaci a řízení výroby.....	42
4.4.1	MRP (Material Requirements Planning).....	42
4.4.2	MRP II.....	42
4.4.3	ERP (Enterprise Resource Planning) .....	42
4.4.4	APS (Advanced Planning System).....	44
4.4.5	MES (Manufacturing Execution System) .....	44
5.	Vlastní řešení –TOC a možnosti aplikace ve výrobním podniku.....	46
5.1	Představení firmy .....	46
5.2	Výsledky bakalářské práce .....	46

5.3 Pokračování v analýze úzkých míst ve společnosti Festool s.r.o – Nový náhled na teorii DBR.....	47
5.3.1 Simulace výroby.....	52
6. Závěr a diskuse výsledků .....	56
7. Seznam použitých zdrojů .....	57
8. Seznam obrázků .....	60
9. Seznam Tabulek .....	61
10. Seznam zkratek .....	61

# 1. Úvod

V této diplomové práci bude zpracováno teoretické uchopení procesů a metod štihlé výroby, které budou následně využity při zpracování praktické části práce, která bude vycházet z výstupních dat získaných analýzou procesů probíhajících uvnitř firmy Festool, s.r.o.

Důvodem pro výběr tématu této práce bylo již dřívější setkání se s teorií omezení v autorově bakalářské práci nesoucí název *Přehled a charakteristika pokročilých přístupů k organizaci a řízení výroby*, na kterou tato diplomová práce navazuje. Původní bakalářská práce, ve svém závěru dokonce následující rozšíření a rozpracování do formy diplomové práce dokonce doporučovala.

Potřeba nástrojů štihlé výroby se po podrobném prostudování jeví, jako přesvědčivý nástroj pro zlepšování procesů ve výrobě. Pokud chce nějaký výrobní podnik v dnešním vysoce konkurenčním prostředí uspět, měl by se určitě v první řadě zaměřit na požadavky zákazníků.

Při zabývání se touto problematikou je velice důležité brát na zřetel tlak, který je vyvíjen na výrobní firmy, aby co nejlépe optimalizovaly řízení výroby, jelikož se jedná o část podniku, která má zásadní vliv na celkové náklady. Důležitým faktorem je zajisté respektování nástrojů štihlé výroby a s tím také souvisí disponování kvalitních výrobních dat. Na výrobních datech stojí i praktická část této práce. Neustálé zlepšování procesů ve výrobě je pro přežití a konkurenceschopnost podniků klíčové. Zdokonalování procesů v sobě zahrnuje mnoho metod a pojmů, které jsou v práci postupně vysvětleny. Tyto metody se soustřeďují na dva cíle. Prvním cílem je eliminace plýtvání a druhým je následné zvýšení průtoku výrobou. Neopomenutelným, i když většinou ne tolik zásadním je i environmentální dopad jednotlivých zlepšení na kvalitu prostředí.

## 2. Cíl práce

V této kapitole je popsán globální cíl práce a dále jednotlivé dílčí cíle.

### 2.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem této diplomové práce je převážně shromáždit a analyzovat poznatky o pokročilých metodách a nástrojích k organizaci a řízení výroby. Pozornost je věnována metodám k dosažení štíhlé výroby. Součástí přehledu jsou i vybrané informační systémy k řízení výroby.

Spíš Vaším cílem je aplikovat TOC v konkrétním podniku a ověřit její výsledky...

### 2.2 Dílčí cíle

Hlavního cíle diplomové práce je dosaženo pomocí následujících dílčích dílů:

- ✓ Prvním dílčím cílem je více rozpracovat literární rešerši se zaměřením na pokročilé přístupy k organizaci a řízení výroby za využití odborných konzultací vedoucího výroby společnosti Festool s.r.o. Většina teoretických aspektů pochází z bakalářské práce.
- ✓ Druhým dílčím cílem je uvedení a vysvětlení těchto konkrétních pojmů: Štíhlá výroba, Standardizace, Pull, JIT, KANBAN, LEAN, 5S, WCM, JIDOKA, TPM, TQM, TOC, SCM, WMS, VSM, KAIZEN, 3Mu, SMED, ANDON, Poka-yoke, Tact Time/Cycle Time, SIX SIGMA, HEIJUNKA a průmysl 4.0.
- ✓ Třetím dílčím cílem je provedení podrobnější... Podrobněji charakterizovat zlepšovateľské metody používané v rámci přístupů TOC (Theory of Constraints).
- ✓ Čtvrtým dílčím cílem je aplikace metody při analýze úzkého místa ve vybrané výrobní společnosti Festool s.r.o. Konkrétně se jedná o přístup TOC a jeho metodu DBR.

## **3. Metodika**

Tato část zahrnuje metodický postup této práce a jsou zde popsány jednotlivé metody použité při vypracování.

### **3.1 Teoretická část**

Diplomová práce je zaměřena na jednotlivé přístupy k organizaci a řízení výroby. Navazuje tímto na autorovu bakalářskou práci, kde byla pozornost věnována analýze úzkého místa ve firmě Festool s.r.o. První část zahrnuje analýzu literárních pramenů tedy odborné literatury, časopisů, internetových zdrojů a vhodných dokumentárních videoklipů. Na základě těchto zjištěných poznatků jsou posléze představeny a vysvětleny konkrétní metody a nástroje, zejména ty, které mohou být firmám nápomocny k dosažení štíhlosti výrobních procesů. Tyto metody jsou dále popsány a vysvětleny. Ve vlastním řešení práce je podrobněji uvedena metoda TOC a její zlepšovateľské metody. Tyto metody jsou v práci popsány a vysvětleny. Veškeré teoretické postupy byly diskutovány společně se zástupcem výrobní firmy Festool s.r.o.

### **3.2 Praktická část**

Ve výše zmíněné bakalářské práci byl pomocí jednoduché analýzy, nalezen nejvytíženější stroj na základě strojních kapacit pro výrobu hřidelů. Stroj byl na základě zvyšující se produkce zakoupen nový. Na základě těchto znalostí je provedena komplexnější analýza výroby. Od firmy Festool s.r.o byla obdržena výrobní data, ve kterých jsou zahrnuty údaje o celkové produkci, nikoliv pouze data týkající se hřidelů. Data obsahují ID dílce, číslo operace, popis operace, číslo pracoviště, seřizovací čas stroje v minutách, čas stroje v minutách na jeden dílec, velikost dávky a roční spotřebu. Na základě těchto dat je v druhé polovině praktické části provedena analýza dat, kdy jednotlivé výstupy z dané analýzy byly průběžně konzultovány vedoucím výroby dané firmy.

#### **3.2.1 Výpočty a použité metody**

V této kapitole jsou představeny výpočty a použité metody využitě při zpracování praktické části.

##### **A. Výrobní výpočty**

Výpočty jsou provedeny na základě výrobních dat. Zde jsou uvedeny konkrétní výpočty.

*Výpočet ročního počtu dávek je proveden podle následujícího vzorce:*

$$RPO = \frac{RS}{KD} \quad [ks] \quad (1)$$

Kde: RS – roční spotřeba [ks]

KD – kalkulační dávka [ks]

*Výpočet ročního cyklu je proveden podle následujícího vzorce:*

$$RC = \frac{\check{C}S \times S}{60} \quad [h] \quad (2)$$

Kde: ČS – čas stroje [min]

S – spotřeba [ks]

*Výpočet času na jednu dávku bez seřízení je proveden podle následujícího vzorce:*

$$\check{C}BS = \frac{\check{C}S \times KD}{60} \quad [h] \quad (3)$$

Kde: ČS – čas stroje [min]

KD – kalkulační dávka [ks]

*Výpočet celkového času na jednu dávku je proveden podle následujícího vzorce:*

$$C\check{C} = \check{C}BS + \frac{S\check{C}}{60} \quad [h] \quad (4)$$

Kde: SČ – seřizovací čas [min]

ČBS – čas na jednu dávku bez seřízení [min]

Na základě těchto základních výpočtu jsou provedeny analýzy pomocí kontingenčních tabulek. Z těchto tabulek lze již snadněji vyčíst relevantní údaje o výrobě, mezi které patří například vytíženost pracoviště a roční cykly jednotlivých dílců. Roční cyklus udává, kolik

hodin dané dílce stráví na výrobních zařízeních. Tento údaj je nápomocen k určení klíčových dílců.

## **B. Simulace Výroby**

Na základě výše popsaných skutečností je provedena simulace výroby. Pro lepší vizualizaci problematiky je zhotovena mapa materiálových toků. Již tato mapa udává rozdílnost výroby daných dílů. Do výroby se najednou vpustí 8 klíčových dílců z hlediska kapacit výroby. Opět je pomocí kontingenční tabulky proveden výpočet jednotlivých délek průběžných dob výroby od počátku (Soustružení) do konce (Balení a dokončovací úpravy). Na základě různých časů je spuštěna výroba. V první simulaci není nic řízeno a je zpracováván dílec, který dorazí k danému pracovišti dříve. Po průchodu jednotlivými technologiemi je vždy uvedena průběžná doba výroby a jednotlivá čekání. Na konci simulace je výsledkem celková výrobní doba klíčových dílců.

## **C. Metoda DBR**

V následujícím kroku je již provedena optimalizace výrobního plánu pomocí metody DBR. DBR spadá pod metodu TOC, která slouží k identifikaci omezení. Celý název metody zní Drum Buffer Rope. Drum (buben) je omezení. TOC říká, že v každém procesu se nachází určité omezení, které je nutno eliminovat. Od úzkého místa (bubnu) je poté vedeno lano neboli signál na začátek procesu. [4]

Na základě těchto informací je již provedena optimalizace výrobního plánu pomocí metody DBR. Za omezená se počítají ty pracoviště, které v daném čase mají větší poptávku, než je dostupná kapacita. V udaném výrobním příkladu se jedná o omezení, která zapříčiňují vznik časového pozdržení na pracovišti. V následujícím kroku je nalezeno největší omezení, kterému se přidělí zbytek systému. Lano zde udává čas, než se materiál dostane od začátku procesu před úzké místo. Jednotlivá lana se opět vypočítávají pomocí kontingenční tabulky. Na základě délky lan jsou určeny priority jednotlivých dílců.

## 4. Přehled řešené problematiky

V této části práce jsou představeny pokročilé koncepty k organizaci a řízení výroby. Jedná se zde zejména o štíhlou výrobu a přístup TOC. Následně je věnována pozornost i SW řízení výroby.

### 4.1 Pokročilé přístupy k organizaci a řízení výroby

Dříve než dojde k samotné aplikaci zlepšovateľských procesů ve výrobě, je nutno objasnit, čeho lze danými přístupy v praxi dosáhnout. Tato část diplomové práce tedy představuje teoretické popsání jednotlivých konceptů, uvedených v cílech práce, které přímo souvisejí s moderními směry v oblasti řízení výroby. V tomto přehledu jsou uvedeny přístupy, metody a pojmy typu: Štíhlá výroba, Standardizace, PULL, MUDA, 3Mu, Takt Time/Cycle Time, VSM, 5S, Procesní řízení, VMI, Řízení změn, JIT, KANBAN, SCM, KAIZEN, ANDON, Six Sigma, Lean Six Sigma, JIDOKA, TQM, TPM, Poka-yoke, WCM, HEIJUNKA, SMED, TOC a Průmysl 4.0.

#### 4.1.1 Štíhlá výroba

V odborné literatuře výrobního charakteru se s tímto pojmem lze setkat poměrně běžně, a to zejména v automobilovém průmyslu. Tento koncept našel inspiraci ve výzkumech, které proběhly na přelomu osmdesátých a devadesátých let. Výzkumy si kladly za cíl objasnit špatnou konkurenceschopnost západního automobilového průmyslu oproti Japonku (především firmě Toyota). Toyota představuje přední příklad efektivní výroby. Není náhodou, že se stala první automobilkou v historii, která vyrobila více než 10 milionů automobilů ročně. Co stojí za tímto úspěchem? Jedním z faktorů, které podnítily tento úspěch je nedostatek přírodních zdrojů, dalším faktor představuje vliv druhé světové války, kdy se staly vstupy do výroby vzácné. To mělo za následek určitou míru kreativity, pro schopnost firmy vyrábět. Zlom nastal, když po válce pan Eiji Toyoda odcestoval na pracovní cestu do USA. Navštívil zde závody Fordu. Rozsah tohoto výrobního závodu ho fascinoval. Závod a skladovací prostory však byly velice rozlehlé. Věděl, že v Japonsku nemohou vázat kapitál ve skladech a skladovat díly několik měsíců (filozofie JIT). Navíc po válce na to nebyl dostatečný kapitál. Paradoxně ho však více fascinoval systém supermarketu Piggly Wiggly. V Japonsku byl samoobslužný obchod brán jako luxus. Zákazník si může jít nakoupit kdykoliv kdy chce a cokoli chce, v požadované kvalitě a množství. Supermarket pak doplní pouze to množství určitých výrobků, které byly zákazníky odkoupeny. Tuto metodu začal aplikovat na svých výrobních linek. V určité fázi



výroby pak bylo vyrobeno přesně tolik kusů, kolik se v další návazné části výroby spotřebovalo (další prvek filozofie JIT). Eiji si také povšiml mnoho pracovníků u výrobní linky, velké množství lidí chtěl samozřejmě eliminovat, aby ušetřil kapitál firmy a snížil zmetkovitost. Zavedl nad výrobní linku šnůry (Andon), za které mohl dělník kdykoliv zatáhnout a zastavit linku v případě nouze. Pokud dělník spatřil problém, zatáhl za šnůru a celý tým se tomu problému začal věnovat, aby ho co nejrychleji vyřešili. [32]

Toyota je firmou, která tuto filozofii propracovala a stala se jakýmsi učedníkem, kterého západní svět začal napodobovat a obdivovat. Pro lepší pochopení bylo vypracováno následující schéma (obrázek 1), kde je vidět kontrast obou filozofií.

*Obr. 1 Kontrast stylů řízení*

### **Západní styl řízení**

**princip hromadné výroby a silně decentralizované řízení  
nebere tak velký ohled na požadavky zákazníků  
vyšší hladina zásob  
více zaměstnanců  
větší výrobní plocha  
více dodavatelů**



### **Toyota**

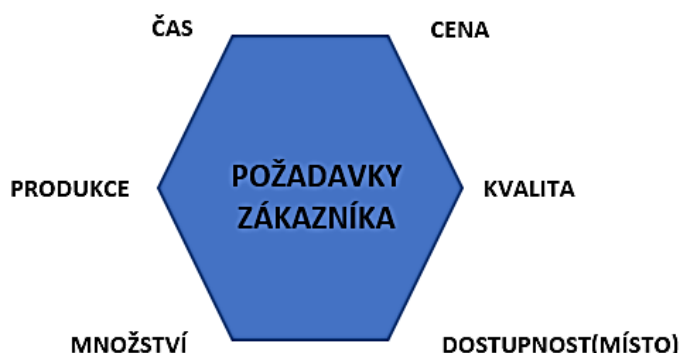
**velice pružná reakce na požadavky zákazníků  
třetina zásob → menší výrobní plocha  
polovina montážních zaměstnanců  
pětina dodavatelů**

*Zdroj: (vlastní zpracování)*

Nyní je již ze schématu patrné, na co se Lean soustřeďuje, aby se přiblížil japonskému stylu řízení výroby a dokázal mu lépe konkurovat. Na prvky západního stylu řízení jsou aplikovány jednotlivé zlepšovateľské postupy. Štíhlá výroba v sobě skrývá více metod a v dalších kapitolách jsou detailně rozpracovány. Jednotlivé metody jsou pak aplikovány na jednotlivé negativní aspekty západního stylu. Například JIT na vyšší hladinu zásob.

Štíhlosti podniku lze dosáhnout využíváním co nejméně všeho, co je potřebné ve výrobním procesu. Štíhlá výroba se toto snaží dosáhnout omezením těchto procesů, které nepřidávají žádnou hodnotu zákazníkům. Pružná reakce na zákazníka a jeho požadavky je klíčová oblast štíhlosti podniku. Lean si klade za cíl vyhovět zákazníkům takovým způsobem, že podnik bude produkovat pouze to, co zákazník od produktu vyžaduje a soustředit se na jeho požadavky. Požadavky zákazníka ukazuje následující ilustrace (obrázek 2). [26]

Obr. 2 Požadavky z pohledu zákazníka



Zdroj: (vlastní zpracování)

Kdyby se podařilo dosáhnout tzv. dokonalého dodavatelského řetězce, nevznikaly by žádné zásoby. Tato skutečnost ovšem není v praxi možná. V praxi je reálnější vytvoření optimální velikosti zásob, kde by už nebyla snaha o další snižování zásob brána jako volba rozumná. Tuto optimální velikost zásob se firmy snaží stanovit pomocí dobré znalosti trhu. [26]

Metody a nástroje potřebné pro štíhlou výrobu tvoří schéma podobné domu. Schéma je znázorněné na následujícím obrázku (obrázek 3). Schéma je postavené na základech WCM, Standardizace a Heijunky. Na základech stojí tři pilíře, které obsahují Procesní přístup, JIT, JIDOKA, TQM a Six Sigma. Uvnitř jsou znázorněny další potřebné nástroje k dosažení štíhlé výroby. Schéma také podtrhuje orientaci na zákazníky.

Obr. 3 Schéma štíhlé výroby s pilíři a metodami

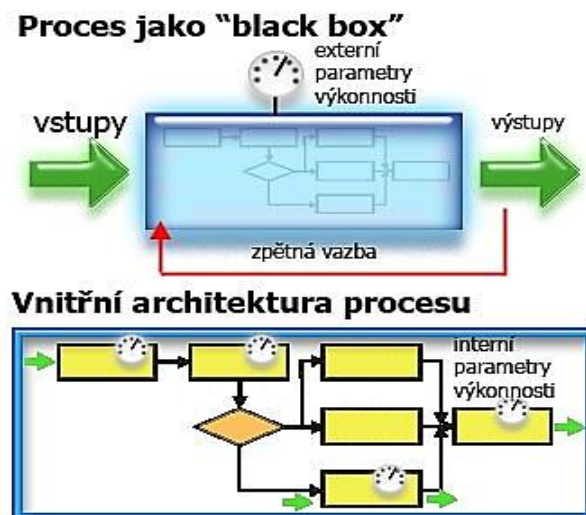


Zdroj: převzato z [18]

## 4.1.2 Procesní řízení

Procesní řízení si klade za cíl charakterizovat procesy opakující se napříč celou firemní strukturou a následně tyto procesy spojit v jeden celek. Každý z těchto charakterizovaných procesů má svého zákazníka a zodpovědného pracovníka. Tyto procesy spojeny v jeden celek se nazývají Black Box (obrázek 4). Pracovníci nemusí znát veškeré pro ně nepodstatné informace, jelikož mají malý dopad na řízení provozu. Detailům procesům uvnitř Black Box není nutné se věnovat do podrobností. Důležité je vědět, že mezi klíčové procesy, které se odehrávají uvnitř organizace patří výroba (poskytování služeb), marketing, plánování, obchod a zásobování a nákup zdrojů. Aplikací procesního řízení se tyto jednotlivé procesy snaží o zlepšení za účelem zvýšení zisku. [18]

Obr. 4 Black Box v procesním řízení



Zdroj: převzato z [15]

Pochody mající původ ve firemních procesech vznikají náhodně a vždy s určitou pravděpodobností. Lze vytyčit tři skupiny nahodilostí v systému. [18]

### 1. Dodávky vstupů

U dodávek vstupů je snahou předcházet problémům vznikajících hned u jejich včlenění do výroby. S těmito problémy se lze vypořádat jednoduše díky zavedení zásobníků nebo za pomoci pokročilejších metod (VMI, SCM). VMI (Vendor-managed Inventory) představuje pokročilejší přístup tvorby zásob a je charakteristický silnou vazbou na dodavatele, který má za úkol tvorbu zásob a tím je zodpovědný za určitou úroveň stavu zásob. Výhoda odběratelů spočívá ve sdílení rizikovosti tvorby určitého stavu zásob. Dodavatelé mohou v případě

špatného odbytu zásob odkoupit určité množství zásob a využít tyto zásoby u jiných spotřebitelů. [18]

## **2. Omezení průtoku**

Omezení průtoku značí existenci úzkých míst. Tyto úzká místa mohou mít na důležitých strojích (pracovištích) škodlivý dopad a tím ovlivnit průtok celým systémem. K eliminaci úzkých míst slouží metoda TOC, která je podrobněji vysvětlena v kapitole 4.2. [18]

## **3. Neschopnost plnit závazky vůči zákazníkům**

Tato neschopnost vyplývá z výpadků během výroby či distribuce. Těmto nahodilostem, vzniklých při dodávkách vstupů pro zákazníky, je nutno se vyvarovat či je omezit. To lze například přidáním expedičních zásobníků. [18]

### **4.1.3 Řízení změn**

Proces řízení změn značí přechod z jednoho stavu věcí do druhého, v mnoha ohledech lepšího a inovativnějšího. Díky řízení změn je snaha ve firemních procesech protlačit změny k lepšímu fungování chodu firmy. Po manažerech, kteří jsou těmto změnám nablízku se vyžaduje, aby neustále vyhledávaly prvky, které se dají zlepšit. Zde je ale nutné si uvědomit, že každý podnik (s ohledem na velikost) si nemůže dovolit zaměstnávat manažery, kteří se procesům řízení změn budou věnovat do hloubky. Hned od fáze zakládání podniku se firma musí věnovat změnám v tržním prostředí a tyto změny kvalitně řídit za účelem dosažení vyšších zisků. Následně se s ohledem na růst obrátů a celkovou expanzi firmy musí dané procesy orientovat na odrážení aktuální skutečnosti. [21]

Změny ale nemusí mít pouze kladný charakter, jelikož mohou nastat i kvůli oslabení pozice firmy na trhu. Díky změnám mohou tedy nastat dvě odlišné skutečnosti s opačným efektem na zisk firmy. [18]

Hlavním záměrem ovšem zůstává nalezení úspěšného cíle. Změny lze rozdělit podle několika kritérií. První kritérium značí, jak lze změny odhadovat a předvídat. Dle předvídatelnosti vzniku změn se dělí změny na plánované a neplánované. Mezi neplánované změny se řadí různé nehody, poruchy nebo přírodní katastrofy. Platí ale pravidlo, že obě vzniklé změny se musí řídit, za předpokladu snahy o vybudování úspěšného podniku. Druhé kritérium je vliv změny na provoz podniku. Podle tohoto způsobu se vymezují tyto typy změn. [21]

## **1. Provozní změny**

Změny tohoto charakteru nemají velký vliv na samotné fungování společnosti a provoz procesů. Řadí se sem druhy procesů, díky kterým se dosahuje vylepšení daných produktů (např. dodatečné modifikace technologických a konstrukční dokumentací, vylepšení materiálu v rámci materiálového inženýrství, změny výrobních technologií a nástrojů). [21]

## **2. Rozvojové a transformační změny**

Délka trvání těchto změn je delší než u předchozích změn provozu. Rozvojové změny a transformační změny mají za následek rozvoj dalších změn. Tyto změny jsou pevnou součástí inovačního cyklu a strategického řízení. [21]

### **4.1.4 Standardizace**

Standardizaci si klade za cíl odstranit nebo zredukovat pestrost všech firemních procesů, a tím zajistit jejich monotónnost a přehlednost. Díky vzniku jednotvárného závěru je výsledkem standardizace norma zajišťující kontinuitu i ve vztahu k vnějšímu okolí firmy (dodavatelé, partnerské firmy, zákazníci). Bez standardizace (norem), by bylo nemožné ve firmě zavádět certifikační systémy nezbytné pro samotné přežití v konkurenčním prostředí. Mezi dané certifikace patří například norma ISO 9001, ISO 14001, CE, EMAS, CAF, ale i přístup podněcující k dosažení firmy světové třídy WCM. [18]

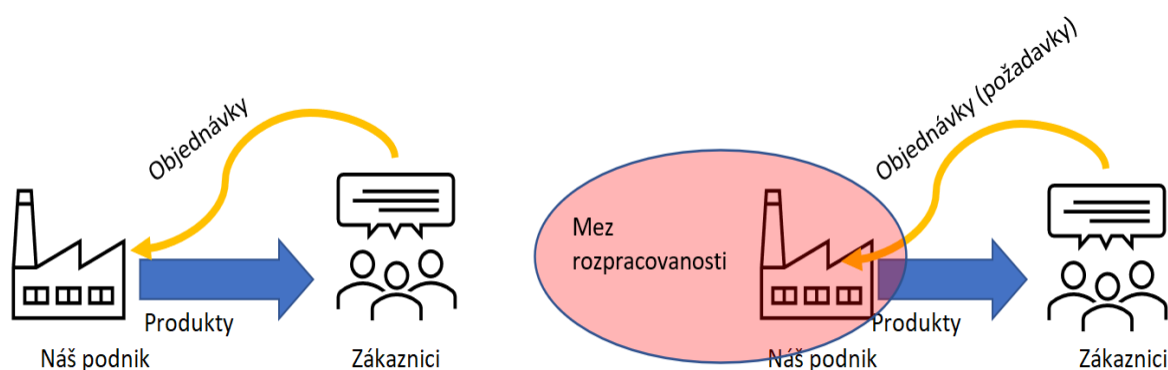
### **4.1.5 Princip tahu a tlaku**

Existují dva zcela odlišené výrobní systémy. Principy tahu a tlaku jsou opačné systémy ve výrobě, které vyznačují, jak probíhá spolupráce mezi výrobní firmou a distributorem. Při využívání tlakového systému (push) se firma řídí vlastní předpovědí a analýzou trhu dle svých kalkulací i na základě zkušeností z let minulých (predikce poptávky na základě sezonnosti zboží). V tomto systému to znamená, že se vyrábí na sklad a neřídí se poptávkou zákazníka. Co se týče využití těchto dvou systémů, tak pokud se chce dosáhnout štíhlé výroby, pak je nutné se zajímat pouze principem tahu, tzn. nezačínají se realizovat žádné produkty, dokud sám zákazníkem nevytvoří objednávku. [34]

Za cíl je kladena minimalizace množství produktů na skladě a vyvarování se plýtvání. Naopak princip tlaku je sice jednodušší princip, ale navyšuje množství výrobků na skladech a pracovištích, a tím se navyšuje i plýtvání. [5]

Výše popsané definice jsou těmi nejčastějšími v dostupné literatuře, je nutno však podotknout že necharakterizují podstatu samotného systému. To může mít za následek ne zcela korektní pojmenování. Pokud se hovoří o systému tlaku, je tím myšlen takový systém, který napřímo ovlivňuje počet rozpracovaných výrobků. Pokud tedy neovlivňuje rozpracovanost jedná se o systém tahu. Tyto definice zcela ignorují fyzické tlačení či tahání materiálu výrobou. Systém tahu se využívá při tzv. Kanban systému, kde je jasně definovaná horní hranice rozpracovanosti díky počtu kanbanových karet. Kanbanů je pro každý materiál omezený počet a nelze mít ve výrobě víc materiálu. V tom případě nastává omezení rozpracovanosti díky Kanbanu. Na následujícím schématu (obrázek 5) lze vidět porovnání těchto dvou charakteristik principu tahu. Na pravém podniku je vidět nadřazenost rozpracovanosti. [37]

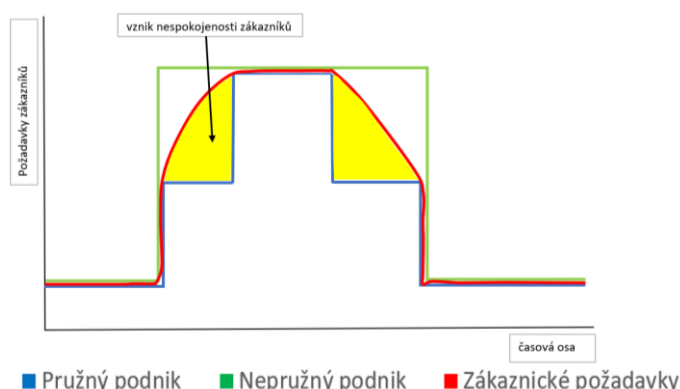
*Obr. 5 Modifikace principu tahu s horním limitem rozpracované výroby*



*Zdroj: Vlastní zpracování*

Princip tahu ovšem má určitou nevýhodu. Aby bylo dosaženo plné funkčnosti tohoto systému, tak se musí pracovat v určitém typu výrobního prostředí. Musí se dosáhnout co nejvyrovnanější systém zákaznických požadavků. K pochopení slouží následující ilustrace (obrázek 6). Tedy čím více dojde k přiblížení křivce zákaznických požadavků, tím více pružný podnik je a dochází k menší nespokojenosti na straně zákazníků. [37]

Obr. 6 Pull vs. zákaznické požadavky



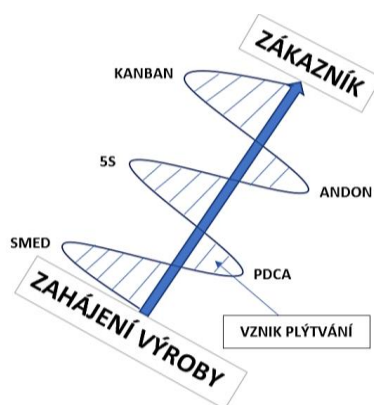
Zdroj: Vlastní zpracování

#### 4.1.6 Vznik plýtvání v procesech (MUDA)

Slovo plýtvání (angl. Waste, jap. Muda) má ve filozofii Lean klíčový význam. Plýtvání je všudypřítomné a lze se s ním setkat v určitých formách a má zastoupení ve všech procesech. Pojem MUDA shromažďuje veškeré druhy forem plýtvání, se kterými se lze v praxi setkat. Pokud ve firemním procesu určitá činnost nezvyšuje hodnotu produktu, kterou zákazník ocení, nazývá se tento akt plýtváním. Plýtváním se rozumí vše, co má za následek nulový přínos ke zvýšení hodnoty daného produktu. MUDA vytyčuje 8 druhů plýtvání, které mají nulový přínos k hodnotě. [34]

Následující schéma (obrázek 7) ukazuje typickou realitu ve výrobní činnosti. Od zahájení výroby k zákazníkovi vede určitá složitá cesta, ve které snadno vznikají různé druhy plýtvání. Aplikace metod štíhlé výroby představuje snahu o přiblížení se přímce mezi zahájením výroby a zákazníkem.

Obr. 7 Snaha o eliminaci plýtvání



Zdroj: vlastní zpracování

Existuje celkem 8 skupin plýtvání v procesech, které jsou charakterizovány níže.

## **1. Čekání**

Čekání je nejjednodušším a nejtypičtějším příkladem plýtvání, které může vzniknout kdekoliv. Čekání může mít jednoduchou formu jako například opoždění zaměstnanců či složitější formu v podobě čekání na dodávku materiálu od dodavatele. [34]

## **2. Nadvýroba**

Tento druh plýtvání se vyskytuje u společností, které nadvýrobu hodnotí jako řádné aktivum než pasivum. Tyto produkty z nadvýroby ale nemusí naleznout žádné odběratele a budou postupně zastarávat. U výrobků s expirační dobou spotřeby jako jsou například farmaceutické přípravky dojde kvůli vypršení expirační doby ke stáhnutí z prodeje bez odběru konečným spotřebitelem. [34]

## **3. Přepřacování**

U přepřacování dojde ke vzniku plýtvání z důvodu náročné lokalizace chyb v celém procesu a následného odstranění. Tento proces je často zdlouhavý a finančně náročný. Příkladem přepřacování jsou nesprávné nebo úplně chybějící údaje a překlepy. [34]

## **4. Pohyb**

Pohyb lidí a materiálu je činnost, která nepřináší žádnou přidanou hodnotu zákazníkovi. Proto je v rámci MUDA naší snahou pohyby zkrátit a zefektivnit. Uvnitř podniku se často jedná o zbytečně vzdálená zařízení jako je tiskárna v kanceláři, ale i zbytečná pracovní cesta k vyřešení záležitosti, kterou lze vyřešit emailem nebo online schůzkou. [34]

## **5. Přemísťování**

Tento typ plýtvání nastává v situaci, kdy je ve výrobním procesu pracováno na nějakém produktu, který je následně neúčelně přemísťovat mezi pracovišti, místo toho, aby se značná část operací zhotovila na jednom pracovišti. [34]

## **6. Zpracování**

Pod tímto krokem se skrývají další kroky, které nemají žádnou přidanou hodnotu. Jako příklad je uváděno navoskování vlastního automobilu, kdy majitel věnuje čas a úsilí umytí svého automobilu a poté jej zaveze do myčky, kde je auto před navoskováním opět umyto. Prvotní proces mytí přišel nazmar, a proto se jedná opět o plýtvání. [34]



## 7. Skladování

Ve štíhlé výrobě je každá tvorba vlastních zásob na úkor pozdějších dodávek plýtváním. [34]

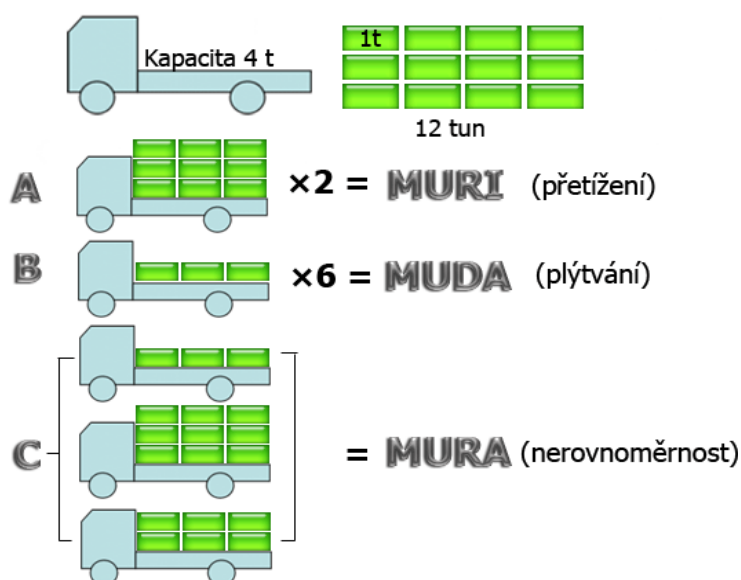
## 8. Intelekt

Nejnovější užívanou formou plýtvání je intelekt. Složitější procesy vyžadují určitou minimální úroveň kvalifikace zaměstnanců, aby byly provedeny optimálně. Ovšem při existujících možnostech, kde lze za použití určitých nástrojů provádět tyto složitější činnosti zaměstnanci s nižší kvalifikací, je zaměstnávání vysoce kvalifikovaných zaměstnanců plýtváním. [34]

### 4.1.7 3Mu

V předešlé kapitole byl charakterizováno, co znamená ve výrobě přístup Muda, jenž je součástí komplexnější metodiky 3Mu, kterou tvoří spolu s Muri (přetížení) a Mura (nerovnoměrnost). Je třeba zkombinovat všechny tři přístupy, aby bylo dosaženo požadovaného výsledku, který spočívá v minimalizaci veškerého plýtvání. Pro lepší pochopení této metody slouží následující ilustrace (obrázek 8), na kterém lze vidět všechny 3 nedokonalosti jménem MURI, MUDA a MURA. [18]

Obr. 8 3Mu a jeho tři modifikace



Zdroj: převzato z [13]

### 4.1.8 Čas taktu a čas cyklu

V této kapitole jsou charakterizovány pojmy čas taktu a cyklu, které rozhodně nejsou synonyma, ačkoliv jsou často zaměňovány.

#### D. Čas taktu

Čas taktu je přesná rychlost produkce k uspokojení poptávky na trhu. Vypočítá se jako podíl čistého výrobního času potřebného k produkci a celkové zákaznické poptávky. Pokud je například měsíční požadavek zákazníka 1000 kusů daného produktu, přičemž je 20 pracovních dní po 7,5 hodinách. Po výpočtu se zjistí čas taktu, který je 9 minut na jeden kus. [12]

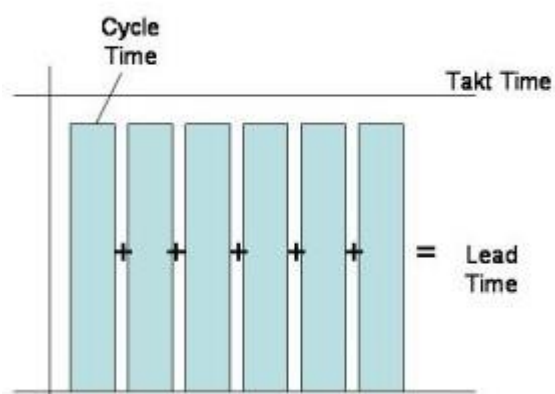
#### E. Čas cyklu

Čas cyklu již představuje reálný čas výrobních úkonů. Jedná se o reálnou celkovou dobu výroby určitého kusu (produktu) od počátku výroby až po úplné dokončení. [27]

#### F. Lead Time

V případě Lead Time celkový čas, který začíná objednávkou produktu, pokračuje výrobou a končí zaplacením za tento produkt zákazníkem. Je-li tato doba mnohem vyšší než doba cyklu, dojde ke hromadění výrobků na skladě. Na níže uvedené ilustraci (obrázek 9), lze vidět výpočet Lead Time (celkového času). Je to součet všech časů cyklu. [27]

Obr. 9 Grafické znázornění Takt Time / Cycle Time / Lead Time



Zdroj: převzato z [27]

### 4.1.9 Mapování hodnototvorného řetězce

Při mapování hodnototvorného řetězce je třeba pochopit a zaměřit se na nároky, které mají koncový uživatelé na kvalitu jednotlivých výstupů. Koncový uživatel je většinou zákazník.

Hledí se ovšem i na nároky ze strany majitelů firmy. Dbá se tedy na výslednou hodnotu, dle které se jednotlivé aktivity rozřadí do skupin dle konkrétní hodnoty. Jsou rozřazeny dle účinků aktivit na tvorbu finální hodnoty výstupu. Pomocí mapování hodnototvorného řetězce lze demonstrovat, jak dílčí soubory aktivit mohou podpořit tvorbu výsledné hodnoty. Pokud se podaří nalézt aktivity, které nemají vliv na konečnou hodnotu výstupu, tak se jedná o tzv. plýtvání. Sestavení řetězce je tedy nezbytné k vizualizaci zkoumaného procesu, na jehož základě dojde ke zhodnocení plýtvání. [34]

#### ✓ **VSM (Value Stream Mapping)**

VSM neboli mapování hodnotových toků se poprvé objevila ve firmě Toyota. Cílem VSM je odstranění plýtvání ve výrobě zvýšením efektivity materiálového toku. Jedná se o grafický nástroj využívajících různých symbolů sloužících k zachycení aktuálního stavu procesu. Tyto symboly mohou sloužit buď ke znázornění materiálového či informačního toku. Díky těmto symbolům je možno získat specifický diagram, skrze který lze navrhnout nápravná opatření vedoucí k zamezení plýtvání a popřípadě identifikaci úzkých míst. VSM je vhodný nástroj na izolování a kvantifikování naší iniciativy k tvorbě výsledné hodnoty pro zákazníky a mapování odstranění plýtvání. V procesech se lze setkat s 8 různými druhy plýtvání (MUDA). [17]

### **4.1.105S**

Pokud má podnik za cíl vlastnit štíhlý proces výroby, je třeba se této problematice věnovat. Štíhlé pracoviště se určuje podle pohybů pracovníků na tomto pracovišti. 5S vychází z japonského popisu pěti kroků k organizaci štíhlého pracoviště. [34]

#### **1. SEIRI (Třídění)**

Roztřídění nástrojů podle důležitosti k provádění úkonů ve výrobě. Na pracovišti se vyskytují pouze takové nástroje, které mají dostatečný užitek. [34]

#### **2. SEITON (Umístování)**

Na základě procesu třídění se došlo k závěru, které nástroje jsou pro podnik užitečné. Tyto nástroje jsou umístěny na pracoviště tak, aby zajistily pro zaměstnance dostatečně výkonný výrobní proces. Umístění nástrojů je třeba zvýraznit pro lepší orientaci pracovníků na pracovišti. [34]

### 3. SEISO (úklid)

Tento bod určuje potřebu vedení pracoviště v čistotě, a to za všech okolností. Není efektivní se věnovat úklidu pracovišti jen v případě, k vykonávání kvalitní pracovní činnosti na pracovišti. [34]

### 4. SEIKETSU (Standardizace)

Tento krok sjednocuje pracovní úkony skupiny pracovníků provádějících stejné úkony na pracovišti. Pracovníci by neměli úkony provádět rozdílně. [34]

### 5. SHITSUKE (udržení)

Snaha o udržení kvality předchozích čtyřech kroků metody 5S. Neopominutelné je neustále dohlížení na kvalitu dodržování těchto postupů. [34]

Na níže uvedeném obrázku je vyobrazena názorná aplikace konceptu 5S. Před aplikací 5S je pracoviště přeplněné, neuspořádané, znečištěné a matoucí. Po 5S má vše určené místo. Pracoviště je vyhrazené páskou, koš na odpad také a všechny boxy mají štítky a svůj regál. Po aplikaci 5S na pracovišti, je o mnoho jednodušší detekovat abnormality v procesech a vyhnout se jim. 5S se dá například aplikovat i ve společné lednici ve firemní jídelně. Každý druh potraviny má své místo a je snazší detekovat abnormality, abnormalitou je v tomto případě zkažená potravina.

*Obr. 10 Názorná aplikace 5S*



*Zdroj: převzato z [1]*

#### **4.1.11 JIT**

Koncepce Just in Time se po svém vzniku začala používat jako jeden ze základních pilířů řízení výroby již ve třicátých letech minulého století v prostředí Japonské firmy Toyota. Největší rozmach se však datuje až do počátku osmdesátých let. Jádrem tohoto konceptu tkví v produkci nejpotebnejších výrobků přesně v takovém množství, které je nutno vyrobit v co nejkratším akceptovatelném čase. Důležitou podmínkou je stoprocentní kvalita výrobku. Tato metoda má za cíl omezení zásob ve skladech, stejně jako následné pohyby zásob ve skladech i mezi sklady navzájem. Pro správnou funkčnost je pro tuto práci nejdůležitější aspekt současná aktuální potřeba materiálu pro výrobu a stejně tak kvalitní vazby s dodavatelem, který zaručuje, že zajistí včasné dodávky v požadovaném množství a zhotovení. Pokud jsou tyto podmínky splněny, jedná se o ideální stav, ve kterém jsou dodávky zaváděny v přesný čas rovnou do výroby. [18]

#### **Přínosy strategie JIT <sup>[18]</sup>**

- 1) Minimalizace stavu zásob a nedokončených výrobků.
- 2) Z toho plynou i menší nároky na skladové prostory.
- 3) Zvýšení kvality výrobků.
- 4) Snížení materiálních nákladů.
- 5) Časová úspora při plánování výrobního procesu, jelikož zavedení koncepce JIT má za následek nutnou spolupráci oddělení výroby a logistiky.

#### **Nevýhody strategie JIT <sup>[18]</sup>**

- 1) Nutnost kvalitní vazby mezi odběratelem a dodavatelem.
- 2) V mnoha případech dochází ke zhoršení životního prostředí v důsledku vyšší četnosti kamionových dodávek.

#### **4.1.12 KANBAN**

Tuto metodu lze považovat za nástavbu předchozí varianty JIT. Opět má svůj původ v japonské Toyotě a jedná se o základní pilíř štíhlé výroby k uskutečnění JIT. Původ slova vychází z japonštiny, jedná se o výraz pro „štítek“, jelikož jsou informace zaznamenávány na štítkách či kartách, které jsou umístěny na přepravnících pro materiál. Štítky zde tedy mají dvojí roli, slouží jako objednávka a zároveň i přepravní průvodka. Proces funguje následovně; pracovníkovi dojde na určitém úseku materiál, a tak odešle kanban na dané pracoviště, které má za úkol tento materiál dodávat, zde dojde k doplnění do původního množství a v takovémto

stavu je následně opět odeslán na původní stanoviště zpět k pracovníkovi čili objednavateli. Důležitou skutečností je v tomto procesu omezené množství připuštěného stavu zásob na daný materiál, které nesmí být překročeno. [20]

Podstatnou část Kanbanu tvoří systém tahu (PULL). Z toho vyplývá proces, při kterém se další část pracovního úkonu začne zpracovávat až tehdy, kdy je dokončen úkon předchozí (v zásadě kvůli uvolnění kapacity pro navazující proces). To je zásadní rozdíl od běžného tlakového přístupu, který může vést, za jistých okolností, k přeplnění výrobního procesu, což vede ke vzniku prostojů. K tomuto krizovému stavu však dochází jen v případě nadbytku materiálu ve výrobním procesu. [22]

Krom prvotního nástroje karet využívá metoda také Kanban Board, jedná se o velmi účinnou metodu, ve které slouží tabule k lepší vizualizaci dílčích požadavků uvnitř výrobního procesu. Kanban Board se skládá ze tří částí, na kterých jsou zaznamenávány stavy výrobního procesu. První TO DO představuje zásobník, druhé DOING nese část výrobků a poslední zaznamenává, na kterých výrobcích se právě pracuje. [22]

#### **4.1.13SCM**

Další podstatnou metodou je Supply Chain Management (SCM), jedná se o druh dodavatelské firemní sítě, s jejíž pomocí se řídí dodavatelské řetězce. Tato metoda díky kombinaci přináší dvě pozitiva. Za prvé slouží SCM k optimalizaci průtoku celým systémem. Zvýšení průtoku má poté za následek pozitivní vliv na eliminaci plýtvání. Dodavatelský řetězec složený z dodavatelů, výrobců a odběratelů tak dnes slouží velmi často jako součást výpočetního systému ERP. [18]

V tomto přístupu je celý dodavatelský řetězec od dodavatelů až po samotné zákazníky na konci řetězce vnímám jako celek. V SCM jsou zásoby vnímány jako poslední možnost při řešení různých neshod. SCM se snaží aktivně integrovat plánování napříč celým řetězcem a aktivně a včasné adaptovat všechny partnery na změny potřeb. [35]

#### **4.1.14KAIZEN**

V předchozí kapitole jsme se věnovali metodě 5S. Tato metoda nachází ve velké míře uplatnění v přístupu Kaizen. Forma Kaizen je snaha zapojit všechny zaměstnance do zlepšení chodu podniku a tím zamezit plýtvání. Nejedná se ovšem pouze o vedoucí pracovníky

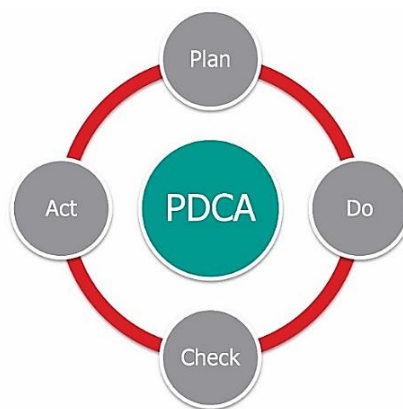
a manažery, kteří mají zlepšování výrobních procesů v popisu práce, ale i o dělníky. Tudiž se i dělníci aktivně zapojují do chodu organizace a přispívají k lepší firemní kultuře. [18]

Průkopníkem metody Kaizen je společnost Toyota, dnes se ale používá po celém světě. Toyota povzbuzuje každého pracovníka, aby každý měsíc přišel se dvěma vylepšeními Kaizen. I nepatrné a extrémně malé změny mají z dlouhodobého hlediska obrovský dopad na produktivitu. V dokumentu *Making Cars* od BBC zavítal James May do továrny Toyota. Byl zde demonstrován pokus se sběrem a lepením nálepek. Zaměstnanec přišel s inovací ve výrobě, která při jejich loupání ušetří 1/3 sekundy. Vylepšení bylo dosaženo za pomoci ohnutí pásky s nálepkami a lepší možnosti sloupnutí. Na každý automobil, který Toyota vyrobí je třeba nalepit 96 samolepek. Kaizen tohoto zaměstnance ušetří 28,8 s na vozidlo. Toyota každý rok vyrobí okolo 10 milionů vozidel. Tudiž pokud Toyota dokáže ušetřit necelých 30 sekund na každém automobilu při zjednodušení celkem banální operace, jako je pouhé sloupnutí štítku, se dosáhne celkové úspory 80 000 hodin za rok. Tento příklad jasně demonstruje, jak je filozofie Kaizen a zapojení všech zaměstnanců do zlepšení chodu podniku důležitá. [16]

#### ✓ Demingovo kolo/PDCA cyklus

Kaizen využívá tzv. Demingův okruh (PDCA cyklus). S tímto objevem přišel W.E.Demig v 50.letech v Japonsku. PDCA cyklus slibuje, že firma získá vysokou kvalitu konečného výstupu a tím pádem lepší konkurenceschopnost z důvodu ocenění kvality výrobku konečným spotřebitelem. Cyklus se skládá ze čtyř kroků. Jsou to kroky plánuj (plan), udělej(do), zkontroluj (check) a jednej (act) a ty stále se opakují. PDCA cyklus je vyobrazen na obrázku číslo 11. [12]

Obr. 11 PDCA cyklus



Zdroj: převzato z [10]

#### 4.1.15 Andon

Další metoda pocházející opět z prostředí japonské Toyoty a nese název dle pradávné japonské lucerny. Andon označuje vizuální prvky, které slouží k vyobrazení aktuálního stavu daných strojů (výrobních linek). Součástí systému Andon bývají často zvukové alarmy, které upozorňují na nežádoucí změny uvnitř výrobního procesu a upozorní tak uživatele. Historie tohoto principu sahá až do třicátých let dvacátého století do společnosti Ford. Zde se však jednalo pouze o druh kabelu, za který pracovník zatáhl v případě abnormalit ve výrobním procesu. Dnes se využívají tlačítka, velkou výhodou kabelového systému je snazší dostupnost v případě nouze, kdy nedochází k takové časové prodlevě, jako když musí pracovník k tlačítku dojít. [31]

Velký potenciál má toto použití na výrobních automobilových linkách (viz obr.12). Obrázek níže demonstruje praktické využití kabelového mechanismu. Pracovník tahá za kabel Andon a dochází k okamžitému výstražnému signálu, který informuje zodpovědnou osobu o potíži na lince. Na základě opakovaných skutečností může vedoucí pracovník snadno vyhodnocovat příčiny vzniku abnormalit a zavádět nápravná opatření v předstihu před vznikem problému. [31]

*Obr. 12 Ukázka Andon kabelu na výrobní lince*







*Zdroj: převzato z [7]*

Dalším typickým příkladem systému Andon, vyskytujícím se v praxi je semafor, ten je umístěn na dobře viditelném místě (nejčastěji nad linkou či strojem) a ukazuje současný stav procesu za využití barevné signalizace (viz obr.13). [31]



Obr. 13 Barevná signalizace Andonu

## Andon

	Není v taktu / potřeba zastavit linku
	Potřeba údržby
	Linka pracuje
	Potřeba údržby

Zdroj: převzato z [14]

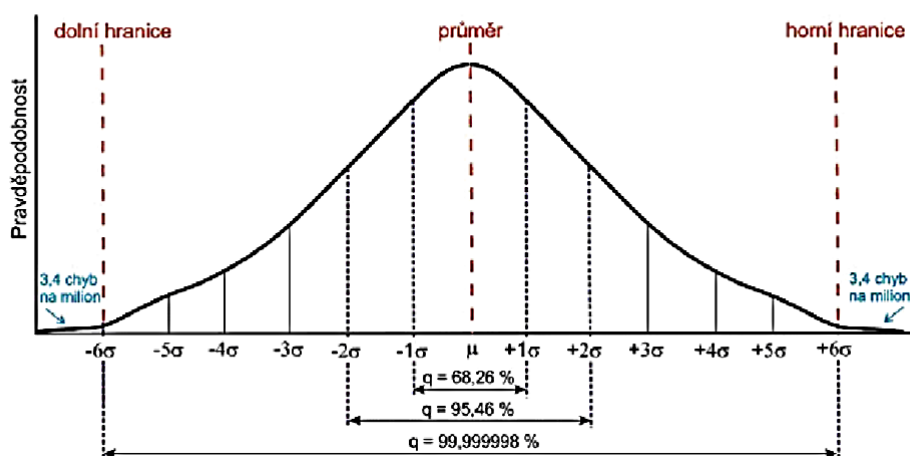
Druhým výrazným prvkem systému Andon jsou tzv. Andon tabule, na těchto tabulích jsou shromažďovány a vyobrazovány veškeré informace získané ze systému Andon. Pro toto vyobrazení se používá LED panel, který je opět umístěn na dobře viditelném místě, přístupný všem zaměstnancům. Nejčastějšími údaji jsou zde aktuální a plánovaný stav výroby (například v procentech). [31]

### 4.1.16 Six Sigma

Six Sigma metoda pochází z prostředí firmy Motorola a její vývojáři si vytyčili cíl ve formě změny v konečné kvalitě výrobků, v jejich případě televizorů. Jejich každý pátý výrobek byl totiž poruchový, což je z hlediska nákladů, velmi vysoké číslo zapříčiňující neudržitelnost procesu. Vstupní potřeba, na které inženýři stavěli, byla menší poruchovost bez změny zavedené výrobní technologie. V porovnání s metodou TQM se u Six Sigma objevují dvě rozdílné charakteristiky rozhodujícího pojmu kvalita. První definice pojmu vidí kvalitu jako maximální určitou, technologicky dostupnou možnost výsledné kvality. Druhá oblast zahrnuje spíše reálnou kvalitu čili skutečnou kvalitu, kterou lze výstupy dosáhnout. Prostor mezi těmito dvěma oblastmi kvality se označuje pojmem plýtvání, a právě touto oblastí se Six Sigma zabývá. [34]

Tato metodologie zahrnuje velmi pokročilé statistické nástroje, z toho důvodu je tak odlišná od ostatních zlepšovateľských nástrojů. Názorným příkladem tohoto nástroje je Gaussovo rozložení, které lze vidět níže (obrázek 14). Křivka jasně ukazuje, že význam Six Sigma tkví v dosažení maximálně 3,4 chyb na milion příležitostí. [34]

Obr. 14 Příklad Gaussova rozložení u Six Sigma



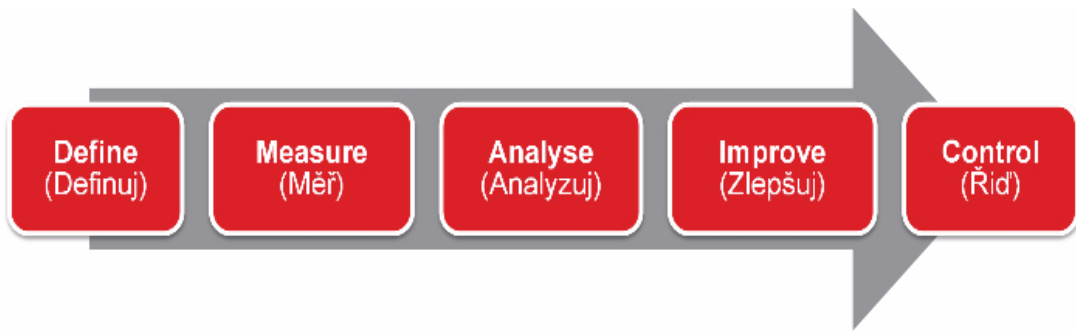
Zdroj: převzato z [18]

Jádrem metody Six Sigma je cyklus DMAIC. Na následující ilustraci (obrázek 15) je 5 fází cyklu DMAIC. Zlepšovateľské fáze DMAIC vychází z cyklu PDCA.

#### Cyklus DMAIC <sup>[34]</sup>

- 1. Define (Definování)** - Fáze definování cíle projektu. Je odvozena z existující databáze, ve které jsou k nalezení informace o dané kvalitě a zdrojích abnormalit. Důležitá část je také definice pohybového rámce, je třeba označit počátek a konec sledovaného procesu, aby se stále nezvětšoval objem projektu.
- 2. Measure (Měření)** – Krok shromáždění měřitelných dat, souvisejících s projektem.
- 3. Analyze (Analyzování)** – Získaná data prochází analýzou skrze analytické a statistické nástroje.
- 4. Improve (Zlepšování)** – Nejprve je třeba tezi zformulovat, otestovat a poté zavést do výroby vydefinovaný inovační prvek, který zamezí plýtvání.
- 5. Control (Kontrolování)** – Fáze ověřování správné funkčnosti navrženého řešení a požadavek na udržitelnost daného řešení v procesu.

Obr. 15 Cyklus DMAIC



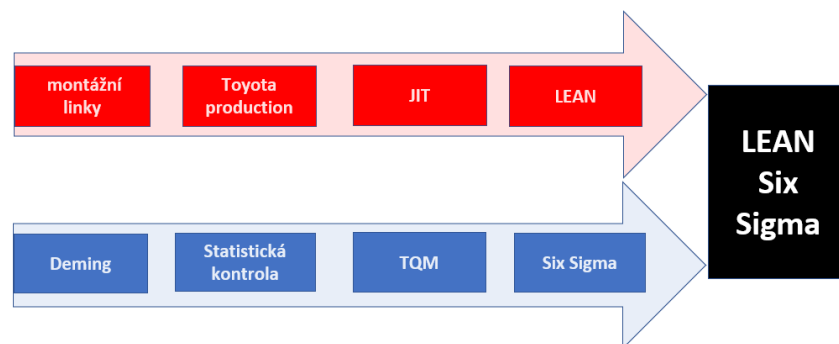
Zdroj: převzato z [12]

#### 4.1.17 Lean Six Sigma

Podniky si v moderní době, díky své rozsáhlosti, účelnosti a pružnosti v různých konkrétních situacích vybírají kombinovanou metodiku Lean Six Sigma. Díky této metodice aplikují podniky ve výrobních procesech výhody z obou původních metod, jak lze vidět na následujícím obrázku. [34]

Na následující ilustraci (obrázek 16) lze vidět postupný vznik metodiky Lean Six Sigma ze dvou odlišných směrů. Vznikl přístup, který využívá cyklu DMAIC a jeho předchůdce PDCA.

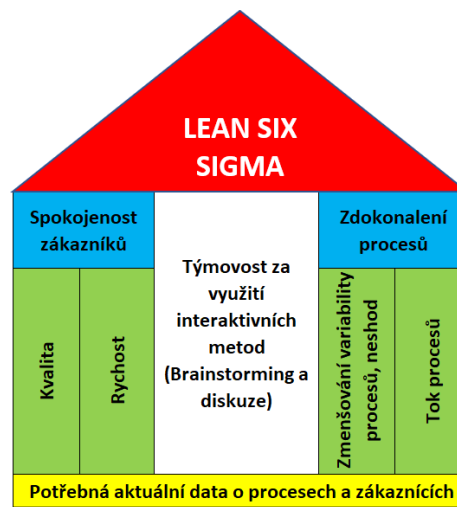
Obr. 16 Historie vzniku Lean Six Sigma



Zdroj: vlastní zpracování

Schéma metody Lean Six Sigma je na ilustraci níže (obrázek 17). Aby byl tento koncept úspěšný, musí stát na základech sestavených z dat a faktů. Jedná se o základní data o zákaznících a procesech probíhajících uvnitř firmy. Na těchto základech pak stojí pilíř spokojenosti zákazníků dána kvalitou a rychlostí. Druhý pilíř je zdokonalení procesů, který závisí na toku procesů a redukci neshod.

Obr. 17 Schéma Lean Six Sigma



Zdroj: vlastní zpracování dle [6]

### **Data a fakta**

Nejprve je třeba zjistit jaký typ zákazníků si vybírá danou společnost. Na základě preferencí zákazníků se shromáždí potřebná data. Pokud je naším cílem zlepšit nějaký proces uvnitř firmy tak je opět třeba sesbírat data na kterých daný proces stojí. V praxi se často stává, že se díky těmto datům musí při zavádění Lean Six Sigma začít úplně od nuly. Vrcholové vedení nebo manažeri často vůbec netuší, jak dlouho trvá zaměstnancům provést svoje každodenní úkoly (objednávky, faktury, reklamace atd..). Dále kolik odběratelů má připomínky nebo je nespokojeno s danou službou. Tyto údaje však nejsou při zavádění zlepšovateľského konceptu potřeba. [6]

### **Radost zákazníků**

Spokojenost koncového zákazníka závisí na samotné kvalitě, ale i na rychlosti zpracování. Tyto požadavky nejsou pro běžného zákazníka ničím cizím, jelikož se jedná o všeobecnou schodu. Mezi požadavky existuje určitá souvislost, protože pokud v procesu vznikání výrobku dochází k velkému množství neshod a chyb, tak tento proces nemůže být rychlý a ani dostatečně kvalitní. Je třeba se ale zaměřit na celý proces, od vstupu až po výstup hotového produktu. Ne se pouze zaměřit na rychlost a chybovost lidí nebo strojů a kde se všude musí čekat na následující operaci. Také kde všude se nacházejí rozpracované procesy. Rozpracované úkoly, které se odkládají, ztrácejí na aktuálnosti a musejí se pak zpracovávat déle a dochází ke plýtvání časem nebo kažení materiálů. [6]

### **Týmovost lidí**

Zde nestačí dát dohromady partu pracovníků a říct, aby týmově spolupracovali, jak se to krásně píše v konceptu Lean Six Sigma. Školení a příprava zde představují klíčový význam. K tomu existují různé interaktivní metody, například Brainstorming, kde se dá často užít i spousta legrace, utužit tak atmosféru v týmu a odreagovat se od každodenního stresu. [6]

### **Zlepšování procesů**

Na základě pozitivního zvládnutí předchozích kroků, lze konečně přejít k samotnému zlepšování procesů. Cílem je zvýšit rychlost a tok procesů, důležité je i zamezit nestálé rychlosti procesu, jelikož ta má také vliv na kvalitu a lze tím omezit plýtvání. [6]

#### **4.1.18 Jidoka**

Jidoka je metodologie soustředěná na kvalitu. Jidoka se snaží docílit kvality výrobků pomocí neustálého sledování (monitoringu) výrobního procesu. Jedná se zde o prevenci vzniku kvalitativních neshod. Jidoka zapojuje veškeré pracovníky, kteří se podílejí na výrobních procesech. Jádrem Jidoky jsou tři důležité principy, kterými se zaměstnanci musí řídit. Prvním pravidlem je, že každý zaměstnanec si musí být dobře vědom důležitosti výstupní kvality, pokud mají být zákazníci spokojeni. Tuto odpovědnost přijímá každý zaměstnanec, a je kontrolorem kvality každého procesu. Posledním pravidlem je skutečnost, že pracovník může kvalitu ovlivnit i nepřímo pokud spatří nějakou abnormalitu v jiné části procesu a spustit varovný signál k zastavení linky. [33]

#### **4.1.19 TQM – Total Quality Management**

TQM je komplexní manažerská filozofie, která si klade za cíl uspokojit zákazníky pomocí odpovídající kvality výrobků. Jedná se tedy opět na přístup zaměřený na zákazníka. Jádrem funkčnosti TQM je podílení se všech zaměstnanců podniku na optimalizaci kvality. Hlavní slovo mají zákazníci a těmito požadavky se řídí všichni zaměstnanci uvnitř podniku. Neustálá optimalizace kvality probíhá za pomoci osmi základních principů. Tyto principy jsou uvedeny níže. [17]

### Principy TQM <sup>[17]</sup>

- 1) Dbát na zákazníkovi požadavky.
- 2) Zapojit do optimalizace všechny pracovníky.
- 3) Procesně orientované řízení.
- 4) Integrovaný systém.
- 5) Strategický a systematický přístup.
- 6) Neustálé kontinuální zlepšování.
- 7) Rozhodovat se objektivně
- 8) Komunikace.

### **4.1.20 TPM**

V přístupu TPM je cílem snížení nákladů spojených s údržbou výrobních zařízení za současné optimalizace produktivity. Jedná se zde o trvalou autonomní údržbu, do které jsou zapojovány všechna firemní oddělení a zaměstnanci. V TPM se odstraňují plýtvání ve výrobě MUDA, jako jsou čekání a prostoje. V konceptu TPM se věnuje pozornost pěti důležitým faktorům, které jsou vypsány níže. Nyní panuje velká snaha o digitalizaci prediktivní údržby. [19]

### Pilíře TPM <sup>[19]</sup>

- 1) Provozování výrobních zařízení jen za určitých podmínek (mazání, čištění).
- 2) Vždy se řídit pravidly, které udává výrobce daného stroje.
- 3) Nalézt závady dříve, než začnou mít vliv na funkčnost strojů.
- 4) Odstranit a optimalizovat konstrukčních nedostatky.
- 5) Kvalitně školit zaměstnance v oblasti obsluhy a řízení a údržby strojů.

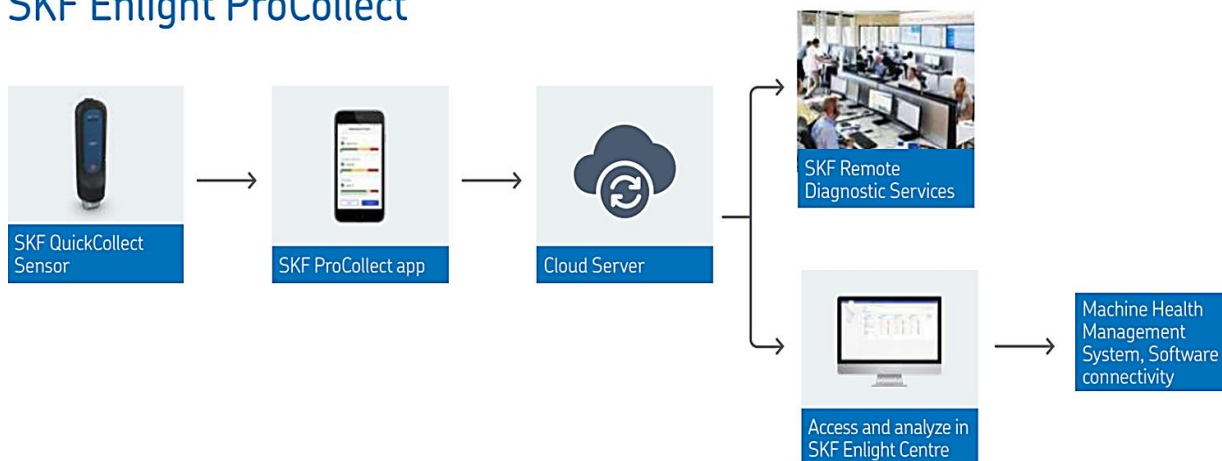
### **TPM a digitalizace prediktivní údržby**

Švédská společnost SKF zabývající se výrobou ložisek a těsnění, se již delší dobu zaměřuje na oblast digitalizace českého průmyslu. SKF působí zejména v oblasti prediktivní údržby. SKF nalézá závady na strojích dříve, než mají vliv na samotnou funkčnost stroje. Za účelem tohoto výzkumu firma SKF vynalezla přístroje SKF IMX 8 a Quick Collect. Přístroj Quick Collect je přenosný pochůzkový snímač vybaven technologií Bluetooth, pomocí které se připojuje k chytrému telefonu tabletu, či hodinkám a dodává jim aktuální informace. Princip fungování tohoto přístroje je vyobrazen na následující ilustraci (obrázek 18). Informace se dále pomocí

cloudu posílají do diagnostického centra, kde sedí zaškolený pracovník, který je v případě vzniku abnormality schopen pomoci skrze vzdálenou diagnostiku, podchytit problém, ještě před jeho vznikem. [3]

Obr. 18 Přenosný pokrokový snímač SKF Quick Collect

## SKF Enlight ProCollect



Zdroj: Převzato z [3]

### 4.1.21 Poka-yoke

Poka yoke představuje poměrně jednoduchou metodu, vycházející z přístupu Jidoka, která si klade za cíl předcházet chybám a zcela tak omezit vznikům kvalitativních neshod ve výrobě. Nutno podotknout, že v praxi pochází většina chyb od pracovníků, ale jelikož je chybovat lidské, nesmí se zaměstnanec touto skutečností demotivovat. Tato metoda má své využití nejčastěji u optických počítadel, kolíků a koncových snímačů. [25]

Příkladem využití Poka Yoke je například provedení koncovky kabelu od počítačového monitoru. Existuje totiž pouze jedna možnost, jak správně monitor připojit. [8]

### 4.1.22 WCM

Pokud chce naše firma dosáhnout WCM, neboli stát se firmou světového významu, musí zavádět výrobními systémy, které využívají přední světové firmy. Jejich výrobní strategie, které se nazývají WCM, naznačují ostatním firmám, jakým směrem se řízení výroby bude v budoucnu vyvíjet. [18]

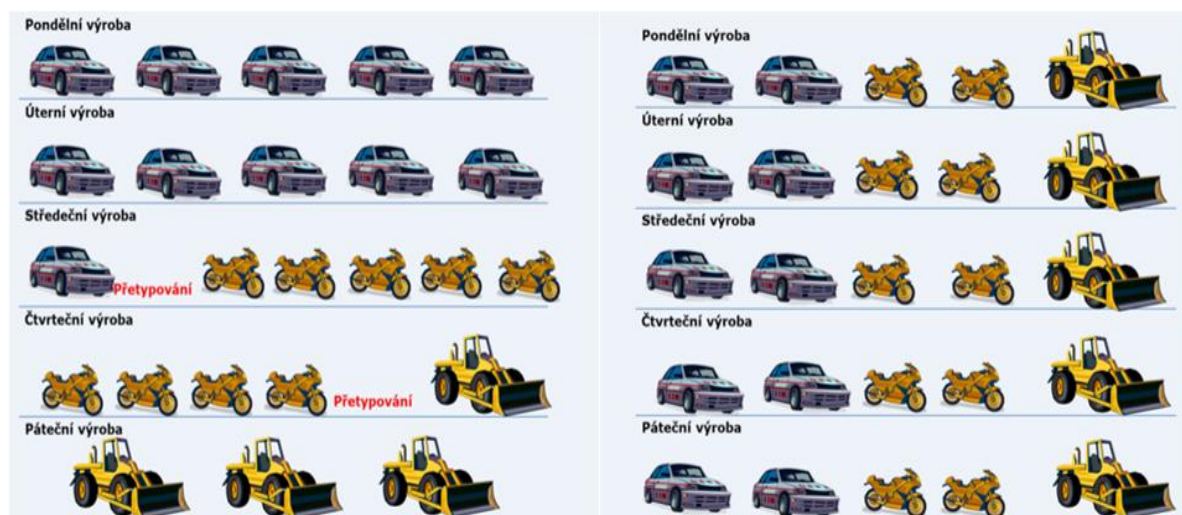
Filozofie WCM shromažďuje několik přístupů v oblasti řízení výroby. Patří sem EFQM, TQM, JIT, Kaizen, Six Sigma, Lean manufacturing. U WCM se nesmí ovšem zapomenout na správně určený směr výrobní strategie. Za předpokladu kombinace těch nejefektivnějších

přístupů lze ve WCM dojít k několika cílům, mezi které patří snížení nákladů, snížení vad, lepší kvality a dodávek v přesném množství, čase a zhotovení. [18]

### 4.1.23 Heijunka

Heijunka představuje metodu, skrze kterou se výrobce snaží vyrovnávat nepředvídatelnou poptávku zákazníků po různorodém mixu produktů, což zamezuje plýtvání. Požadovaný mix je vyobrazen na tabuli, na které se skrze kanbanové karty zformuluje harmonogram výroby. V tomto harmonogramu však nejde jen o požadavek zákazníka, ale především o vyrovnané rozvržení výroby bez zbytečného plýtvání. Na následující ilustraci (obrázek 19) je na pravé straně vyobrazena každodenní vyrovnanost výrobního plánu. Kvůli vyrovnanému výrobnímu plánu se každý den vyrábí všechny tři výrobky z produktového mixu. [18]

*Obr. 19 Výrobní mix pomocí přístupu Heijunka*



*Zdroj: převzato z [36]*

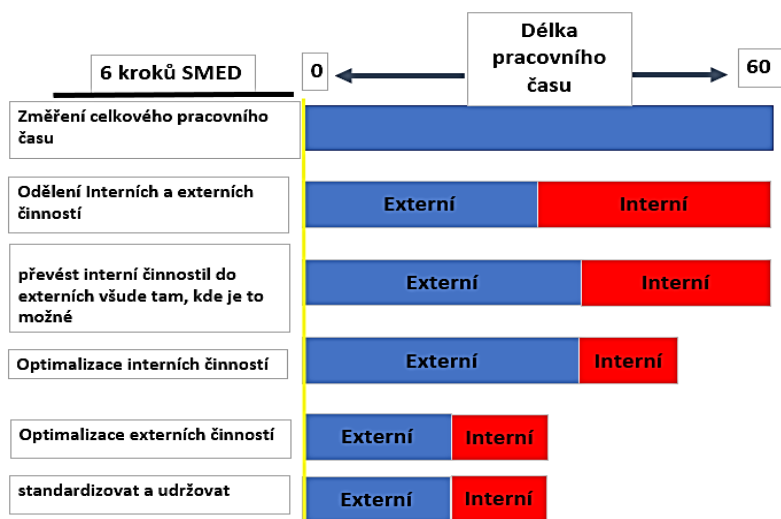
### 4.1.24 SMED

Single Minute Exchange of Die zkráceně SMED přináší do výroby flexibilitu a omezení vzniku plýtvání. Cílem této metody je zamezení neproduktivního času ve výrobě pomocí optimalizace výrobních operací spojených s výměnou nástrojů. Metoda SMED v sobě zahrnuje celkem 6 kroků. Jednotlivé kroky jsou znázorněny na následující ilustraci (obrázek 20) Nejprve dojde ke změření celkový pracovní čas. Následně je nutné rozdělit všechny procesy, které se týkají výměny nástrojů na interní a externí. Interní činnost probíhá při pozastavení výrobního zařízení, kdy výrobní linka ještě stále zpracovává předešlou dodávku materiálu. Následuje



redukce interní činnosti a snaha vykonávat tuto činnost externě. Jde o optimalizaci interního času a poté i externích činností. [38]

Obr. 20 6 kroků zavedení SMED



Zdroj: vlastní zpracování dle [29]

## 4.2 TOC

TOC představuje nový a moderní koncept, sloužící k růstu průtoku výrobou a stále optimalizaci kritických míst, nazývanými úzká místa. Metoda pracuje na skutečnosti, že tyto úzká místa se v podnicích vyskytují a je možné je vhodně optimalizovat. TOC využívá více zlepšovacích metod, o které jsou podrobně popsány v 5. kapitole. I když lze TOC uplatnit ve všech firemních oblastech, tak tato práce se zaměřuje pouze na oblast plánování a řízení výrobních procesů a distribuce. Hlavním cílem a přínosem TOC pro podnik je vydělávání peněz v současnosti i v budoucnosti. [24]

Lze předpokládat, že každý podnik míří k dosažení určité prosperity. Problém ovšem nastává díky faktu, že prosperity lze docílit pouze za předpokladu řízením se dvěma navzájem konfliktními situacemi. Prvním předpokladem jsou co nejmenší náklady. Pokud je ovšem cílem prosperita podniku, není radno zapomínat na jednu ze základních myšlenek teorie omezení, která říká, že za prosperujícím podnikem stojí velký průtok. Průtokem se zde myslí peníze získané na prodej výrobků zmenšené variabilními náklady. Tyto dvě potřeby jsou vzájemně v konfliktu, a tak lze podnik řídit jen dle nákladů či na základě průtoku. V praxi se tyto dvě skutečnosti mění v průběhu času. Za příklad si lze považovat počátek plánování a realizace

zakázky. Pozornost zde patří především nízkým výrobním nákladům. Zde však nastává situace, přiblížení se konečnému datumu dokončení zakázky a započítání zaměření se na potřeby zákazníka a finální operace zakázky. Tím pádem pak převládá řízení dle průtoku s cílem včasného dokončení zakázky s určitým výdělkem. [24]

### **4.2.1 Omezení průtoku**

Dle TOC existuje v podnicích řada omezení, které ztěžují maximalizaci průtoku. Velikost průtoku je tedy určena těmito omezeními. V TOC se omezení nazývají úzkým místem, které udává rychlost průtoku celým výrobním systémem. Lze konstatovat, že čas ztracený v úzkém místě znamená ztracený čas v celém systému. Tudíž lze říct, že ušetřený čas mimo úzké místo neovlivňuje velikost průtoku. Úzké omezení může být fyzického či nefyzického charakteru. Omezení fyzického charakteru jsou například zastaralé stroje, výrobní linky s malou výrobní kapacitou nebo špatně zvolené výrobní dávky na konkrétním stroji. Mezi omezení nefyzického charakteru se řadí špatně definovaná podniková politika nebo nekvalitní přístup zaměstnanců, manažerů a vedoucích pracovníků k řešení daných úkolů. [24]

### **4.2.2 Metody zlepšování dle TOC**

V konceptu TOC jsou celkem tři principy, mezi kterými lze vybírat, na základě konkrétního problému, který vyvstane.

#### **A. Sokratovská metoda**

Tato metoda je založena na dialogu mezi účastníky procesu, kterou využíval řecký filozof Sokrates při výuce. Dialog je založen na dotazování a následnému zodpovídání otázek k podnícení kritického myšlení za účelem nalezení správné odpovědi. [4]

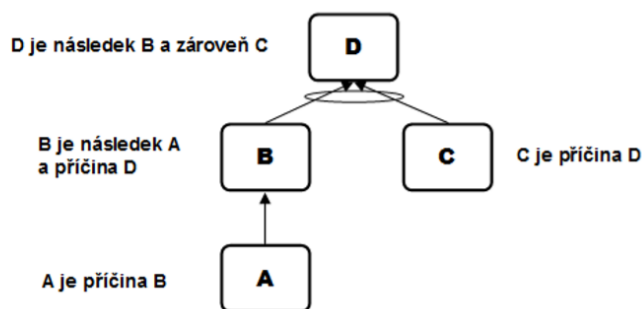
#### **B. Metoda pěti kroků**

Nejdříve je potřeba nalézt, co omezuje daný systém. Po nalezení systémového omezení je snahou zužitkovat toto omezení na maximum. Na maximum proto, jelikož veškerý čas ztracený v tomto systému je roven času ztracenému v celém systému. Ve třetím kroku se vše podřídí a synchronizuje úzkému místu. Následně se v předposledním kroku odstraňuje úzké místo. V pátém kroku je potřeba vrátit se na začátek metody pěti kroků a opakovat celý proces. Úzké místo se mohlo vyskytnout zase v jiném procesu. [4]

### C. Techniky postavené na principu následek – příčina – následek

V této technice je nosným základem předchozí metoda pěti kroků, která je doplněna vizualizací pomocí diagramů (stromů), které se řídí principem kauzality. Zde je tedy prvotním cílem, oproti mechanickému, použití přehledné zobrazení procesu pomocí vizualizačních technik, které dokážou lépe podpořit pohled na daný prvek a nalézt inovativní řešení. [4]

Obr. 21 Diagram následek/příčina/následek



Zdroj: převzato z [18]

Tento Diagram (obrázek 21) obsahuje dvě grafické znázornění. Jednoduché grafické znázornění demonstruje obrázek číslo 13. Vztah mezi příčinou a následkem udává vazba „jestliže-pak“. Tato vazba je v diagramu vyobrazena jako šipka. Když následek pochází ze dvou příčin, znázorní se tato skutečnost za využití logického operátoru „and“. Tento logický operátor se vyobrazuje jako elipsa. [4]

#### Thinking Processes (TOC-ThP)

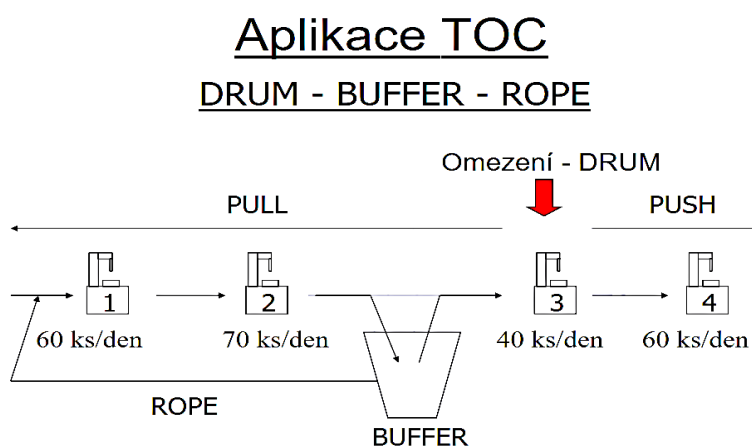
V této metodě se pracuje tzv. stromem současné reality. Jak už název napovídá, tímto stromem lze popsat aktuální situaci (stav) problému a jeho cílem je přetvořit ji k lepšímu. V praxi se obvykle vyskytuje několik nežádoucích efektů, které tento problém způsobují. Poustup je následující; nejprve se stanoví konkrétní oblast zkoumání, pro kterou je třeba sestavit seznam všech možných nežádoucích efektů, které mají vliv na náš problém. Následně se zkonstruuje diagram následek-příčina-následek, ve kterém se nežádoucí efekty spojí pomocí grafických vyjádření (šipky a elipsy) jako v předchozí kapitole. Na závěr na tento strom aplikuje Paretova analýza. Paretova analýza vyháází z pravidla 80/20. Toto pravidlo udává, že 80 % problému v podniku pochází z 20 % příčin. Z hlediska hodnototvorných procesů tvoří 80 % hodnoty jen 20 % činností. [4]

### 4.2.3 Plánování a řízení výroby dle TOC-DBR

Tato metoda se opět vrací ke konfliktní situaci mezi způsobem řízení podle nákladů nebo podle průtoku. K tomu poslouží metoda Drum – Buffer – Rope. [4]

Plánování a řízení výroby dle DBR v sobě kombinuje tlačný (push) a tažný (pull) systém. Změna z tlačného na tažný systém se odehrává v bodě, kde nastává omezení daného procesu (úzké hrdlo). Schéma DBR je znázorněno níže (obrázek 22). Zde nastává změna systému na pracovišti, které zvládá zpracovat pouze 40 ks/den. Toto pracoviště je úzkým hrdlem (místem) daného výrobního procesu. [9]

Obr. 22 Ukázka aplikace DBR



Zdroj: převzato z [9]

DBR v sobě zahrnuje tři kroky. Drum se překládá jako buben. Tento buben je omezením (úzké místo), které pomocí bubnování diktuje tempo celého výrobního procesu. Buffer (zásobník) má za úkol chránit úzké místo před nedostatkem materiálu. Rope (lano) slouží ke zprostředkování signálu. Tento signál vyhází z úzkého místa a putuje až na začátek výrobního procesu. [30]

#### 1. Drum (buben)

Jak již bylo řečeno, Buben ve výrobě diktuje tempo a udává rozsah. Tento výrobní rozsah je stejně veliký jako úzkého místa. Na základě bubnu je sestavován hlavní výrobní plán, protože nelze vyrobit více výrobků, než udává dané omezení systému. Nelze tedy vyrobit více výrobku než 40 kusů denně (obrázek 22). U hlavního výrobního plánu se lze řídit výrobními prioritami, procesní velikostí dávek a přepravní velikostí dávek. [4]

### ✓ Výrobní priorita

Výrobní prioritu udává požadavek zákazníka zhotovit daný produkt v čase, který požaduje. Když omezení není závislé a nekoordinuje se s jinou procesní dávkou, tak je velikost procesní dávky přímo úměrná objednávkě od zákazníků. Lze se ale setkat i s případy, kde se musí procesní dávky vhodně koordinovat. [4]

### ✓ Procesní velikost dávek

V případě, že se musí výrobní dávka vhodně koordinovat, musí se nejdříve určit optimální velikost této procesní dávky. Velikost se ale v čase mění a každý produkt jí má zcela rozdílnou. Za předpokladu, že stroj (úzké hrdlo) vyrábí více produktů, musí se spočítat, jak dlouho se vyrábí nutný počet produktu k uspokojení poptávek ze stran zákazníků. Toto se určí součinem poptávaného množství a kusového času. Komplikace nastává, když přechod na jiný produkt vyžaduje seřízení daného stroje. Musí se určit kdy přestat vyrábět daný produkt a přesunout se na jiný. [4]

### ✓ Převážní dávky

Převážní dávky udávají, jaké množství je nejvýhodnější přesunout pohromadě. Zde vzniká konfliktní situace, zda určit menší nebo větší převážní dávky. Při zvolení menších dávek dojde k urychlení materiálového toku a vytváření menších zásob. Nevýhodou při zvolení vyšších převážních dávek je delší manipulace pracovníků s materiálem a vznik plýtvání (MUDA). [4]

## 2. Buffer (zásobník)

Zásobník se nachází před daným omezením a slouží k jeho ochraně před výpadkem předchozího pracoviště z provozu. Chránění úzkého místa lze provést dvěma způsoby, tudíž existují dva druhy zásobníků. Úzké místo chránit pomocí reálného kusového zásobníku, kde se jedná o reálné hotové produkty z předchozího pracoviště. Druhým způsobem lze úzké místo ochránit pomocí časového zásobníku. Časový zásobník určuje o kolik dříve se začne daný výrobek přesouvat k pracovišti, než začne reálná manipulace s materiálem na pracovišti. Časový zásobník tedy udává časový předstih před zpracováním materiálu úzkým místem (strojem). Příklad časového zásobníku lze vidět na následující tabulce. [4]

Tabulka 1 příklad časového zásobníku před kritickým výrobním zdrojem

B. Plánovaný 4 denní zásobník na CCR v pondělí ráno a „díry“ v plánovaném zásobníku				
Hodina	Výrobní příkaz			
	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek
1	101	107	111	116
2			112	
3				
4	102	108	113	117
5	104		115	120
6			110	121
7	106			122
8				
C. Ideální profil obsahu časového zásobníku				
Podíl práce Podíl práce přítomné v zásobníku [%]	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek
100				
75				
50				
25				
0				
<i>Poznámka: Profil časového dokumentuje plynulost a rovnoměrnost plnění zakázek. Pro první den je zásoba na 100 %, pro druhý den na 75 %, pro třetí den na 50 % a pro čtvrtý den na 25 %.</i>				

Zdroj: převzato z [4]

### 3. Rope (Lano)

Jak již bylo řečeno v úvodu lano představuje signál, který putuje od úzkého místa zpět na počátek výrobního procesu. Lanem se řídí koordinace předchozích nekritických pracovišť a úzkého místa. Lano udává, čemu se mají tyto předchozí stroje (pracoviště věnovat). [4]

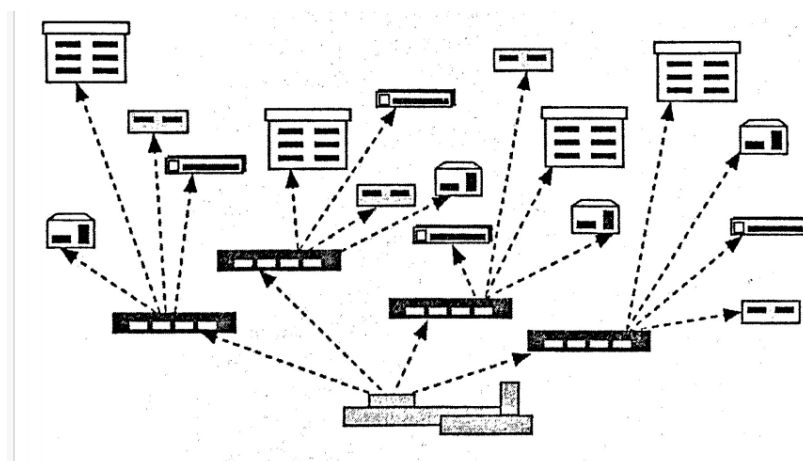
#### 4.2.4 Oblast distribuce podniku podle TOC

Pojem distribuční systém představuje určitý systém, který má za úkol distribuci zboží od výrobců ke koncovým zákazníkům. Lze v něm nalézt uspořádání všech logistických prvků a procesů, které se na tomto podílejí. Nyní se lze v podnikové praxi často setkat s pojmem Supply Chain. Jedná se ale o stejný pojem. [4]

Na obrázku níže (obrázek 23) lze vidět příklad jednoduchého distribučního systému. Když je snaha o analýzu distribučního systému za využití TOC, tak se musí v první řadě zjistit odpovědi na tyto tři otázky. [4]

1. Jaký je problém?
2. Jaké může být řešení problému?
3. Jak tohoto požadovaného řešení při implementaci dosáhnout?

Obr. 23 Jednoduchý distribuční řetězec



Zdroj:[4]

V distribučních cestách může vzniknout celá řada problémů. Pro pochopení problematiky je níže představeno, jaké nesrovnalosti mohou v praxi nastat.

#### **Problémy a stížnosti v distribuci** <sup>[4]</sup>:

1. Nespolehlivost dodavatelů
2. Dlouhá dodací doba našich dodavatelů.
3. Zboží od nás dorazilo pozdě nebo vůbec. Jsou příliš dlouhé dodací doby.
4. Po obdržení zboží se zjistí, že v balení není přesný výrobek nebo je některého výrobku více či méně, než bylo objednáno.
5. I když se na skladě drží poměrně vysoké zásoby, tak většinou chybí pouze ty položky, které zákazníci chtějí nejvíce.
6. Některé položky na skladě leží dlouho a některé se zase ve skladech ani neohřejí.

Tyto stížnosti se v TOC skrývají pod pojmy UDE (Undesirable effects). UDE mají vysokou návaznost na velikosti skladových zásob položek. Velikost zásob v distribučním systému je dána rychlostí dodávání zboží na sklad a rychlostí spotřeby. [4]

#### **Spolehlivost dodavatelů**

V praxi se může stát, že se vstupy nějaká položky zpožďují. Měli jsme v úmyslu dodavatele vyměnit, ale došlo po prověření ostatních dodavatelů ke zjištění, že u ostatních teoretických dodavatelů je situace obdobná. Nový dodavatel tedy problém nezlepší. [4]

## Dávkování

V procesu distribuce dochází k tzv. přirozenému dávkování.

Mohou nastat tyto způsoby dávkování v systému [4]:

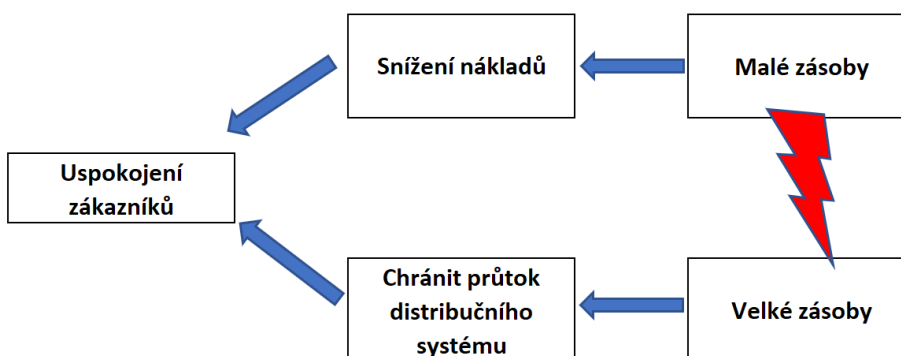
1. Položky se objednávají v dávkách – Požadavky na určité položky se určitý čas nakumulují a pošle se souhrnná objednávka.
2. Převážní dávkování – Převážou se dají snížit fixní náklady. Převážci proto chtějí vždy naplnit plný objem kapacity vozu. K přepravě nedojde ihned ale až v době naplnění přepravního prostředku.
3. Výrobní dávkování – Ve výrobě abych fixní náklady snížili tak se často rozpouští na, pokud možno co největší počet položek. Proto se položky nezařazují do výroby ihned ale až nahromadí dost položek. Tím se může prodloužit dodací doba.

Souhrn těchto způsobů dávkování prodlužuje interval mezi doplňováním zásob na sklad. To má za následek, že se udržují zásoby rovné době, kdy systém neobdrží žádnou dodávku položek. [4]

### **4.2.5 Aplikace TOC na konflikty v distribučním prostředí**

Prvotním cílem je uspokojení zákazníků. Je naší velkou snahou dodat jim co nejvíce zboží a splnit jejich požadavky a zamezit konfliktům. To má za následek ale zvyšování zásob a vázání finančních prostředků, proto nelze ale neustále zvětšovat velikosti skladových zásob. Vzniknou pak dvě protichůdné myšlenky (obrázek 24). [4]

*Obr. 24 Konflikt myšlenek*



*Zdroj: vlastní zpracování dle [4]*



Když probíhá analýza tohoto konfliktu tak je vhodné držet se následujících doporučení, které se skládá ze tří kroků. Nejprve je nutné identifikovat omezení v distribučním systému. V druhém kroku se rozhoduje o tom, jak nejvíce toto nalezené omezení využít. Tomuto omezení se následně musí podřídít celý distribuční systém. [4]

Na základě obrázku lze nalézt řešení, které musí zaručit tyto požadavky<sup>[4]</sup>:

1. Předpovědi prodeje položek musí být co nejpřesnější
2. Zkrátit intervaly na doplnění položek
3. Větší dodavatelská spolehlivost

#### 4.2.6 Doplnění zásob položek dle TOC

Nejprve bude příkladem uveden dokonalý vzor distribučního systému. V ideálním případě by se zásoby mohly doplňovat během jednoho dne. V rámci české republiky dle její velikosti. Dále bychom v koncovém bodě spotřeby držely zásoby lehce nad průměrnou denní spotřebou. Po jednotlivých odběrech položek zákazníci bychom sledovali denní prodeje. Regionální sklady by na základě těchto údajů držely zásoby položek jen lehce vyšší, než posílá na prodejní koncové body. Tyto sklady by každý den reportovaly do centrálního skladu, kolik položek odeslali na koncová místa prodeje. Centrální sklad poté do druhé dne hladinu zásob doplnil. Centrální sklad na základě týdenního reportu plánoval s výrobním oddělením. Výroba by probíhala na základě tohoto výpočtu. [4]

*Obr. 25 Výpočet výroby*

$$\boxed{\text{Průměrná týdenní spotřeba}} \times \boxed{\text{Koeficient nespolehlivosti celkové spotřeby v centrálním skladu}}$$

*Zdroj: [4]*

#### 4.2.7 Výkonnostní systém v distribučním řešení

Nastavený systém by měl zabezpečit, že když pracovníci chtějí provést určitá rozhodnutí, tak vše bude přispívat k maximalizaci nastavených cílů. Z hlediska TOC tu jsou dva typy měřítek. Měřítko TDD (Korunodny průtoku) je měřítko dodavatelské spolehlivosti. Měřítko IDD (Korunodny zásob) určuje míru účinnosti zásobovacího řetězce. Na následujícím obrázku lze vidět výpočet těchto měřítek. [4]

Obr. 26 Výpočet TDD a IDD

$$\text{TDD} = \text{Finační hodnota nedodaných výrobků} \times \text{Zpožděné dny dodávky}$$

$$\text{IDD} = \text{Finační hodnota každé skladované položky} \times \text{Dny položky na skladě}$$

Zdroj: [4]

Na dalším schématu (obrázek 27) lze vidět systém tvořený třemi články a jeho průtok. Výrobou, distribučním systémem a koncovým bodem rozpojení. Průtokem se rozumí rychlost generování peněz uskutečněnými prodejem v koncovém bodě.

Obr. 27 Průtok systémem



Zdroj: [4]

### 4.3 Průmysl 4.0

Počátky Průmyslu 4.0 se řadí mezi nejmladší technologické koncepty tohoto století. Koncept byl poprvé představen v roce 2013 v Německu jako reakce na požadavek digitalizace průmyslu. Tato inovace přinesla chytré továrny využívající kyber-fyzikální systémy, které pronikly do každodenních aspektů každého moderního člověka. Tento pokrok je nejzásadnější rozdíl oproti předešlé automatizaci výrobních procesů zahrnutých v koncepci Průmyslu 3.0. Tato předešlá koncepce vznikla v roce 1969 s příchodem vynálezu PLC. Porovnání Průmyslu 3.0 s Průmyslem 4.0 lze vidět na následující ilustraci (obrázek 28). Pro úspěšné fungování kyber-fyzikálních systémů je třeba plně integrovat internetové komunikační standarty do procesu výroby, z toho důvodu je nutná spolupráce firem s telekomunikačními společnostmi (SAP, IBM). Velmi podstatným termínem v tomto prostředí je pojem internet věcí (IoT), tato

technologie spojuje bezdrátově pomocí cloudu veškerá zařízení a nejde o pouhé propojení strojů a automatizačních prvků, jedná se o propojení všech dat z výrobních procesů a logistického řetězce. Z toho vyplývá, že nedochází k pouhému zlepšení samotných výrobních procesů, ale i samotných produktů. Celý tento proces má za následek nejen chytré továrny, ale i vycházející chytré bezdrátově komunikující výrobky. [17]

Obr. 28 Rozdíly mezi Průmyslem 3.0 a 4.0

Průmysl 3.0	Průmysl 4.0
Vynález prvního programovatelného logického automatu (PLC, rok 1969)	Zavádí se kyberneticko fyzikální systémy
Zavádí se využití elektroniky a výpočetní	Základem je internet (Internet věcí IoT)
Automatizuje se výroba	Cloudová úložiště, Práce s velkým objemem dat v datových centrech, Strojové učení a umělá inteligence, Chytré sklady, 3D tisk

Zdroj: vlastní zpracování

Se svým průbojným pokrokem se nelze divit, že si Průmysl. Získal i řadu odpůrců, jedním z nich je i například Peter Staněk z Ekonomického ústavu Slovenské akademie věd. Ve svých pracích se staví proti této koncepci hlavně kvůli předpokládanému zvýšení míry nezaměstnanosti a zásadně odmítá myšlenku, že za každé zaniklé místo ve prospěch digitalizace vznikne 2,5 nově vzniklých míst. Jeho teze stojí na několika zásadních faktech. Za prvé se odkazuje na již existující skutečnost, kdy již zanikla místa, která obsazovali nekvalifikovaní pracovníci na výrobních linkách. V ohrožení však nejsou jen operátoři ve výrobě, umělá inteligence totiž dokáže nahradit i daleko kvalifikovanější odborníky. Jeho tvrzení vycházejí z výzkumu Massachusettského technologického institutu, ze kterého vyplývá řada

nepříjemných faktů, nejzásadnější je tvrzení, že do roku 2030 může vlivem digitalizace zaniknout až 55 % pozic. [10]

## **4.4 Pokročilé informační systémy k organizaci a řízení výroby**

Díky neustálému rychlému vývoji výpočetní techniky se začaly počítačové systémy čím dál více podílet i na řízení výroby. Dochází k tomu již od 60.let 20. století. V této kapitole jsou tyto systémy chronologicky představeny od MRP až po MES.

### **4.4.1 MRP (Material Requirements Planning)**

Systém MRP vznikl v 60. letech v USA s cílem nahradit dosavadní styl řízení. Do té doby se využívalo k řízení zásob normování. První verze MRP se tedy nevyužívala k přímé podpoře řízení výroby ale k plánování materiálových zásob. K efektivní podpoře řízení výroby se začal využívat až jeho nástupce MRP II. MRP využívá hrubý výrobní plán. Tento výrobní plán udává, kolik produktů se musí vyrobit, aby došlo k uspokojení požadavků od zákazníků. Z výrobního plánu je poté známo, jaká je aktuální potřeba materiálu a systém MRP se touto skutečnou potřebou materiálu řídí. Dalo by se tedy říct, že systém MRP je prvním krokem k efektivnímu počítačovému řízení výroby. V MRP se sice řídí pouze zásoby materiálu bez plánování samotné výroby, ale podnik získá řadu výhod. Mezi výhody MRP patří snížení nákladů díky redukci skladových prostor. [20]

### **4.4.2 MRP II**

Jak již bylo řečeno, systém MRP řídí pouze zásoby materiálu. Vzhledem k tomu, že MRP stojí na hrubé plánu výroby, může dojít k určitým odchylkám v množství potřebného materiálu a jeho zásob. Proto byl vytvořen systém MRP II. Systém MRP II se využívá i nyní a je nadstavbou původního MRP. Jedná se o rozšíření původního systému o funkci řízení výroby a kapacitní požadavky výroby. Další funkcí je i předvídaní zákaznické poptávky. [20]

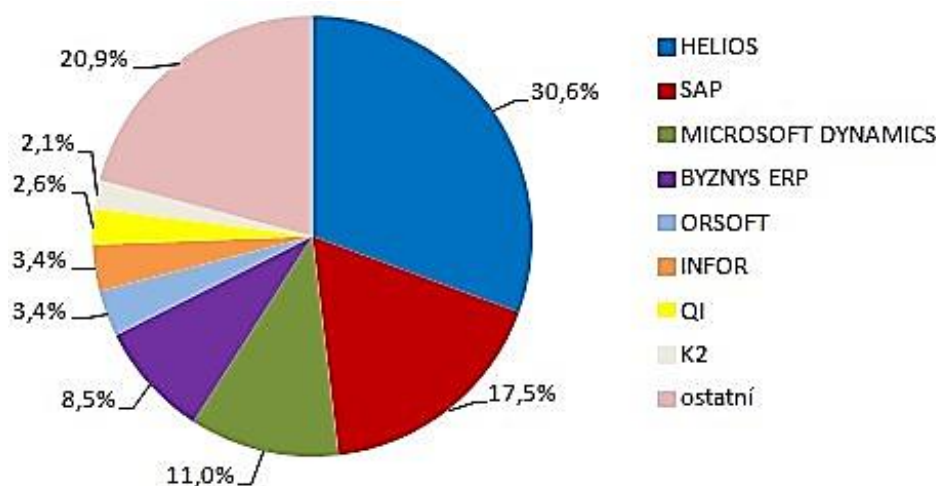
### **4.4.3 ERP (Enterprise Resource Planning)**

U systému MRP II vývoj neskončil. Stále bylo značné množství firemních oblastí, které stále čekaly na zahrnutí do počítačového řízení. Vlivem spojení MRP II a těchto zbylých firemních oblastí (finance, lidské zdroje, dodavatelský řetězec, služby, nákup atd..) došlo k integraci těchto procesů do jednoho systému. Došlo ke vzniku nového systému ERP, který v sobě obsahuje databázi všech zabývajících firemních oblastí. Vlivem spojení dat to jedné

databáze, byl získán komplexní pohled na všechny události ve firmě. Tento fakt umožňuje lepší kontrolu a správu všech firemních procesů. [20]

Nabídka ERP systémů je nyní na trhu poměrně vysoká. Jednotlivé ERP systémy se rozdělují dle svých možností a množství různých modulů. Použití daných ERP závisí na odvětví, v jakém podnik působí a na jeho velikost. ERP systémy nabízí rozšíření o moduly pro správu a řízení lidských zdrojů (HRM), modul specializovaný na požadavky zákazníka (CRM) a v neposlední řadě také SCM. V české republice se nejvyšší oblibě těší ERP systém HELIOS ORANGE, GREEN. Konkrétní procentuální zastoupení ERP systému na českém trhu je vyobrazeno na obrázku 29. Tento ERP systém v sobě zahrnuje moduly HRM a CRM. [2]

Obr. 29 Zastoupení ERP na českém trhu pro velké podniky



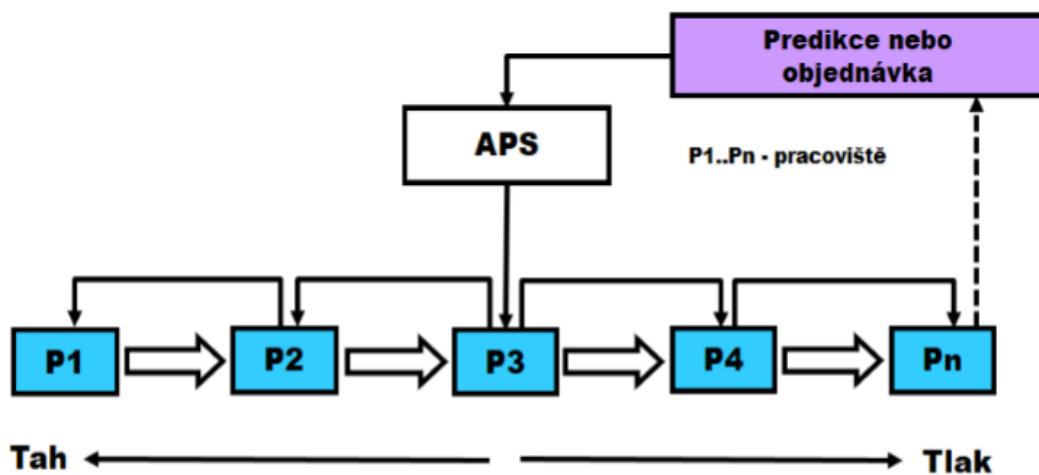
Zdroj: převzato z [2]

Ve světě nalezl nejvíce uplatnění německý systém SAP, který byl zároveň i první ERP systém uvedený na trh a byl založen dřívějšími pracovníky společnosti IBM v roce 1972. Systém SAP je číslo 1 na trhu podnikového aplikačního softwaru. SAP využívají společnosti všech velikostí a ve všech průmyslových odvětvích. Neuvěřitelných 77 % světových transakčních výnosů se dotýká tohoto systému. SAP využívá internet věcí (IoT), který je velmi důležitý pro průmysl 4.0 (viz. kapitola 4.4.1). Nyní má společnost SAP více než 400 000 zákazníků z více než 180 zemí světa a za rok 2020 dosáhla tržby dosahující téměř 27 miliard eur. [33]

#### 4.4.4 APS (Advanced Planning System)

Plánovací systém APS je formou vhodné nadstavby ERP systémů. Systém APS dokáže vstupy vhodně přidělovat požadavkům vycházejících přímo ze zákaznické poptávky. Zavedením plánovacího systému APS si firmy kladou za cíl řídit výrobu s ohledem na dané omezení (úzké místo) a současně eliminovat plýtvání (MUDA). Systém APS kombinuje systém tahu a tlaku, což lze vidět na následujícím schématu (obrázek 30). Změna nastává od určitého omezení. [18]

Obr. 30 Schéma metody APS



Zdroj: převzato z [17]

#### ✓ Možná úskalí implementace APS

Jádrem úspěšnosti implementace APS jsou vysoce přesná výrobní data. Tento požadavek může mít za následek velmi zdlouhavý implementační proces tohoto konceptu. To má v praxi za následek, že podniky namísto detailního plánování výroby implementují tento koncept pouze na několik akutních procesů. [23]

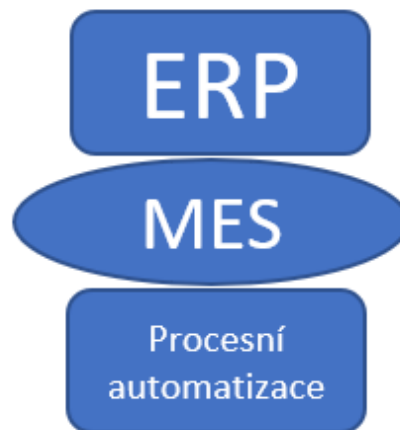
#### 4.4.5 MES (Manufacturing Execution System)

MES je podnikový informační systém MES si klade za cíl vytvořit kvalitní vazbu v mezeře, která vzniká mezi procesní automatizací a ERP systémem a tím zlepšit efektivitu řízení výroby. Grafické znázornění této vazby je vyobrazeno na následující ilustraci (obrázek 31). Zavedením systému MES se zlepšují všechny výrobní procesy. MES tedy působí na procesy již od vystavení objednávek zákazníkem, pokračuje přes výrobu produktů až k hotovým produktům. Systém MES v sobě zahrnuje tři důležité cíle. MES snižuje výrobní

náklady a zvyšuje kvalitu výrobků. Třetím cílem je dosažení pružnější reakce mezi ERP systémem a procesní automatizací. [28]

Vývoj MES systémů probíhá pozvolnějším tempem než jiné informační systémy (ERP). Společnost MESA se ale snaží zlepšit dostupnost a povědomí o těchto systémech na trhu. Společnost MESA vytyčila 11 oblastí, kde se dají MES systémy úspěšně uplatnit. Mezi tyto oblasti patří krátkodobé rozvrhování, přidělování zdrojů a kapacit, dispečerské řízení, správa dokumentace sledování toku materiálu, analýza výkonnosti, řízení pracovních sil, řízení údržby, řízení procesu, řízení jakosti a sběr dat. [28]

*Obr. 31 Oblast působnosti systému MES*



*Zdroj: vlastní zpracování dle [28]*

## 5. Vlastní řešení –TOC a možnosti aplikace ve výrobním podniku

### 5.1 Představení firmy

Festool GmbH sídlí v Německu ve městě Wendlingen. Firma se specializuje se na výrobu kompletního sortimentu elektrického a pneumatického nářadí. Firma má několik výrobních poboček. Jedna z těchto výrobních poboček se nachází v České Lípě. Sortiment výrobků je velmi rozsáhlý. Sortiment obsahuje například akumulátorové šroubováky, brusky, frézky, okružní a ponorné pily, vrtací kladiva, speciální vysavače, hoblíky atd.

### 5.2 Výsledky bakalářské práce

Ve společnosti Festool s.r.o byl v bakalářské práci analyzován výrobní proces výroby hřídelů. Nejprve byla pro lepší vizualizaci vytvořena procesní mapa výroby hřídelů. Již z procesní mapy bylo patrné, že úzkým místem výroby bude odvalovací frézka z důvodu opakování se této technologické operace. V bakalářské práci byl stanoven počet výrobních dávek na odvalovací frézce.

Tabulka č. 2 Výchozí tabulka pro plánování výroby pomocí DBR

Typ hřídele	Roční cyklus (h)	Roční počet dávek (ks)	Čas na dávku bez seřízení (h)	Seřízení (h)
A				
Hřídel 10	452	62	7,35	1,40
Hřídel 2	227	65	3,55	1,40
Hřídel 5	2529	342	7,40	1,37
B				
Hřídel 28	401	36	11,30	2,00
Hřídel 30	128	46	2,81	0,70
Hřídel 8	278	38	7,40	1,40
C				
Hřídel 12	5	3	2,10	0,70
Hřídel 14	16	9	1,83	0,70
Hřídel 16	47	8	6,30	1,40
Hřídel 19	57	11	5,15	1,40
Hřídel 20	15	7	2,19	0,70
Hřídel 21	7	4	1,83	0,70
Hřídel 26	27	8	3,60	0,70
Hřídel 29	12	5	2,81	0,70
Hřídel 3	9	4	2,20	0,70
Hřídel 4	3	1	6,35	1,40
Hřídel 6	88	14	6,75	1,40
Hřídel 7	9	5	1,80	0,70

Zdroj: [11]



Na začátku byl pomocí kontingenční tabulky zjištěn celkový roční cyklus v hodinách. Ten se vypočítal jako násobek ročního množství a času stroje na jeden kus. Dle tohoto výpočtu se hřídele rozdělily na tři kategorie A, B, C. Čas na jednu dávku bez seřízení je celkový čas, který dané typy hřídelů stráví na úzkém pracovišti.

Na základě této tabulky bylo v bakalářské práci doporučeno aplikovat na úzké pracoviště metodu TOC jménem DBR. Došlo by k vytvoření hlavního pracovního plánu pro odvalovací frézku. Dále vytvoření časového zásobníku (bufferu) před tímto strojem, aby byl chráněn před výpadky a nedošlo k prodloužení času výroby, jelikož veškerý čas ztracený v úzkém místě je čas ztracený v celém systému. Poté by se od tohoto místa odvodili pracovní plán i pro ostatní pracoviště (rope, lano). [11]

Na základě výpočtu strojních kapacit bylo zjištěno, že ve firmě Festool s.r.o. je pouze 4742,4 hodin volné kapacity stroje na rok a kritické pracoviště má roční cyklus 4310 hodin (tabulka 3). Z tohoto důvodu firma zakoupila z důvodu růstu produkce novou, rychlejší odvalovací frézku. [11]

*Tabulka č. 3 Roční cykly pracovišť na odvalovací frézce*

Popisky řádků	Součet z Roční množství	Součet z Roční cyklus (h)
Balení	256 575	244,1
Bruska 1	213 350	3 184,0
Bruska 2	38 616	301,8
Bruska 3	35 534	317,4
Kalící linka	205 097	663,0
Odvalovací frézka	380 513	4 310,0
Pračka	431 432	312,2
Rovnací zařízení	208 145	1 330,1
Soustruh 1	48 011	1 557,0
Soustruh 2	191 774	2 772,2
Celkový součet	2 009 047	14 991,8

*Zdroj:* [11]

### **5.3 Pokračování v analýze úzkých míst ve společnosti Festool s.r.o – Nový náhled na teorii DBR**

Nyní již je aplikována nová, komplexnější analýza výrobního procesu. Analýza byla opět provedena ve firmě Festool s.r.o za konzultací vedoucího výroby Ing. Tomáše Kopeckého.

Na začátku analýzy byly opět k dispozici výrobní data, která zahrnovala ID dílce, číslo operace, popis operace, číslo pracoviště, seřizovací čas stroje v minutách, čas stroje v minutách na jeden dílec, velikost dávky a roční spotřebu. Tentokrát ale byla k dispozici veškerá data týkající se veškeré produkce firmy. Data tedy nezahrnovala pouze výrobní data hřídelů, ale všech výrobků.

V následující tabulce 4 jsou uvedena výrobní data. Data, která byla z těchto dat vypočítána jsou zvýrazněna tmavším stupněm šedi. Výpočty byly provedeny dle vzorců uvedených v metodice práce. Roční počet dávek je vypočítán dle vzorce (1). Čas na jednu dávku bez seřízení je vypočítán dle vzorce (2). Roční cyklus pomocí vzorce (3) a celkový čas na jednu dávku je vypočítán dle vzorce (4). Toto byl první krok k samotné analýze procesů ve výrobě. Vzorce jsou uvedeny v metodice práce. Na základě těchto výrobních dat jsou detailněji provedeny analýzy na vytíženost z několika různých hledisek.

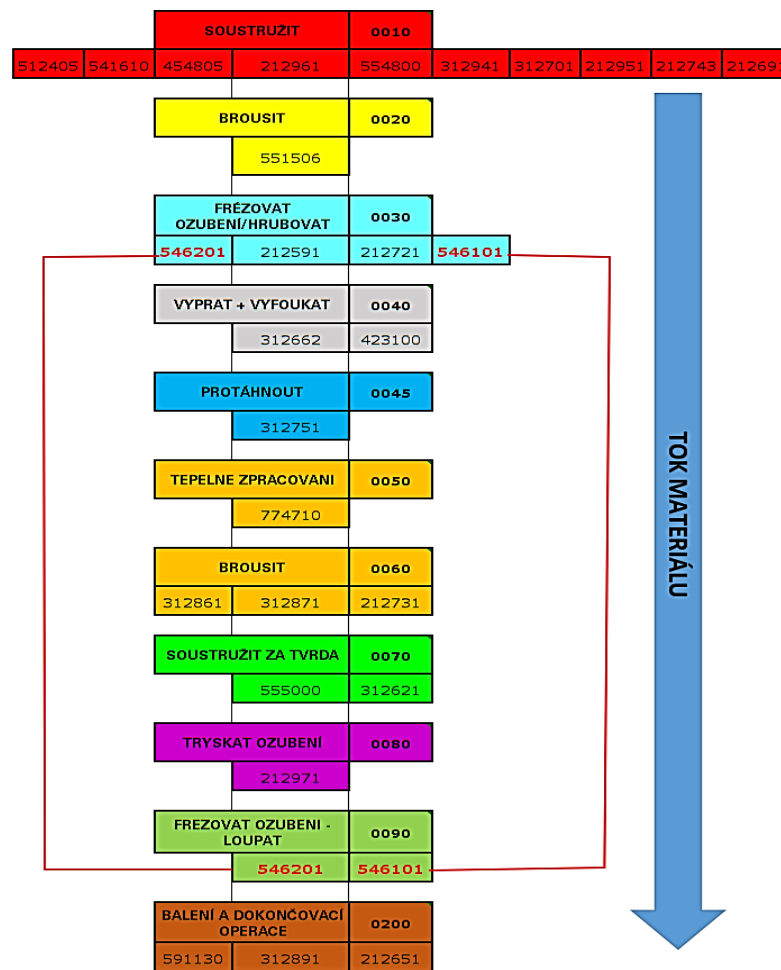
*Tabulka č. 4 Výrobní data*

ID dílce	A_B_C položky	Operace	Popis operace	Číslo pracoviště	Seřiz. č. (min.)	Čas stroje (min/ks)	Kalk. dávka	Spotřeba (Rok)	Roční počet dávek (ks)	Čas na 1 dávku bez seřízení (h)	Roční cyklus (h)	Celkový čas na jednu dávku
16	A	0010	SOUSTRUŽIT	554800	41,000	2,543	450	209952	467	19,07	8898,47	19,76
16	A	0020	BROUSIT	551506	20,000	0,277	450	209952	467	2,08	969,28	2,41
16	A	0030	FREZOVAT OZUBENÍ	212591	35,000	0,450	450	209952	467	3,38	1574,64	3,96
16	A	0040	VYPRAT + VYFOUKAT	423100	0,000	0,100	450	209952	467	0,75	349,92	0,75
16	A	0050	TEPELNĚ ZPRACOVÁNÍ	774710	0,000	0,300	450	209952	467	2,25	1049,76	2,25
16	A	0060	BROUSIT	212731	60,000	0,817	450	209952	467	6,13	2858,85	7,13
16	A	0080	TRYSKAT OZUBENÍ	212971	0,000	0,450	450	209952	467	3,38	1574,64	3,38
16	A	0200	BALENÍ A DOKON. OPERACE	212651	0,000	0,250	450	209952	467	1,88	874,80	1,88

*Zdroj: Vlastní zpracování*

Jednotlivé operace tvoří technologický postup. Číslo operace určuje posloupnost technologického procesu. Podrobnější procesní mapa i s jednotlivými čísly pracovišť je vyobrazena na obrázku 32. Číslo pracovišť udávají jednotlivé stroje. Lze například vidět, že na operaci soustružení se podílí celkem deset soustruhů.

Obr. 32 Procesní mapa



Zdroj: Vlastní zpracování

Z obrázku 32 i výrobních dat je patrné, že existuje 11 technologických operací. Každou technologickou operaci vykonává 28 pracovišť(strojů). Lze si povšimnout, že na technologii soustružení se podílí celkem 10 strojů. 7 těchto soustruhů jsou navzájem zastupitelné. Na první pohled by se také mohlo jevit, že omezení průtoků může nastat na technologických operacích, kde je pouze jeden stroj. Jeden stroj se zde vyskytuje celkem čtyřikrát. Tento jeden stroj by je omezením v tom bodě, kde nastane největší vytížení stroje. Vše záleží na vytíženosti daných strojů nikoliv na jejich počtu. Další vytížení může nastat při technologické operaci frézování. Zde se u určitých dílců opakuje tato technologická operace. Toto omezení bylo nalezeno při psaní bakalářské práce. Odvalovací frézka měla nejvyšší roční cyklus z důvodu opakování se v technologických postupech. Byla ovšem, jak již bylo v práci uvedeno, zakoupena nová odvalovací frézka, která zvládne dílce zpracovávat rychleji.

Dále je provedena analýza ročních pracovních cyklů daných strojů a technologických operací. Ta udává, kolik času je dané dílce aktivně stráví na strojích. Dochází zde k vytváření

určité hodnoty, vnímané zákazníkem. Zbytek času výrobky stojí a čekají na zpracování nebo dochází k seřizování strojů. Jednotlivé časové údaje jsou vyobrazeny v tabulce 5. Dochází zde tedy k plýtvání (MUDA). Na následujícím obrázku je vyobrazena různá průchodnost materiálu výrobou. Poměrně přesně připomíná Paretovo pravidlo. Pouze necelých 20 % času vytváří nějaký hodnototvorný proces. Lze si povšimnout, že celková doba výroby dílce 16 je pokaždé jiná. Omezení, které způsobilo MUDA, mohla nastat vždy v jiném procesu.

Tabulka č. 5 Kalkulace plýtvání na dílci 16

Zakázka	ID dílce	Zahájení výroby	Ukončení výroby	Celková doba výroby v hodinách	Strávený čas dílců na strojích	Strávený čas dílců na strojích/ Celková doba	Plýtvání
3136836	16	22.01.2021	03.02.2021	216	42	19%	81%
3136956	16	01.02.2021	10.02.2021	192	42	22%	78%
3137071	16	29.01.2021	11.02.2021	240	42	18%	83%
3137225	16	02.02.2021	12.02.2021	216	42	19%	81%
3137255	16	04.02.2021	15.02.2021	192	42	22%	78%
3137273	16	03.02.2021	15.02.2021	216	42	19%	81%
3137295	16	05.02.2021	25.02.2021	360	42	12%	88%
3137296	16	05.02.2021	23.02.2021	312	42	13%	87%
3137297	16	05.02.2021	17.02.2021	216	42	19%	81%
3137298	16	05.02.2021	16.02.2021	192	42	22%	78%
3137299	16	05.02.2021	16.02.2021	192	42	22%	78%
3137300	16	05.02.2021	16.02.2021	192	42	22%	78%
3137441	16	05.02.2021	24.02.2021	336	42	13%	88%
3137747	16	12.02.2021	25.02.2021	240	42	18%	83%
3137751	16	12.02.2021	26.02.2021	264	42	16%	84%
<b>Celkem</b>				<b>3576</b>	<b>630</b>	<b>18%</b>	<b>82%</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Na následujícím obrázku 33 je znázorněno, jak byla stanovena volná kapacita každého stroje. Kapacita byla stanovena na základě volných pracovních hodin v roce vynásobených 0,8 (OEE). Dostupná volná kapacita každého stroje je 4723,2 hodin na rok. Je to volný roční pracovní čas každého stroje.

Obr. 33 Výpočet strojní kapacity

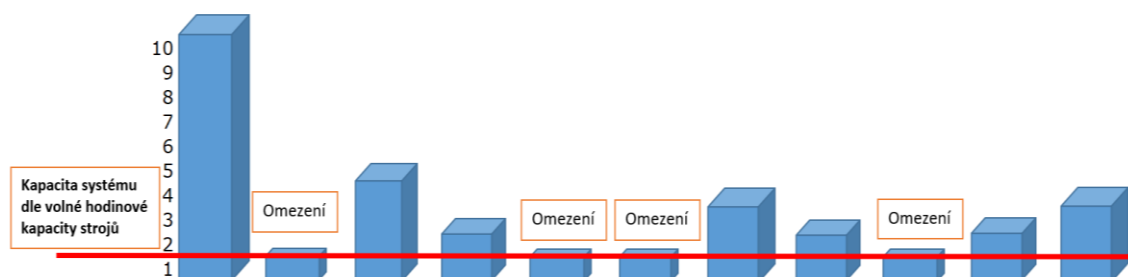
Rok 252 prac.dnů ➡ Celozávodní dovolená o vánocích ➡ 6 dnů ➡ 246 prac.dnů  
 Bez víkendů tedy 5 dní v týdnu  
 3 směnný provoz má standardně 3x7,5h (0,5h je přestávka, týká se jen personálu)  
 ➡ Stroje mohou vyrábět 3x8h vzhledem k automatizaci (24h denně)  
 Z důvodu: Preventivní údržby  
 Poruchy  
 Kvalitativní problémy  
 Technologická vzorkování  
 a další možná zdržení kalkuluje společnost 80% OEE stroje pro výpočet kapacit

➡ **4723,2 h/rok**      **volná kapacita každého stroje**

Zdroj: Vlastní zpracování

Po tomto výpočtu byla pozornost věnována ročním cyklům. Následující grafické zpracování (obrázek 34) znázorňuje vznik omezení v určitých místech výroby. Je zpracován na základě procesní mapy. Každý článek ukazuje volnou roční hodinovou kapacitu dle počtu strojů. Čísla udávají, kolik strojů je v určitém článku k dispozici. Na obrázku lze vidět celkem čtyři omezení, kde je v každém ze čtyř článků pouze jeden stroj.

Obr. 34 Omezení na základě volné časové kapacity



Zdroj: Vlastní zpracování

Jak již bylo uvedeno, omezení nemusí nastat v tom článku kde je nejméně strojů, a tudíž i menší volná roční hodinová výrobní kapacita. V tabulce níže (tabulka 6) je provedena analýza ročních cyklů pracovišť a technologických operací. Například u druhého zdroje omezení je patrné, že roční cyklus tohoto pracoviště je pouze 245,7 hodin. Musela by se výroba navýšit téměř dvacetkrát, aby se vyčerpala volná časová kapacita (4723,2 hodin).

Tabulka č. 6 Roční cykly pracovišť

Součet z Roční cyklus (h)												
Č. pracoviště	0010	0020	0030	0040	0045	0050	0060	0070	0080	0090	0200	Celkový součet (h)
212591			1890,1									1890,1
212651											2572,3	2572,3
212691	4284,1											4284,1
212721			4754,6									4754,6
212731							5722,9					5722,9
212743	7425,1											7425,1
212951	4854,2											4854,2
212961	3346,3											3346,3
212971									2887,9			2887,9
312621								2359,7				2359,7
312662				148,3								148,3
312701	3636,6											3636,6
312751					245,7							245,7
312861							928,4					928,4
312871							2083,4					2083,4
312891											1177,2	1177,2
312941	2457,5											2457,5
423100				618,0								618,0
454805	3410,5											3410,5
512405	5,0											5,0
541610	117,2											117,2
546101			1801,8							769,9		2571,6
546201			1120,2							904,7		2024,9
551506		3129,5										3129,5
554800	8978,4											8978,4
555000								2767,7				2767,7
591130											221,6	221,6
774710						4302,3						4302,3
<b>Celkový součet</b>	<b>38515</b>	<b>3129,5</b>	<b>9566,7</b>	<b>766,3</b>	<b>245,7</b>	<b>4302,3</b>	<b>8734,7</b>	<b>5127,4</b>	<b>2887,9</b>	<b>1674,6</b>	<b>3971,0</b>	<b>78921,0</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Jednotlivé cykly jsou odstupňovány barvou dle vytíženosti. Celkem dílce stráví na strojích 78 921 hodin čistého času ročně. Tento celkový roční cyklus je využit na kalkulaci priorit. V následující tabulce 7 je vidět podrobný přehled 8 nejdůležitějších dílů z hlediska ročního cyklu. Nejdůležitějším dílem je dílec 16. Zabírá 23 % celkového ročního cyklu. Celkově tento díl stráví na strojích celkem 19 381,67 hodin.

Tabulka č. 7 Ukázka klíčových dílců

ID dílce	Součet z Roční cyklus (h)	Procenta z ročního cyklu (%)	Týdenní cyklus (h)	Roční počet dávek (ks)	Počet dávek na týden	Počet dávek na den	Kolik času zabere jedna dávka (h)	Seřizovací čas na jednu dávku	Celkový čas na jednu dávku	Celkový roční čas se seřizováním
16	18150,4	23,00	355,89	467,00	9,34	1,87	38,90	2,60	41,50	19381,67
263	4273,9	5,42	83,80	133,00	2,66	0,53	32,15	1,25	33,40	4442,20
231	3838,2	4,86	75,26	119,00	2,38	0,48	32,39	1,92	34,31	4082,49
264	3830,4	4,85	75,10	96,00	1,92	0,38	40,10	1,58	41,68	4001,60
288	3354,6	4,25	65,78	98,00	1,96	0,39	34,23	2,58	36,82	3608,03
273	3310,5	4,19	64,91	86,00	1,72	0,34	38,58	2,10	40,68	3498,77
240	2843,1	3,60	55,75	76,00	1,52	0,30	37,63	1,57	39,20	2978,87
284	2373,8	3,01	46,55	90,00	1,80	0,36	26,63	3,25	29,88	2689,20

Zdroj: Vlastní zpracování

### 5.3.1 Simulace výroby

Dále je provedena simulace průtoku dílců výrobou. Každý dílec má jiný výrobní postup a různé jednotlivé časy. Nejprve byla pro lepší přehlednost vyhotovena mapa toků dílců výrobou. Mapa průtoku dílců výrobou je pro svoji velkou rozměrnost uvedena v příloze č 2 této práce.

Mapa výrobních toků ukázala velkou výrobní různorodost. Červeně jsou zvýrazněna pracoviště 546101 a 546201, kde dochází k opakování technologické operace Frézování. K tomuto opakování ale dochází pouze u dílce 284. Následně je již provedena konkrétní simulace výroby. Pro zjednodušení je vše počítáno bez přepravních časů mezi pracovišti. Při výpočtu se zanedbává čas potřebný pro přepravu. Pro výpočet jsou použita data z následující tabulky 8.

Tabulka č. 8 Celkové časy dílců strávených na pracovištích za jednu dávku

Pracoviště	Dílce a jejich celkové časy strávených na pracovištích za jednu dávku								Celkový součet
	16	231	240	263	264	273	284	288	
<b>0010</b>									
212691						17,33			<b>17,33</b>
212743		21,72			11,43				<b>33,15</b>
212951							11,54	12,42	<b>23,96</b>
312701			15,73						<b>15,73</b>
312941				12,31					<b>12,31</b>
554800	19,76								<b>19,76</b>
<b>0020</b>									
551506	2,41		2,85		2,64			7,00	<b>14,91</b>
<b>0030</b>									
212591	3,96								<b>3,96</b>
212721				7,81	17,53				<b>25,33</b>
546101						4,92	3,14	4,92	<b>12,98</b>
<b>0040</b>									
312662			0,09						<b>0,09</b>
423100	0,75					0,42	0,29	0,42	<b>1,88</b>
<b>0045</b>									
312751			2,48						<b>2,48</b>
<b>0050</b>									
774710	2,25		4,86	3,37	1,00	1,33	1,97	1,32	<b>16,10</b>
<b>0060</b>									
212731	7,13	6,67					5,77	7,83	<b>27,40</b>
312861			4,92						<b>4,92</b>
312871					4,33				<b>4,33</b>
<b>0070</b>									
312621		4,17	8,04		4,33				<b>16,54</b>
555000				5,17		10,43			<b>15,60</b>
<b>0080</b>									
212971	3,38			4,33		5,25			<b>12,96</b>
<b>0090</b>									
546101							6,58		<b>6,58</b>
<b>0200</b>									
212651	1,88			0,42	0,42	1,00	0,58	2,92	<b>7,21</b>
312891		1,75	0,23						<b>1,98</b>
<b>Celkový součet</b>	<b>41,50</b>	<b>34,31</b>	<b>39,20</b>	<b>33,40</b>	<b>41,68</b>	<b>40,68</b>	<b>29,88</b>	<b>36,82</b>	<b>297,47</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky 8 je patrné, že dílce na strojích stráví 297,47 hodin. Jedná se o údaj, kdy nikde nedojde k čekání mezi pracovišti. Nejprve bylo zavádění dílců do výroby provedeno bez rozmyslu. Na začátku vznikl konflikt na pracovištích 212743 a 212951, kde se dva dílce vyrábí na stejném stroji. Proto hned na začátku vzniklo plýtvání ve výši 23,85 hodin vlivem čekání. Poté již byla priorita na pracovištích vyhodnocována podle toho, který dílec přišel na pracoviště dřív. V tabulce 9 jsou zeleně znázorněny sloupce, které ukazují průběžnou dobu výroby po průchodu pracovišti. Žlutě jsou znázorněny operace, kde došlo k čekání. Modře jsou znázorněny buňky, kde došlo k sečtení veškerého čekání. Bylo vypočteno celkové čekání ve výši 104,15 hodin. Bylo zjištěno i konkrétní pořadí dílců. Například dílec 263 prošel výrobou bez čekání. Naopak nejdelsí průběžnou dobu a nejdelsí čekání má dílec 16. Toto zjištění určitě není žádoucí, jelikož dílec 16 zabírá 23 % celkové ročního cyklu.

Tabulka č. 9 Simulace průtoku výrobou

Dílec	0010						Průb.	0020	Průb.	0030			Průb.	0040		Průb.	0045	Průb.	0050	Průb.
	212691	212743	212951	312701	312941	554800	Stav	551506	Stav	212591	212721	546101	Stav	312662	423100	Stav	312751	Stav	774710	Stav
16						19,76	19,76	2,41	26,34	3,96			30,30		0,75	31,05		31,05	2,25	36,89
231		21,72					33,15		33,15				33,15			33,15		33,15		33,15
240				15,73			15,73	2,85	23,93				23,93	0,09		24,02	2,48	26,49	4,86	31,35
263					12,31		12,31		12,31		7,81		20,12			20,12		20,12	3,37	23,48
264		11,43					11,43	2,64	14,08		17,53		31,60			31,60		31,60	1,00	37,89
273	17,33						17,33		17,33			4,92	22,25	0,42		22,67		22,67	1,33	24,82
284			11,54				23,96		23,96			3,14	27,10	0,29		27,39		27,39	1,97	33,33
288			12,42				12,42	7,00	21,08			4,92	27,17	0,42		27,81		27,81	1,32	34,64
<b>Strojní časy + čekání</b>	17,33	33,15	23,96	15,73	12,31	19,76	<b>23,85</b>	14,91	<b>11,17</b>	3,96	25,33	12,98	<b>1,18</b>	0,09	1,88	<b>0,23</b>	2,48	<b>0,00</b>	16,10	<b>19,18</b>

Pokračování Tabulky č. 9

Průb. Stav	0060			Průb. Stav	0070		Průb. Stav	0080	Průb. Stav	0090	Průb. Stav	0200		Průb. Stav	Pořadí	Konečný stav	Bez čekání
	212731	312861	312871		312621	555000		212971		546101		212651	312891		Stav	Stav	
36,89	7,13			60,55			60,55	3,38	63,93		63,93	1,88		65,80	8	65,80	41,50
33,15	6,67			39,82	4,17		48,48		48,48		48,48	1,75		50,23	4	50,23	34,31
31,35		4,92		36,27	8,04		44,31		44,31		44,31	0,23		44,54	2	44,54	39,20
23,48				23,48		5,17	28,65	4,33	32,98		32,98	0,42		33,40	1	33,40	33,40
37,89			4,33	42,23	4,33		52,81		52,81		52,81	0,42		53,23	6	53,23	41,68
24,82				24,82		10,43	39,08	5,25	44,33		44,33	1,00		45,33	3	45,33	40,68
33,33	5,77			45,59			45,59		45,59	6,58	52,17	0,58		52,76	5	52,76	29,88
34,64	7,83			53,42			53,42		53,42		53,42	2,92		56,34	7	56,34	36,82
<b>19,18</b>	27,40	4,92	4,33	<b>33,98</b>	16,54	15,60	<b>14,58</b>	12,96	<b>0,00</b>	6,58	<b>0,00</b>	7,21	1,98	<b>0,00</b>		<b>401,62</b>	<b>297,47</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Nyní je nutné vyřešit prioritu, zda je požadována co nejkratší průměrná doba výroby, nebo zda například dílec 16 má projít výrobu co nejrychleji. Z tabulky vyplývá, že největší čekání nastává při technologické operaci broušení v celkovém čase 33,98 hodin. Respektive stroj 212731 je buben (Drum) výrobního procesu. Dále je dle metody DBR sestaveno takzvané lano (Rope). K tomu je využita tabulka 10 stojící na základech tabulky 8. Jsou zde sečteny výrobní hodnoty až po toto omezení.

Tabulka 10 Délka lana

Technologická operace/Pracoviště	16	231	240	263	264	273	284	288
<b>0010</b>								
212691						17,33		
212743		21,72			11,43			
212951							11,54	12,42
312701			15,73					
312941				12,31				
554800	19,76							
<b>0020</b>								
551506	2,41		2,85		2,64			7,00
<b>0030</b>								
212591	3,96							
212721				7,81	17,53			
546101						4,92	3,14	4,92
<b>0040</b>								
312662			0,09					
423100	0,75					0,42	0,29	0,42
<b>0045</b>								
312751			2,48					
<b>0050</b>								
774710	2,25		4,86	3,37	1,00	1,33	1,97	1,32
<b>0060</b>	<b>29,13</b>	<b>21,72</b>	<b>26,01</b>	<b>23,48</b>	<b>32,60</b>	<b>24,00</b>	<b>16,95</b>	<b>26,07</b>

Zdroj: Vlastní zpracování



Během tohoto výpočtu je zanedbáno čekání jako v tabulce 9. Následně je provedena optimalizace výrobních toků a výpočtu průběžných dob v tabulce 9 na základě lana. Čím kratší lano, tím měl dílec vyšší prioritu a je možné jej vpustit do procesu dříve než dílec, s kterým se dostal do konfliktu.

Obr. 35 Optimalizace výchozí tabulky

Dílec	0010					Průb. Stav	0020	Průb. Stav	0030			Průb. Stav	0040		Průb. Stav	0045	Průb. Stav	0050	Průb. Stav	Délka lana
	212691	212743	212951	312701	312941				554800	551506	212591		212721	546101						
16						19,76	2,41	22,17	3,96			26,13	0,75	26,88		26,88	2,25		31,93	29,13
231		21,72				21,72		21,72				21,72		21,72		21,72			21,72	21,72
240				15,73		15,73	2,85	18,59				18,59	0,09	18,68	2,48	21,15	4,86		29,68	26,01
263					12,31	12,31		12,31		7,81		20,12		20,12		20,12	3,37		23,48	23,48
264		11,43				33,15	2,64	35,80	17,53			53,32		53,32		53,32	1,00		54,32	32,60
273	17,33					17,33		17,33			4,92	22,25	0,42	22,67		22,67	1,33		24,82	24,00
284			11,54			11,54		11,54			3,14	14,68	0,29	14,98		14,98	1,97		16,95	16,95
288			12,42			23,96	7,00	30,96			4,92	35,88	0,42	36,29		36,29	1,32		37,61	26,07
Čekání	17,33	33,15	23,96	15,73	12,31	19,76	33,26	14,91	0,00	3,96	25,33	12,98	0,00	0,09	1,88	0,00	2,48	0,00	16,10	7,28

Dílec	Délka lana	Priorita
284	16,95	1
231	21,72	2
263	23,48	3
273	24,00	4
240	26,01	5
288	26,07	6
16	29,13	7
264	32,60	8

Pořadí	Konečný stav	Bez čekání	Celkové čekání
4	44,30	41,50	
2	35,30	34,31	
3	42,86	39,20	
7	33,40	33,40	
8	63,40	41,68	
5	50,80	40,68	
1	29,88	29,88	
6	49,80	36,82	
	349,76	297,47	52,29

ROPE

Zdroj: Vlastní zpracování

Díky optimalizaci došlo k ušetření 51,86 hodin (obrázek 35). Úzké místo a čekání se však přesunulo jinam. K tomu bude v tomto výrobním procesu docházet neustále. Jedná se totiž o složitý výrobní systém s rozsáhlým produktovým mixem a s různými výrobními délkami. Vzhledem k velikosti simulační tabulky je od úzkého místa výroby uveden rovnou výsledek s celkovými časy. V příloze č. 1 této práce je uvedena celá tabulka se všemi průběžnými dobami.

Poté lze provést další optimalizace průběžných dob, se stejným postupem, ovšem a na nově vzniklé omezení. Po optimalizaci vzniklo nové omezení ve formě dlouhého čekání (MUDA) na začátku procesu při technologii Soustružení. Čekání se prodloužilo z 23,85 hodin na 33,26 hodin. Tyto výsledky byly konzultovány s vedoucím výroby. Bylo zjištěno, že soustružení lze vyřešit v krajním případě i kooperací na jiném stroji, pokud stroj není využit na jinou práci. Pro vytvořený algoritmus je ale důležité zachování minulých pravidel, jelikož druhé omezení zde nadále přetrvává ve formě technologické operace Broušení.

## 6. Závěr a diskuse výsledků

V této práci jsou v literární rešerši popsány různé metody a přístupy k optimalizaci výroby. Je popsána teorie omezení jako moderní manažerská filozofie, která staví na filozofii, že v každém systému lze najít nějaké omezení. Toto omezení může mít více charakterů. Na základě výsledů analýzy výrobního procesu provedeného v praktické části práce, je potvrzeno, že některé omezení se může i v průběhu času měnit. Ve výrobním procesu společnosti Festool s.r.o se omezení mění podle pořadí zadávání jednotlivých dílců do výroby. Toto zjištění se liší, od výsledku dosaženého v mé bakalářské práci. Tato skutečnost je ověřena na základě analýzy výrobního procesu při simulaci průběžných dob výroby. Pro další optimalizaci výrobního procesu ve společnosti je využito metody DBR, za účelem optimalizace průběžné doby výroby a redukci tzv. čekání (MUDA). Čekání je jedno ze sedmi druhů plýtvání se, kterými se ve firemních procesech lze setkat.

Metoda DBR je zde kombinována s prioritami dílců. Priority jsou určeny na základě délek lan jednotlivých dílců. Délka lana zde určuje čas od začátku výroby po doputování dílce před úzké místo. Na základě výsledků z analýzy výroby a aplikace použitého algoritmu lze firmě Festool s.r.o doporučit zavedení TOC s počítačovou podporou APS. Software APS podporuje samotnou logiku DBR. APS slouží k plánování výroby s ohledem na určité omezení a redukci plýtvání. Je tak vhodným doplňkem k metodě DBR. Navržený systém kombinuje zvýšení průtoku výrobou s výrobníma prioritami. Díky metodě DBR došlo ke zkrácení průběžné doby výroby o 51,86 hodin. To představuje v procentním vyjádření zkrácení průběžné doby výroby téměř o 13 %. Celkové čekání se zkrátilo ze 104,15 hodin na 52,29 hodin. Toto je také velmi pozitivní výsledek optimalizace.

Na základě zjištění a aplikace metod pro optimalizaci výroby provedených v této práci lze konstatovat, že se jedná o velmi užitečné spojení dvou metod a výsledek je inovativní. Stále existuje omezené množství odborných publikací o metodě DBR, zvláště v českém prostředí. Společnosti používající tyto metody se nerady o své know how dělí. Díky možnosti čerpat z odborných praktických konzultací ve společnosti Festool s.r.o jsem dosáhl lepšího osvojení studované problematiky a prohloubil si kritické myšlení.

## 7. Seznam použitých zdrojů

- [1] AUTOR NEUVEDEN. 5SToday [online]. In: . [cit. 2021-01-19]. Dostupné z: <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>.
- [2] AUTOR NEUVEDEN. Ekonomickysoftware [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [http://www.ekonomickysoftware.com/erp\\_systemy.html](http://www.ekonomickysoftware.com/erp_systemy.html).
- [3] AUTOR, Neuveden. *SKF Enlight ProCollect: Machine health and diagnosis at your fingertips* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: [https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680ac5d93-SKF-Enlight-ProCollect-Brochure---18606\\_1-EN\\_tcm\\_12-509353.pdf#cid-509353](https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680ac5d93-SKF-Enlight-ProCollect-Brochure---18606_1-EN_tcm_12-509353.pdf#cid-509353)
- [4] BASL, J. – MAJER, P. – ŠMÍRA, M. Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 216 s. ISBN 80-247-0613-X.
- [5] COCHRAN, J. K. a H. A. KAYLANI. Optimal design of a hybrid push/pull serial manufacturing system with multiple part types. *International Journal of Production Research* [online]. 2008, 46(4), 949-965 [cit. 2020-09-22]. DOI: 10.1080/00207540600905547. ISSN 0020-7543. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540600905547>.
- [6] GEORGE, Michael L., Dave ROWLANDS a Bill KASTLE. *Co je Lean Six Sigma?*. Brno: SC&C Partner, c2005. ISBN 80-239-5172-6.
- [7] GRABAN, Mark. LeanVets.com [online]. In: . [cit. 2021-01-11]. Dostupné z: <https://www.leanvets.com/2018/05/andon-cords-and-practice.html>.
- [8] GREENHALGH, Paul. Poka-yoke: Examples of Mistake-proofing in Different Areas. In: Techspirited [online]. [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://techspirited.com/poka-yoke-examples-of-mistake-proofing-in-different-areas>.
- [9] HOLUBOVÁ, Michaela Kateřina. Teorie omezení. In: SlidePlayer [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/5965683/>.
- [10] HRONÍK, Jiří. *ParlamentníListy.cz* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.parlamentnilisty.cz/arena/rozhovory/Profesor-Peter-Stanek-Chysta-se-totalni-promena-naseho-sveta-V-rezii-nadnarodnich-korporaci-a-bohacu-Chudoba-a-sledovani-uplne-vseho-455938>.
- [11] HŘEBEN, Jakub. *Přehled pokročilých přístupů k organizaci a řízení výroby* Praha, 2019. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Kavka, DrSc.
- [12] Ing. Jaroslav Dlabáč, Ph.D. In: API [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z>.
- [13] Ing. Vladimír Volko. In: Ing. Vladimír Volko – poradenství pro zvyšování výkonnosti podniku [online]. [cit.2021-02-01]. Dostupné z: [https://www.volko.cz/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_term=15](https://www.volko.cz/slovník_vykonnosti.php?ID_term=15).
- [14] Ing. Vladimír Volko. In: Ing. Vladimír Volko – poradenství pro zvyšování výkonnosti podniku [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: [https://www.volko.cz/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_term=9](https://www.volko.cz/slovník_vykonnosti.php?ID_term=9).
- [15] Ing. Vladimír Volko. In: Ing. Vladimír Volko – poradenství pro zvyšování výkonnosti podniku [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: [https://www.volko.cz/slovník\\_vykonnosti.php?ID\\_term=10](https://www.volko.cz/slovník_vykonnosti.php?ID_term=10).

- [16] *Jak vznikají auta* [Making cars] [dokumentární film]. Scénář a režie Ben Crichton, Matt Cottingham. Velká Británie, BBC, 2015.
- [17] JUROVÁ, M. a kol.: Výrobní a logistické procesy v podnikání. Grada Publishing, Praha, 2016. 264 s. ISBN: 978-80-247-5717-9.
- [18] KAVKA, M., MIMRA, M.: Řízení a organizace výrobních procesů. Interní studijní text. ČZU v Praze, Technická fakulta, Praha, 2021.
- [19] KOŠTURIÁK, Ján a kolektiv. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa publishing s.r.o, 2006. 237 s. ISBN 80-868-5138-9.
- [20] KŘEKOVSÝ, M., VALSA, O.: Moderní přístupy k řízení výroby. C.H.BECK, Praha, 2012. 153 s. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [21] KUBÍČKOVÁ, L., RAIS, K.: Řízení změn ve firmách a jiných organizacích. Grada Publishing, Praha, 2012. 133 s. ISBN: 978-80-247-4564-0.
- [22] MACHÁČEK, Zdeněk. Systemonline [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/řízení-projektu/kanban-pro-efektivni-řízení-prace-v-ramci-tymu.htm>.
- [23] MAJER, Pavel. Pokročilé systémy plánování a řízení výroby [online]. [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: [www.goldratt.cz/download/aps\\_vs\\_toc.pdf](http://www.goldratt.cz/download/aps_vs_toc.pdf).
- [24] MCMULLEN, Thomas B. *Introduction to the Theory of Constraints (TOC) Management System*. Taylor & Francis, 1998, 320 s. ISBN 9781574440669.
- [25] Mildorf, L. [online]. 2011 [cit. 2020-15-12]. Poka-Yoke. Dostupné z: <http://katedry.fmmi.vsb.cz/639/qmag/mj41-cz.pdf>.
- [26] NAYLOR, J Ben, Mohamed M NAIM a Danny BERRY. Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527398002230#aep-section-id37>.
- [27] PEŠEC, Bruno. Lean Six Sigma University [online]. [cit. 2020-12-14]. Dostupné z: <https://leansixsigma.community/blog/view/8811/takt-time-cycle-time-lead-time>.
- [28] PODNIKOVÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY – MES. [cit. 2020-12-14]. Dostupné na: [http://home1.vsb.cz/~dan11/is\\_skripta/IS%202011%20-%20MES.pdf](http://home1.vsb.cz/~dan11/is_skripta/IS%202011%20-%20MES.pdf).
- [29] RIB Consulting [online]. [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: <https://www.ribcon.com/blog/2017/08/04/steps-reducing-changeover-time-smed/>.
- [30] ROSER, Christoph. A Critical Look at Goldratt's Drum-Buffer-Rope Method. In: AllAboutLean.com [online]. [cit. 2020-11-24]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/drum-buffer-rope/>.
- [31] ROSER, Christoph. AllAboutLean.com [online]. In: [cit. 2020-12-08]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/andon/>.
- [32] ROSER, Christoph. *The Origins of Lean Manufacturing and Lessons for Today* [online]. Karlsruhe University of Applied Sciences Germany [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/309379889\\_The\\_Origins\\_of\\_Lean\\_Manufacturing\\_and\\_Lessons\\_for\\_Today\\_Keynote](https://www.researchgate.net/publication/309379889_The_Origins_of_Lean_Manufacturing_and_Lessons_for_Today_Keynote)
- [33] SAP Facts and Information [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.sap.com/corporate/en/company.fast-facts.html#fast-facts>.

- [34] SVOZILOVÁ, A.: Zlepšování podnikových procesů. Grada Publishing, Praha, 2011. 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [35] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V.: Integrované řízení výroby. Grada Publishing, Praha, 2014. 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5
- [36] VÍTEK, Václav. Svět produktivity [online]. In: [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Heijunka.htm>.
- [37] Wallace J. Hopp, Mark L. Spearman, (2004) To Pull or Not to Pull: What Is the Question?. Manufacturing & Service Operations Management 6(2):133-148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
- [38] WANI, Mayur a Prof. Mrs. Reena PANT. Implementation of Single Minute Exchange of Die in Motor Manufacturing Unit [online]. 2017 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.irjet.net/archives/V4/i11/IRJET-V4I11235.pdf>.

## 8. Seznam obrázků

Obr. 1 Kontrast stylů řízení .....	7
Obr. 2 Požadavky z pohledu zákazníka .....	8
Obr. 3 Schéma štíhlé výroby s pilíři a metodami .....	8
Obr. 4 Black Box v procesním řízení .....	9
Obr. 5 Modifikace principu tahu s horním limitem rozpracované výroby .....	12
Obr. 6 Pull vs. zákaznické požadavky .....	13
Obr. 7 Snaha o eliminaci plýtvání .....	13
Obr. 8 3Mu a jeho tři modifikace .....	15
Obr. 9 Grafické znázornění Takt Time / Cycle Time / Lead Time .....	16
Obr. 10 Názorná aplikace 5S .....	18
Obr. 11 PDCA cyklus .....	21
Obr. 12 Ukázka Andon kabelu na výrobní lince .....	22
Obr. 13 Barevná signalizace Andonu .....	23
Obr. 14 Příklad Gaussova rozložení u Six Sigma .....	24
Obr. 15 Cyklus DMAIC .....	25
Obr. 16 Historie vzniku Lean Six Sigma .....	25
Obr. 17 Schéma Lean Six Sigma .....	26
Obr. 18 Přenosný pokrokový snímač SKF Quick Collect .....	29
Obr. 19 Výrobní mix pomocí přístupu Heijunka .....	30
Obr. 20 6 kroků zavedení SMED .....	31
Obr. 21 Diagram následek/příčina/následek .....	33
Obr. 22 Ukázka aplikace DBR .....	34
Obr. 23 Jednoduchý distribuční řetězec .....	37
Obr. 24 Konflikt myšlenek .....	38
Obr. 25 Výpočet výroby .....	39
Obr. 26 Výpočet TDD a IDD .....	40
Obr. 27 Průtok systémem .....	40
Obr. 28 Rozdíly mezi Průmyslem 3.0 a 4.0 .....	41
Obr. 29 Zastoupení ERP na českém trhu pro velké podniky .....	43
Obr. 30 Schéma metody APS .....	44
Obr. 31 Oblast působnosti systému MES .....	45
Obr. 32 Procesní mapa .....	49

Obr. 33 Výpočet strojní kapacity .....	50
Obr. 34 Omezení na základě volné časové kapacity .....	51
Obr. 35 Optimalizace výchozí tabulky .....	55

## 9. Seznam Tabulek

Tabulka 1 příklad časového zásobníku před kritickým výrobním zdrojem.....	36
Tabulka 2 Výchozí tabulka pro plánování výroby pomocí DBR.....	46
Tabulka 3 Roční cykly pracovišť na odvalovací frézce.....	47
Tabulka 4 Výrobní data.....	48
Tabulka 5 Kalkulace plýtvání na dílci 16 .....	50
Tabulka 6 Roční cykly pracovišť .....	51
Tabulka 7 Ukázka klíčových dílců.....	52
Tabulka 8 Celkové časy dílců strávených na pracovištích za jednu dávku .....	53
Tabulka 9 Simulace průtoku výrobou .....	54
Tabulka 10 Délka lana .....	54

## 10. Seznam zkratk

APS	Advanced Planning System
CRT	Current Reality Tree
DBR	Drum, Buffer, Rope
ERP	Enterprise Resource Planning
JIT	Just In Time
MES	Manufacturing Execution System
MRP	Material Resource Planning
SMED	Single Minute Exchange of Die
SCM	Supply Chain Management
TOC	Theory Of Constraints
TPM	Total Productiv Maintenance
TQM	Total Quality Management
VSM	Value Stream Mapping
WCM	World Class Manufacturing

# Příloha č. 1: Optimalizace výrobního toku

Dílce	0010										0020		0030		0040		0045		0050		0060		0070		0080		0090		0200		Průběh	Konečný stav	Bez čekání			
	21261	21276	21291	21270	21264	53480	Průb. Stav	Průb. Stav	21291	21271	545101	Průb. Stav	Průb. Stav	31262	423100	Průb. Stav	Průb. Stav	72710	Průb. Stav	Průb. Stav	31262	423100	Průb. Stav	Průb. Stav	21291	31281	31291	Průb. Stav	Průb. Stav	21261				31281		
16						19,76	19,76	2,41	22,12	3,96		26,13	21,72	0,75	26,88	26,88	2,25	7,27	31,93	29,13	7,13			39,05	3,38	42,43	545101	42,43	1,88		44,30	5	44,30	41,50		
231	21,72					21,72	21,72	2,41	21,72	18,59		18,59	0,09	18,68	2,48	21,72	4,86	21,72	21,72	24,17	6,67		29,38	4,17	33,55	42,64	42,64	33,55	1,75	35,30	3	42,86	39,20			
240						15,73	15,73	2,85	18,59			20,12	0,09	20,12	2,48	20,12	3,27	23,48	23,48	26,01	4,92		34,59	8,04	42,64	42,64	42,64	32,86	4,33	33,40	4	42,86	39,20			
268						12,21	12,21		12,21			5,33		5,33		5,33	1,00	5,43	37,69				38,65	4,33	43,98	43,98	43,98	4,42	43,40	2	43,40	41,68				
268						11,43	11,43	2,64	3,96			4,92		4,92		4,92	1,33	2,87	1,33	2,87	2,87		24,82	10,43	35,25	35,25	35,25	5,25	47,68	7	53,05	48,68				
273	12,21								11,43			11,43		0,42	14,98	14,98	1,97	16,95	16,95	5,77			22,71	10,43	32,71	32,71	32,71	5,58	47,26	8	50,80	40,88				
288						11,54	11,54	7,00	11,54			11,4		0,28	14,98	14,98	1,32	3,62	1,32	37,61	26,07		22,71		46,89	46,89	46,89	2,92	49,20	1	49,20	40,88				
288						12,42	12,42		14,98			35,88		0,28	36,29	36,29	1,27	37,61	26,07	7,83			46,89		46,89	46,89	46,89	2,92	49,80	6	49,80	38,82				
<b>Celkem</b>	17,33	33,15	23,96	15,73	12,21	19,76	<b>35,26</b>	14,91	<b>0,00</b>	3,86	25,33	12,98	<b>0,00</b>	0,09	1,88	<b>0,00</b>	2,48	<b>0,00</b>	16,10	<b>7,28</b>	27,40	4,92	4,33	<b>2,44</b>	16,54	15,60	<b>3,83</b>	12,96	<b>3,95</b>	6,58	<b>0,00</b>	7,21	1,98	<b>2,13</b>	<b>349,76</b>	<b>297,47</b>

Dílce	Delta	Priorita
284	16,95	1
231	21,72	2
273	23,48	3
240	24,00	4
288	26,07	5
16	29,13	7
264	32,60	8

Průběh	Konečný stav	Bez čekání	Celkem
4	44,30	41,50	
2	35,30	34,31	
3	42,86	39,20	
7	33,40	33,40	
8	63,40	41,68	
5	50,80	40,88	
1	29,88	29,88	
6	49,80	38,82	
<b>Průběh</b>	<b>349,76</b>	<b>297,47</b>	<b>32,29</b>

ROPE



## Příloha č.2: Mapa výrobních toků

