

Analýza výrobního toku pomocí Plant Simulation

Vladimír Lanšperk

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vladimír Lanšperk**
Osobní číslo: **M170100**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Řízení výroby a kvality**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Analýza výrobního toku pomocí Plant Simulation**

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši k danému tématu.

II. Praktická část

- Analyzujte současný stav vybraného výrobního procesu.
- Na základě analýzy zhodnotte stav výrobního procesu.
- Navrhněte doporučení ke zlepšení výrobního procesu.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BANGSOW, Steffen. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Cham: Springer, 2015, 713 s. ISBN 978-3-319-19502-5.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016, 264 s. ISBN 978-80-247-5717-9.
KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C.H. Beck, 2009, 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.
SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 5. vyd. Praha: Grada, 2011, 471 s. ISBN 978-80-247-3494-1.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Pivnička, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2020**

L.S.

doc. Ing. David Tužek, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 6. ledna 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu výrobního toku velkosériové výroby ve společnosti Continental Barum s.r.o. Cílem práce je provedení simulace a otestování, zda je možné snížit počet zaměstnanců pro námi testovanou výrobu. Zadaný problém byl řešen v aplikaci Plant Simulation. Ze získaných výrobních dat a informací od zaměstnanců byl vytvořen simulační model. Z uskutečněných simulací byly získány grafy a statistiky o vytiženosti zaměstnanců, směn a strojů. Z těchto skutečností byly zjištěny výrobní rezervy u zaměstnanců, a také že výrobní kapacitu je možné zachovat i při nižším počtu zaměstnanců.

Klíčová slova: Plant Simulation, počítačová simulace, výrobní tok, výrobní kapacita, zaměstnanci

ABSTRACT

The bachelor is focused on analysis of the production flow of large scale production at company Continental Barum s.r.o. The aim of the project is to perform a simulation and test whether it is possible to reduce the number of employees for our tested production. The specified problem was solved in application Plant Simulation. A simulation model has been created from the production data and information collected from employees. Graphs and statistics on the utilization of staff, shifts and machines were obtained from the simulations carried out. From these facts, production reserves of employees were established and also the production capacity is possible to maintain even with a lower number of employees.

Keywords: Plant Simulation, computer simulation, production flow, production capacity, employees

Rád bych poděkoval Ing. Michalu Pivníčkovi Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Chtěl bych také poděkovat Ing. Liboru Kučerovi za konzultace, ochotu a cenné rady v oblasti výrobní technologie.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝROBA	12
1.1 ROZDĚLENÍ VÝROBY	13
1.1.1 Hromadná.....	13
1.1.2 Kusová.....	13
1.1.3 Sériová.....	13
2 VÝROBNÍ PROCES	14
2.1 PROCES	14
2.2 PROCESNÍ TOK.....	14
2.3 ŘÍZENÍ VÝROBNÍHO PROCESU	14
2.4 PLÁNOVÁNÍ VÝROBNÍHO PROCESU	15
2.5 VÝROBNÍ KAPACITA	15
2.5.1 Časové fondy.....	16
2.5.2 Výrobní čas	16
3 ŠTÍHLÁ VÝROBA	18
3.1 UŽITÍ ŠTÍHLÉ VÝROBY	19
3.2 PLÝTVÁNÍ.....	19
4 PRŮMYSL 4.0	21
4.1 CHARAKTERISTIKA INTELIGENTNÍ TOVÁRNÝ.....	22
4.2 PĚT ÚROVNÍ PODNIKU V PRŮMYSLU 4.0	22
5 PODNIKOVÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY	24
5.1 ERP.....	24
5.2 SCM	24
5.3 APS.....	25
5.4 MES.....	25
5.5 CRM.....	26
6 SIMULACE	27
6.1 POSTUP PŘI TVORBĚ SIMULACE	27
6.2 VÝHODY, NEVÝHODY A VYUŽITÍ SIMULACE	28
6.3 PLANT SIMULATION.....	30
6.3.1 Práce v Class Library	31
6.3.2 Práce s Toolboxem.....	32
6.3.3 SimTalk	32

7	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
8	POPIS SPOLEČNOSTI.....	36
8.1	VÝROBA FOREM CONTINENTAL (VFC)	36
8.2	VÝROBNÍ PROCES FORMY	36
8.2.1	Dezénové segmenty	37
8.2.2	Bočnice.....	37
8.2.3	Patkové kroužky.....	38
9	ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU	39
9.1	VÝROBNÍ TOK.....	39
9.2	POPIS PRACOVIŠTĚ	41
9.3	SHROMÁŽDĚNÍ VÝROBNÍCH DAT	41
9.4	VÝROBNÍ DATA	42
9.5	VARIANTY SIMULACÍ.....	43
10	PLANT SIMULATION	45
10.1	MODEL VÝROBNÍ HALY	45
10.2	VARIANTA 1	46
10.3	VARIANTA 2.....	51
11	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	56
12	ZHODNOCENÍ SIMULAČNÍCH MODELŮ	57
13	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	61
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Ve výrobním areálu společnosti Barum Continental s. r. o. se mimo jiné nachází divize pro výrobu forem, která je pro tuto bakalářskou práci důležitá. Tato společnost se zabývá nejen výrobou osobních a nákladních pláštů, ale také výrobou lisovacích forem, ve kterých jsou tyto pláště lisovány. Nachází se zde také metoda povlakování, která zvyšuje životnost forem a nově je zde zaváděna technologie 3D tisku.

Díky technologii 3D tisku jsou zde vyráběny formy, které umožňují vyrábět kvalitnější pláště, které koncernu Continental pomáhají lépe bojovat s konkurencí. Tato technologie je pro výrobu kvalitnějších, ale také složitějších forem nezbytná. V současné době je technologie 3D tisku v rozmachu v nejrůznějších oborech, není tomu jinak ani v automobilovém průmyslu.

Obsahem teoretické části práce je seznámení se s výrobou, plánováním výroby a průmyslem 4.0, který se stává nezbytnou součástí veškeré výroby. Náplní praktické části je samotná simulace výroby a testování simulačních modelů, které praktikujeme na jednu konkrétní výrobu, kdy známe plán a počet zaměstnanců v nepřetržitém provozu.

Tato bakalářská práce vznikla ve spolupráci se společností Continental Barum s. r. o., která patří mezi největší výrobce pláštů na světě.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem práce je nasimulovat výrobu a otestovat, zda je možné snížit počet zaměstnanců ve výrobě. Výroba lamel probíhá v režimu nepřetržitého provozu, známe počet strojů a zaměstnanců, kteří mají tuto obsluhu na starost. Otestování stávajícího procesu by mělo společnosti zjistit, zda je možné pro současné vytížení výroby přesunout volné zaměstnance na jinou pracovní pozici a přitom nenarušit plynulý chod stávající výroby.

Díky získaným výrobním datům známe počet zakázek a výrobní časy, které proběhly v 1. pololetí roku 2019. Toto pololetí nejlépe kopíruje současnou výrobu. V tomto období se nacházejí měsíce, které jsou nejvytíženější, nejméně vytížené a najíždí zde výroba po celozávodní dovolené. Naším cílem je zjistit, zda je možné ušetřit zaměstnance a tím proces zefektivnit. Pro sběr dat a vytvoření výrobního layoutu byly použity technologické postupy, data z podnikového systému, interní dokumenty a rozhovory se zodpovědnými osobami.

Na základě layoutu výroby, procesních dat a toků je vytvořen simulační model v programu Plant Simulation. Výrobní model je sestaven podle stávající výroby. Metody, které byly použity pro zpracování této výroby, jsou pozorování výrobního procesu ve společnosti, spolupráce s vedoucími pracovníky, technologi a dělníky.

Z grafů vytíženosti výrobních strojů je porovnáno procentuální zhodnocení časů, kdy stroje čekají na seřízení zaměstnancem a zda má toto čekání vliv na dokončení zakázek ve stanoveném termínu. Na základě porovnání variant ve výrobě zjistíme, zda bude mít toto snížení počtu zaměstnanců vliv na plynulý chod výroby.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA

„V nejužším pojetí se výrobou rozumí jen zhotovení hmotných výrobků, resp. poskytování určitých služeb.“ (Synek, 2011, s. 251)

Tomek a Vávrová (2000, s. 17) říkají že: „Výroba slouží v rámci podniku obecně k vytváření materiálních i nemateriálních statků, které odpovídají tržní poptávce.“

Výrobu lze také chápat jako přeměňování vstupů (práce, půda, kapitál), na výstupy (hotové výrobky, ale také služby). Ve výrobě se zaměřujeme především na snižování výrobních nákladů, zkrácení dodacích termínů, zvýšení užitečnosti výrobku a větší sortiment. Tím zajistíme, aby výroba produkovala hmotné statky, tzn. cokoliv, z čeho máme užitek. (Synek, 2011, s. 251)



Obr. 1 - Princip transformačního procesu
(vlastní zpracování dle Tomek a Vávrová, 2000, s. 17)

Jak píše v knize „Řízení výroby a nákupu“ Tomek a Vávrová (2007, s. 190), tento podnikový systém se skládá ze tří prvků:

1. Vstup – jinak také výrobní faktor, kvalitní management, informace, kapitál, práce, půda
2. Procesní transformace – proces při kterém jsou vstupy, při dodržení výrobních postupů přeměňovány na výstupy
3. Výstup – výrobek buď materiální nebo nemateriální který si trh žádá

Při výrobě je nutné si odpovědět na tři důležité otázky:

1. Co vyrábět – musíme se rozhodnout jaký výrobek a v jakém množství
2. Jak to vyrábět – jakou použijeme technologii, suroviny a materiál
3. Pro koho to vyrábět – pro jaký typ spotřebitele bude náš výrobek určen

1.1 Rozdělení výroby

Podle Synka (2011, s. 253) členíme výrobu na hlavní a vedlejší. Hlavní výroba je ta, jejíž výrobky jsou pro firmu hlavní náplň výroby. Vedlejší výroba bývá výroba doplňková a přidružená, doplňková výroba zpracovává odpad z hlavní výroby a přidružená výroba se od té hlavní liší charakterem výroby. (Keřkovský, 2009, s. 8) Výrobu dělíme podle množství a počtu druhů výrobků. Na výrobu hromadnou, kusovou a sériovou.

1.1.1 Hromadná

Hromadná výroba je zaměřena na jeden druh výrobku, který je vyráběn v obrovském množství. Jedná se například o výrobu pneumatik, mléka, ropy atd. Výroba se neustále opakuje a bývá z pravidla ustálena. Za nejvyšší stupeň v organizaci práce se považuje proudová výroba., kdy rozpracovaný výrobek plynule proudí mezi pracovišti. (Keřkovský, 2009, s. 9)

1.1.2 Kusová

Objem kusové výroby bývá zpravidla ve velmi malém množství, naproti tomu počet druhů v této výrobě bývá velký. Vše je prováděno za pomoci univerzálních a speciálních strojů. Výroba se skládá z výroby originálních výrobků jednoho kusu, to znamená, že se tato výroba neopakuje. Nebo se vyrábí výrobek stejný, tato výroba se nazývá opakovaná kusová výroba. Pokud si konkrétní zákazník objedná přesně specifikovanou zakázku jedná se o tzv. zakázkovou výrobu. Tento výrobek je jedinečný a originální. Tato výroba je z hlediska plánování výrobního programu komplikovanější, než výroba hromadná a sériová. Jako příklad můžeme uvést zakázkové obuvnictví, stavby lodí, pojištění na míru určitému rizikovému zaměstnání. (Keřkovský, 2009, s. 8-9)

1.1.3 Sériová

Sériová výroba je výroba daného množství produktů v určitých dávkách neboli sériích. Když je dokončena výroba jedné výrobní série, jedná se z pravidla více vyrobených kusů v jedné sérii. Přecházíme na výrobu jiné série. Pokud se toto střídání opakuje pravidelně, říkáme že se jedná o rytmickou sériovou výrobu. Pokud nastává opačná situace, hovoříme o nerytmické sériové výrobě. (Keřkovský, 2009, s. 9) Sériová výroba je v podniku využívána nejčastěji. Dále dělíme sériovou výrobu na malosériovou výrobu a velkosériovou výrobu. (Synek, 2011, s. 253)

2 VÝROBNÍ PROCES

Výrobní proces je dělen na etapy. V první etapě, tzn. předvýrobní probíhá příprava výroby od konstrukce, technologie výrobku a výroby, až po zajištění materiálů. Další etapy jsou výrobní a odbytová. Výrobek se poté skládá z přesně stanoveného technologického postupu a operací. (Synek, 2011, s. 252)

2.1 Proces

Proces je sledem činností, při těchto činnostech je důležité aktivní působení zaměstnaneckého personálu, a to jak po stránce fyzické, tak psychické. Díky tomuto působení vzniká nový předmět nebo služba, která konečnému zákazníkovi přinese nějaký užitek a má pro něj určitou hodnotu. Popis procesu se skládá z procesních modelů a toků, které sledujeme a zaznamenáváme o nich informace. Informace o tom, jak jdou výrobní kroky za sebou, o podpůrných systémech procesu, o použitých nástrojích, o výkonu a parametrech, které ovlivňují kvalitu a o tom, jak tyto parametry proces plní. (Svozilová, 2011, s. 14)

2.2 Procesní tok

Svozilová (2011, s. 15) ve své knize uvádí definici procesního toku ve znění „*Procesní tok je sled kroků (činností, událostí nebo interakcí), který představuje postupně rozvíjející se proces, zapojuje do spolupráce alespoň dvě osoby a vytváří určitou hodnotu pro zákazníka, jemuž má sloužit, nebo příspěvek pro podnik, v němž se uskutečňuje.*“

2.3 Řízení výrobního procesu

„*Řízení procesu je činnost, která využívá znalostí, schopností, metod, nástrojů a systémů k tomu, aby identifikovala, popisovala, měřila, řídila, hodnotila a zlepšovala procesy se záměrem efektivního pokrytí potřeb zákazníka.*“ (Svozilová, 2011, s. 18)

Řízení výroby je koordinace, kontrola a regulace postupu výroby. Úkolem řídicích procesů je řídit výrobu dle výrobního plánu, na základě tohoto plánu správně rozvrhovat výrobní zakázky, aby bylo možné splnit termíny vyhotovení. Tyto výsledné termíny je potřeba dále srovnávat s očekávanými výsledky, na kolik procent byl odhad správný. Hledáme příčiny, kde mohlo dojít k odchylkám při výrobě a zbrzdění výrobní zakázky. (Tomek a Vávrová, 2007, s. 26)

2.4 Plánování výrobního procesu

Plánování výrobního procesu „Zahrnuje určení výrobních postupů, času výroby (období) a místa (středisek), kde se plánované výrobky budou vyrábět. Předpokládáme, že vybavení podniku stroji, výrobním zařízením bylo zajištěno v rámci dlouhodobého plánu. V krátkodobém pohledu jde o výběr strojů a výrobního zařízení, rozhodnutí, zda součást vyrobit nebo nakoupit, stanovení optimální výrobní dávky.“ (Synek, 2011, s. 258) Z pohledu organizace výroby dělíme na proudovou a dílenskou. Proudová znamená že vstup, prochází výrobními stupni až k hotovému výrobku, většinou při sériové a hromadné výrobě. Dílenská je rozdělena na jednotlivé dílny a výrobek mezi dílnami cestuje např. frézarská dílna, soustružnická dílna, dokončovací dílna atd., každá dílna má svůj úkon při výrobě je mezi dílnami předáván. Cílem plánování výroby je určení velikosti výrobní dávky, stanovení termínu zahájení a dokončení práce, vytvoření kapacitního plánu a neposlední řadě plán nákupu, skladování a dopravy. (Synek, 2011, s. 258)

2.5 Výrobní kapacita

„Výrobní kapacitu charakterizujeme jako maximální objem produkce, který může výrobní jednotka (podnik, závod, dílna, stroj) vyrobit za určitou dobu (obvykle rok, den, hodina).“ (Synek, 2011, s. 259)

Tomek a Vávrová (2000, s. 88) uvádějí „Kapacita je schopnost výkonu výrobní jednotky nebo výrobního systému – libovolného druhu velikosti a struktury – v daném časovém úseku.“

Jak uvádí Synek (2011, s. 259) je toto rozdělení pouze teoretická veličina, dále dělíme na:

- praktickou kapacitu – počítáme s přestávkami
- normální kapacita – počítáme s ročním průměrem
- nominální kapacita – počítá se štítkovým výkonem a plnou dobou

Výrobní kapacitu ovlivňuje mnoho činitelů, technická úroveň strojů a výrobního zařízení, doba, po kterou jsou v činnosti, uspořádání výroby a struktura práce. Kapacitu výrobní jednotky jde vyjádřit výkonem a časem po který byla tato jednotka v činnosti. (Synek, 2011, s. 259) Podle Tomka a Vávrové (2000, s. 132) rozumíme výrobní kapacitou množství výrobků stejného druhu, které je možné vyrobit na určitém druhu výrobního zařízení, za daného časového období za konkrétních podmínek.

2.5.1 Časové fondy

Dle Synka (2011, s. 260) časové fondy dělíme na:

- kalendářní časový fond T_k -Tento fond vychází u počtu dnů v kalendářním roce, pro vyjádření v hodinách vynásobíme $(365 \cdot 24)$, pozor na přestupný rok $(366 \cdot 24)$. Tento časový fond se používá v nepřetržitých provozech
- nominální časový fond T_n -K tomuto časovému fondu dojdeme odečtením nepracovních dní z kalendářního časového fondu víkendy, svátky, celozávodní dovolená
- využitelný (efektní) časový fond T_p -vypočteme z nominálního časového fondu tím, že odečteme prostoje. Prostoje jsou například, výroba zkušebních kusů a plánované odstávky strojů

Macurová a spol. (Macurová, Klabusayová a Tvrdoň, 2018, s. 61-62) uvádí dělení technickohospodářské normy spotřeby času, která zahrnuje, sestavení časových plánů, rozvrhů činností, řízení procesů v čase, tak aby byla práce rovnoměrně přidělována určitým pracovníkům, hledání určitého potenciálu, kde je možné proces zlepšit a pro stanovení nákladů na výrobu. Rozlišujeme tyto kategorie pro normy výkonové jsou to:

- Norma spotřeby času – jde o nutnou spotřebu času, kterou pracovník potřebuje na splnění úkolu nebo na zpracování zadaného úkolu
- Norma množství – jde o počet jednotek v pracovník úkolu, které mají být vyrobeny za normálních pracovních podmínek, normálním pracovním tempem za daných technickoorganizačních podmínek, za určitý čas
- Norma početních stavů – udává počet pracovníků kteří jsou potřeba k zajištění plynulého chodu výroby, tyto pracovníci se převážně starají o údržbu a chod strojů jsou to například, seřizovači, údržbáři, vozíčkáři neboli manipulátoři atd.
- Norma obsluhy – tato norma stanovuje kolik pracovníků je potřeba pro jedno určité zařízení anebo kolik je jeden pracovník schopný obsloužit pracovišť.

Podle účelu normování práce členíme na operace, úkony a pohyby které pracovník vykonává.

2.5.2 Výrobní čas

Jak uvádějí ve své knize řízení výroby Tomek a Vávrová (2000, s. 146-147), rozlišujeme výrobu na průběžnou dobu výrobku a průběžnou dobu výroby. Průběžná doba výrobku

reprezentuje celou výrobu od zadání výrobku až po expedici. Zatím co průběžná doba výroby, je čas od provedení první operace na výrobku a končí naskladněním hotového výrobku. Výrobní cyklus je souhra technologických časů, netechnologických časů a přerušení ve výrobě. Výrobní cyklus členíme na:

- technologické časy zahrnují ruční, strojní, strojně ruční, automatické a přírodní operace
- netechnologické časy zahrnují seřízení stroje, nachystání pracoviště pro výrobu, kontrolu jakosti, skladování, nakládání, technologické manipulace a přepravu
- časy přerušení způsobené špatnou organizací práce, poruchami strojů a plánovanými údržbami a přerušeními za které je zodpovědný zaměstnanec

3 ŠTÍHLÁ VÝROBA

„Lean je sdružením principů a metod, jež se zaměřují na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jenž mají sloužit zákazníkům procesu.“ (Svozilová, 2011, s. 32)

Všechny tyto činnosti uváděné v definici, jsou vlastně odpad z výroby. Tato nauka o metodách, byla vytvořena za účelem zlepšování podnikových procesů pro obor průmyslové výroby, nicméně našla si velké uplatnění pro obory zahrnující administrativu a služby. Při uvažování v tomto duchu, se řídíme tzv. „selským rozumem“. Kdy se snažíme pomocí logického myšlení a pokud možno tou nejkratší cestou zlepšovat procesy. Nemusí se zde jednat o velké změny, ale o menší systematické kroky, které vedou k postupnému zlepšení procesů. Přístupy štíhlé výroby, které jsou užívané, vycházejí z následujících principů:

- Snažíme se o dosažení dokonalosti – úsilí o snížení úsilí, nákladů, času, závad, chyb a o potřebný prostor je nám všeobecně prezentován. Všechno toto vytváří předměty a poskytuje služby které jsou navrženy tak, aby byl zákazník spokojen.
- Řídíme se zákaznickými potřebami – proces je přizpůsoben tak, aby jejich dávka byla pokrývala potřebu po konkrétním předmětu nebo službě. Zkrátka vyrábíme takovém množství a čase, kdy má zákazník potřebu. Nevyrábíme na sklad, tím se vyvarujeme situaci, prodávat jen to co je k dispozici.
- Uvádíme proces do pohybu – procesy ruší historicky užívané dělení podniků na jednotlivé oddělení, při procházení organizací tyto procesy nerespektují pravidla dřívějšího uspořádání hierarchických struktur a dotýkají se vazeb na subdodavatele nebo zákazníků a umožňují každému přispět k tvorbě výsledné hodnoty.
- Identifikujeme činnosti, které se podílejí na vytvoření hodnoty – jedná se o všechny činnosti které souvisejí s výrobkem. Všechny procesy, které tvoří výslednou hodnotu, od materiálu, z kterého je výrobek vyroben až po dodávku k samotnému zákazníkovi.
- Hodnota z pohledu zákazníka procesu – jde o výrobek nebo službu, tato hodnota odpovídá představě zákazníka, pokrývá jeho potřebu za požadovanou cenu a v požadovaném čase. (Svozilová, 2011, s. 32)

3.1 Užití štíhlé výroby

Svozilová (2011, s. 33) uvádí, že je tato metoda uplatňovaná tam, kde je potřeba výrobní procesy zjednodušit a ustálit, zkracujeme díky tomu dobu mezi vstupem do procesu a výstupem z procesu. Metodologii o štíhlé výrobě, používáme tehdy, kdy sledujeme možné zvýšení výkonnosti v procesech a snížení operačních nákladů, toto snížení se může projevit například:

- Snížením zásob.
- Zmenšením rozlohy výrobního prostoru.
- Úsporou práce, kterou docílíme určitého výkonu.

Pokud chceme používat této metodiky, je nutné vycházet z následujících předpokladů:

- Plýtvání má mnoho podob.
- Procesy je nutné udržovat v pohybu.
- Rychlost, s jakou provedeme změnu v běžícím procesu je kritická.
- Prováděné změny musí zasahovat všechny oblasti které s procesem souvisejí, tj. personál, procesní systémy a technologie.

V praxi se principy štíhlé výroby uplatňují tam, kde je konkurence agresivní v oblasti ceny a kvality služeb. Kde máme příznivé tržní podmínky, které žádají vyšší výkonnost procesů nebo dřívější vyřízení objednávek. Ze strany zákazníků jsou požadovány nižší ceny a organizace usiluje o snížení skladových zásob. Ze strany vlastníků jsou vyvíjeny tlaky na vyšší návratnost vloženého kapitálu, anebo vlastníci cítí zlepšení kvality produktů za účelem zvýšení tržního potenciálu. (Svozilová, 2011, s. 33-34)

3.2 Plýtvání

V souvislosti se štíhlou výrobou se nejčastěji skloňuje termín plýtvání. Plýtvání v různých formách existuje v každém procesu. (Svozilová, 2011, s. 34)

Druhy plýtvání:

- Ztráty čekáním – pracovník čeká na pracovní instrukce, na opravu při poruše stroje, špatné zásobování materiálem, při čekání na rozpracovaný výrobek atd. Tento druh plýtvání se vyskytuje ve výrobě nejčastěji, při odstraňování ztrát nám může pomoci

system Just in Time neboli právě včas. Který nám pomáhá synchronizovat dané operace. (Váchal, Vochozka a kolektiv, 2013, s. 473)

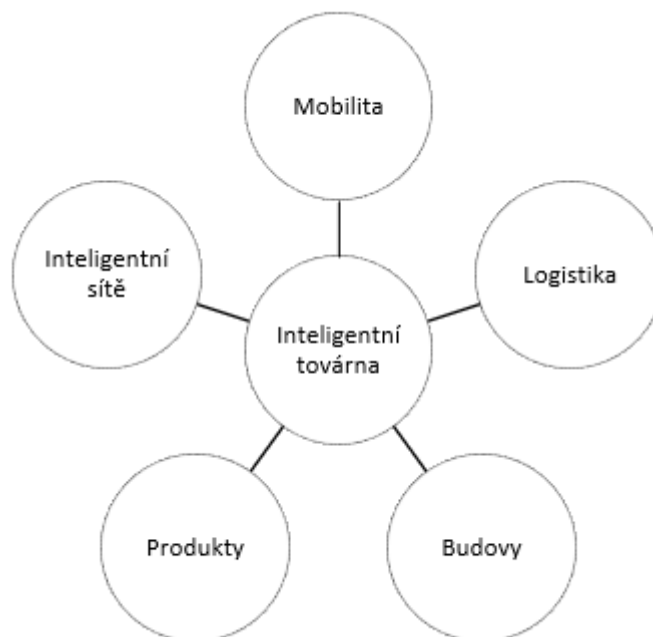
- Nadvýroba – je důsledkem nesprávného řízení výroby a nekvalitních procesů plánování. Díky těmto špatně zvoleným procesům, vznikají nadbytečné zásoby, které mají velké nároky na skladové plochy. (Burieta, 2013, s. 17)
- Pohyb – špatně uzpůsobená výroba, velké vzdálenosti mezi pracovišti, nejsou striktně označená místa pro odkládání materiálu, pracovních pomůcek a nářadí. Pracovník provádí zbytečné pohyby při výrobě, to se stává v důsledku špatně popsanych standardů v procesu výroby. (Burieta, 2013, s. 18)
- Nadbytečná práce – ve výrobě vzniká ve snaze dosáhnout její dokonalosti ke zbytečným pracím, například se může jednat o duplicitní kontrolu kvality. Nebo při zavádění nových technologických postupů, které se po čase ukáže jako neefektivní. (Burieta, 2013, s. 19)
- Opravy – odstraňování vzniklé nekvality nebo její přepracování, nám způsobuje zpoždění a díky tomu také další náklady. Při neopravitelných závadách, se z výrobku stává zmetek a vzniká nám odpad, který navyšuje náklady podniku. (Burieta, 2013, s. 17)
- Nevyužití schopnosti pracovníků – je novodobým největším druhem plýtvání. Způsobují jej vedoucí pracovníci, kteří nejsou schopni využít potenciál svých zaměstnanců. Tady je potřeba naslouchat podřízeným zaměstnancům a vyslechnout si jejich názory na řešení výrobních problémů. (Váchal, Vochozka a kolektiv, 2013, s. 473)
- Doprava – veškerá nadbytečná manipulace a doprava ve výrobě. Je potřeba eliminovat pohyby materiálu, kdy je zbytečně manipulováno s materiálem z místa na místo. (Váchal, Vochozka a kolektiv, 2013, s. 473)
- Skladové zásoby – tento druh plýtvání je úzce spjatý s nadvýrobou. Skladové zásoby nám ukazují špatně nastavené podnikové procesy a rychle se měnící trh. Pokud podnik nechce vyrábět na sklad, měl by být flexibilnější a měl by rychleji reagovat na měnící se požadavky zákazníka. (Burieta, 2013, s. 16-17)

4 PRŮMYSL 4.0

„Průmysl 4.0 transformuje výrobu ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Vzniknou globální sítě založené na propojení výrobních zařízení do kyberneticko-fyzických systémů-CPS (Cyber-Physical Systems).“ (Mařík, 2016, s. 26)

Dle Maříka (2016, s. 26) jsou kyberneticko-fyzické systémy, budoucím základním kamenem „inteligentních továren“, tyto továrny budou schopné díky internetu mezi sebou směnovat informace a v reálném čase tyto informace využívat. Budou schopné se samy konfigurovat, díky analyzovaným datům budou předvídat případné poruchy či chyby a budou schopny jim předcházet. V těchto továrnách budou vznikat produkty, které v sobě budou mít veškeré informace o své historii a aktuálním stavu. Takto nastavený systém bude schopen pružně reagovat na rychle se měnící poptávku zákazníků. Inteligentní továrny nabídnou nové cesty pro tvorbu nového produktu s přidanou hodnotou.

Jurová (2016, s. 61) ve své knize o výrobních a logistických procesech píše, že základním principem průmyslu 4.0 je tzv. internet věcí (obr. 2), to znamená bezdrátové propojení zařízení internetem, díky tomuto je možné ovládat, monitorovat a propojovat výrobní zařízení.



Obr. 2 - Prvky průmyslu 4.0
(vlastní zpracování dle Jurová, 2016, s. 62)

4.1 Charakteristika inteligentní továrny

Podle Jurové (2016, s. 62) je inteligentní továrna budována na následujících principech:

- Ergonomické uspořádání
- Vysoká míra adaptace
- Efektivní využívání zdrojů
- Zařazení zákazníka a obchodních partnerů do podnikání

Podle Maříka (2016, s. 26-27) můžeme charakterizovat inteligentní továrnu v následujících bodech:

- Zázemí, které využívá autonomní vozíky a roboty, kteří se přizpůsobují potřebám výroby
- Výrobní procesy jsou optimalizované díky IT systémům
- Samostatné výrobní jednotky jsou nahrazené automatizovanými a propojeným výrobními linkami
- Prototypy ve fyzické podobě jsou nahrazený virtuálním modelem výrobku, výrobního prostředku a výrobního procesu. Na uvedení do provozu spolupracuje výrobce i dodavatel
- Výroba se stává z velké části autonomní, díky komunikaci výrobních zařízení robotů a výrobků. Zvyšují tím flexibilitu a efektivnost výrobního procesu
- Výrobní zařízení je schopno se samo nastavit podle parametrů zpracovávaného produktu

4.2 Pět úrovní podniku v Průmyslu 4.0

Mařík (2016, s. 37-38) uvádí, že v České republice chápeme průmysl 4.0 jako určitou nadřazenost digitálního přístupu k podnikání. Protože zavedení virtuálního prostředí do podnikání vede k rozšíření tržního potenciálu a zvyšování efektivity. Využíváme virtuální prostředí pro řízení a větší přehled ve výrobě, řízení logistiky, modelování různých situací, abychom mohli předvídat určité kroky, využíváme možnosti umělé inteligence. Mařík uvádí pět úrovní digitální zralosti firmy, dále však konstatuje že v české republice se dostáváme nejvýše na úroveň 3. nejvýše kategorie 4 ale pouze v určitých segmentech výroby.

1. Je zaveden informační systém ve firmě pro řízení výroby a internetová stránka. Není zavedena digitální strategie, ale firma si pohrává s myšlenkou jejího budoucího zavedení výrobu, návrh produktů, digitalizaci procesů atd. Firma má zaveden software pro komunikaci s institucemi státu a dodavatelsko-odběratelských vztahů.
2. Webová stránka je na vyšší úrovni, firma je řízena softwarově a chápe význam dat. Jsou realizovány první projekty automatizace a firma silně uvažuje o nastavení digitální strategie se zapojením na dodavatelsko-odběratelský řetězec.
3. Na této úrovni má firma již definovanou digitální strategii, je přítomna i když v základech datová kultura a projekty datové architektury a vícekanálová přítomnost (mobily, web, tablety, sociální sítě atd.)
4. Je plně integrovaná multikanálová přítomnost v digitálním světě. Firma disponuje personální a distribuovanou digitální strategií. Využívá se digitální diagnostika pro předpověď poruch a neshody v systémech.
5. Firma vlastní platformu propojující off-line a on-line svět v plně integrovaný celek. Nabízí získanou zkušenost svým zákazníkům pomocí virtuálních asistentů a produktů. Díky nejmodernějším přístupům k výrobě, úplná automatizace a 3D tisk atd. Poskytuje digitální služby svým subdodavatelům a partnerům a je schopna řídit produkční doménový prostor.

5 PODNIKOVÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY

Podnikové informační systémy (dále jen IS) jsou pro firmy velmi důležité, nejpoužívanější softwarová platforma je produkt společnosti SAP, který slouží pro plánování podnikových zdrojů ERP (Enterprises Resource Planning). SAP je název německé firmy, která se věnuje výrobě, vývoji a prodeji podnikového software. Tato firma je schopná dodat podnikový informační systém pro firmy různých velikostí. Systém ERP obsahuje nástroje, které zasahují oblast zásob, nákupu, plánování, prodeje, marketingu, financí a personalistiky. S tímto systémem je možné pro každou oblast použít příslušnou aplikaci. Podnikové IS se začali aplikovat na začátku devadesátých let. Velký význam z pohledu informatiky hrálo uvedení osobních počítačů do výroby, a vlastně i do běžného života. Od této chvíle byl rozvoj IS a míra uplatnění na vzestupu a díky tomu mohli vznikali nové, inovované výrobky a také služby. Změnami byli ovlivněny podnikové procesy a výrobní podnikové modely. V naší výrobě je tento systém využíván pro zakládání projektů, tvorbu výkresové a technologické dokumentace, využívá ho obchodní oddělení, skladové hospodářství, logistika a na základě dat ze SAP pro vyčíslení nákladů a výrobu dle skutečných a plánovaných nákladů. (Basl a Blažíček, 2008, s. 301)

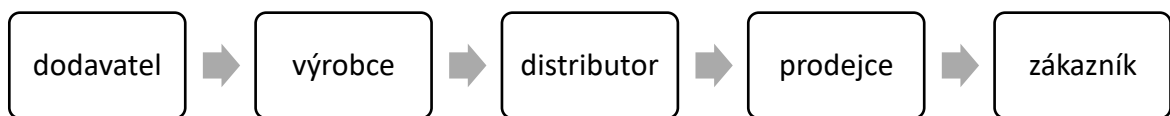
5.1 ERP

ERP neboli plánování podnikových zdrojů. Tento informační systém je založen na společné datové základně, do této základny jsou nahrávána data z oblastí jako jsou: Řízení investic a jakosti, řízení materiálového hospodářství, řízení plánování a řízení výroby, distribuce a prodej, personalistika a řízení financí. (Macurová, Klabusayová a Tvrdoň, 2018, s. 209) ERP je vnímána jako podniková aplikace. Je to metoda plánování a řízení podnikových zdrojů pro podniky, které jsou zaměřené na služby, výrobu nebo distribuci. Jedná se tedy o komplexní uživatelský nástroj. Systém ERP nám umožňuje sdílet podniková data a pracovat v reálném čase. (Basl a Blažíček, 2008, s. 65-67)

5.2 SCM

SCM (Supply Chain Management) - řízení dodavatelských zdrojů nebo také sítí. Tyto procesy a nástroje optimalizují řízení a provoz celého dodavatelského řetězce (obr. 3), který bere ohledy hlavně na koncového zákazníka. Díky informačním a komunikačním technologiím se stává úroveň řízení dodavatelského řetězce konkurenční výhodou. Díky SCM dochází k rychlejšímu zpracování zakázky a vyšší spolehlivosti při dodávání této

zakázky na trh. Dnešní společnosti se díky internetu stávají propojená společenství, které tvoří složité struktury. Obecně je přijímána definice SCOR (Supply Chain Operation Reference Model) „Kombinace umění a vědy zaměřující se na zlepšení způsobu, jakým podnik zajišťuje komponenty pro vytvoření výrobku anebo zajištění služby dodávané zákazníkovi.“ Basl a Blažíček (2008, s. 77-79) Zákazník dnes neočekává, že produkt bude pouze fungovat, ale že všechny procesy v podniku jsou zaměřeny pouze na zákazníka a jeho užitek. (Synek, 2011, s. 242-243)



Obr. 3 - Dodavatelský řetězec (vlastní zpracování dle Basl a Blažíček, 2008, s. 77)

5.3 APS

SCM zahrnuje výrobní plánování a také dílenské rozvrhování, speciální aplikace, které mají toto na starosti jsou označovány jako APS (Advanced Plainning and Scheduling). APS systémy jsou sladěny s plánováním zdrojů a s respektem ke všem známým omezením. Formulujeme podmínky a vstupní parametry a systém hledá nejvhodnější řešení. Pokud změním vstupní zadání, doporučení systému se může lišit. (Basl a Blažíček, 2008, s. 80-81)

5.4 MES

Basl a Blažíček (2008, s. 81-82) uvádí že MES (Manufacturing Execution Systems) slouží pro zpracování a sběr dat v reálném čase. Je to vlastně vrstva mezi APS, ERP a technologickým postupem. Díky takto získaným datům je možné provádět operativní plánování výroby a můžeme pak výrobu vyhodnocovat v reálném čase. Tyto systémy podporují následující oblasti jako jsou:

- Rozvrhování výroby a operativní plánování
- Řízení dokumentů
- Sběr, kompletace a archivace dat
- Dispečerské řízení výroby

- Řízení a přidělování zdrojů
- Řízení kvality, pracovních sil a procesní řízení
- Sledování produkce, analýzy a hodnocení výkonnosti

5.5 CRM

CRM (Customer Relationship Management) - řízení vztahů se zákazníkem. IS podporují prodej výrobků a služeb prostřednictvím zavádění nových komunikačních kanálů, díky kterým mají blíže k zákazníkům. Při tomto kontaktu se zákazníci jsou využívány různé formy pro umožnění trvalejšího kontaktu. Jedná se o:

- emailovou korespondenci
- posílání firemních publikací poštou do fyzické schránky zákazníka
- chaty na webu
- call centra která pomáhají zákazníkům řešit případné problémy a poskytování informací

„CRM je komplex technologií (aplikačního a základního software, technických prostředků), podnikových procesů a personálních zdrojů určených pro řízení a průběžné zajišťování vztahů se zákazníky podniku, a to v oblastech podpory obchodních činností, zejména prodeje, marketingu a podpory zákazníka i zákaznických služeb.“ (Basl a Blažíček, 2008, s. 90)

6 SIMULACE

Gustav a Vávrová (2000, s. 312-313) ve své knize o řízení výroby definují simulaci jako metodu, která představuje možný vývoj, při kterém zkoumáme jevy, které mohou nastat za určitých zvolených podmínek. Cílem je napodobit např. výrobní systém, zjistit jeho nedostatky a místa, kde by bylo možné něco zlepšit nebo udělat jinak. K napodobení skutečného procesu využíváme počítač a program, který nám toto umožní. Jedná se o vysoce sofistikované programy. Díky těmto programům můžeme zkoumat například co se stane, pokud změním vytižení výrobní kapacity, prioritu zakázek, počet objednávek a jaký může mít dopad určité rozhodnutí které na tento simulační model aplikujeme. Díky simulacím můžeme testovat také řízení meziskladů, hodnocení výrobních dávek, vytižení kapacit apod. Při vytváření simulace je nutné napodobit veškeré procesy s výrobou spojené, přísun materiálu, obměnu zakázek v poptávce, změnu termínu dokončení zakázky atd. Definice simulace dle Bangsow (2015, s. 2) „*Simulace je reprodukce reálného systému a jeho dynamických procesů v modelu. Cílem je dosáhnout přenositelných nálezů reality. V širším smyslu znamená simulace přípravu, implementaci a vyhodnocení konkrétních experimentů pomocí simulačního modelu.*“

6.1 Postup při tvorbě simulace

Pro tvorbu simulace se doporučuje následující postup:

- Formulace problému – V první řadě je potřeba zjistit od zákazníka, v čem vidí problémy výroby. Výsledkem je pak dohoda, na které konkrétní problémy se bude simulace zaměřovat a studovat je
- Posouzení vhodnosti simulace – Pro posouzení vhodnosti simulace je nutné prozkoumat, zda máme přesná data, jestli je nutné zkoumání systémových limitů, kolik existuje proměnných a kolik faktorů je potřeba zvážit. Simulační model bývá velmi složitý, je proto potřeba zvážit mnoho faktorů, které jej budou ovlivňovat
- Formulujeme cíle – Každá společnost je zaměřená na nějaký cíl. Obvykle se tento cíl skládá z hlavního cíle, tento cíl dále dělíme na spoustu menších cílů, které jsou vzájemně propojené. Definovat správný cíl je důležitý krok pro tvorbu simulace. Všechny níže definované cíle musí být shromážděny a analyzovány. Úroveň těchto cílů má vliv na detailnost simulačního modelu. Časté cíle jsou minimalizace doby

zpracování, maximalizace využití výrobního zařízení, minimalizace zásob, včasná dodávka materiálu, polotovarů, zboží

- Sběr dat a analýza dat – Data, která potřebujeme pro simulační model, jsou technická data, organizační údaje a data, která jsou načítána rovnou z podnikového informačního systému
- Modelování simulace v sobě zahrnuje vytváření a testování simulačního modelu, obvykle se skládá ze dvou fází. V první fázi odvodíme model z koncepčního modelu a ve druhé přeneseme model do digitální formy
- Provádění simulačních běhů – Zaměříme se na cíle simulace a začneme provádět experimenty podle plánu zkoušek. V tomto plánu jsou stanoveny jednotlivé experimenty s konkrétními daty, argumenty modelu a očekávanými výsledky. Je důležité stanovit časové období, pro které budeme provádět zkušební simulace. Provádění experimentů můžeme částečně provádět v noci, kdy je menší provoz a výpočetní kapacita, kterou máme k dispozici může být optimálně využita. Vstupní i výstupní data jsou pečlivě zdokumentována pro každý další experiment
- Analýza výsledků a interpretace výsledků – Hodnoty, které nám vyjdou ze simulačního modelu jsou odvozené z výsledků simulace. Je nutné správně interpretovat výsledky simulace, protože špatná definice výsledků ovlivňuje úspěch nebo neúspěch výsledné simulační studie. Pokud jsou výsledky v rozporu, je nutné tyto výsledky analyzovat a zjistit, co mělo vliv na neočekávané výsledky
- Dokumentace – pro dokumentaci simulační studie je doporučená forma zprávy o projektu. Tento dokument poskytuje přehled o načasování studie a dokumentuje provedenou práci (Bangsow, 2015, s. 2-6)

6.2 Výhody, nevýhody a využití simulace

Výhody simulace vidíme především v nákladech, i když o nich budeme níže mluvit jako o nevýhodách. Pokud bychom nevyužili možností simulace a experimentovali bychom s výrobním procesem bez použití simulace, výsledek by se nemusel vůbec dostavit a tento experiment by byl velmi finančně nákladný. Takže pokud investujeme tyto zdroje do softwaru, určitě to bude méně nákladné než skutečné přestavění výroby bez použití nějakého simulačního programu. Další výhodou při tvorbě simulace je časová náročnost, protože experiment s reálným provozem zabere mnohem více času. V simulaci si můžeme

vše „nanečisto“ vyzkoušet. Můžeme testovat a provádět nespočet experimentů a můžeme tak sledovat chování systému v různých situacích. (Robinson, 2004, s. 8-11)

Přes výše zmíněné výhody simulace musíme uvést také negativa. To jsou již výše zmíněné náklady, na které můžeme pohlížet jako na nevýhody. Jsou to především personální náklady na kvalifikovaného analytika, který nám pomůže vytvořit co nejvěrnější model výroby. Náklady na sběr dat z výroby, obzvláště v případě, že tato data pro provedení simulace nejsou k dispozici. Náklady na simulační program, což může být v případě speciálních požadavků nezanedbatelná částka. Časové náklady na komunikaci s analytikem, který s námi bude řešit detaily projektu a zhotovení simulačního modelu tak, aby byl co nejvěrnější skutečné výrobě, je časově velmi náročné. (Dlouhý, 2007, s. 6-7)

Pro ukázkou využití simulace jsme zvolili pár praktických příkladů, které uvádí Dlouhý (2007, s. 7):

- Řízení a plánování projektů
- Simulace odstávek výrobních zařízení při plánované údržbě
- Rozvrhování výroby při zavádění on-line plánování
- Optimalizace skladování při zlepšování procesu manipulace s výrobky, materiálem a rozpracovanou výrobou
- Optimalizace výrobních systémů pro různé druhy výrob od strojírenství až po chemickou výrobu
- Zkracování výrobního procesu, minimalizace nákladů, zvýšení produktivity, uspořádání výrobních zařízení

Simulace nám nabízí spoustu ukazatelů, díky kterým analyzujeme výrobní proces. Dlouhý (2007, s. 6) uvádí jako typické ukazatele např:

- Grafy jak jsou stroje využity v čase, zobrazující provoz stroje, procentuální zhodnocení poruch, prostoje strojů a délky front
- Maximální, minimální a průměrné časy jak dlouho trvají jednotlivé činnosti
- Počet požadavků, které byly během simulace vyřízeny a naopak počet požadavků, které nebyly během simulace vyřízeny, graf požadavků v čase
- Spotřebu zásob a pravidelnost s jakou jsou zásoby doplněny. Graf vývoje zásob

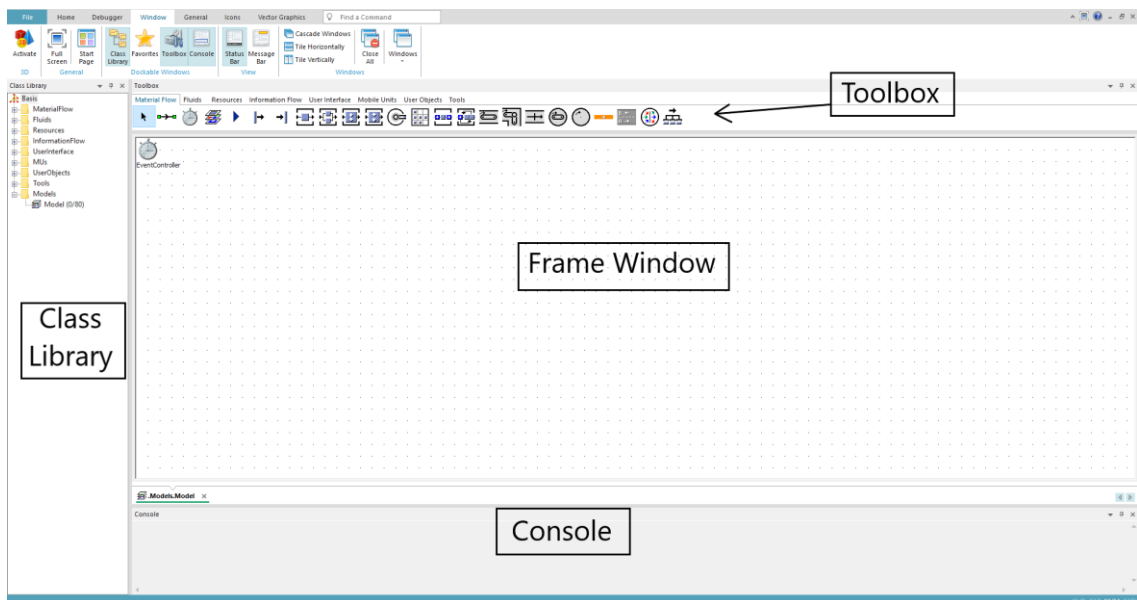
- Spolehlivost zmíněných ukazatelů, pomocí statistických a citlivostních analýz

6.3 Plant simulation

Plant Simulation je komplexní program pro integrované, grafické a objektově orientované modelování. Mnoho výrobních systémů může být díky tomuto programu vymodelováno a zobrazeno velmi detailně a s velkou mírou realističnosti. (Mes, 2018, s. 8)

Program slouží pro převedení reálných situací do digitální podoby. Pomocí dat získaných z výroby je možné přizpůsobit simulaci tak, aby co nejvíc odpovídala realitě. Můžeme analyzovat a sledovat pohyby materiálů, polotovarů, dopravy a zaměstnanců v podniku. Díky těmto simulacím je možné optimalizovat provoz výroby a testovat různé scénáře, které se mohou ve výrobě vyskytovat. Tyto informace jsou nezbytné pro optimalizace nejen výrobních procesů.

Po otevření nového modelu v Plant Simulation se před uživatelem zobrazí úvodní obrazovka (obr. 4), standartní okno zobrazuje prvky Toolbox, Frame Window, Class Library a Console. Uživatelské rozhraní si může každý uživatel přizpůsobit podle sebe.



Obr. 4 - Úvodní obrazovka v Plant Simulation
(vlastní zpracování dle Bangsow, 2015, s. 8)

- *Toolbox* – Tento panel nástrojů umožňuje rychlý přístup k třídám v Class Library. Je zde také možné si vytvořit vlastní třídu pro panel nástrojů a umístit zde vlastní objekty, které nejčastěji používáme. (Bangsow, 2010, s. 9)

- *Class Library* – V Class Library jsou zobrazeny všechny třídy objektů, které jsou dostupné v aktuálním modelu. Třídy jsou přehledně rozděleny do stromového formátu, které známe z Windows.
- Je možné zde vytvářet své vlastní složky, kopírovat objekty z jiných simulačních modelů, duplikovat, vytvářet a mazat třídy. (Bangsow, 2010, s. 8-9)
- *Frame Window* – Modelovací prostor, může obsahovat metody tabulky. Frame Window neboli okno sítě slouží pro vkládání objektů z Class Library nebo Toolboxu a drží zde objekty, které tvoří váš model. (Mes, 2018, s. 10)
- *Console* – Toto okno, zobrazuje informace během simulace. (Bangsow, 2010, s. 9)

6.3.1 Práce v Class Library

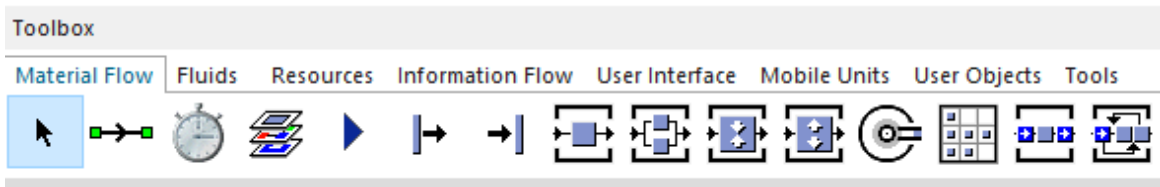
Plant Simulation poskytuje sadu základních objektů obsahující funkce, které nám umožňují použití přímo v simulačním modelu. V reálném světě existuje tak obrovská škála různých situací, že není možné předpovídat každou situaci, která by mohla nastat a poskytovat vhodné objekty. Z tohoto důvodu nabízí Plant Simulation základní objekty, které jsou umístěny v Class Library v podsložkách a které je možné dále upravovat pro naše potřeby. Tyto základní objekty dělíme pomocí jednoduchých kritérií. Pokud nenajdete objekt, který vyhovuje vašim potřebám, je možné jej modifikovat nebo zkombinovat několik základních objektů. Tyto základní třídy nalezneme v Class Library a dělíme je takto:

- *Material Flow* tato složka obsahuje základní třídy objektů.
- *Fluid Objekt* obsahuje objekty pro přenos materiálů, které jsou v kapalně, plynné nebo tekuté formě. Pomocí potrubí, nádrží atd., tyto objekty usnadňují modelování volného toku materiálu.
- *Resources Object* tato složka obsahuje některé speciální objekty, které nám umožňují modelaci operátorů ve výrobním závodě. Jako příklad uvádíme například ShiftCalendar neboli směnový kalendář.
- *Information flow* slouží pro zaznamenávání velkého množství dat a umožňuje nám přístup k těmto datům během simulace.

- *User Interface* usnadňují interakci mezi modelem a uživatelem. Jedná se například o dialog, který stojí na vstupu a graf, který je na konci procesu a umožňuje nám získat výstup z modelu.
- *MUs* jedná se o pohybující se jednotky, které představují tok materiálů. Tato složka obsahuje základní třídy objektů.
- *Tools* tato složka slouží k ukládání speciálních doplňků, pro provádění konkrétních simulačních úkolů.
- *Models* v této složce je prováděno ukládání modelů, které jste vytvořili jako uživatel. Je možné zde vytvářet složky a podsložky pro Class Library. (Mes, 2018, s. 11-15)

6.3.2 Práce s Toolboxem

Toolbox (obr. 6) nám usnadňuje práci, používáme jej jako zkratku pro přístup k třídám objektů. Každá karta obsahuje panel nástrojů s objekty. Záleží na uživateli, jestli bude chtít používat Class Library nebo Toolbox pro konstrukci simulačního modelu. Obecně se považuje práce s Toolboxem za rychlejší. (Mes, 2018, s. 12)



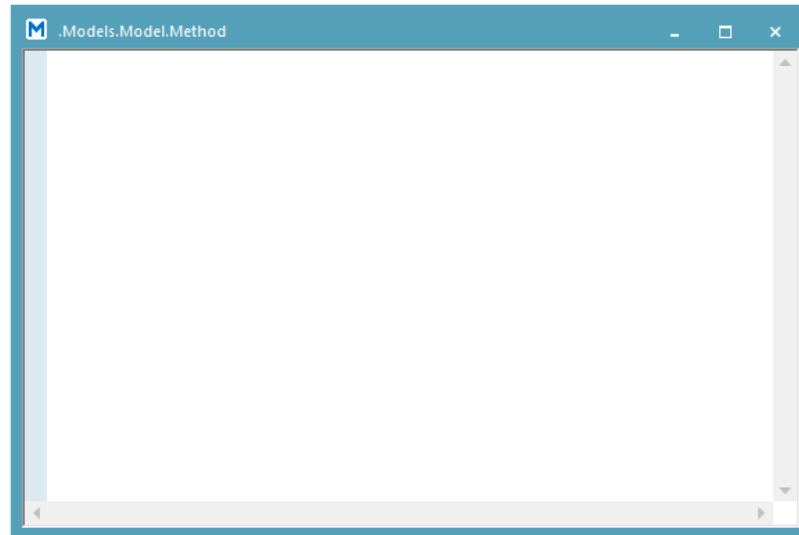
Obr. 5 – Toolbox (vlastní zpracování)

6.3.3 SimTalk

Základní nastavení pro objekty v Plant Simulation nám nestačí pro vytvoření reálného modelu výrobního systému. Pro rozšíření vlastností objektů poskytuje simulační program programovací jazyk SimTalk. S ním upravíte základní chování jednotlivých objektů. SimTalk je možné rozdělit na dvě části:

- jazykové konstrukce
- standardní metody objektů, toku materiálu a informací

Díky programovacímu jazyku je možné rozšířit standardní funkce objektů, k jejich programování je potřeba použít objekt Method (obr. 6) z třídy Information flow do které máme přístup z Class Library nebo Toolboxu. (Bangsow, 2010, s. 85)



Obr. 6 - Objekt Method

(vlastní zpracování dle Mes, 2018, s. 39)

V programu jsou vyhrazena 3 pojmenování metod, tyto názvy určují, ve které době při běhu simulace se metody spouští.

- *Reset* metoda bude provedena po resetu času simulace
- *Init* metoda je provedena před zahájením simulace
- *EndSim* metoda po dosažení konce pro simulace



Obr. 7 - Spouštěcí metody

(vlastní zpracování dle Bangsow, 2015, s. 23)

7 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části bylo definováno, co znamená výroba a její rozdělení na výrobu hromadnou, kusovou a sériovou. Podívali jsme se také na plánování výroby a možnosti sestavení výrobního programu v časových horizontech. Pro bližší představu o výrobním procesu je popsán proces, procesní tok a řízení výrobního procesu a vytvoření plánu procesu. Zde je popsáno plánování podle kapacity výroby a rozdělení časových fondů, podle kterých je výroba plánována. Pro bližší seznámení je zde popsán výrobní cyklus a jeho členění na časy technologické, netechnologické a časy přerušení výroby kvůli špatné organizaci práce.

Byly také definovány principy štíhlé výroby, její přístupy a užití. Se štíhlou výrobou úzce souvisí pojem plýtvání. Abychom byli schopni určit, jaký druh plýtvání se naší výrobou týká, byly všechny tyto druhy podrobně vysvětleny. Pro udržení kroku s moderními přístupy k výrobě, je nástup průmyslu 4.0 nevyhnutelný. Proto byla popsána charakteristika inteligentní továrny společně s pěti úrovněmi podniku v průmyslu 4.0. S tím úzce souvisí také podnikové informační systémy, jakožto aplikace, které firmám usnadňují práci s informacemi. Plánování podnikových zdrojů, řízení dodavatelských řetězců, plánování výroby a dílenské rozvrhování, řízení vztahů se zákazníky a dle mého názoru nejdůležitější aplikace a tou je MES, která slouží ke zpracování a sběru dat z výroby, a to v reálném čase. Díky tomu je možné operativní plánování výroby, o kterém již byla zmínka.

Na základě všech těchto dostupných informací jsou získána data pro tvorbu simulace. Byl vysvětlen pojem simulace, její užití a přínos pro výrobu. Je také charakterizován ideální postup pro tvorbu simulace. Jako nástroj podnikové simulace byl představen program společnosti od Siemens Plant Simulation. V kapitole o tomto podnikovém systému byla popsána úvodní obrazovka, práce v Class Library, Toolboxu a programovací jazyk SimTalk. Při zpracování rešerše jsme usoudili, že otestování výroby pomocí simulačních programů je nejvhodnější metoda pro zpracování bakalářské práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 POPIS SPOLEČNOSTI

Ve společnosti Barum Continental s. r. o. se vyrábí pneumatiky a formy pro výrobu pneumatik. Společnost byla založena roku 1932 Tomášem Baťou a její sídlo se nacházelo ve Zlíně. Už v tomto roce se kromě pneumatik vyráběly v závodě i formy k jejich následnému lisování. Svůj název Barum získala v roce 1945 spojením tehdejších 3 největších výrobců, a to použitím počáteční písmen firem Baťa, Rubena a Matador. Roku 1972 byla slavnostně otevřena pneumatikárna v Otrokovicích, která nesla název Rudý říjen. Po dohodě, kterou společnost Barum uzavřela s koncernem Continental AG v roce 1992, se stala její součástí a 1. března roku 1993 byl založen společný podnik Barum Continental spol. s. r. o. Do společnosti byly postupně zaváděny německé technologie a kromě klasických pneumatik se zde vyrábí i pneumatiky vysokorychlostní. Postupně se zde zavádí a zvětšuje také výroba nákladních pláštěů. Dnes tato firma zaměstnává více než 4900 zaměstnanců a patří ve Zlínském kraji k největším zaměstnavatelům. A s výrobou okolo 22 milionů pláštěů ročně patří mezi největší výrobce pneumatik. (Mehl a Mušinský, 2011, s. 62)

8.1 Výroba forem Continental (VFC)

Tato výroba má své základy v roce 1932, kdy byly ve strojírenském závodě ve firmě Baťa vyráběny formy, které byly určené k lisování pneumatik pro osobní automobily. V rámci této výroby zde byly postupně zaváděny výroby osobních, nákladních a traktorových forem. V poslední době jsou hlavně vyráběny formy pro výrobu osobních pláštěů, převážně těch se zimním vzorkem. Výroba forem v Otrokovicích zhotoví cca 1300 forem ročně pro osobní automobily a toto číslo neustále roste. To znamená, že více než polovinu všech potřebných forem, které potřebuje koncern Continental, dodává právě tato výroba v Otrokovicích. Výroba forem Continental patří od roku 2016 do skupiny CMM, tj. Continental Molds and Machinery. (Mehl a Mušinský, 2011, s. 62)

8.2 Výrobní proces formy

Výroba forem ve VFC probíhá v prostředí moderní výroby, kde se na její výrobě podílí tým kvalifikovaných odborníků. Výrobu připravuje tým obchodníků, programátorů, ekonomů, konstruktérů, technologů a plánovačů.

Nejdůležitější je výroba modelů a hliníkových odlitků. Modely jsou frézovány z umělého dřeva na pětiosých CNC frézách, odlévání probíhá v ochranné atmosféře, odlitek dosahuje špičkové kvality. Další dílčí operací je opracování odlitku na CNC strojích, jako jsou frézky, soustruhy a gravírovací stroje. Po celou dobu tohoto procesu je forma a její kvalita přísně kontrolována a každá odchylka od vysokého standardu je řešena a opravována.

Hlavní díly segmentové formy jsou:

- Dezénové segmenty
- Bočnice
- Patkové kroužky

Všechny tyto součásti tvoří jeden celek, který se vkládá do kontejneru, který zajišťuje vytápění formy a pohyby všech částí, které jsou nutné při lisování pneumatiky. (Mechl a Mušinský, 2011, s. 63)

8.2.1 Dezénové segmenty

Dezénové segmenty se vyrábí z hliníkových odlitků. Na těchto odlitcích se pracuje ve slévárně, kde se pomocí pětiosých frézek vyfrézuje model pneumatiky, který je téměř totožný s budoucí pneumatikou. Do vytvořených drážek se vkládají ocelové lamely a vytvoří se gumový otisk s vysokou rozměrovou pamětí. Do tohoto otisku jsou znovu vloženy lamely a ze sádry se zhotoví odlévací forma. Na této formě jsou odstraňovány drobné vady a nerovnosti povrchu. Odlitím této formy končí výrobní práce ve slévárně a forma pokračuje dál do výroby.

Tento odlitek se dále opracovává na soustruhu a frézách, kde jsou upravovány rozměry tak, aby pasovaly do lisovacího kontejneru. Velmi pracné jsou operace na segmentech, kde je zhotoveno odvodušnění dezénu. Na výrobních frézách jsou vyvrtány i tisíce otvorů pro euro ventilky, aby při lisovacím procesu byl plášť odvodušňován. Spolu s odvodušněním probíhají na jednotlivých segmentech také ruční práce, kde se zajišťuje dokončení odlitku ve výsledné kvalitě. Odstraňují se vady, které vznikají při odlévání a jsou dopracovávány detaily výsledného dezénu. (Mechl a Mušinský, 2011, s. 63)

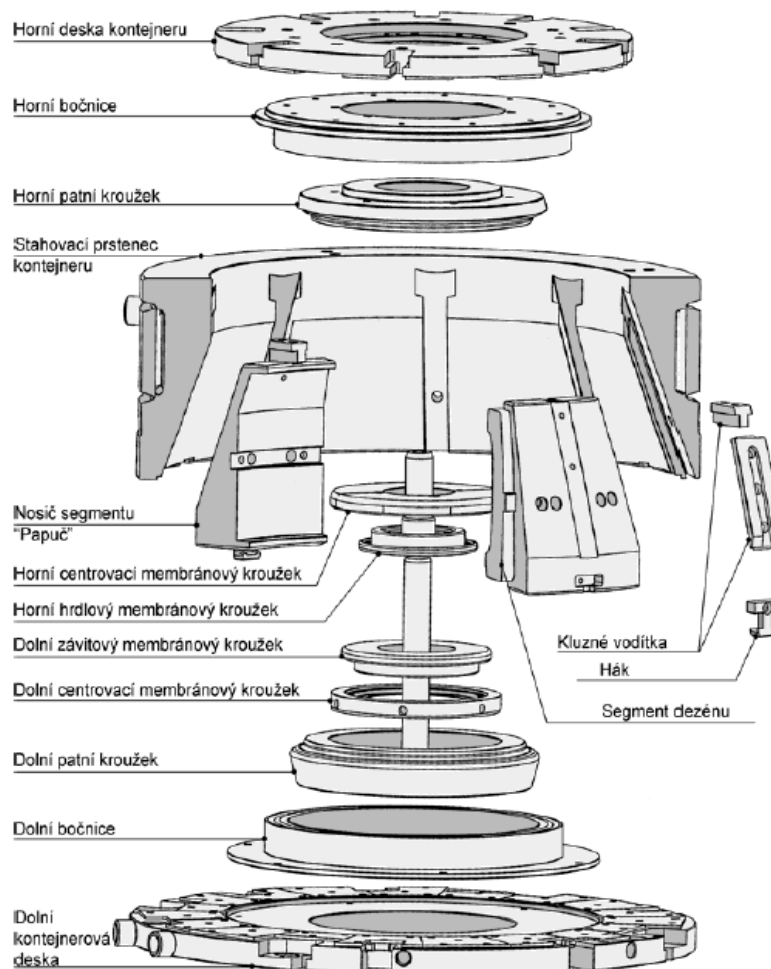
8.2.2 Bočnice

Bočnice se soustruží z ocelových výpalků. Po tepelném zpracování a vysoustružení základního tvaru bočnice jsou na gravírovacích frézách vytvořeny drážky pro změny štítků

v popisu. Po vsazení a zarovnání těchto štítků se na lisovací část pneumatiky gravíruje popis, který je po vylisování pneumatiky na vnější i vnitřní bočnici. Stejně jako na segmentech se i na bočnicích musí dovtat odvzdušnění. I tady jsou ručně dopracovány nerovnosti a detaily výsledného dezénu. (Mechl a Mušínský, 2011, s. 63)

8.2.3 Patkové kroužky

Z ocelových vypálených polotovarů jsou po tepelném opracování soustruženy patkové kroužky. Po vysoustružení základního tvaru se na části kroužků vyvrtají odvzdušňovací otvory a frézují odvzdušňovací drážky, které zajišťují správné odvzdušnění formy. Do odvzdušňovacích otvorů se stejně jako na bočnicích a segmentech vkládají euro ventilky, díky kterým se zabráňuje zatékání gumy do formy. (Mechl a Mušínský, 2011, s. 63)



Obr. 8 – Konstrukce vulkanizační formy
(interní dokument)

9 ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU

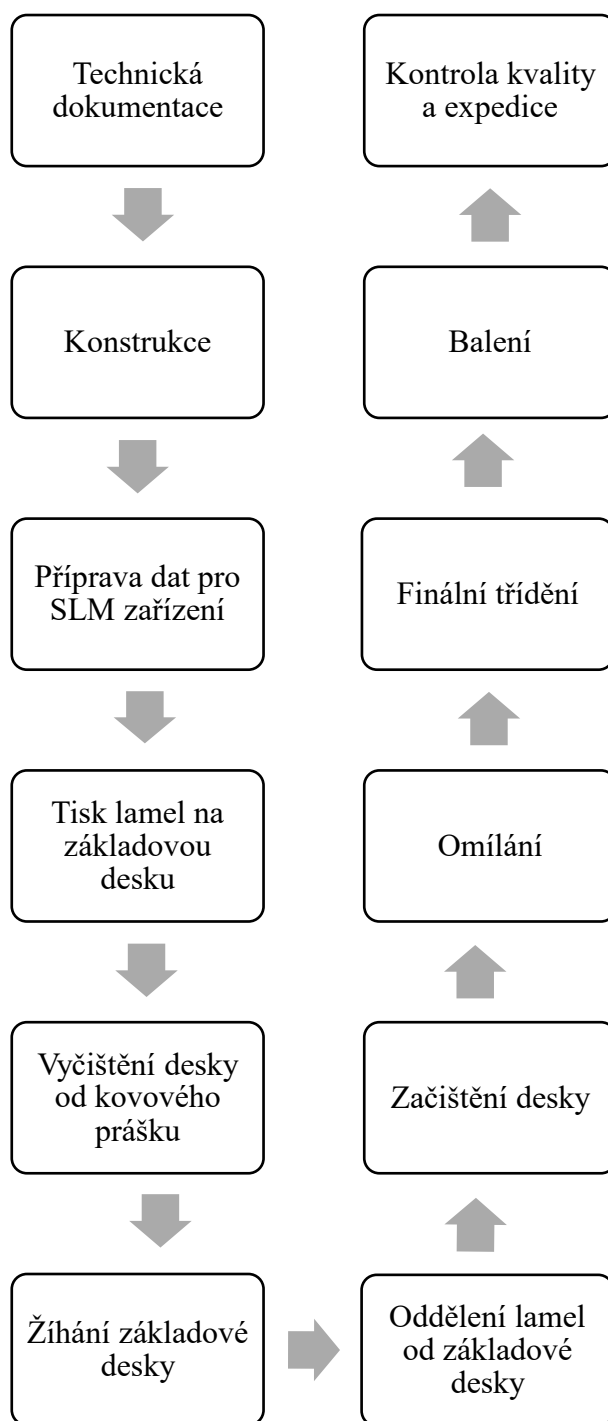
V následující kapitole popíšeme výrobní tok, popis pracoviště, výrobní data a varianty simulací.

9.1 Výrobní tok

Výrobní tok ve výrobě lamel pomocí technologie SLM začíná u technické dokumentace od zákazníka. Na základě této technické dokumentace a požadavků jsou zkonstruovány lamely pro danou zakázku. Tyto 3D data jednotlivých pozic lamel se převedou do formátu STL. Z těchto dat se podle objednávkového listu lamel připraví tisková sada pro stroj SLM. Před tím, než jsou tato data nahrána do stroje, který zajišťuje 3D tisk, prochází stroj přípravou na tisk. Operátor tiskárny, který má za úkol nahrát potřebnou zakázku do stroje, před samotným tiskem musí očistit a vychystat desku, na kterou bude zakázka tisknuta.

Operátoři obsluhují celkem 15 strojních zařízení. 12 strojů od firmy EOS Laser a 3 stroje od firmy Concept Laser. Stroje Concept Laser jsou momentálně využívány pro testy jiných typů kovových prášků. Z tohoto důvodu se pro prvovýrobu a sériovou výrobu nepoužívají. Po vytisknutí lamel na desku je odstraněn nevyužitý kovový prášek speciálním vysavačem. Vysátý nezpracovaný kovový prášek je po jeho přesetí možno znovu použít. Pro tyto účely je na dílně stroj, určený na přesívání použitého prášku. Deska s lamelami je poté žíhána v peci za účelem stabilizace tvaru a odstranění vnitřního pnutí.

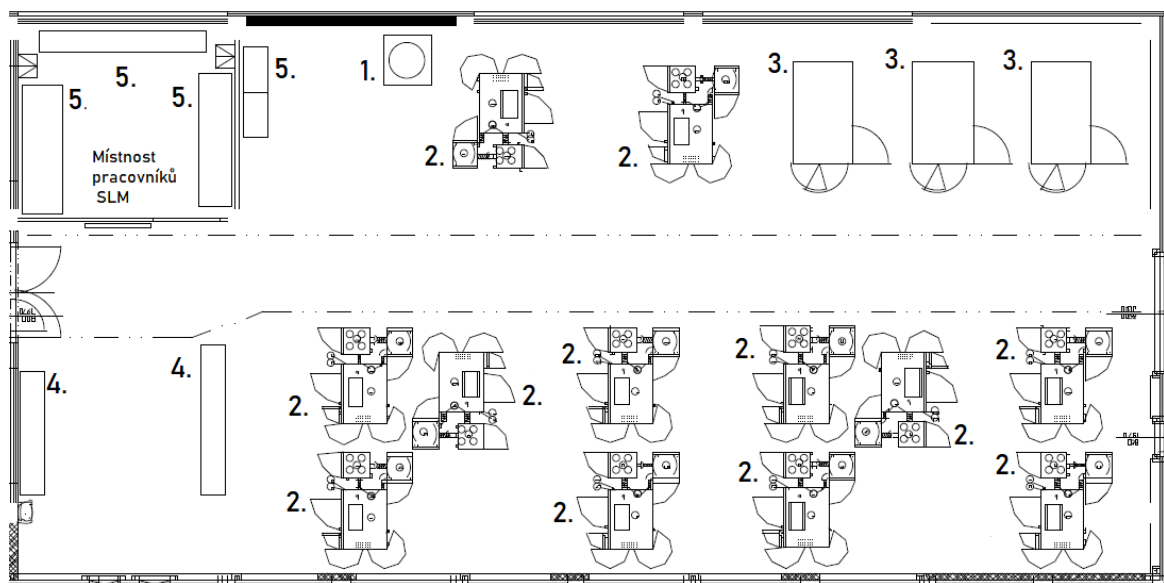
Po žíhání desky a jejím následném zchlazení dochází k odlomení lamel, popřípadě jejich odřezávání na drátovce před následným tříděním. Zbytky podpůrné vrstvy pod lamelami jsou pomocí frézy odstraněny a deska je následným přebroušením připravena pro další tisk. Lamely jsou v omílacím bubnu omílány brusnými kameny po jednotlivých pozicích zvláště z důvodu eliminace záměny lamel. Omílání je mokrá proces. Do omílacího bubnu se při omílání přidává chemikálie eliminující slepování lamel k sobě, která zároveň působí proti korozi. Omílání zlepšuje jakost povrchu a odstraní ostré hrany. Lamely se následně suší v sušicí peci. Sušením se odstraní vlhkost a zabrání se případnému korodování lamel. Po vysušení jsou lamely rozděleny podle pozic do sáčků, jednotlivé pozice označeny identifikačním štítkem a zabaleny do krabice. Poslední operace, která se provádí pro tzv. první formy, je kontrola kvality. Kontroluje se tvar, rozměr a počet lamel dle výkresu a objednávkového listu lamel. U sériových forem je tato kvalita zajištěna mezioperační kontrolou. Po všech těchto procesech jsou lamely expedovány buďto internímu nebo externímu zákazníkovi.



Obr. 9 - Schéma výrobního procesu lamel
(vlastní zpracování)

9.2 Popis pracoviště

Pracoviště se skládá z 15 strojů, z toho je 12 strojů EOS Laser a 3 stroje Concept Laser. 12 strojů EOS Laser je primárně používáno na výrobní zakázky. Stroje Concept laser slouží pro speciální zakázky, obsahují speciální typ prášku pro tisk. Pracovníci mají k dispozici místnost s pracovními stoly, regály pro ukládání zpracovaných zakázek a zařízení, které slouží pro očištění nezpracovaného materiálu pro tisk, aby bylo možné jej očistit a dále použít pro další tisk.



Legenda:

1. Pískovací zařízení - 1 ks
2. SLM tiskárna eos - 12 ks
3. SLM tiskárna concept laser - 3 ks
4. Regál pro ukládání zpracovaných zakázek - 2 ks
5. Pracovní stůl - 4 ks

Obr. 10 - Výrobní layout (vlastní zpracování, upraven interní layout)

9.3 Shromáždění výrobních dat

Pro testování byly vybrány zakázky z roku 2019, pro účely simulace v Plant Simulation jsme se zaměřili na první pololetí roku 2019. Toto pololetí v sobě zahrnuje jak najíždění výroby po novém roce, tak měsíce s nejvyšším zatížením výroby a nejmenším zatížením výroby. Data jsme získali ze systému SAP, které vycházejí ze skutečných výrobních časů, které jsou pro zpracování jednotlivých zakázek potřeba. V jednotlivých zakázkách je uveden počet desek, na které je potřeba celkovou zakázku vytisknout. Bylo nutné tyto celkové zakázky zpracovat a rozdělit celkový čas zakázek na počet desek.

9.4 Výrobní data

Z výrobních dat (obr. 11), které jsme dostali k dispozici, byla vytvořena tabulka s potřebnými časy a uspořádáním, kterou jsme vložili do simulačního modelu. Z interních zdrojů známe počet zakázek, které je nutné vyrobit v uvedeném měsíci, datum vydání technologického postupu, počet desek, na které je potřeba tisknout v jednotlivých zakázkách, interní číslo zakázky a celkový a jednotkový čas pro zakázku.

Pracovní směna trvá 12 hodin s hodinovou přestávkou, to znamená že 4 zaměstnanci na 12 hodinových směnách obsluhují 12 strojních zařízení. Každý z nich má na starosti 3 stroje. Z 12 hodinové směny mají zaměstnanci nárok na hodinovou přestávku, kterou si dělí na dvě půlhodinové přestávky. Přestávky jsou pevně stanoveny podle zákoníku práce. Předmětem našeho zkoumání je nasimulování výroby při menším počtu zaměstnanců. Známe počet zakázek na určitou dobu, chceme zjistit, zda je možné plánovat počet zaměstnanců, kteří jsou schopni zvládat vychystat všechny stroje a nehrozí omezení nebo zpomalení výroby. Což by mělo za následek prodlužování termínů pro splnění v daném měsíci.

Cílem je testovat, zda je možné pro pracovní směnu obsluhovat stroje ve třech lidech. Pro účely tohoto testování máme k dispozici data z výroby, která obsahují skutečné výrobní časy a plánované výrobní časy. Pokud nám simulace ukáže, že změna v počtu pracovníků způsobí jen drobné změny v plynulosti výroby, můžeme volného pracovníka přesunout na jinou pracovní pozici. Tím bychom proces zefektivnili a firma by ušetřila finanční prostředky pro tuto výrobu.

Zakázka	Název	Počet desek	Procesní čas (zakázka)	Procesní čas (deska)
D1191781	ALTIMAX ONE S	2	1:04:34:00.0000	14:17:00.0000
D1191782	ALTIMAX ONE S	2	1:04:34:00.0000	14:17:00.0000
D1188121	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188122	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188123	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188124	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188125	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188126	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188127	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188128	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188129	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188130	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188131	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1188132	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000
D1193711	WINTER EXPERT	12	11:03:12:00.0000	22:16:00.0000

Obr. 11 - Zpracované výrobní zakázky (vlastní zpracování)

9.5 Varianty simulací

Počet variant (tab. 1) které budeme testovat jsou dvě. Testovaným obdobím je první polovina roku 2019, v tomto období došlo k najíždění výroby po novém roce a také jsou zde měsíce kdy byl nejvyšší počet zakázek a nejnižším počet zakázek, to kopíruje i současnou výrobu. Počítáme se třemi a čtyřmi zaměstnanci a časy, které vycházejí z plánu. Zakázky jsou dle plánu nahrávány podle data a času, kdy byla vydána technologická dokumentace. Tak jak tomu je i v reálné výrobě. Ve variantě 1 budou porovnávány změny ve vytíženosti strojů v případech, kdy se o výrobu stará určený počet zaměstnanců. Ve variantě 2 budeme simulovat ideální podmínky pro výrobu, kdy budou zakázky zpracovány podle FIFO, bez ohledu na vypuštění technologické dokumentace.

Tab. 1 - Varianty simulací (vlastní zpracování)

Varianty	Strategie	Časové období	Porovnávaný počet zaměstnanců pro varianty
Varianta 1.	Dle plánu	1.polovina roku 2019	4-3
Varianta 2.	Ideální využitelnost dle plánu	1.polovina roku 2019	4-3

Jednotlivé měsíce z testovaného období jsou v tabulce (tab. 2), kde jsou znázorněny počty zakázek a celkový počet desek na měsíc. Největší počet zakázek je v měsíci březnu a nejnižší počet zakázek připadá na měsíc duben. Delší časové období jsme zvolili z důvodu, aby na sebe výroba plynule navazovala. Díky tomu bylo možné také vidět čas, po který stroje čekají bez práce na další zakázky. V tabulce (tab. 2) také vidíme vypočítaný využitelný časový fond pro 12 strojů na každý jednotlivý měsíc a naproti tomu jaký je výrobní čas dle plánu.

Tab. 2 - Časový a zakázkový rozpis jednotlivých měsíců (vlastní zpracování)

Měsíce	Počet Zakázek	Počet jednotlivých desek v Ks	Čas zakázek dle plánu [h:mm]	Využitelný časový fond [h:mm]
Leden	63	276	6339:16	8640:00
Únor	75	280	5857:53	8064:00
Březen	79	360	7702:58	8928:00
Duben	52	249	5290:18	8640:00
Květen	63	286	5898:10	8184:00
Červen	52	279	5919:23	8640:00
Celkem	384	1730	37007:58	51096:00

Jak můžeme vidět v tabulce (tab. 3), výrobní časy pro zkoumané měsíce přesahují hodnotu větší než je 20 hodin. Pro srovnání uvádíme průměrné časy tisku dle plánu a dle skutečnosti. Z výsledné tabulky je patrné, že časy pro tisk dle skutečnosti jsou ve většině menší. Zakázky jsou tedy rychleji dokončeny, než je tomu při plánování. Pro účely našeho testování jsme zvolili hodnoty časů dle plánu, které vypočítává technologie. Plánované časy jsou větší, ale pro námi zvolené testování jsou ideální, protože můžeme počítat s jistou časovou rezervou, kdyby nastala nenadálá situace při výrobě. Při plánování výroby se technologie neustále snaží plánovat výrobní časy zakázek tak, aby se co nejvíce přibližovaly reálným hodnotám, proto jsou tyto časy pro naši simulaci ideální.

Tab. 3 - Průměr výrobních časů v testovaných měsících (vlastní zpracování)

Měsíce	Průměrný čas tisku dle plánu [h:mm:ss]	Průměrný čas tisku dle skutečnosti [h:mm:ss]
leden	24:33:22	22:58:06
únor	22:15:58	20:55:16
březen	21:22:58	21:23:50
duben	22:38:19	21:14:46
květen	21:03:21	20:37:23
červen	20:41:21	21:12:59

Ukázka pracovního dokumentu pro výkaz zakázky i s popisky na obrázku (obr. 12). Čas operátora zahrnuje práce s výrobou spojené, tj. vychystání stroje na práci, přesun hotové desky do žihacího stroje, vylamování nebo odřezávání hotových lamel, vizuální kontrola a přesívání nevyužitého prášku.

Interní číslo zakázky	Čárový kód + počet desek v pořadí	Tarifní třída	Strojní čas	Čas operátora
0010 3D00PRLM 0026245780	Tiskne - 1. deska	6.1	1.380 MIN	345 MIN



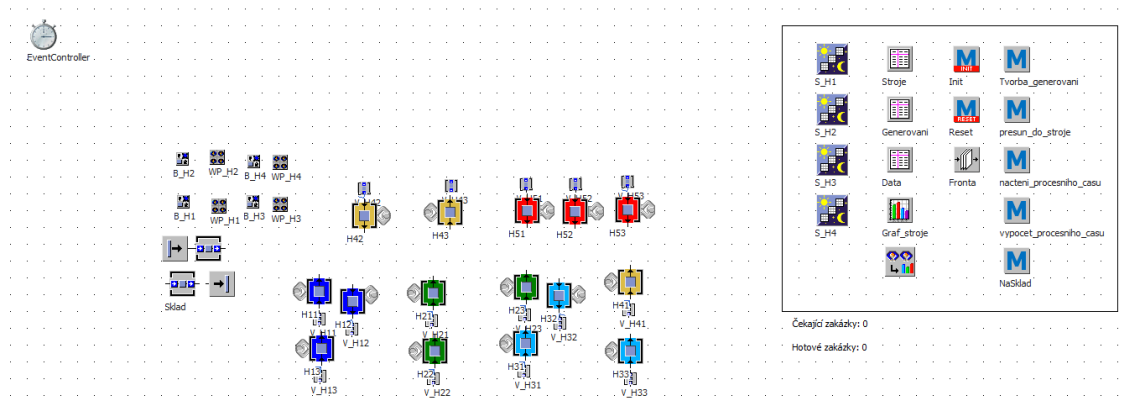
Obr. 12 - Pracovní dokument pro výkaz práce jedné desky ze zakázky
(vlastní zpracování, upraven výrobní dokument)

10 PLANT SIMULATION

Pomocí výrobního layoutu byl sestaven počítačový model simulace. Výrobní časy, se kterými pracujeme, vycházejí ze skutečných časů a plánovaných časů. Výrobní data jsou zapsána v datové tabulce a jsou dopočítána pomocí metody (v modelu `vypocet_procesniho_casu`). Pomocí směnového kalendáře byl nastaven nepřetržitý provoz.

10.1 Model výrobní haly

Počítačový model simulace (obr. 13) obsahuje pracovní stroje, které zastupují entity Station a Buffer slouží pro načtení procesního času do stroje. Pracovníci a práce s nimi mají na starosti prvky WorkerPool, Worker a Broker. WorkerPool podle požadavků simulace uvolňuje stanovený počet zaměstnanců pro vykonání činnosti. Worker tato entita simuluje v modelu pracovníky. Broker ovlivňuje činnost pracovníka, přiděluje pracovníka k objektu z WorkerPool. Pro nepřetržitý provoz a přestávky je nastaven ShiftCalendar, který je přiřazen ke každému WorkerPoolu. Zakázky jsou načítány při vstupu (Source) do bufferu, odkud jsou rozmístěny do strojů. Po dopracování zakázky je stroj vložen do fronty a podle fronty jsou načítány další zakázky do strojů.



Obr. 13 - Počítačová simulace výroby lamel SLM (vlastní zpracování)

Metody a prvky ovlivňující průběh počítačové simulace:

- *Init* metoda má za úkol před spuštěním simulace ověřit, jestli je stroj určen k provozu a poté tento stroj použít do fronty
- Tabulka *Stroje* jsou zde zapsány stroje, provoz a broker. Pokud je stroj v režimu „true“ (tzn. určen k provozu) je možné zde nastavit, které hnízdo bude určeno pro jeho obsluhu

- Tabulka *Data* na obrázku (obr. 11) jsou zde zapsány jednotlivé zakázky, pro který typ formy jsou zakázky určeny a také počet desek, na které je tisknuto, procesní čas zakázky a jednotlivých desek
- Tabulka *Generování* do této tabulky jsou generována data z tabulky výše. Odtud jsou nahrávána do bufferu a následně do stroje. V tabulce (obr. 14) v 1. odstavci, je nastaveno načítání zakázky podle technologické dokumentace vždy od 6 hodin od rána kdy začíná směna v technologii a zakázky jsou uvolněny do provozu
- *WorkerChard* tento nástroj, který je umístěn v *Toolboxu*, slouží pro vytváření statistik o pracovnících a pracovních skupinách z *WorkerPoolu*
- Metoda *Vypocet_procesniho_casu* výpočet procesního času zakázky, z dat které jsou umístěny v *Tabulka Data*
- Metoda *Tvorba_generovani* výrobní data z tabulky překopírovaná do tabulky generování
- Metoda *nacteni_procesniho_casu* načítá procesní čas do stroje
- Metoda *presun_do_stroje* pokud je ve frontě volný stroj, přesune zakázku do stroje
- Metoda *NaSklad* přesune hotovou zakázku na sklad
- *Fronta* slouží k zápisu čekajících strojů
- *Reset* metoda sloužící k resetování fronty

10.2 Varianta 1

Při této variantě vycházíme z plánovaných časů zakázek. Každá zakázka, pro kterou se připravuje technologická dokumentace, získá po zpracování technologem výrobní čas. Tento čas se získává z již hotových zakázek, jedná se o různé druhy dezénů, které již byly v minulosti zpracovány a jsou neustále průměrovány. Tím se technologie snaží co nejvíce přiblížit k reálným hodnotám.

Pro účely simulace bylo nastaveno zahájení výroby vždy v čase, kdy je vydána technologická dokumentace. Technologická dokumentace je vydávána vždy na začátku pracovní směny. Pro plynulost výroby jsme zvolili zakázky pro celé pololetí, aby na sebe jednotlivé měsíce navazovaly. Datum a čas začátku simulace je 2.1.2019 v 6:00 a končí 1.7.2019 v 6:00, to znamená, že chod simulace je nastaven na 180 dní. Z výsledků

z proběhlé simulace víme, že při 4 zaměstnancích na směnu je na konci simulace tj. 7.1 v 6:00 1715 hotových zakázek, 12 zakázek bylo zpracovááno ve strojích a poslední 3 zakázky čekaly ve frontě. Poslední zakázky jsou nahrávány k datu 28.6. Úplně stejně je tomu u simulace se 3 zaměstnanci na směnu. Ze simulace jsme získali data vytiženosti jednotlivých strojů (Obr. 14-15).

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
H11	71.26%	6.71%	22.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H12	70.69%	6.44%	22.87%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H13	71.40%	6.62%	21.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H21	71.94%	6.67%	21.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H22	69.99%	6.48%	23.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H23	70.64%	6.62%	22.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H31	70.93%	6.76%	22.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H32	69.54%	6.39%	24.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H33	70.50%	6.71%	22.79%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H41	71.93%	6.71%	21.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H42	71.45%	6.67%	21.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H43	70.45%	6.62%	22.93%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obr. 14 - Procentuální zhodnocení vytiženosti strojů, 3 zaměstnanci (vlastní zpracování)

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
H11	72.47%	6.71%	20.81%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H12	72.44%	6.62%	20.94%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H13	71.04%	6.48%	22.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H21	70.03%	6.44%	23.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H22	70.66%	6.62%	22.72%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H23	70.49%	6.57%	22.93%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H31	70.57%	6.53%	22.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H32	69.45%	6.53%	24.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H33	70.37%	6.48%	23.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H41	70.60%	6.76%	22.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H42	70.95%	6.62%	22.43%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H43	72.22%	6.76%	21.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

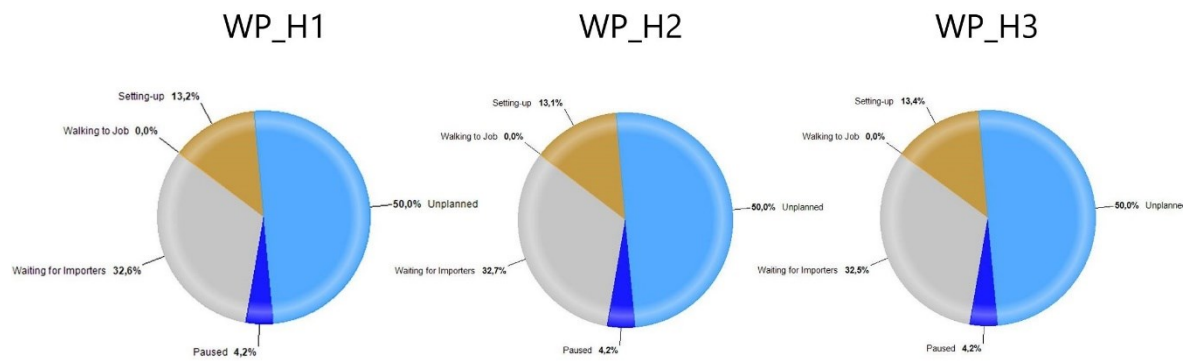
Obr. 15 - Procentuální zhodnocení vytiženosti strojů, 4 zaměstnanci (vlastní zpracování)

Na obrázku (obr. 14) můžeme vidět vytiženost strojů, jedná se o parametr Working, ten nám ukazuje, že průměrná vytiženost strojů je při 3 zaměstnancích 70,89 % a na druhém obrázku (obr. 15) můžeme vidět, že při 4 zaměstnancích je to 70,94 %. Seřizování je téměř totožné, liší se v řádech desetin, nás proto zajímá parametr Waiting. Pod touto hodnotou se skrývá čas čekání stoje, kdy je stroj prázdný a čeká na zakázku. To je způsobeno čekáním operátorů na zakázky z technologie. Tento čas bývá vyplněn náhradní prací. Nás však zajímají hodnoty, kdy v průběhu výroby stroj čeká na seřízení. Tabulka (tab. 4) nám ukazuje procentuální změnu, kdy stroj čeká na seřízení. Rozdíl v obsazenosti směn 3 a 4 zaměstnanci je 1,17 %. Tento rozdíl se nijak nepromítl do termínu dokončení zakázek. Snížení počtu zaměstnanců neměl žádný vliv na termín dokončení.

Tab. 4 - Procentuální zhodnocení času při čekání na seřízení (vlastní zpracování)

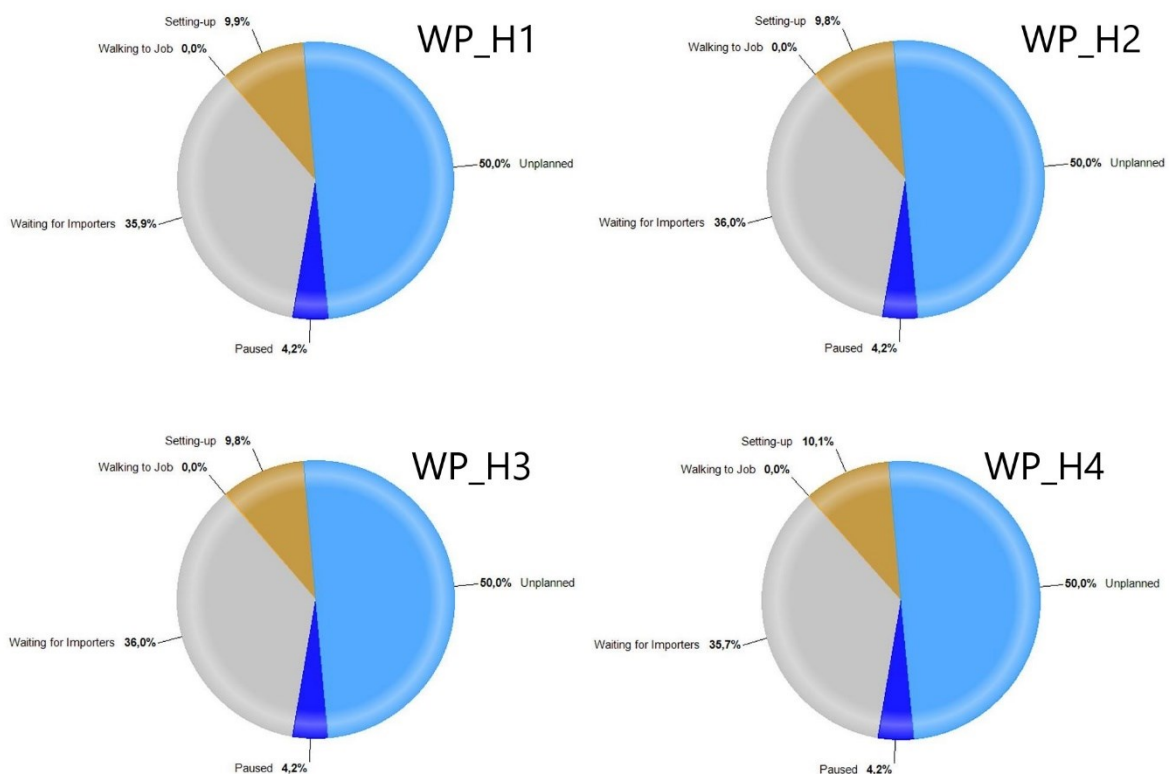
Stroje čekající na seřízení			
Objekt	Hodnoty 3 zaměstnanců	Hodnoty 4 zaměstnanců	Rozdíl mezi stroji
H11	3,48 %	2,57 %	0,91 %
H12	4,25 %	2,99 %	1,26 %
H13	3,85 %	2,45 %	1,40 %
H21	3,75 %	2,99 %	0,76 %
H22	4,37 %	3,08 %	1,29 %
H23	3,50 %	2,68 %	0,82 %
H31	3,60 %	3,49 %	0,11 %
H32	4,41 %	2,70 %	1,71 %
H33	4,69 %	2,89 %	1,80 %
H41	4,07 %	2,84 %	1,23 %
H42	3,98 %	2,55 %	1,43 %
H43	4,24 %	2,88 %	1,36 %
Průměr	4,02 %	2,84 %	1,17 %

Grafy, které vidíme na obrázku (obr. 16) ukazují vytíženost jednotlivých hnízd. WorkerPool má na starosti přiřazování pracovníků na práci a ukazuje nám jak tito zaměstnanci obsluhují přiřazené stroje. Tyto statistiky nám říkají, jakou část směny pracovník provádí seřízení strojů, jak dlouho mu trvá cestu ke strojům, jak dlouho trvají přestávky a čekání na práci. Pro celkový počet 12 zaměstnanců, tj. 3 zaměstnanci na pracovní směnu, vidíme, že parametr Setting-up neboli seřízení stroje je cca 13,2 %. Parametr Waiting for Importers nám ukazuje procento ze směny, kdy zaměstnanci čekají na práci, což je cca 32 % z pracovní doby. Ze získaných dat z technologie jsme vypočítali, že tento parametr nesmí klesnout pod 14 %. Pokud by se tak stalo, nebylo by možné mít na pracovní směně o pracovníka méně. Po odečtení této hodnoty nám vyšlo že 17 % času z pracovní doby je zaměstnanec „nevyužit“. Pokud tato situace nastane, je zaměstnanci přidělena náhradní práce.



Obr. 16 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 3 zaměstnancích na směnu
(vlastní zpracování)

Pokud to stejné provedeme podle stávající situace, kdy máme na každou směnu 4 zaměstnance, celkově tedy 16 zaměstnanců, vidíme jaký rozdíl nám tyto data ukazují. Pokud srovnáme koláčové grafy z obou testovaných situací, vidíme, jak se tento rozdíl v počtu zaměstnanců projevil v jednotlivých hnízdech. Průměrné vytížení zaměstnance při seřizování stroje, parametr Setting-up klesl na 9,9 % o 3,3 % a parametr Waiting for Importers tím pádem stoupl o 3,3 % na 35,9 %. Vidíme, že je možné mít pracovní směnu postavenou jen na 3 zaměstnancích.



Obr. 17 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 4 zaměstnancích na směnu
(vlastní zpracování)

Tab. 5 - Počet zaměstnanců a ušlá vzdálenost (vlastní zpracování)

Počet zaměstnanců	Ušlá vzdálenost v metrech
3	60 571 m
4	65 050 m

Díky datům z parametru Walking to Job, neboli ušlá vzdálenost (tab. 5), vidíme o kolik se zvýší nebo sníží ušlá vzdálenost, kterou zaměstnanec urazí, pokud je přivolán strojem. Celková vzdálenost, kterou ujdou 3 zaměstnanci při pololetním sledování výroby je 60 571 metrů a pro simulaci, kde používáme 4 zaměstnance na směnu, je tato vzdálenost 65 050 metrů. Pokud tyto vzdálenosti rozpočteme na jednotlivé zaměstnance, tak při 3 zaměstnancích je to 56 metrů na jednoho zaměstnance za směnu a při provozu, kde jsou 4 zaměstnanci, je to 45 metrů na jednoho zaměstnance na směnu. Výroba při 3 zaměstnancích je z tohoto pohledu o něco vytíženější. V konečném měřítku nemá tento parametr vliv na průběh výroby. Ze všech grafů, kde je parametr Walking to Job uveden, vidíme zaokrouhlení na 0,0 %. To znamená, že má tento parametr zanedbatelný vliv na simulaci.

Tab. 6 - Průměrná vytiženost zaměstnanců jednotlivých směn (vlastní zpracování)

Počet zaměstnanců	Ranní směna	Noční směna
3	46,07 %	11,68 %
4	35,94 %	7,22 %

Pokud porovnáme vytiženost zaměstnanců na jednotlivé směny při seřizování strojů (tab. 6), vidíme, že nejvíce vytižená je ranní směna a na noční směně se téměř nemusí chodit obsluhovat stroje a provádí se více vedlejších prací. To je způsobeno tím, že zakázky jsou vypouštěny z technologie na ranní směně, má na to také vliv dlouhý výrobní čas zakázek, často jsou totiž zakázky dlouhé i přes 20 hodin. Zakázky jsou tedy nerovnoměrně uvolňovány do výroby a vzniká tak prostoj při výrobě dle plánu v obou situacích, je to kvůli čekání na uvolnění zakázky. V tabulce (tab. 7) vidíme, jaký je rozdíl ušlé vzdálenosti na ranní a noční směnu při počtu 3 a 4 zaměstnanců. Ze získaných statistik vidíme, že ranní směna je více vytiženější a noční směna má více prostoru na vedlejší práce, a proto je nutné ji více zajišťovat výplňovou prací.

Tab. 7 - Průměrná vytiženost zaměstnanců jednotlivých směn v metrech (vlastní zpracování)

Počet zaměstnanců	Ranní směna	Noční směna	Celková vzdálenost
3	85 m	28 m	60 571 m
4	73 m	17 m	65 050 m

10.3 Varianta 2

Pro variantu 2, kdy simulujeme ideální využitelnost výroby, pracujeme se stejnými výrobními časy jako ve variantě 1, ale zakázky jsou vypouštěny dle FIFO. To znamená, že po skončení tisku není třeba čekat na technologickou dokumentaci, výroba má ideální podmínky. Stroje jsou využity na maximální možnou kapacitu. V simulaci jsme počítali se 3 a 4 zaměstnanci na pracovní směnu, zakázky byly spuštěny s výrobou od 2. 1. 2019 od 6:00 hod. Obě provedené simulace byly nastaveny tak, aby končily se stejným počtem hotových zakázek jako ve variantě 1, to znamená že bylo 1715 hotových zakázek, 12 bylo zpracováváno stroji a 3 zakázky čekaly ve frontě.

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
H11	90.61%	8.27%	1.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H12	89.32%	8.33%	2.34%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H13	89.70%	8.27%	2.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H21	89.02%	8.33%	2.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H22	90.00%	8.57%	1.43%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H23	89.98%	8.27%	1.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H31	89.85%	8.57%	1.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H32	89.88%	8.27%	1.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H33	89.77%	8.57%	1.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H41	89.58%	8.51%	1.91%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H42	89.65%	8.51%	1.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H43	90.28%	8.33%	1.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obr. 18 - Procentuální zhodnocení vytiženosti strojů, 3 zaměstnanci (vlastní zpracování)

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
H11	89.84%	8.66%	1.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H12	89.94%	8.42%	1.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H13	90.33%	8.48%	1.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H21	90.02%	8.54%	1.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H22	90.09%	8.24%	1.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H23	90.17%	8.42%	1.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H31	90.52%	8.54%	0.94%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H32	90.17%	8.24%	1.59%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H33	89.91%	8.42%	1.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H41	90.39%	8.30%	1.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H42	90.30%	8.36%	1.34%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
H43	89.93%	8.42%	1.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obr. 19 - Procentuální zhodnocení vytiženosti strojů, 4 zaměstnanci (vlastní zpracování)

Nastavené podmínky měly na tuto variantu příznivý vliv, parametr Working, který znázorňuje procentuální využitelnost strojů, ukazuje využití strojů kolem 90 % v obou situacích. Stroje jsou využívány na nejvyšší možnou kapacitu, kterou nám dovoluje výroba. Zvýšil se samozřejmě také parametr Set-up čili čas potřebný pro seřízení strojů. Parametr Waiting (obr. 17, 18) je v tomto případě totožný s parametrem Waiting for Set-up Exporters, v naší simulaci se jedná o čas, kdy stroje čekají na seřízení. V této variantě vznikají prostoje strojů pouze v důsledku toho, že stroj čeká na operátora. Všechna tato zlepšení se významně projevila na termínech, kdy byly zakázky dokončeny, respektive, kdy bylo dosaženo stejného počtu hotových zakázek jako ve variantě 1. Při výrobě, kterou obsluhovali 4 zaměstnanci, byly všechny zakázky dokončeny dne 23. 5. 2019. V případě, kdy výrobu zajišťovali 3 zaměstnanci, byla výroba dokončena 24. 5. 2019, to znamená o den později. Po přepočítání na pololetí byla výroba oproti variantě 1 dokončena o cca 40 dní dříve.

V tabulce (tab. 6) vidíme, jak se tato změna promítla do procentuálních hodnot, kdy stroj čeká na seřízení. V situaci, kdy máme 3 zaměstnance na směnu, je průměrné čekání stroje na seřízení 1,79 % a pro situaci se 4 zaměstnanci je to 1,44 %. V situaci se 3 zaměstnanci je čekání stroje na seřízení o 0,35 % vyšší než v situaci se 4 zaměstnanci. V tomto případě

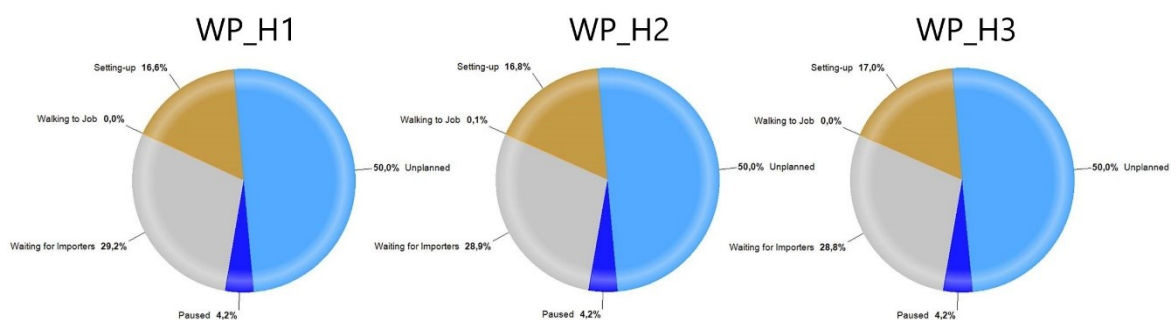
je oproti variantě 1 nutné uvést, že stroje nebyly téměř prázdné, kapacita byla využita na maximum a vždy byla připravena další zakázka pro seřízení stroje pro další práci.

Tab. 8 – Procentuální zhodnocení času při čekání na seřízení u varianty 2

(vlastní zpracování)

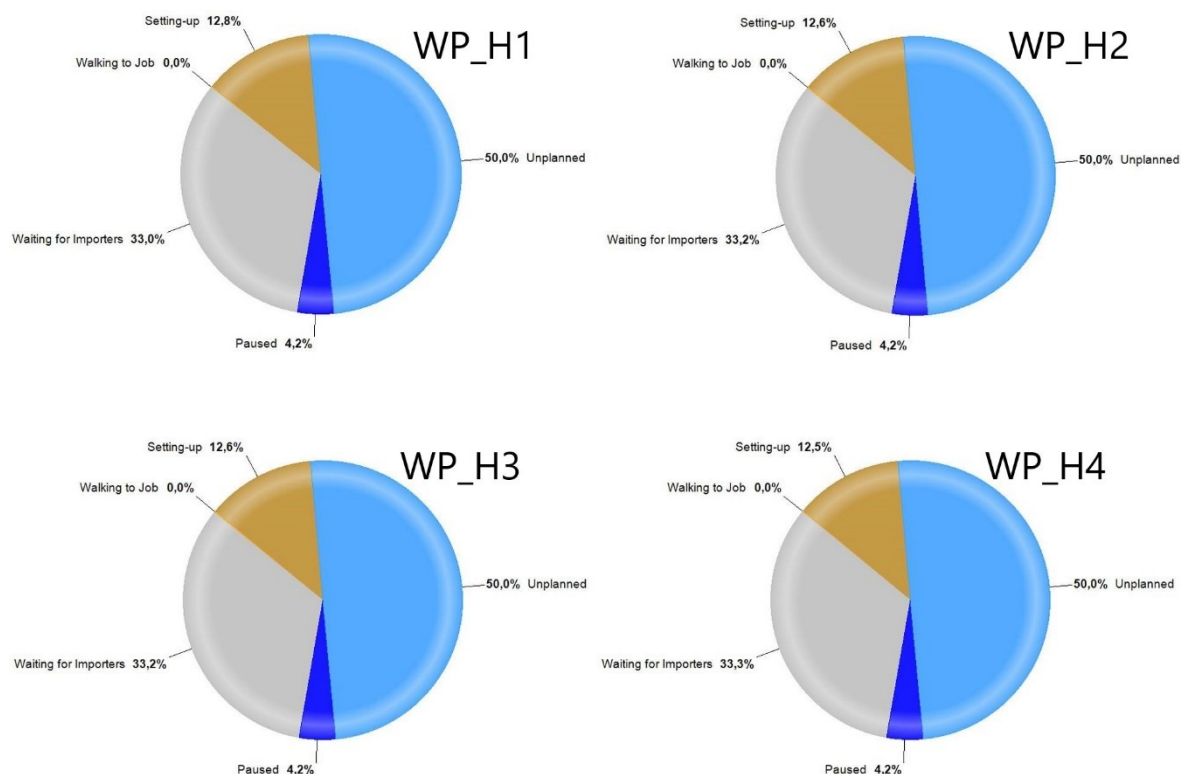
Stroje čekající na seřízení			
Stroj	Hodnoty 3 zaměstnanců	Hodnoty 4 zaměstnanců	Rozdíl mezi stroji
H11	1,12 %	1,50 %	-0,38 %
H12	2,34 %	1,64 %	0,70 %
H13	2,02 %	1,19 %	0,83 %
H21	2,65 %	1,44 %	1,21 %
H22	1,43 %	1,66 %	-0,23 %
H23	1,75 %	1,41 %	0,34 %
H31	1,58 %	0,94 %	0,64 %
H32	1,84 %	1,59 %	0,25 %
H33	1,66 %	1,67 %	-0,01 %
H41	1,91 %	1,30 %	0,61 %
H42	1,84 %	1,34 %	0,50 %
H43	1,39 %	1,65 %	-0,26 %
Průměr	1,79 %	1,44 %	0,35 %

Na obrázku (obr. 20) vidíme grafy, které ukazují vytíženost jednotlivých hnízd. Stejně jako ve variantě 1 byla tato data získána díky nástroji WorkerChard. V situaci, kdy máme 3 zaměstnance na pracovní směnu parametr Setting-up, který ukazuje podíl seřizování stroje za směnu, dosahuje hodnoty 16,8 %. Parametr Waiting for Importers, který ukazuje, jaké procento pracovní směny zaměstnanec čeká na práci je cca 29 %. Ani v tomto případě neklesl tento parametr pod 14 %. Po odečtení vychází, že průměrně 15 % z pracovní doby je zaměstnanec nevyužit. I zde je nutné tento vzniklý prostoj zaměstnanců využít pro náhradní práci.



Obr. 20 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 3 zaměstnancích na směnu (vlastní zpracování)

Z koláčkových grafů, které máme pro situaci se 4 zaměstnanci na pracovní směnu (obr. 21), porovnáme hodnoty se situací se 3 zaměstnanci, která je na obrázku (obr. 20). U parametru Setting-up je průměrné seřizování na směnu na hodnotě 12,5 %, oproti situaci se 3 zaměstnanci klesl tento parametr téměř o polovinu, cca o 4,5 % a parametr Waiting for Importers stoupl na 33 %. Pokud odečteme 14 %, pod kterých tento parametr nesmí klesnout, máme i v tomto případě při plném zatížení strojů 16 % rezervu pro náhradní práci.



Obr. 21 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 4 zaměstnancích na směnu
(vlastní zpracování)

Tab. 9 - Počet zaměstnanců a ušlá vzdálenost (vlastní zpracování)

Počet zaměstnanců	Ušlá vzdálenost v metrech
3	67 773 m
4	71 994 m

Vzdálenost, kterou zaměstnanci dle simulace urazili při obsluze strojů je v situaci se 3 zaměstnanci 67 773 metrů, to je v průměru na zaměstnance 79 metrů za směnu. A v situaci

se 4 zaměstnanci je to 71 994 metrů, to je v průměru na zaměstnance 63 metrů za směnu. I zde je toto číslo velmi malé. Z dat, která jsme získali z koláčových grafů je vidět, že i zde je parametr Walking to Job zaokrouhlen na 0,0 %.

Tab. 10 - Průměrná procentuální vytiženost zaměstnanců jednotlivých směn
(vlastní zpracování)

Počet zaměstnanců	Ranní směna	Noční směna
3	38,44 %	28,00 %
4	34,89 %	27,12 %

Hodnoty, které jsme získali ze simulace, jsou si o hodně bližší, než je tomu při variantě 1. Stále jsou větší nároky na seřizování strojů na ranní směně, ale noční směna je z tohoto pohledu více zatížená, než je tomu při plánování výroby u varianty 1. Tento rozdíl v zatížení jednotlivých pracovních směn si vysvětlujeme uvolňováním zakázek do výroby. V tomto případě není nutné čekat na ranní směnu, ale zakázka je ihned vpuštěna do výroby, protože následující zakázka již čeká ve frontě. V tabulce (tab. 11) vidíme přepočítaný průměr z procent na metry. Ušlá vzdálenost na směnu je více vyrovnanější než u varianty 1.

Tab. 11 - Průměrná vytiženost zaměstnanců jednotlivých směn v metrech
(vlastní zpracování)

Počet zaměstnanců	Ranní směna	Noční směna	Celková vzdálenost v metrech
3	84 m	75 m	67 773 m
4	65 m	61 m	71 994 m

11 SHRnutí ANALYTICKÉ ČÁSTI

V praktické části byla představena společnost, byl popsán její vznik, počet zaměstnanců a důležité milníky této společnosti. Seznámili jsme se s divizí výroby forem, která je pro tuto práci důležitá. Byl stručně popsán výrobní tok lisovací formy pro lisování pneumatik a její důležité části.

Seznámili jsme se s procesním tokem výroby 3D lamel pomocí technologie SLM. Popsali jsme začátek výroby, kde začínáme zadáním zakázky od zákazníka, přes proces zpracování zakázky až po nahrání do stroje. Zde jsme se blíže podívali na výrobu, kterou převádíme do programu Plant Simulation, počet strojů a výrobní proces lamel, které jsou tisknuty na 3D tiskárně. Byly blíže popsány úkoly, které provádí zaměstnanci.

Podle výrobního layoutu a procesního toku byl vytvořen model v simulačním programu Plant Simulation. Abychom mohli provádět testování daného provozu, dostali jsme k dispozici výrobní data z technologie, která jsou získána z vnitropodnikového systému SAP.

Výstupem z této simulace jsou tabulky a grafy, které nám ukazují využití strojů a zaměstnanců. Testovali jsme dvě varianty, u první varianty vycházíme z pracovních dat, abychom simulovali skutečný výrobní tok. U druhé varianty pracujeme dle FIFO, kde nečekáme na vypuštění zakázky do výroby, a tím je výroba plynulejší. U obou variant jsme nastavili situace se 3 a 4 zaměstnanci, protože naším úkolem je snížení počtu zaměstnanců. U strojů sledujeme vytiženost za určené časové období, kdy stroje nepracují a čekají na obsluhu. U zaměstnanců porovnáme nachozenou vzdálenost a vytiženost v jednotlivých směnách, abychom zjistili, zda je možné snížit výrobu o jednoho zaměstnance na pracovní směnu. Na základě počítačové simulace byla všechna tato data porovnána a závěrem navrhuje snížit počet zaměstnanců, protože na základě vyhodnocených dat jsme zjistili, že je možné mít o pracovníka méně.

12 ZHODNOCENÍ SIMULAČNÍCH MODELŮ

Ve variantě 1, porovnáváme situace se 3 a 4 zaměstnanci, bylo důležité postupovat dle plánovaných časů a termínů, abychom zjistili, jaké je podle technologů plánované vytížení výroby. Z rozhovorů s technologi víme, že pokud stroj čeká na další zakázku, jsou pro zaměstnance nachystány výplňové práce, které provádí při tomto čekání. Zajímalo nás procentuální zhodnocení situace, kdy je výroba v chodu a stroj čeká na zaměstnance, který provádí seřizování jiného stroje. Tyto prostoje jsou způsobeny odlišnými výrobními časy a dlouhými časy na seřízení. Pokud jedna směna seřídí stroj pro svou práci, stává se, že při výměně směny nebo seřizování několika strojů, které končí v téměř podobný okamžik, je toto čekání stroje prodlužováno. Výsledné změny obsazenosti směn 3 nebo 4 zaměstnanci neměly vliv na termíny dokončení zakázek a tím i na plynulost chodu výroby.

Tab. 12 - Průměrné procentuální hodnoty z varianty 1 a jejich srovnání (vlastní zpracování)

Strategie	Počet zaměstnanců	Termín dokončení	Vytíženost strojů	Stroj čeká na seřízení	Prostoje zaměstnance	Seřizování zaměstnance
Dle plánu	4	V termínu	70,94 %	2,84 %	35,9 %	9,9 %
Dle plánu	3	V termínu	70,89 %	4,02 %	32 %	13,2 %
Rozdíl	-	-	0,05 %	-1,18 %	3,9 %	-3,3 %

V tabulce (tab. 12) jsou znázorněny průměrné hodnoty z obrázků (obr. 14, 15) pro stroje a pro zaměstnance (obr. 16, 17). Porovnali jsme tyto data a vidíme, jak se rozdíly v obsazenosti směn promítly do statistik strojů a do hodnot o zaměstnancích. Tento plán výroby tvoří technologové. Ze simulace vyplývají následující údaje:

- V obou situacích byly zakázky dokončeny v termínu
- Vytíženost strojů se změnila jen nepatrně v řádu desetin procent
- Stroj čeká déle na seřízení operátorem
- Procento vytíženosti zaměstnanců při seřízení stoupl, to je logické vzhledem k menšímu počtu zaměstnanců
- Prostoje zaměstnance nesmí klesnout pod 14 %, k této hranici jsme se nepřiblížili

Při výrobě se 3 zaměstnanci na směnu nedošlo k výraznému zpomalení výroby. Ze simulace vyplynulo, že je možné snížit počet zaměstnanců bez většího vlivu na chod výroby.

Tab. 13 - Průměrné procentuální hodnoty z varianty 2 a jejich srovnání (vlastní zpracování)

Strategie	Počet zaměstnanců	Termín dokončení	Vytíženost strojů	Stroj čeká na seřízení	Prostoje zaměstnance	Seřizování zaměstnance
Dle FIFO	4	Před termínem	90,13 %	1,44 %	32,93 %	12,63 %
Dle FIFO	3	Před termínem	89,80 %	1,79 %	28,97 %	16,8 %
Rozdíl	-	-	0,33 %	-0,35 %	3,96 %	-4,17 %

Ve variantě 2 simulujeme ideální vytíženost výroby a porovnáváme výrobu v situacích se 3 a 4 zaměstnanci. Zakázky byly do výroby vypouštěny na základě FIFO, nebylo tedy nutné čekat na ranní směnu na uvolnění zakázky do výroby. V tabulce (tab. 13) jsou znázorněny průměrné hodnoty pro stroje (obr. 18, 19) a pro zaměstnance z koláčových grafů (obr. 20, 21). Všechna tyto data jsou z námi testovaného období, přesněji 1.pololetí roku 2019. Údaje z této varianty jsou následující:

- Při ideálním stavu výroby je vytíženost strojů okolo 90 %, to je oproti variantě 1 vyšší vytíženost strojů o 20 %
- Čekání strojů na seřízení je velmi nízké a rozdíl je v rámci desetin
- Díky vyšší vytíženosti strojů se zvýšila také práce zaměstnanců, kteří jsou potřeba pro seřizování.
- Prostoje zaměstnanců jsou okolo 30 %, neklesly pod hranici 14 %, která je pro nás důležitá

Takže i u této varianty, kdy máme ideální podmínky pro výrobu, je možné mít méně pracovníků na směnu.

Pokud porovnáme získaná data z tabulek (tab. 12, 13) varianty 1 a 2 a stejné situace, to znamená stejné počty zaměstnanců na směnu mezi sebou, vyjde nám, že stroje jsou využity ve variantě 2 o 20 % více, než je tomu dle varianty 1 a zkrátí se čas, po který stroj čeká,

než jej zaměstnanec obslouží. V situaci, kdy máme 4 zaměstnance ve variantě 1 čeká stroj o 2,23 % déle než ve variantě 2 a v situaci kdy máme 3 zaměstnance čeká stroj o 1,4 % déle. Data o zaměstnancích byla získána pomocí nástroje WorkerChart. Díky tomuto nástroji známe data o jednotlivých směnách a zaměstnancích. Prostoje zaměstnanců nesmí klesnout pod 14 %, protože tolik procent času stráví zaměstnanci vedlejšími pracemi, které jsou spojené s výrobou lamel a jejich dalším opracováním. Vidíme, že ve variantě 1, jsou větší prostoje, než je tomu ve variantě 2. Tím i menší nároky na obsluhu strojů při seřizování. U varianty 1 i 2 nemají tyto rozdíly vliv na výrobu a u varianty 2 jsou díky vyšší vytíženosti jak strojů, tak i zaměstnanců, zakázky dokončeny v předstihu a prostoje zaměstnanců ani v jedné variantě neklesnou pod 14 %.

V tabulce (tab. 14) vidíme, jak jsou zaměstnanci vytíženi za sledované období na jednotlivých směnách. Ve variantě 1 nám vychází, že nejvíce vytížená je ranní směna, a to v obou situacích. Stejně tak tomu je i ve variantě 2. Pokud však tyto varianty srovnáme, vidíme, že ve variantě 2 je noční směna více vytížená, než je tomu ve variantě 1. A tím pádem jsou nároky na tyto směny více vyrovnané. Ve variantě 1 v obou situacích je vytížení zaměstnanců velmi nevyvážené a ranní směna věnuje seřízení stroje více času. To je způsobeno plánováním výroby, právě kvůli tomu, že jsou zakázky uvolňovány do výroby převážně na ranní směně. V naší simulované výrobě ve variantě 2, byl tento problém odstraněn a vytíženost v obou situacích se více rozložila na obě směny.

Tab. 14 – Průměrné procentuální vytížení jednotlivých směn při seřizování strojů
(vlastní zpracování)

Varianta	Situace (počet zaměstnanců)	Ranní směna	Noční směna
Varianta 1	3	46,07 %	11,68 %
	4	35,94 %	7,22 %
Varianta 2	3	38,44 %	28,00 %
	4	34,89 %	27,12 %

V mé bakalářské práci nám šlo převážně o variantu 1, která se více podobá reálnému stavu výroby. Ve variantě 2 jsme se snažili nasimulovat, jak by vypadala výroba za ideálních podmínek. Ze všech naší nasimulovaných variant a situací vyšlo najevo, že menší počet

zaměstnanců na jednu pracovní směnu nemá na tuto výrobu větší vliv. V končeném důsledku je tedy možné ušetřit 1 zaměstnance na směnu, to znamená, že můžeme ušetřit až 4 zaměstnance ve výrobě, protože pro nepřetržitý pracovní turnus jsou stanoveny 4 pracovní směny.

13 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Z výsledků ze simulace jsme zjistili, že je možné snížit počet zaměstnanců. Současný stav je 16 zaměstnanců ve 4 směnách, tj. 4 zaměstnanci na pracovní směnu. Po vyhodnocení simulace můžeme snížit výrobu na 12 zaměstnanců pro výrobu, takže 3 zaměstnanci na pracovní směnu. Výrobní tok zůstane zachován, změní se tedy pouze počet zaměstnanců. Je nutné tyto ušetřené náklady spočítat na období. Pro výpočet ušetřených mzdových nákladů pro výrobu 3D lamel počítáme s dvousměnným provozem, ve kterém se pracuje na 12 hodinové směny. Hodinu mají zaměstnanci nárok na přestávku, která se jim do výplaty nezapočítává. Mzdové náklady se počítají za odpracovaných 11 hodin. V tabulce (tab. 15) jsou vypočteny ušetřené mzdové náklady za 1 zaměstnance. Jeden zaměstnanec odpracuje v měsíci cca 15 pracovních směn. Výsledné hodnoty jsou pouze orientační, používáme obecné mzdové náklady, nemůžeme použít firemní tabulky, proto vycházíme z obecné nominální hodnoty za hodinu práce zaměstnance ve Zlínském kraji, která činí 276,82 Kč/hod hrubého, tj. částka za práci před zdaněním a odečtením dalších odpočtů. (Cszo, 2018)

Tab. 15 - Ušetřené mzdové náklady za zaměstnance (vlastní zpracování)

Ušetřené náklady	1 zaměstnanec
Směna	3 045,02 Kč
Měsíc	45 675,3 Kč
Pololetí	274 051,8 Kč
Rok	548 103,6 Kč

Výpočet mzdové úspory 4 zaměstnanců za měsíc:

$$4 * 45\,675,3 = 182\,701,2 \text{ Kč}$$

Výpočet mzdové úspory za kalendářní rok:

$$4 * 548\,103,6 = 2\,192\,414,4 \text{ Kč}$$

Výše uvedené úspory budou ještě vyšší o příplatek za přesčasovou práci. V případě, že by byl nadbytečný zaměstnanec přesunut na náhradní práci, která by byla jinak udělána mimo řádnou pracovní dobu. Vzhledem k tomu, že ušetřený pracovník se přesouvá v rámci VFC,

tak dochází pouze k nákladům na hodinovou mzdu navýšenou o přesčasový příplatek 50 % nebo 100 %, dle kalendářního dne a času vykonané práce.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo nasimulovat výrobu a otestovat, zda je možné snížit počet zaměstnanců pro výrobu lamel. Pro tyto účely byl vytvořen simulační model, ze kterého jsme získali statistická data o strojích a zaměstnancích. V rámci testování byla vytvořena i varianta, ve které jsme simulovali ideální podmínky pro výrobu.

Po konzultaci s technologem nám byly poskytnuty výrobní data z 1. pololetí roku 2019, na kterých stojí naše simulace. Tento časový úsek nejlépe kopíruje současnou výrobu, obsahuje výrobní data ze zahájení výroby po celozávodní dovolené, a také zahrnuje slabé i silné měsíce. Na základě těchto dat bylo možné výrobní simulaci lépe optimalizovat, kdybychom disponovali daty jen na určené měsíce, získané statistiky a grafy by byly zkreslené.

Díky datům a layoutu výroby jsme sestavili počítačový model v programu Plant Simulation. Z uskutečněných simulací jsme zjistili, že největší plýtvání této výroby je způsobeno čekáním, které je způsobené nedokonalým plánem výroby. To je značné plýtvání, kdy stroje čekají na výrobní zakázku a výrobní kapacita není dostatečně využita. Prostoje zaměstnanců neklesly ani v jedné variantě pod 14 %, v obou případech je ale toto procento okolo 30 %.

Zjistili jsme, že je možné ušetřit zaměstnance pro tuto výrobu a ušetřit tak firmě mzdové náklady. V případě přeřazení nadbytečných zaměstnanců na náhradní práci se tyto uvedené úspory zvýší o příplatek za přesčasovou práci, kterou by bylo jinak nutné provádět mimo řádnou pracovní dobu s příplatkem 50 % nebo 100 % vzhledem ke dni a času vykonané práce.

Z dat, které nám poskytly provedené simulace, vidíme, že menší procentuální nárůst ve vytíženosti zaměstnanců a nepatrně větší procento v prostojích strojů má pouze malý vliv na výrobu, ale ne na termíny dokončení zakázek. Z těchto výsledků a porovnání výsledných dat je patrné, že je možné výrobu zehřívět o jednoho zaměstnance a jsou zde rezervy pro navýšení výrobních kapacit.

Tvorbou simulace nedošlo k navýšení žádných provozních nákladů. Plant Simulation je ve VFC ve fázi testování. Tyto simulace nám ukázaly její praktické využití při snižování výrobních nákladů a zefektivňování výrobního toku při výrobě lamel metodou SLM.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BANGSOW, Steffen, 2010. *Manufacturing simulation with Plant Simulation and Simtalk: usage and programming with examples and solutions*. Berlin: Springer, 297 s. ISBN 978-3-319-19503-2.

BANGSOW, Steffen, 2015. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Cham: Springer, 713 s. ISBN 978-3-319-19502-5.

BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK, 2008. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 2., výrazně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 283 s. ISBN 978-80-247-2279-5.

BURIETA, Jan, 2013. *Metóda 5S. Základy štíhleho podniku*. Žilina: IPA Slovakia, 46 s. ISBN 978-80-89667-04-8.

CZSO. © 2018, poslední aktualizace 09.04.2020. Úplné náklady práce – definitivní údaje 2018 [online]. [cit.2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/uplne-naklady-prace-definitivni-udaje-2018>

DLOUHÝ, Martin, 2007. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, 202 s. ISBN 978-80-251-1649-4.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 264 s. ISBN 978-80-247-5717-9.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C.H. Beck, 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 237 s. ISBN 80-86851-38-9.

MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ, 2018. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 342 s. ISBN 978-80-248-4158-8.

MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

MECHL, Viktor a Martin MUŠINSKÝ, 2011. *Gumárenská technologie v Barum Continental, spol. s.r.o.: učebnice pro žáky zpracovatelského oboru SPŠ polytechnické - COP Zlín*. 1. vyd. Zlín: Střední průmyslová škola polytechnická - COP Zlín. ISBN 978-80-905002-2-8.

MES, Martijn, 2018. *SIMILATION MODELLING USING PRACTICAL EXAMPLES: A PLANT SIMULATION TUTORIAL* [online]. ©2017. University of Twente, 192 s. [cit. 2020-03-28].

Dostupné z: <https://www.utwente.nl/en/bms/iebis/staff/mes/plantsimulation/tutorialplantsimulation13v20170726.pdf>

ROBINSON, Stewart, 2004. *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. West Sussex: John Wiley & Sons, Limited, 338 s. ISBN 0-470-84772-7.

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

SYNEK, Miloslav, 2011. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 471 s. ISBN 978-80-247-3494-1.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2000. *Řízení výroby*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada, 408 s. ISBN 80-7169-955-1.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 378 s. ISBN 978-80-247-1479-0.

VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA, 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 685 s. ISBN 978-80-247-4642-5.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- 3D 3 rozměr
- APS Advanced Plainning and Scheduling (pokročilé plánování)
- CAD Computer-aided design (počítačem podporované projektování)
- CMM Continental Molds and Machinery (výroba forem a strojů Continental)
- CNC Computer Numerical Control (číslicově řízené stroje počítačem)
- CPS Cyber-Physical Systems (kybernetické systémy)
- CRM Customer Relationship Management (management vztahu se zákazníky)
- ERP Enterprise Resource Planning (plánování podnikových zdrojů)
- MES Manufacturing Execution Systems (výrobní informační systémy)
- SAP Softwarová platforma
- SCM Supply Chain Management (řízení dodavatelského řetězce)
- SCOR Supply Chain Operation Reference (reference provozu dodavatelského řetězce)
- SLM Selective Laser Melting (laserové tavení prášku)
- STL Formát souboru stereolitografického programu pro CAD
- VFC Výroba Forem Continental

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Princip transformačního procesu.....	12
Obr. 2 - Prvky průmyslu 4.0	21
Obr. 3 - Dodavatelský řetězec.....	25
Obr. 4 - Úvodní obrazovka v Plant Simulation	30
Obr. 5 – Toolbox.....	32
Obr. 6 - Objekt Method.....	33
Obr. 7 - Spouštěcí metody	33
Obr. 8 – Konstrukce vulkanizační formy.....	38
Obr. 9 - Schéma výrobního procesu lamel	40
Obr. 10 - Výrobní layout.....	41
Obr. 11 - Zpracované výrobní zakázky	42
Obr. 12 - Pracovní dokument pro výkaz práce jedné desky ze zakázky	44
Obr. 13 - Počítačová simulace výroby lamel SLM.....	45
Obr. 14 - Procentuální zhodnocení vytíženosti strojů, 3 zaměstnanci.....	47
Obr. 15 - Procentuální zhodnocení vytíženosti strojů, 4 zaměstnanci.....	47
Obr. 16 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 3 zaměstnancích na směnu	49
Obr. 17 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 4 zaměstnancích na směnu	50
Obr. 18 - Procentuální zhodnocení vytíženosti strojů, 3 zaměstnanci.....	52
Obr. 19 - Procentuální zhodnocení vytíženosti strojů, 4 zaměstnanci.....	52
Obr. 20 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 3 zaměstnancích na směnu	53
Obr. 21 - Vytíženost jednotlivých hnízd při 4 zaměstnancích na směnu	54
Obr. 22 – Výrobní layout.....	70
Obr. 23 – Pracoviště SLM	71
Obr. 24 – Pracoviště SLM	71
Obr. 25 – Standartní seznam operací	72
Obr. 26 – Zpracovaná výrobní data	73

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Varianty simulací	43
Tab. 2 - Časový a zakázkový rozpis jednotlivých měsíců	43
Tab. 3 - Průměr výrobních časů v testovaných měsících	44
Tab. 4 - Procentuální zhodnocení času při čekání na seřízení	48
Tab. 5 - Počet zaměstnanců a ušlá vzdálenost	50
Tab. 6 - Průměrná vytíženost zaměstnanců jednotlivých směn	51
Tab. 7 - Průměrná vytíženost zaměstnanců jednotlivých směn v metrech	51
Tab. 8 – Procentuální zhodnocení času při čekání na seřízení u varianty 2	53
Tab. 9 - Počet zaměstnanců a ušlá vzdálenost	54
Tab. 10 - Průměrná procentuální vytíženost zaměstnanců jednotlivých směn	55
Tab. 11 - Průměrná vytíženost zaměstnanců jednotlivých směn v metrech	55
Tab. 12 - Průměrné procentuální hodnoty z varianty 1 a jejich srovnání	57
Tab. 13 - Průměrné procentuální hodnoty z varianty 2 a jejich srovnání	58
Tab. 14 – Průměrné procentuální vytížení jednotlivých směn při seřizování strojů	59
Tab. 15 - Ušetřené mzdové náklady za zaměstnance	61

SEZNAM PŘÍLOH

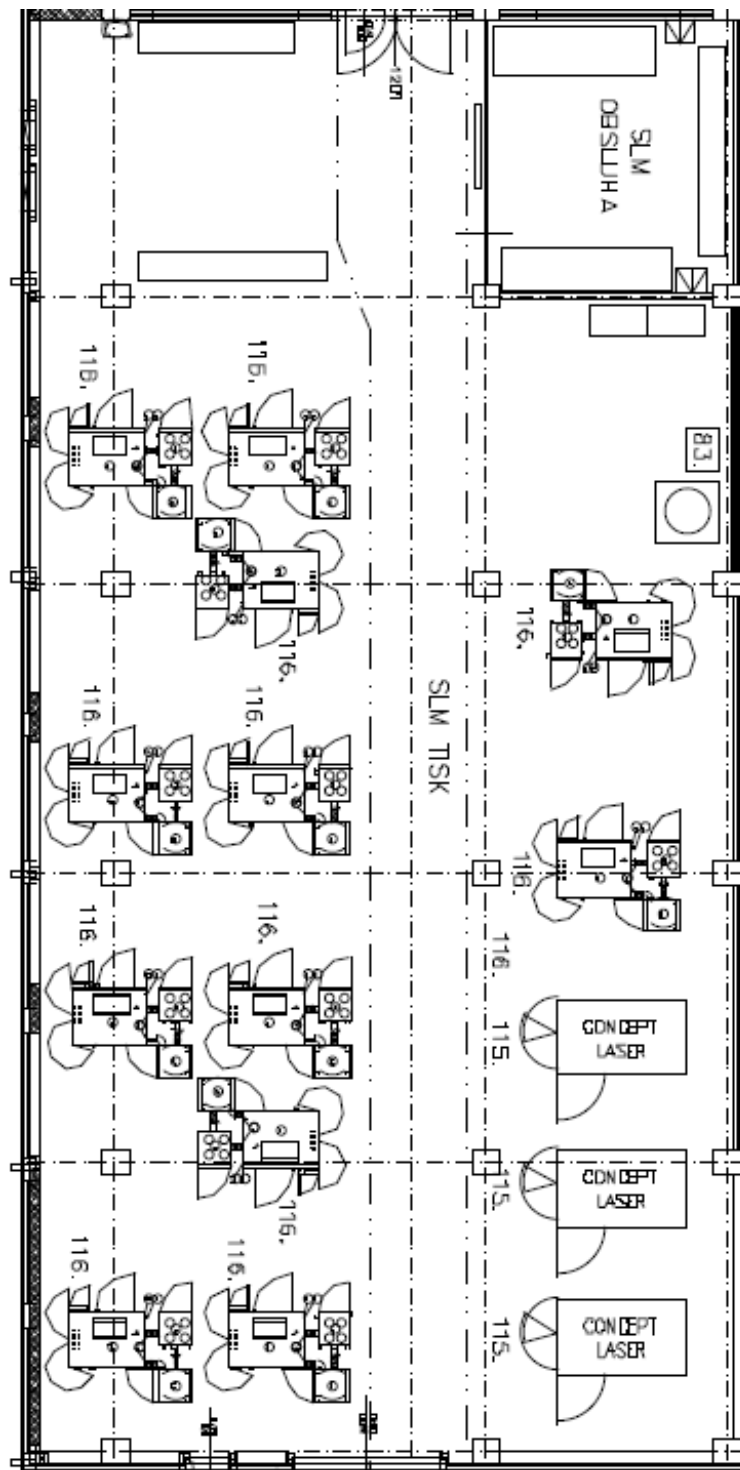
P I: Výrobní layout

P II: Fotky pracoviště SLM

P III: Standartní seznam operací

P IV: Výrobní data

PŘÍLOHA P I: VÝROBNÍ LAYOUT



Obr. 22 – Výrobní layout (interní zdroj)

PŘÍLOHA P II: VÝROBNÍ PRACOVISTĚ SLM



Obr. 23 – Pracoviště SLM (interní zdroj)



Obr. 24 – Pracoviště SLM (interní zdroj)

PŘÍLOHA III: STANDARTNÍ SEZNAM OPERACÍ

VFB Standardní seznam operací

Výrobní příkaz: 2289157
 Druh zakázky: ZPMM VFB Otrokovice - model
 Interní VFB číslo: 14360 SPP prvek:
 Materiál: 00330064203 PLAM SLM INT NOVÝ
 Celkové množství: 1 PC Sériové číslo:
 Skup. post./Č.sk.: 50108908/1 LM SLM VÝROBNÍ INT NOVÝ
 Výkres:

Str.: 1 /004
 Datum: 01.10.2019
 F.CZVF90119940.8.01
 254794



Rozměr a typ dezénu: -/* : + - -
 Č. LPN IR-ST-SB-BT-BB: -/-/-/-/-
 Č. dílu SN a prof. DN: -/-
 Kód MOLD-TR: -/-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/-/-
 Kód ST-SB-BT-BB: -/-/-/-/-/-/-/-/-/-/-
 Povrchová struktura: -
 Successor: -

Oper.	Prac.	Text operace	Tarif	Čas 1 MJ	Čas 2 MJ
0020	3D00PRLM	Tiskne výrobní SLM lamely - 8 desek PŘIHLAŠOVAT OPERACI NA KONKRÉTNÍ STROJ, NE NA SKUPINU STROJŮ !!! Vyzkazování operace ukončit až po vyčištění stroje!!! - Tiskne - Žihá - Vylamuje nebo odřeže na drátovce - Přesívá prášek - Vzhledově kontroluje Při provádění operací postupovat dle Pracovního předpisu použitého stroje EOS nebo ConceptLaser: PP_SLM_Výroba SLM lamel a SLM žeber_EOS PP_SLM_Výroba SLM lamel a SLM žeber_ConceptLaser následné operace dle Pracovních předpisů: PP_SLM_Žihání PP_SLM_Odlamování PP_SLM_Řezání drátem PP_SLM_Přesívání kovového prášku pro EOS PP_SLM_Přesívání kovového prášku pro ConceptLaser	6.1	10.356 MIN	2.589 MIN
0010	3D00PRLM	Tiskne - 1. deska	6.1	1.380 MIN	345 MIN
0020	3D00PRLM	Tiskne - 2. deska	6.1	1.440 MIN	360 MIN
0030	3D00PRLM	Tiskne - 3. deska	6.1	1.440 MIN	360 MIN
0040	3D00PRLM	Tiskne - 4. deska	6.1	1.320 MIN	330 MIN

Obr. 25 – Standardní seznam operací (interní zdroj)

PŘÍLOHA IV: VÝROBNÍ DATA

číslo TP	Název	Vydání TP	skutečnost celkem	počet desek	čas na desku	Plán Celkem	Plán deska
D1182631	PRO CONTACT TX Successor	02.01.2019 6:00	101:30:00	4	25:22:30	78:08:00	19:32:00
D1182632	PRO CONTACT TX Successor	02.01.2019 6:00	101:30:00	4	25:22:30	78:08:00	19:32:00
D1182633	PRO CONTACT TX Successor	02.01.2019 6:00	101:30:00	4	25:22:30	78:08:00	19:32:00
D1182634	PRO CONTACT TX Successor	02.01.2019 6:00	101:30:00	4	25:22:30	78:08:00	19:32:00
D1186401	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186402	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186403	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186404	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186405	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186406	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186407	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186408	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1186409	ICE CONTACT 3	03.01.2019 6:00	240:30:00	9	26:43:20	211:21:00	23:29:00
D1185481	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	133:00:00	6	22:10:00	140:54:00	23:29:00
D1185482	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	133:00:00	6	22:10:00	140:54:00	23:29:00
D1185483	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	133:00:00	6	22:10:00	140:54:00	23:29:00
D1185484	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	133:00:00	6	22:10:00	140:54:00	23:29:00
D1185485	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	133:00:00	6	22:10:00	140:54:00	23:29:00
D1185486	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	133:00:00	6	22:10:00	140:54:00	23:29:00
D2315191	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	79:00:00	3	26:20:00	70:27:00	23:29:00
D2315192	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	79:00:00	3	26:20:00	70:27:00	23:29:00
D2315193	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	79:00:00	3	26:20:00	70:27:00	23:29:00
D2315191	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	108:00:00	4	27:00:00	93:56:00	23:29:00
D2315192	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	108:00:00	4	27:00:00	93:56:00	23:29:00
D2315193	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	108:00:00	4	27:00:00	93:56:00	23:29:00
D2315194	ICE CONTACT 3	04.01.2019 6:00	108:00:00	4	27:00:00	93:56:00	23:29:00
D23164501	ALL SEASON CONTACT	04.01.2019 6:00	22:30:00	1	22:30:00	22:46:00	22:46:00
D23164502	ALL SEASON CONTACT	04.01.2019 6:00	22:30:00	1	22:30:00	22:46:00	22:46:00
D23164503	ALL SEASON CONTACT	04.01.2019 6:00	22:30:00	1	22:30:00	22:46:00	22:46:00
D23164504	ALL SEASON CONTACT	04.01.2019 6:00	22:30:00	1	22:30:00	22:46:00	22:46:00
D502827	ALTIMAX GUS	04.01.2019 6:00	6:30:00	1	6:30:00	6:23:00	6:23:00

Obr. 26 – Zpracovaná výrobní data (vlastní zpracování)