

Projekt zefektivnění výrobního procesu ve vybraném provozu ve zvolené společnosti

Bc. Buček Jan

Diplomová 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 DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Jan Buček
Osobní číslo: M18003
Studijní program: N6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Průmyslové inženýrství
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Projekt zefektivnění výrobního procesu ve vybraném provozu ve zvolené společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte teoretické poznatky z oblasti výroby a počítačových simulací.

II. Praktická část

- Analyzujte současný stav výrobního procesu ve vybraném provozu.
- Zhodnoťte výsledky analýzy a navrhňte vhodná doporučení.
- Na základě výsledků analýzy vypracujte projekt zefektivnění výrobního procesu ve vybraném provozu.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- BADIRU, Adedeji Bodunde. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2014, 1452 s. Industrial innovation series. ISBN 9781466515048.
- BANGSOW, Steffen. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. 1. vyd. Cham: Springer, 2015, 713 s. ISBN 9783319195025.
- CHROMJAKOVÁ, Felicitá. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. 1. vyd. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 9788081540585.
- CHROMJAKOVÁ, Felicitá a Rastislav RAJNOHA. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. 1. vyd. Žilina: Georg, 2011, 138 s. ISBN 9788089401260.
- SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 223 s. ISBN 9788024739380.

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

Datum zadání diplomové práce: **6. ledna 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2020**

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 6. ledna 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 – diplomovou/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 diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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,

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

Ve Zlíně 17. 6. 2020

Jméno a příjmení: Jan Buček

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na zefektivnění vybraného provozu zvolené společnosti, s cílem zvýšit výrobní výkon jednotlivých pracovišť, zvýšit efektivitu pracovních sil a snížit náklady výrobního procesu pomocí navržených řešení. Teoretickou část tvoří rozbor literárních pramenů, který slouží jako podklad pro praktickou část práce. Praktická část, respektive její analytická část, se orientuje na popis vybrané společnosti, analýzu výrobního procesu a vytvoření simulačního modelu v softwaru Tecnomatix Plant Simulation. Identifikované nedokonalosti vyplývající z analytické části, slouží jako podklad pro projekt, jenž je součástí praktické části, ve kterém jsou navržena opatření, která nedostatky odstraní, nebo alespoň redukují. V závěru práce jsou zhodnoceny přínosy a náklady jednotlivých opatření pro společnost.

Klíčová slova: Výrobní proces, TOC, Tecnomatix Plant Simulation, úzké místo, organizace práce, počítačová simulace, efektivita.

ABSTRACT

This master thesis is focused on streamlining selected shop floor at the selected company to increase the production output of individual workplaces, increase the effectiveness of workforce, and reduce costs of the production process using the proposed solutions. The theoretical part includes an analysis of literary sources and serves as a basis for the practical part of the thesis. The practical part, respectively its analytic part is oriented on the description of the selected company, analysis of the production process and, creation of a simulation model in Plant simulation software. Identified imperfections, which are a result of the analytic part, serves as the basis for the project, which is a part of the practical part, which are proposed measures that eliminate or reduce the imperfections. In the conclusion of the thesis is the evaluation of individual measures from the point of view of their benefits and costs.

Keywords: Production Process, TOC, Tecnomatix Plant Simulation, bottleneck, organization of work, computer simulation, effectiveness

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Pivníčkovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné rady a doporučení, které mi pomohly ke zdárnému zpracování této práce.

Dále manažerovi trvalého zlepšování, který mi byl průvodcem ve vybrané společnosti a seznámil mě se vším potřebným ke zpracování této práce.

V neposlední řadě také všem ostatním zaměstnancům vybrané společnosti za jejich spolupráci.

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	13
1.1 HISTORIE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	14
1.2 PRŮMYSLOVÝ INŽENÝR	16
1.3 ČLENĚNÍ METOD PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	17
1.3.1 Simultánní inženýrství	17
1.3.2 Poka - Yoke.....	18
1.3.3 TPM.....	19
2 ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	21
2.1 ŠTÍHLÁ LOGISTIKA	22
2.2 TOC.....	23
2.2.1 Drum – Buffer - Rope	24
3 LOGISTIKA	25
3.1 VÝROBNÍ LOGISTIKA	25
3.1.1 Cíle výrobní logistiky.....	26
3.2 SYSTÉM TAHU A TLAKU	26
3.2.1 Systém tlaku	26
3.2.2 Systém tahu	27
3.2.3 Kanban	28
3.3 JUST IN TIME.....	28
4 POČÍTAČOVÉ SIMULACE	30
4.1 VÝHODY POČÍTAČOVÉ SIMULACE.....	30
4.1.1 Experimentování nenáročné na čas	30
4.1.2 Snížení analytických požadavků	31
4.1.3 Snadno prezentovatelné modely	31
4.2 NEVÝHODY POČÍTAČOVÉ SIMULACE	31
4.2.1 Nepřesná vstupní data	31
4.2.2 Simulace neposkytnou jasné odpovědi na komplexní problémy	31
4.2.3 Samotná simulace problémy nevyřeší.....	32
4.3 POSTUP TVORBY SIMULAČNÍCH MODELŮ-SIMULAČNÍ PROJEKT	32
4.3.1 Typy simulačních modelů	33
4.4 SIMULAČNÍ PROGRAMY	33
4.5 PLANT SIMULATION.....	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	37
5.1 HISTORIE SPOLEČNOSTI A SOUČASNOST	37

5.2	PRODUKTY	38
5.3	VÝVOJ TRŽEB A VÝSLEDKU HOSPODAŘENÍ	39
5.4	ORGANIZAČNÍ STRUKTURA	40
6	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU	42
6.1	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU	44
6.1.1	Příjem materiálových zásob a uskladnění	44
6.1.2	Výroba polotovarů	45
6.1.3	Skladování a mytí polotovarů	45
6.1.4	Automatická strojní kontrola polotovarů	46
6.1.5	Skladování před vrtáním	47
6.1.6	Vrtání polotovarů	47
6.1.7	Opětovné čištění	48
6.1.8	Dokončovací práce a balení	48
6.1.9	Expediční sklad a expedice	49
6.1.10	Recyklace kovů a kapaliny	50
6.1.11	Vývojový diagram proudové špičky	50
6.1.12	Postup při výrobě plynových hubic	52
6.2	ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU POMOCÍ POČÍTAČOVÉ SIMULACE	53
6.2.1	Vytvoření provozu v simulačním programu	53
6.2.2	Simulace obrábění polotovarů	55
6.2.3	Simulace mytí polotovarů	57
6.2.4	Simulace kontroly polotovarů	59
6.2.5	Simulace balení výrobků a odvozu přepravek	60
6.2.6	Výstupy ze simulačního modelu	62
6.3	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	67
7	ZADÁNÍ PROJEKTU	68
7.1	HARMONOGRAM PROJEKTU	68
7.2	LOGICKÝ RÁMEC	69
7.3	RIZIKOVÁ ANALÝZA	69
8	PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ	71
8.1	ÚPRAVA ZAŘÍZENÍ AUTOMATICKÉ STROJNÍ KONTROLY POLOTOVARŮ	71
8.1.1	Rozdělovač polotovarů automatické strojní kontroly	72
8.1.2	Simulace rozdělovače polotovarů kontrolního zařízení	73
8.1.3	Zhodnocení modelu automatické strojní kontroly s rozdělovačem	75
8.2	ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY MYCÍHO ZAŘÍZENÍ	78
8.2.1	Simulace mycího zařízení se zvýšenou produktivitou	79
8.2.2	Zhodnocení modelu se zvýšenou produktivitou mycího zařízení	81
8.3	ÚPRAVA SMĚNNOSTI OBSLUHY MYCÍHO, KONTROLNÍ A BALÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	81
8.3.1	Simulace úpravy směn	82
8.3.2	Zhodnocení modelu s upravenou směnností	83
8.4	ZMĚNA ORGANIZACE PRÁCE ZAMĚSTNANCŮ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	83

8.4.1	Simulace organizační změny.....	86
8.4.2	Zhodnocení modelu s organizační změnou na pracovišti obráběcích strojů.....	87
9	ZHODNOCENÍ PROJEKTU	88
9.1	PŘÍNOSY NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ.....	88
9.2	ÚSPORY, NÁKLADY A NÁVRATNOST NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ	89
9.2.1	Rozdělovač polotovarů automatické strojní kontroly	89
9.2.2	Zvýšení produktivity mycího zařízení	90
9.2.3	Změna směnnosti obsluhy mycího zařízení, automatické kontroly a balícího stroje	91
9.2.4	Změna organizace pracovníků obráběcích zařízení	92
	ZÁVĚR	93
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	94
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	96
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK.....	100
	SEZNAM PŘÍLOH.....	101

ÚVOD

Ve zvolené společnosti tvoří vybraný provoz jednu část výroby, která se zabývá výrobou náhradních dílů pro tepelnou řezací techniku. V poslední době management společnosti zaznamenal snížení výstupu jednotlivých pracovišť, neplnění plánu a snížení celkové efektivity výrobního procesu. Také je brán ohled na celkovou organizaci zaměstnanců a jejich efektivitu na všech pracovištích provozu. Proto vznikla práce na tomto projektu, která se zabývá zefektivněním vybraného provozu. Postupným pozorováním, měřením, analýzou dat a simulací je popsán celkový stav a následně vytvořeny návrhy, ověřené počítačovou simulací, které vedou ke zlepšení současného stavu.

Práce si klade za cíl přednostně zvýšit efektivitu jednotlivých pracovišť, ale také snížit množství rozpracované výroby na pracovišti a snížit náklady výrobního procesu lepší organizací pracovníků. Pro dosažení těchto cílů, je práce rozdělena na dvě části, které na sebe systematicky navazují. První část práce je teoretická, kde je zpracována odborná literatura, která popisuje teoretické poznatky ze zkoumané problematiky. Jako první je v teoretické části popsáno průmyslové inženýrství jako obor, který řeší stejné nebo podobné cíle jako je cíl této práce. Je také uvedena definice průmyslového inženýrství a jeho vývoj v čase včetně role průmyslového inženýra ve firmách. Dále je pozornost věnována teoretickým poznatkům, které jsou nutností pro vypracování analytické a projektové části. Jsou vysvětleny pojmy jako štihlá výroba, logistika, nebo počítačové simulace. Počítačovým simulacím je věnován značný prostor, neboť jsou v této práci často využívány.

Druhou část práce tvoří praktická část, která se dělí na analytickou a projektovou. Analytická část popisuje současný stav firmy obecně, ale se zaměřením na vybraný provoz. Výsledky analýz a simulace současného stavu odhalují zásadní problematická místa a možnosti jejich řešení, které detailně vysvětluje projektová část. Ta nejprve definuje projekt a poté se orientuje na popis jednotlivých návrhů, které jsou východiskem pro identifikované problémy z předchozích analýz. Nastiňuje úpravu strojního zařízení, které je úzkým místem, změnu organizace zaměstnanců, zvýšení efektivity zařízení, ale také snížení nákladů na výrobu ve vybraném provozu. V závěru práce je provedeno zhodnocení projektu.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je zefektivnit výrobní proces vybraného provozu ve zvolené společnosti. Firma chce dosáhnout pomocí jednotlivých opatření lepšího využití úzkého místa, což je také projektovým cílem této práce. Práce je rozdělena do tří částí, které na sebe logicky navazují a doplňují se.

V první části práce je zpracována literatura, která má za úkol teoreticky vysvětlit vybranou problematiku, přičemž je využito názorů a poznatků českých a zahraničních odborníků. Byly využity jak tištěné, tak i elektronické zdroje literatury. V teoretické části práce je postupováno od základních charakteristik průmyslového inženýrství, až po jednotlivé metody a nástroje, které jsou aplikovány v praktické části práce.

Analytická část práce obsahuje charakteristiku společnosti včetně ekonomické situace podniku. V této části jsou využity mimo analytické metody také empirické metody vědecké práce, a to konkrétně pozorování, dotazování a měření. Na základě pozorování jsou získána data, která popisují výrobní proces daného provozu. K analýze současného stavu výroby je využito vývojového diagramu, foto analýzy, analýzy interních dokumentů a dat z podnikového informačního systému. Pro analýzu současného stavu je také využit simulační software, pro vytvoření počítačové simulace současného stavu výroby. Tento model využívá data získaná z podnikového informačního systému, která jsou upravena v tabulkovém kalkulátoru, interních dokumentů - zejména layoutu a také z osobních poznatků. Pro mapování pohybu zaměstnanců a jejich četnosti bude využit Sankey diagram.

Na základě výsledků analýzy současného stavu budou navržena řešení, která budou nasimulována počítačovou simulací pro kvantifikaci jejich přínosu. Následně, je definován projekt na zefektivnění výroby i s jeho dílčími cíli. V projektové části je vytvořen logický rámec, použita riziková analýza RIPRAN a harmonogram projektu, kterým je řízena časová stránka projektu. Návrhy na řešení, opírající se o výsledky simulačního modelu a využití teorie TOC, jsou vytvořeny pomocí brainstormingu s kompetentními pracovníky společnosti a konzultacemi s experty v daném oboru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Současná definice průmyslového inženýrství říká, že „je to interdisciplinární obor, který se zabývá projektováním, zaváděním a zlepšováním integrovaných systémů lidí, strojů, materiálů a energií s cílem dosáhnout co nejvyšší produktivity. Pro tento účel využívá speciální znalosti z matematiky, fyziky, sociálních věd i managementu, aby je společně s inženýrskými metodami dále využilo pro specifikaci a hodnocení výsledků dosažených těmito systémy“.

(Mašín a Vytlačil, 2000, str. 81)

Průmyslové inženýrství je pojem pro zlepšení efektivity výroby. Je hnací silou, která přináší úspěch v sériové výrobě. Je to koncept, který byl poprvé koncipovaný s cílem umožnit zlepšení efektivity výroby. Průmyslové inženýrství bylo převzato Henry Fordem na výrobu modelu T, a bylo východiskem bodem růstu automobilového průmyslu. Lze také říci, že PI je technologie, která kombinuje specifické výrobní techniky a technologie výrobků, nebo že synchronizuje řízení zdrojů.

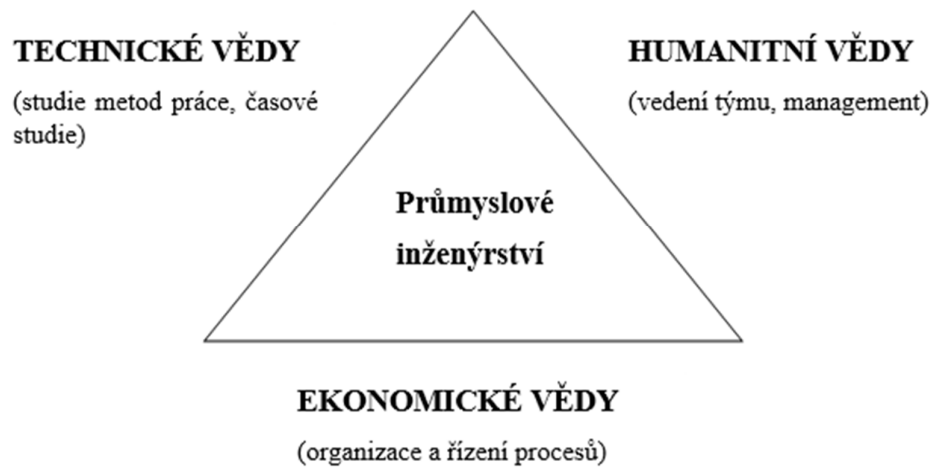
(Poláková a Bobák, 2013, s.15)

Průmyslové inženýrství může být také popsáno jako kombinace technických oborů s principy vědeckého řízení. Klade také velký důraz na porozumění pracovníkům a jejich potřebám s cílem zvýšit produkci a zlepšit činnost údržby. Definice Susan Blake, americké průmyslové inženýrky z roku 2011 zní: „*Průmyslové inženýrství koordinuje systémy společně s menším plýtváním, lepší kvalitou a méně surovinami*“.

(Badiru, 2014, s.4)

Průmyslové inženýrství hledá cesty, jak eliminovat ztráty ve výrobních a administrativních procesech. Klíčovou oblastí zájmu průmyslových inženýrů, procesních inženýrů, supervzorů, mistrů a ředitelů výrobních útvarů a dílenských provozů dnes je, jak co nejlépe eliminovat plýtvání ve výrobních procesech a jak nastavit co nejlépe vzájemné vazby mezi výrobními a administrativními procesy, které se vzájemně ovlivňují a doplňují. Neustále se zabýváme otázkou, jak nastartovat lidi ve firmě, organizaci práce k neustálému zlepšování a hledání inovačních řešení. Klíčovou podstatou v dnešní době je identifikace přidané hodnoty, která je každodenně produkována ve firmě lidmi, stroji, procesy a která je předmětem zájmu zákazníka o naše produkty a služby.

(Chromjaková, 2013, str. 4)



Obrázek 1 *Trojdimenzionální rozměr průmyslového inženýrství* (Chromjaková, 2013, str.6)

1.1 Historie průmyslového inženýrství

Termín „průmyslové inženýrství“ je překladem anglického termínu „Industrial engineering“, který se pro označení tohoto nejmladšího inženýrského oboru začal využívat v jeho kolébce-USA (v Evropě se někdy používá termín „management service“).

(Mašín a Vytlačil, 2000, str. 79)

Od dob prvních průkopníků průmyslového inženýrství uplynulo již sto let. Za jedno století jej akceptovaly všechny vyspělé průmyslové země jako hlavní obor potřebný pro růst produktivity. Přestože se v základních principech uplatnění PI v jednotlivých zemích neliší, lze najít i určité odlišnosti a možnost identifikovat na tři základní „školy“:

- Americkou
- Německou
- Japonskou

Každá z nich obsahuje vedle „zlatého fondu“ i určité směry, na které se někdy ku prospěchu, někdy možná naopak, více orientuje. (Mašín a Vytlačil, 2000, str. 80)

Historický vývoj průmyslového inženýrství byl provázen zejména klíčovým vlivem Fredericka Winslowa Taylora v letech 1858-1915, který nastínil základní pravidla vědeckého přístupu k růstu výkonnosti podniku. Ve své strategii se orientoval primárně na růst pro-

duktivity dělníků, propojených s vysokou efektivností i dalších navazujících pracovních pozicí ve svých závodech. Jeho strategie vždy sledovala dva klíčové parametry ve vazbě na produktivitu: produktivitu člověka a produktivitu stroje. Uvědomoval si, že největším nebezpečím ve vztahu k vyprodukované kvantitě je oblast dosahování kvalitního výkonu na každém i sebemenším pracovním místě a pracovní pozici. Jeho heslem bylo „nejdřív vytvoř fungující systém, který bude produkovat produktivitu a pak zvyšuj kvantitu a kvalitu“.

Vznik Průmyslového inženýrství lze tedy odvíjet od dob Frederika W. Taylora, který je považovaný za jeho zakladatele, dalšími významnými osobnostmi byly v čase průmyslové revoluce Adam Smith, Thomas Malthus, David Ricardi nebo John STR. Mill. Všichni se věnovali oblastem zvyšování výkonnosti výrobních systémů s důrazem na rozvíjení problematiky produktivity výrobních a administračních činností.

(Chromjaková, 2013, str.4)

Významný vliv na rozvoj průmyslového inženýrství měli Frank B. Gilbreth a Lilian M. Gilbreth, kteří zkoumali povahu práce, znalosti člověka a propojovali je s pohybovými studii práce a časovými studii. Díky velice dobré znalosti psychologie člověka pochopili jeho chování se na pracovišti a tomu podřídili metody zvyšování jeho produktivity. Právě oni jsou primárními autory dělení práce na produktivní a neproduktivní složku výkonu.

Za hlavní reprezentanty historie průmyslového inženýrství lze označit:

- F.W. Taylor – základy časových studií
- F. Filbreth – věnoval se oblasti pohybových studií na pracovišti
- Gantt - optimalizace procesu plánování a rozvrhování projektů
- Hopf – bezpečnost práce
- Lilian Gilbreth – průkopník v oblasti sledování člověka, působení pracovníka v pracovním systému a řízení růstu pracovníka
- Emerson – oblast řízení kvality produktu a procesu, jeho úsilí bylo zaměřeno do oblasti efektivního řízení kvality procesů a produktů

(Chromjaková, 2013, str.5)

1.2 Průmyslový inženýr

Průmyslový inženýr upozorňuje ostatní inženýrské profese, že existuje něco jako obchodní realita. Pomáhá překonávat častou mezeru mezi manažery a liniovými pracovníky. Je tím, kdo říká technikovi, že zakoupení drahého stroje posledního typu nemusí znamenat ještě podstatné zvýšení produktivity, kterou lze zvýšit i konvenčními stroji.

Průmyslový inženýr je také svým způsobem tlumočnick. Specializovaný odborník s ním může diskutovat o tom, co zamýšlí, přičemž už sám nemusí být schopen předložit a úspěšně obhájit tuto myšlenku před technicky nevzdělaným manažerem.

(Mašín a Vytlačil, 2000, str. 84)

Každý průmyslový inženýr by měl disponovat podstatnými znalostmi z oblasti fyziky, chemie, výrobních technologií, elektroniky, počítačem řízené výroby nebo ergonomiky a fyziologie. Neméně podstatnými znalostmi, a především dovednostmi jsou profesionální interpersonální komunikace, motivace a vedení lidí propojená s optimálními moderačními, prezentačními a komunikačními dovednostmi. Má-li průmyslový inženýr úspěšně vést projekty kontinuálního zlepšování, měl by být diplomat, akceptovaná osobnost, týmový hráč.

(Chromjaková, 2013, str.10)

Za klíčové znalosti průmyslového inženýra lze označit:

- Plánování a řízení projektů
- Plánování a organizování výroby
- Technická a technologická příprava výroby
- Organizace materiálových a informačních toků
- Řízení produktivity procesů
- Analýza a měření práce
- Vývoj a implementace nových výrobních konceptů
- Strategické plánování
- Flexibilní řízení změn
- Finanční management

(Chromjaková, 2013, str.10)

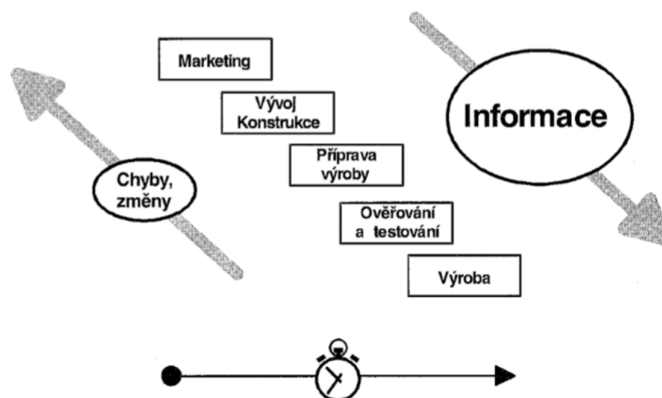
1.3 Členění metod průmyslového inženýrství

V dnešní turbulentní době je však potenciálem pro růst produktivity moderní průmyslové inženýrství. To vychází z praxe světových firem a převážně z výrobního systému Toyoty, kde se tyto metody začaly uplatňovat nejdříve. V podnicích světové třídy se můžeme setkat např. s následujícími programy PI: (Tuček a Bobák, 2006, str.106)

1.3.1 Simultánní inženýrství

Dramatické snižování doby životního cyklu výrobků, který je již někdy kratší než doba vývoje (zejména v oblasti elektrotechniky a spotřebního zboží), bylo impulsem k tomu, že firmy hledaly a koncipovaly nové strategie v oblasti vývoje a zavádění nových produktů na trh. Tyto nové směry se posléze začaly označovat jako simultánní inženýrství (zejména v Evropě – simultaneous engineering) nebo souběžné či paralelní inženýrství (v USA – concurrent engineering), případně i jinými názvy (concurrent design, integrated product development, team design apod.).

Simultánní inženýrství bychom mohli definovat jako systémový integrovaný přístup k simultánnímu vývoji výrobku a s ním spojených procesů včetně výroby. Je ho nutné chápat jako integraci všech zdrojů potřebných pro vývoj výrobků včetně lidí, nástrojů techniky a informací. Protože zahájení jednotlivých fází není závislé na úplném dokončení prací v předchozí fázi, je možné využít překrývání jednotlivých fází v čase, které vede k simultánnímu průběhu prací a kompresi doby potřebné pro vývoj a zavedení nového výrobku na trh. (Mašín a Vytlačil, 2000, str. 283)



Obrázek 2 Časová komprese u simultánního inženýrství (Mašín a Vytlačil, 2000, str. 283)

Cílem této organizační strategie je současně vyvíjet výrobek a navrhovat výrobní proces nebo systém tak, aby byla dosažena vyšší úroveň kvality při nižších nákladech a celkový čas pro zavedení inovace byl co nejkratší.

(Tuček a Bobák, 2006, str.288)

Zásady simultánního inženýrství:

- Oblast vývoje a výroby v podniku jsou řízené společně
- Spolupráce s dodavateli
- Vyžadují se nové formy organizace práce

(Tuček a Bobák, 2006, str.289)

1.3.2 Poka - Yoke

Je japonské slovo pro označení mechanických nebo elektronických prostředků umožňujících identifikaci chyb v místě jejich odstranění dříve než se transformují na vady.

Poka – Yoke má tři základní funkce:

- zastavení stroje nebo procesu
- kontrolu
- varovné signály

(Tuček a Bobák, 2006, str.125)

Poka - Yoke vyhledává možnou lidskou chybu, blokuje proces a umožňuje její odstranění v rámci zpětné vazby. Z hlediska naplňování programu eliminujícího chyby jde tedy o jakýsi „hardware“.

Koncepce systému poka - yoke existuje v různých formách již desítky let, ale byl to významný průmyslový inženýr Shigeo Shingo, který rozvinul myšlenku zabránění vadám do podoby průmyslově aplikovatelné.

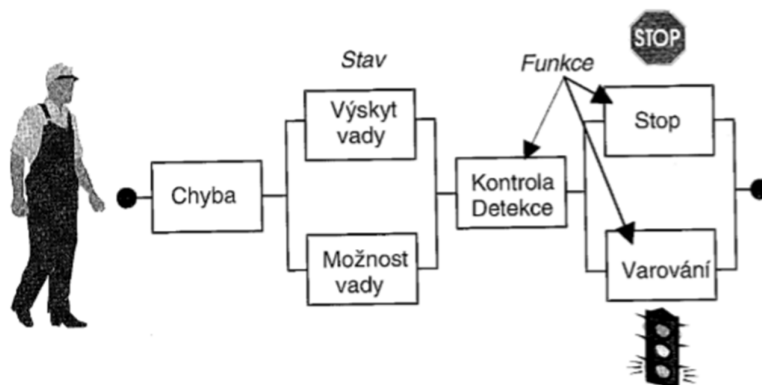
Prostředky poka-yoke napomáhají tomu, abychom se vyhnuli defektům a vadám. Je proto nutné je chápat jako významné prostředky pro „zabudování“ jakosti do procesů.

Mezi prostředky poka – yoke patří:

1. vodící kolíky různých průměrů
2. „chybová“ světla
3. spínače

4. počítačidla
5. kontrolní listy (checklisty)

(Mašín a Vytlačil, 2000, str. 257-259)



Obrázek 3 *Funkce systému Poka-yoke* (Mašín a Vytlačil, 2000, str. 258)

1.3.3 TPM

TPM se orientuje na precizní a detailní implementaci všech opatření, zaměřených na předcházení poruchám a efektivní odstraňování poruch. Na tomto místě je nutné říct, že předmětem jeho zájmu nejsou striktně jenom výrobní zařízení, stejnou mírou si nárokují systém totálně produktivní údržby i technologie, používané v administrativních, podpůrných či obslužných procesech.

System totálně produktivní údržby je upraven v praxi řadou technických norem a podnikových nařízení. Cílem TPM je maximalizovat efektivnost a výkonnost podnikových strojů a zařízení. Toho lze dosáhnout produktivní údržbou, tedy stabilizací a kontinuálním zlepšováním procesů údržby, jednak ve formě plánované preventivní údržby, úsilím o optimální využívání strategie nulové chyby a systematickým odbouráváním věcných zdrojů ztrát v oblasti údržby. Z praxe dobře víme, že náklady na údržbu jsou položkou, kterou se daří snižovat velice pomalu, a i to za cenu obrovského úsilí na straně realizátorů procesů údržby. (Chromjaková, Rajnoha, 2011, str. 83-85)

Totálně produktivní údržba je soubor aktivit vedoucích k provozování strojního parku v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který udržení těchto podmínek zajišťuje.

Hlavní **přínosy** této metody jsou:

- Aktivity vedoucí k maximálnímu vytížení zařízení
- Autonomní údržba operátory
- Podpora aktivit výrobních systémů

Základní **pilíře** TPM:

- Měření efektivního využívání strojů (CEZ nebo OEE - celková efektivnost zařízení) a jeho maximalizace.
- Realizace systému autonomní údržby.
- Systém plánované údržby.
- Trénink a vzdělávání operátorů a údržbářů,
- Systém zlepšování stavu strojů a včasného uvedení nových strojů do provozu

(Tuček a Bobák, 2006, str.278-280)



Obrázek 4 *Cíle TPM* (Tuček a Bobák, 2006, str.281)

2 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Pojem „lean“, neboli v překladu „štíhlý“ je založen na předpokladu, že všechny činnosti firmy, které nepřidávají hodnotu pro zákazníka, jsou plýtváním a musí být, proto v maximálně možné míře eliminovány. Hlavní myšlenkou štíhlého řízení v podniku je zbavit se všeho přebytečného. Podniky, které chtějí být štíhlé, musí usilovat o eliminaci zbytečných nákladů (neproduktivních procesů), za které zákazníci nebudou ochotni zaplatit. (Chromjaková, 2013, str.33)

Jde o komplexní systém, orientovaný především na změnu myšlení v oblasti řízení a organizace výrobních konceptů, které jsou realizovány na podnět lidí – manažerů a s podporou technologického vybavení. Cílem je dosáhnout efektivně řízený postup optimalizace výrobních procesů, a s tím souvisejících operací na báze uvědomování si reálných potenciálů v oblasti zvyšování podílu produktivních složek, tvořících přidanou hodnotu a efektivnosti podnikových procesů.

Koncept štíhlé výroby je proces, který využívá mimo jiné následující klíčové principy pro tvorbu produktů/výrobních:

- výroba na objednávku
- just in time
- rychlé přetypování
- buňková výroba
- vizuální management
- statistická kontrola procesů
- malé velikosti výrobních dávek
- plynulý tok materiálu a informací ve výrobě

Je několik způsobů, jak se dopracovat k implementaci konceptu štíhlé výroby a následně i štíhlého podniku, všechny sledují čtyři klíčové principy:

1. JIT (Just In Time)
2. Total Quality Control
3. Totálně preventivní údržba
4. Počítačem podporovaná výroba

(Chromjaková, Rajnoha, 2011, str. 44-45)

Technologie Lean Production je motivovaná snahou přenést některé činnosti a problémy mimo vlastní výrobní procesy a řešit je ve spolupráci s dodavateli, resp. řešení některých problémů posunout přímo na dodavatele. Zdokonalená verze uplatnění principů Lean Production dokonce využívá podněty a požadavky odběratelů.

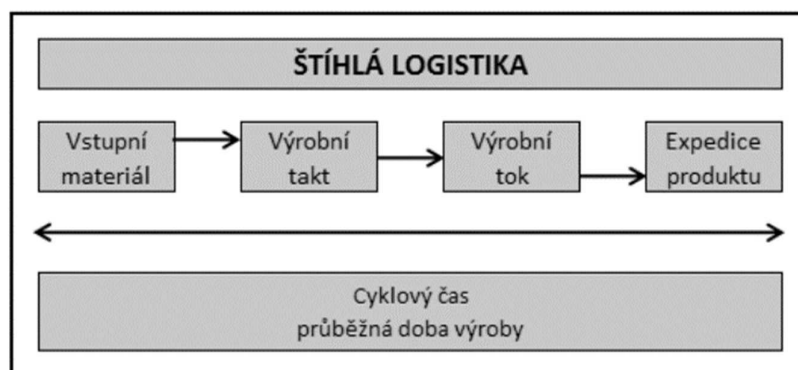
Výsledkem těchto snah je přísné zeštíhlení všude tam, kde je to možné

- redukce složitosti výrobků a výroby (přenesení části vývojových a výrobních činností na dodavatele)
- zmenšení a odstraňování mezioperačních zásobníků a skladů
- zjednodušení výrobních procesů, materiálových a informačních toků

(Poláková a Bobák, 2013, str. 31-32)

2.1 Štíhlá logistika

Pod pojmem „štíhlá logistika“ chápeme synchronizované, dle tahového nebo tlakového schématu „vytaktované“ logistické procesy vně i mimo výrobního provozu, které jsou doplněny stabilními logistickými činnostmi. Základním principem je dosažení zákazníkem požadované průběžné doby výroby. Od té se přímo odvíjí požadované cyklové časy zásobování pracovišť a rovněž expedice hotové produkce z pracovišť. Základem je standardizace pracovních operací, dle které lze modelovat logistický layout.



Obrázek 5 *Koncept štíhlé logistiky* (Chromjaková, 2013, str. 50)

V oblasti štíhlé logistiky identifikujeme v návaznosti na implementaci konceptu Průmysl 4.0 jako stěžejní automatizaci procesů objednávání, vychystávání, materiálu a nastavení flexibilního výrobního toku zásob, produktů, výrobních zdrojů (technologie, lidi) a infor-

mací. Z hlediska produktivity digitálně řízených logistických procesů je důležité zaměřit pozornost dále na:

- Komunikační platformy „zákazník-výrobce-dodavatel“
- Identifikovat a budovat logistické digitální sítě komunikující přes cloudové technologie s logistickými providery v globálním rozměru
- Řídit on-line monitoringem logistických a navazujících výrobních procesů optimalizaci pracovního kapitálu
- Nastavit mechanismus JIS/JIT dodávek vstupních materiálů a návazně i expedice hotových výrobků zákazníkům

(Chromjaková, Tuček a Bobák, 2017, s.40)

2.2 TOC

Základní myšlenky TOC byly definovány v knize E. Goldratta -The Goal a prvotně se zaměřují na oblast úzkých míst ve výrobních systémech, které zde nabývají formy nedosta-
tečných kapacit.

Základním principem TOC, který vychází z hlavního cíle podniku je vydělávání peněz nyní i v budoucnosti. Při rozhodování je účelné porovnat a vyhodnotit jakým způsobem a do jaké míry pomůže konkrétní rozhodnutí(činnost) či její výstup tomuto hlavnímu cíli podniku.

(Tuček a Bobák, 2006, str.90-91)

Metoda TOC se snaží o maximalizaci průtoků úzkým místem. Optimalizaci průtoků nekri-
tickými místy není věnována taková pozornost stejně jako problematice vyvažování kapa-
cit. Zásady TOC, resp. postup, jak pracovat s omezením je možné definovat **v pěti bodech:**

- identifikace omezení systému(podniku),
- maximální využití daného omezení,
- podřízení všeho v podniku tomuto omezení,
- odstranění omezení,
- po odstranění omezení návrat na bod první.

Těchto pět kroků TOC **se doplňují o kroky:**

- „krok 0“: stanovení cíle systému (s jejich typickými vlastnostmi)
- „krok 0,5“: způsob měření pokroku směrem k dosažení cíle.

Čímž zdůrazníme vzájemnou souvislost mezi hledáním omezení a jeho vazbou na definovaný cíl. (Tuček a Bobák, 2006, str.94)

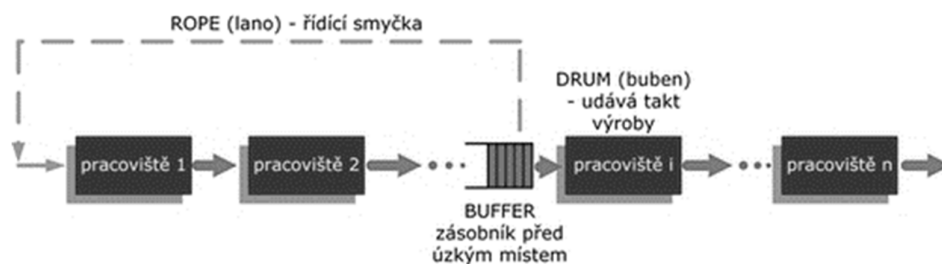
2.2.1 Drum – Buffer - Rope

DBR je založeno na regulaci vstupu výrobních úloh do výrobního systému podle průběhu činností na úzkých místech. Úzké místo udává tempo celému výrobnímu systému (bubnuje). Prostřednictvím „lana“ je úzké místo provázáno se vstupem materiálu do výrobního systému. Když by některý ze zdrojů před úzkým místem vypadl, výkonnost úzkého místa by mohla být ohrožena. Proto jsou kritické zdroje chráněny pomocí časového zásobníku. (API, © 2020)

Primárním cílem časového zásobníku je ochránit plánovaný termín ukončení výrobní úlohy od typických problémů ve výrobě (poruchy...). V DBR se setkáváme s následujícími druhy časových zásobníků:

- expediční zásobník-chrání termín odvedení zakázky
- zásobník před úzkým místem-ochraňuje úzké místo
- montážní zásobník-zabezpečuje, aby na montážním pracovišti, do kterého vstupuje komponent z úzkého místa, byly v předstihu připraveny všechny ostatní komponenty.

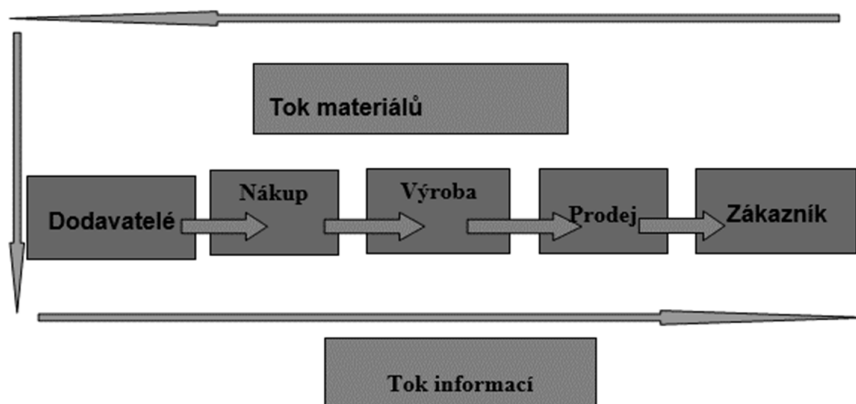
Velikost časového zásobníku odpovídá teoretické průběžné době výroby, plus čas nedostupnosti zdrojů. (API, © 2020)



Obrázek 6 Drum-Buffer-Rope (API, © 2020)

3 LOGISTIKA

Logistikou z hlediska výrobního podniku rozumíme systémové plánování, synchronizaci, řízení, realizaci a kontrolu vnějšího a vnitřního materiálového toku a s ním spojeného informačního toku s cílem zabezpečení optimálního průběhu výrobního procesu. Je zaměřena na uspokojování potřeb zákazníka jako na konečný efekt a toho se snaží dosáhnout s co největší pružností, přesností a hospodárností. (Dupal, 2018, s.14)



Obrázek 7 *Logistický řetězec* (Bobák, 1999, s.13)

Často se uvádí také dělení na výrobní, obchodní a dopravní logistiku. Výrobní logistika se zaměřuje na usměrňování všech logistických procesů v oblasti zájmu výrobního podniku. Sem spadá zásobovací logistika a vlastní výrobní logistika. Celkově jde tedy o nákup materiálů a polotovarů a řízení toku materiálu podnikem. Obchodní logistika se zaměřuje na řízení pohybu zboží od výroby k zákazníkovi-tedy odbytu a doprava zboží. Dopravní logistika je zaměřena na přemístění zboží mimo vlastní výrobní obchodní organizace – většinou prostřednictvím outsourcingové firmy. (Čujan a Málek, 2008, s. 6)

3.1 Výrobní logistika

Je další částí komplexního logistického řetězce a má přímý vliv na produkci přidané hodnoty pro zákazníka. Jde o soubor činností, jejichž účelem je zvýšení produktivity, snížení nákladů na objem zásob ve výrobních procesech a optimalizace všech procesů, podléjících se na realizaci komplexního výrobního programu. Za hlavní činnosti lze považovat: optimalizaci toků ve výrobě a ve skladech, minimalizaci potřebných ploch pro skladování,

eliminaci návratných zásob z titulu nesprávného odhadu dodávky příslušným pracovištěm, optimální vychystávání a ukládání zásob v meziskladech.

(Chromjaková, Rajnoha, 2011, str. 88)

3.1.1 Cíle výrobní logistiky

Cíle výrobní logistiky lze shrnout do následujících bodů:

- Optimalizace materiálových a výrobních toků,
- Maximální využití výrobních prostorů a ploch,
- Dosažení vysoké pružnosti při využití budov, staveb a zařízení,
- Vytvoření vhodných podmínek pro pracovní sílu

(Čujan a Málek, 2008, s. 101)

3.2 Systém tahu a tlaku

3.2.1 Systém tlaku

Ve většině dnešních výrobních podniků probíhá neregulovaná výroba (push production). Každý proces produkuje tolik jednotek, kolik dokáže a posílá je do dalšího procesu, ať už je tento proces potřebuje nebo ne.

(Imai, 2005, s. 141)

V tradičním podniku jsou výrobky transportovány (tlačeny) v kompetenci předřazeného procesu do procesu následného. V těchto případech potom následné procesy často slouží jako mezisklady, které jsou sice zavaleny celou řadou dílů, ale velmi často chybí právě ty díly, které následný proces bezprostředně potřebuje. To je produktově orientovaná výrobní filozofie, která má za následek nadvýrobu nebo zpoždění v dodávkách. Abychom se vyhnuli zpoždění, zásoby se hromadí ve skladištích a na každé kritické procesní křižovatce. Úzká místa se objevují tam, kde následující procesy nedrží krok s předcházející výrobou, a tlak na výrobu vzniká spíše v důsledku předcházející nadvýroby než na základě požadavků trhu.

(Mašín a Vytlačil, 2000, str. 264)

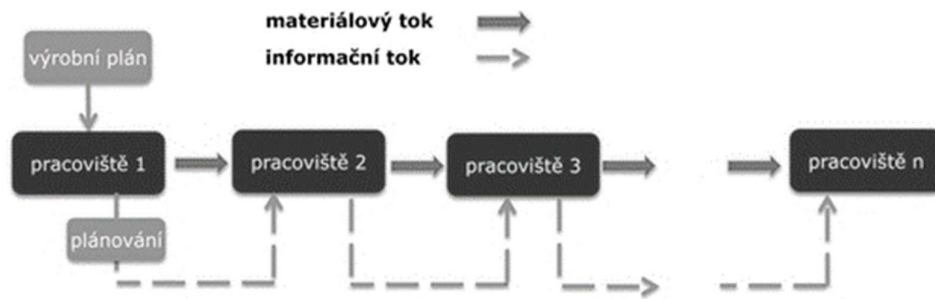
Výhody tlačných systémů

- vytvoření spolehlivé databáze
- zavedení pořádku do technického normování
- vytvoření zpětné vazby plán-skutečnost

Nevýhody tlačných systémů

- časová a finanční náročnost zavedení
- nepřizpůsobivost specifickým podmínkám
- podpora rozhodování je nedostatečná

(Tuček a Bobák, 2006, str.213)



Obrázek 8 Tlačný systém (API, © 2020)

3.2.2 Systém tahu

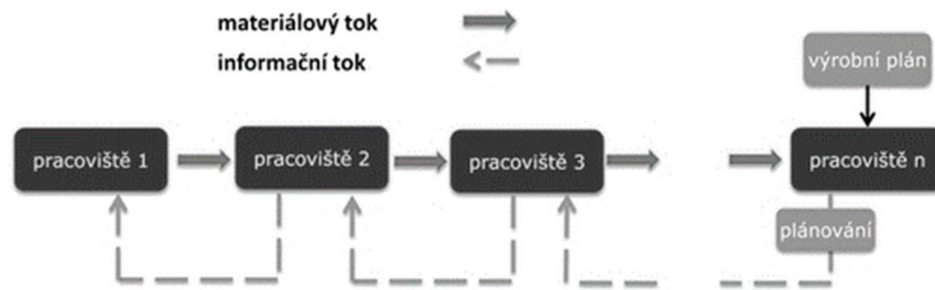
Principy tahu v rámci Lean říkají, že máte dovolit cílovému „zákazníkovi“, aby svou poptávkou diktoval, kdy má být předmět dodán, doplněn do skladu, aby byl vyroben tehdy, kdy je požadován. Příkladem jsou například evidenční systémy obchodu, které sledují, jak se zboží prodává, a v okamžiku, kdy zásoba klesne na kritickou hodnotu, jež je v systému nastavena podle zkušeností provozovatele, systém vydá svému správci signál s požadavkem na doplnění určité položky.

Systému tahu se v angličtině nazývá pull, ale průmyslovému světu ho představili japonští výrobci pod názvem **Kanban**. Slovo Kanban lze volně přeložit jako „karta“.

(Svozilová, 2011, s. 38-39)

V systému tahu spouští výrobu a odběr zásob zákazník. Systém tahu je vyvolán externím zákazníkem a výroba je spuštěna cestou zpět výrobním procesem následnou operací, nebo interním zákazníkem každé operace. Je to tržně orientovaný přístup k výrobě.

(Mašín, Vytlačil a Staněk, 1997, s.135)



Obrázek 9 Tažný systém (API, © 2020)

Cílem tahových systémů řízení je redukování nebo limitování nákladů spojených s celkovou potřebou zboží a materiálového toku ve společnosti. Tahové systémy směřují k dosažení následujícího:

- malá nebo omezená zásoba surovin a komponentů,
- dodavatel dodává 100% kvalitu (žádné zmetky),
- velmi malá a uvážlivě řízená vyrovnávací zásoba mezi následnými operacemi,
- co možná nejkratší lead time ve výrobě,
- malá, respektive žádná zásoba hotových výrobků.

(Tuček a Bobák, 2006, str.205)

3.2.3 Kanban

Jedná se o komunikační přístroj v sériové výrobě typu Just in time. Kanban neboli štítek je připojen ke specifické části výrobní linky, kde označuje dodávku určitého množství. Když jsou všechny tyto díly použity, stejný štítek se vrátí na původní místo, kde slouží jako objednávka na další díly.

(Imai, 2005, s.12)

Příprava celého výrobního systému k včlenění systému kanban musí zahrnovat plánování rovnoměrného sledu výrobků na konečné montážní lince, schéma rozvržení strojů, normování postupů a zkrácení časových ztrát při seřizování, změně výroby atd. Systém kanban je velmi mocným prostředkem pro zlepšení každého výrobního procesu.

(Mašín a Vytlačil, 2000, str.267)

3.3 Just in time

JIT je nejznámější logistickou technologií využívanou na počátku 80. let minulého století v USA a Japonsku a později přenesená do Evropy. Spočívá v uspokojování potřeby po určitém materiálu (dílcí, komponentu) ve výrobě nebo určitém polotovaru v distribučním

článku a jeho dodáním „právě včas“, to znamená v přesně dohodnutých a dodržovaných termínech podle potřeby odběratelského článku. Dodávají se malé množství, pokud možno v co nejpozdějším okamžiku, dodávky jsou velmi časté. (Dupal, 2018, s.80)

Primárními cíli JIT je minimalizovat zásoby, zlepši kvalitu výrobků, maximalizovat efektivnost výroby a poskytovat optimální úroveň zákaznického servisu. Přínosy vyplývající ze zavedení JIT jsou:

- zlepšení produktivity a vyšší úroveň řízení mezi různými úseky výroby
- snížení stavu surovin, zásob ve výrobě a zásob hotových výrobků
- zkrácení doby cyklu výroby
- výrazně zlepšení obrátky zásob.

Správná implementace JIT vyžaduje, aby podnik plně integroval všechny logistické činnosti. (Dupal, 2018, s.80)

Typickými výsledky implementace JIT v prostředí průmyslových podniků jsou:

- 50-90 % snížení zásob
- 15-40 % snížení nákladů na prodej
- 40-80 % snížení času změn
- 30-60 % zmenšení ploch
- 50-90 % zvýšení jakosti

(Mašín a Vytlačil, 2000, str.265)

4 POČÍTAČOVÉ SIMULACE

Simulace je reprodukcí reálného systému a jeho dynamických procesů v modelu. Cílem je nalezení přenosných zjištění pro realitu. V širším slova smyslu simulace znamená přípravu, implementaci a vyhodnocování specifických experimentů za použití simulačního modelu.

(Bangsow, 2015, s.2)

Počítačové simulace tak velmi účinně vyplňují mezeru mezi teorií a experimentem. Teoretické podklady založené na jednoduchých modelech mohou být použity pro složitější systémy namodelované pomocí počítačových simulací.

(Nemanjic a Svetozar, 2013, s. 100-101)

Projektování výrobního systému zahrnuje 3D simulaci toku produktu, materiálů, informací a nastavení klíčových parametrů výrobního procesu. V prostředí konceptu Průmyslu 4.0 jde o primárně o nastavení a funkční databáze reálných dat o výrobě pro simulaci fyzikálního světa ve virtuálním modelu, který zahrnuje stroje, výrobky a člověka. To umožňuje operátorovi testovat a optimalizovat nastavení strojní technologie pro danou výrobní linku ve virtuálním světě ještě před fyzickým přetypováním a nastavením výrobního zařízení do požadovaného stavu.

(Chromjaková, Tuček, Bobák, 2017, s. 9-10)

Simulační model

Model je zjednodušená replika plánovaného nebo reálného systému s jeho procesy v dalším systému. Od originálu se liší v důležitých vlastnostech jen ve specifikovaných tolerancích.

(Bangsow, 2015, s.2)

4.1 Výhody počítačové simulace

Počítačové modelování má mnoho výhod, v následujících kapitolách jsou uvedeny ty nejpodstatnější.

4.1.1 Experimentování nenáročné na čas

Díky tomu, že model je simulován na počítači, experimentální simulace může být provedena v kratším čase než v reálném. Tato výhoda je zásadní, protože některé procesy mohou trvat měsíce nebo roky. S využitím počítačového modelu, činnost nebo interakce zdlouha-

vého procesu, může být simulována během pár sekund. Také možnost opakování simulace zvyšuje statistickou spolehlivost analýzy. (Chung, 2004, s. 3-5)

4.1.2 Snížení analytických požadavků

Před existencí počítačových simulací, museli praktikanti využívat více analytických metod. Více náročné systémy byly doménou výlučně matematiků, kteří systémy zkoumali pomocí různých analytických a výzkumných metod. Systémy byly navíc možno analyzovat pouze staticky v určeném čase místo dynamického analyzování, jak je tomu možné dnes díky počítačovým simulacím. Simulační programy tak umožnily analyzovat systémy bez rozsáhlých výpočtů a programátorských znalostí. Vývoj simulačních softwarů výrazně rozšířil pole působnosti počítačových modelů. (Chung, 2004, s. 3-5)

4.1.3 Snadno prezentovatelné modely

Většina moderních simulačních softwarů nabízí možnost dynamických animací. Tento fakt umožňuje prezentovat výsledky modelu nebo jen sledovat průběh simulačního modelu. Při běhu simulace lze také simulaci upravovat(dolaďovat) pro co největší věrohodnost modelu. Grafické (i číselné) vyjádření výsledků je pro účastníky dobře pochopitelné oproti samotným číslům, které, by nemusely být potřebně pochopeny. (Chung, 2004, s. 3-5)

4.2 Nevýhody počítačové simulace

Přestože simulace mají mnoho výhod, mají také nevýhody. Nevýhody nejsou přímo spojeny s modelováním nebo analýzou systému ale s očekáváními ze simulačních projektů.

4.2.1 Nepřesná vstupní data

I sebelepší model neposkytne přesná výstupní data, pokud jsou vstupní data nepřesná. Velká část uživatelů věnuje spoustu času a úsilí do tvorby simulačního modelu, ale nevěnuje dostatečnou pozornost sběru dat, které jsou pro relevantní výsledky modelu klíčové. Nejednou došlo díky použití externě získaných historických údajů k selhání celého projektu.

(Chung, 2004, s. 3-5)

4.2.2 Simulace neposkytnou jasné odpovědi na komplexní problémy

Někteří analytici věří že simulace poskytnou jednoduché odpovědi na komplexní problémy. Ve skutečnosti nelze jednoduchým problémem vyřešit komplexní problém. Při řešení takto komplexních problémů je nutné vzít v úvahu každou část systému a vztahy mezi nimi. Je

možné systém více zjednodušit z důvodu časové úspory modelu ale není možné zanedbat klíčové úseky modelu (např. úzká místa). Při zjednodušování modelu klesá jeho přesnost.

(Chung, 2004, s. 3-5)

4.2.3 Samotná simulace problémy nevyřeší

Někteří analytici věří že řízením simulačního modelu a analýzou projektu vyřeší problém. Simulace sama problém nevyřeší. Simulace poskytne managementu potenciaální řešení problému. Řešení samotného problému je odpovědností členů managementu, resp. implementace požadovaných změn. Je dobré co nejvíce zapojit manažera a zájmové skupiny do projektu, protože se často stává, že potenciaální řešení jsou chybně implementovány nebo vůbec z důvodů firemních politických rozhodnutí.

(Chung, 2004, s. 3-5)

4.3 Postup tvorby simulačních modelů-simulační projekt

Simulační projekty, jejichž cílem je zlepšení podnikových procesů (vyšší produktivita, nižší náklady, vyšší spolehlivost), procházejí určitými, i když nikoliv pevně danými fázemi. Přeskočení nebo podcenění určité fáze projektu sice v některých případech opravdu může ušetřit čas a peníze, častějším výsledkem však bude celkové zdržení projektu a vyšší náklady. Různí autoři a také různé konzultační firmy používají a propagují různá dělení projektů na fáze, etapy či kroky, vesměs jde však o obsahově podobná schémata. Dělení projektu prezentované zde není rozhodně jediné možné a univerzálně použitelné, přesto může sloužit jako rozumný soubor doporučení pro realizaci úspěšného simulačního projektu. Simulační projekt má 8 fází:

(Dlouhý, 2007, s.11)

1. Rozpoznání problému a stanovení cílů.
2. Vytvoření konceptuálního modelu.
3. Sběr dat.
4. Tvorba simulačního modelu.
5. Verifikace a validizace modelu.
6. Provedení experimentů a analýza výsledků.
7. Dokumentace modelu.
8. Implementace.

(Dlouhý, 2007, s.11-12)

4.3.1 Typy simulačních modelů

Volba způsobu zachycení času v modelu je nejdůležitějším rozhodnutím při tvorbě simulačního modelu, neboť od pojetí času v modelu se odvíjí ostatní struktura modelu. Na základě zvolených časů rozlišujeme na:

- 1) **Model se spojitým časem** – v tomto modelu může mít čas jakékoliv hodnoty-lze například uvést příchod pacientů k lékaři, kdy chodí kdykoliv.
- 2) **Model s diskrétním časem** – je opakem spojitého a je vhodný pro modely, u kterých jsou data pozorována například měsíčně avšak ne kdykoliv. Jako příklad lze uvést vývoj národního hospodářství.

Modely lze rozdělit podle charakteru množiny hodnot stavových veličin na modely se spojitými nebo diskrétními změnami stavu. Zvolení varianta zachycení času a změny stavů v simulačním modelu určuje rovněž typ použitého matematického aparátu. Pro lepší představu jsou varianty uvedeny v tabulce (Tab. 1). (Dlouhý, 2007, s.13)

Stavové veličiny	Čas spojitý	Čas diskrétní
Množina hodnot stavů spojitá	Diferenciální rovnice	Diferenční rovnice
Množina hodnot stavů diskrétní	Simulace diskrétních událostí	Markovovy řetězce

Tabulka 1 Typy simulačních modelů (Dlouhý, 2007, s.13)

4.4 Simulační programy

Tvůrcům simulačních modelů se nabízejí následující alternativy programových prostředků umožňujících simulaci:

- 1) **Programovací jazyky** – Tyto jazyky jsou využívány málo z důvodu vysoké náročnosti na programátorské schopnosti uživatele. Výhodou obecného programovacího jazyka oproti simulačnímu je absolutní volnost ohledně tvorby vlastních struktur modelu.
- 2) **Simulační programovací jazyky** – Specifické požadavky na tvorbu simulačních modelů vedly ke vzniku na simulaci specializovaných programovacích jazyků. Tyto jazyky obsahují struktury umožňující uživatelům poměrně snadno a rychle vytvářet modely ve srovnání s opakovaným programováním.

- 3) **Ostatní jazyky a programy** – Pro určité typy simulačních modelů může být výhodné použít i jiné programové prostředky jako například matematické a technické výpočetní systémy, které mohou být navíc dále integrovány s dalšími produkty.

(Dlouhý, 2007, s. 57-58)

Příklady simulačních programů jsou uvedeny v (Tab. 2).

Programy pro diskrétní simulaci	ARENA
	WITNESS
	Tecnomatix Plant simulation
Programy pro spojitou simulaci	STELLA
	POWERSIM
Programy pro kombinovanou simulaci	ARENA
	EXTEND

Tabulka 2 Příklady simulačních programů (Dlouhý, 2007, s. 58-61)

4.5 Plant simulation

Software Plant simulation je efektivní nástroj pro dynamickou simulaci diskrétních událostí, který umožňuje optimalizaci výrobních systémů a procesů. Použitím tohoto SW lze optimalizovat materiálový tok, využití zdrojů a logistiku pro všechny úrovně výrobního plánování od mezinárodních výrobních zařízení přes lokální továrny až po specifické výrobní linky.

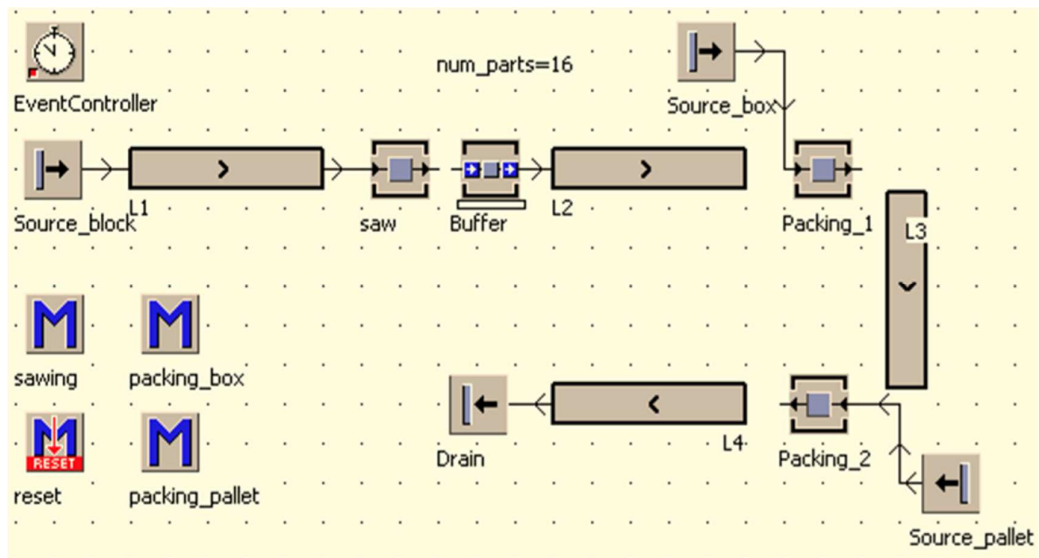
Plant simulation pomáhá vytvořit digitální modely logistických případně výrobních systémů pro zkoumání jejich charakteristik a k optimalizaci jejich výkonu. Digitální model umožňuje uživatelům provádět experimenty bez narušení existujícího výrobního systému nebo lze jej použít při procesu plánování před samotnou instalací systému. Tento SW obsahuje širokou paletu analytických, statistických nástrojů a tabulek které umožňují uživatelům vyhodnocovat různé výrobní scénáře a provádět rychlá, spolehlivá rozhodnutí v ranných fázích výrobního plánování. (Plant Simulation, © 2020)

Mezi přínosy Plant simulation patří:

- zvýšení produktivity stávajícího systému o 12-20%
- snížení investičních nákladů při plánování nového systému až o 20%
- snížení zásob a doby průchodu o 20-60%

- maximální využití výrobních strojů
- zkrácení náběhu výroby
- zkvalitnění projekce a konstrukce výrobních linek
- optimalizace velikosti systému včetně velikosti skladů

(Axiomtech, © 2020)



Obrázek 10 Příklad simulačního prostředí PS (Bangsow, 2015, s.174)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost se sídlem v Uherském Hradišti, je jedním z největších výrobců náhradových spotřebních a náhradních dílů pro techniku sloužící k plasmovému řezání a svařování. Výrobci, resp. trh zabývající se náhradovými originálními díly se nazývá „aftermarket“. Tomuto zařazení, které vyvolává asociaci s kopírováním se snaží firma předcházet svými výrobky které jsou velmi kvalitní a mohou tak konkurovat výrobkům od samotných originálních výrobců nebo je i překonat. (Interní materiály společnosti)

V České republice má firma dvě pracoviště – výrobní závod a zároveň vedení se nachází v Uherském Hradišti a obchodní oddělení v Šenově u Nového Jičína. Hlavním cílem celé společnosti je nabízet zákazníkům takové produkty, které jim umožní pracovat produktivněji, bezpečněji a úsporněji. Společnost se pravidelně zúčastňuje oborových veletrhů a výstav kde získává nové zákazníky pro své produkty. Společnost také vlastní svou laboratoř, kterou mimo jiné využívá ke školení zákazníků formou praktických ukázek.

(Interní materiály společnosti)

5.1 Historie společnosti a současnost

Skupina, do které spadá vybraná společnost byla založena v roce 1990 v americkém Claremontu ve státě New Hampshire. Společnost začínala se třemi zaměstnanci a zabývala se prodejem plazmových spotřebních dílů přes místní prodejce ke koncovým uživatelům.

V roce 1992 byla v Uherském Hradišti otevřena malá výrobní firma (vybraná společnost). V prvních pár letech byla produkce výhradně vyvážena do Spojených států Amerických. Důležitým milníkem pro společnost byl moment, kdy se většinový podíl společnosti prodal německé holdingové společnosti sídlící v Kolíně nad Rýnem. V roce 2002 byl prodán zbytek podílu, což pro vybranou společnost znamenalo místo v nadnárodní korporaci, ve které je firma nucena si vytvářet a udržovat své postavení a dosahovat dobrých výsledků.

(Interní materiály společnosti)

V průběhu let se vybraná společnost dále rozvíjela, stěhovala haly pro výrobu a expediční oddělení a prošla celou řadou změn. Aktuálně má společnost sídlo, ředitelství a výrobní oddělení je v Uherském Hradišti. Obchodní oddělení je umístěno v Šenově u Nového Jičína. (Interní materiály společnosti)

V roce 2012 došlo k akvizici, kdy vybrané společnost koupila německou společnost zabývající se výrobou špičkových spotřebních dílů na řezání laserem, s cílem uspokojit dlouho-trvající poptávku zákazníků po těchto vysoce kvalitních laserových dílech a dále rozšiřovala portfolio výrobků na plazmové a autogenní řezání.

V září 2013 na veletrhu SCHWEISSEN & Schneiden v Essenu vybraná společnost poprvé představila řadu plazmových řezacích systémů pro ruční a strojní řezání materiálů do tloušťky 65 mm. (Interní materiály společnosti)

Vizi, kterou si firma definovala, nastavuje cíl společnosti dosáhnout v blízké době pozice světového vůdce trhu pro oblast „aftermarketových“ výrobců spotřebních dílů pro plazmové řezání. Vize se firma snaží dosáhnout i pomocí širokého portfolia náhradových dílů a také vlastních výrobků. Důkazem o naplňování vize je vstup společnosti na nové světové trhy. Díky tomu je pro konkurenční společnosti zabývající se výrobou spotřebních dílů pro plazmové řezání velmi silnou konkurencí a pro své zákazníky spolehlivým a dobrým partnerem po obchod. (Interní materiály společnosti)

V současnosti společnost využívá informačního systému „FOSS“, ve kterém jsou různorodé data o výrobním procesu. Na informační systém napojeno mnoho strojů a počet těchto strojů napojených na informační systém stále postupem času stále narůstá s počtem projektů zaměřených na digitalizaci. Firma také klade důraz na své zaměstnance, které neustále vzdělává což vede mimo jiné také k zefektivňování výrobního procesu.

Celkově je značka vybrané společnosti velmi úspěšná. Firma má pobočky ve Velké Británii, Chorvatsku, Francii, Maďarsku, Německu, Polsku, Rumunsku, Slovensku, Ukrajině, Bělorusku, USA, Mexiku, Brazílii, Rusku, Číně, Vietnamu, Indii a Austrálii. U poboček v Mexiku a Brazílii lze najít i plně vybavený sklad spolu s pracovištěm montáže.

(Interní materiály společnosti)

5.2 Produkty

Společnost svým zákazníkům nabízí velmi široké výrobní portfolio, kterým uspokojuje specifické potřeby svých zákazníků. Vybraná společnost je zaměřena na výrobky, které slouží jako vylepšené náhrady originálních spotřebních dílů v oblasti plazmového řezání, řezání laserem, acetylenového řezání a svařování (autogen), svařování kovů v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu (MIG/MAG), svařování el. obloukem pomocí netavící elektrody v ochranné atmosféře inertního plynu, nejčastěji argonu (TIG). Společ-

nost se tedy zaměřuje na výrobu a prodej různých druhů trysek, elektrod, hořáků, jejich sad a také velmi různorodého doplňkového sortimentu. (Interní materiály společnosti)

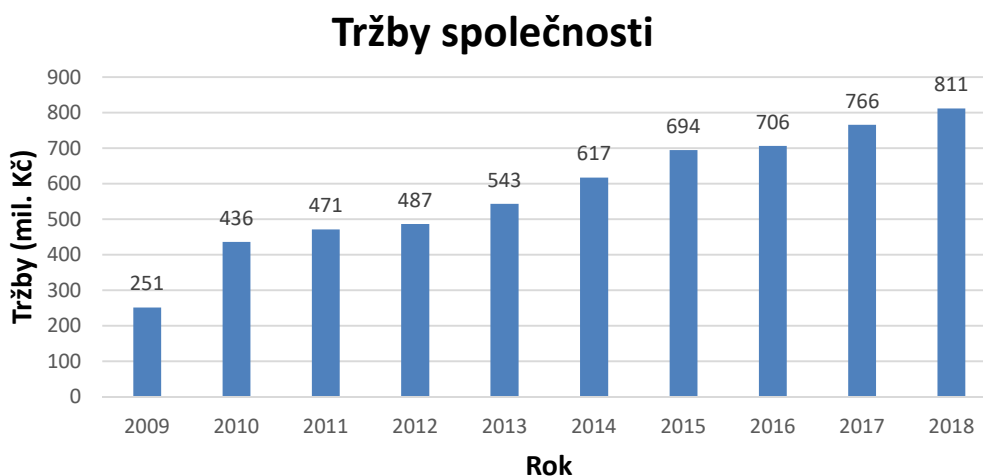


Obrázek 11 Ukázka produktu (Interní materiály společnosti)

5.3 Vývoj tržeb a výsledku hospodaření

Jak lze vidět na obrázku (Obr. 13), dochází ke stálému růstu tržeb společnosti. V roce 2018 utržila společnost na tržbách 811 milionů korun, což znamená nárůst o 45 milionů korun ve srovnání s rokem 2017 a o 194 milionů korun více než v roce 2014. Tento růst tržeb potvrzuje velmi silnou pozici společnosti na trhu.

Na růst tržeb má nezanedbatelný vliv zvýšení prodeje strategického sortimentu jako např. plazmové díly, laserové díly, MIG a TIG součástky vyráběné především pro německý trh. Vyšším objemem výroby se zvýšily také tržby za prodaný, především měděný odpad.



Obrázek 12 Graf vývoje tržeb vybrané společnosti (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)



Obrázek 13 Graf vývoje výsledku hospodaření vybrané společnosti
(vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)

Z grafu lze vyčíst, že se firmě v posledních letech daří, zisk do posledních let strmě rostl a firma je stále zisková. Hospodářská krize se v minulosti podepsala na vybrané společnosti. V roce 2009 nebyla společnost po dlouhých letech zisková a vykázala ztrátu cca 18 milionů korun. Ve stejném roce tak došlo k omezení výroby z důvodu nedostatku zakázek a také ke snižování stavu svých zaměstnanců. V současnosti se firma zabývá zefektivňováním výroby, která opět nasměruje stagnujícího vývoj hospodářského výsledku do růstu.

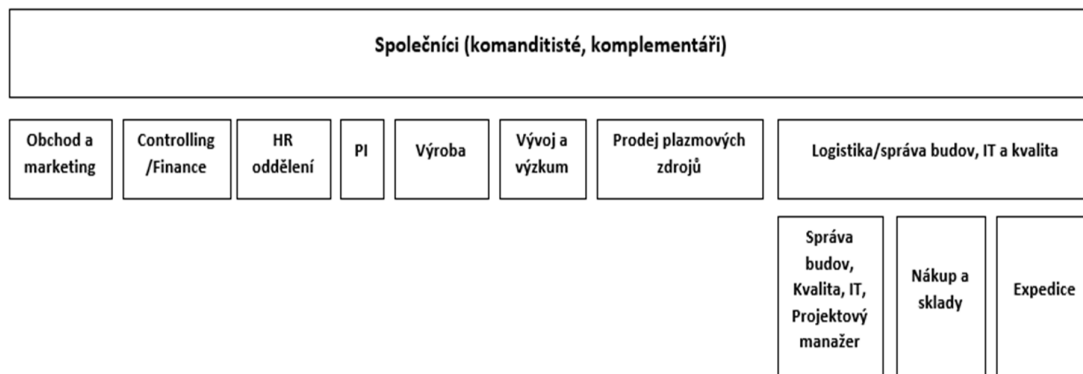
5.4 Organizační struktura

Základní organizační struktura vybrané společnosti je zobrazena na obrázku (Obr.14). Protože se jedná o komanditní společnost, jsou tedy v čele společnosti společníci-komanditisté (zahraniční společnost) a komplementáři. V současné době jsou komplementáři tři, z toho je jeden hlavní a další se starají o konkrétní oblasti ve společnosti, jako výrobu, marketing nebo obchod. Společnost je jak firmou obchodní, tak i zároveň výrobní a je rozdělena do osmi úseků.

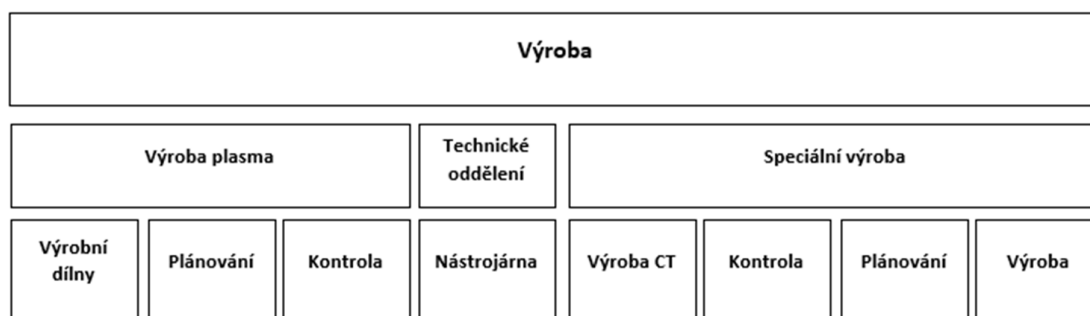
(Interní materiály společnosti)

Struktura výrobního úseku je uvedena obrázku (Obr.15). Výrobní úsek je rozdělen do tří základních oblastí-výroba plasma, technické oddělení a speciální výroba. Pod technické oddělení spadá nástrojárna a oba typy výroby mají společně rozdělení na výrobní dílny, plánování a kontrolu.

(Interní materiály společnosti)



Obrázek 14 *Struktura společnosti* (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)



Obrázek 15 *Rozdělení výroby* (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU

Následující kapitoly jsou vypracovány z dat, která jsou získána z interních materiálů společnosti ale také měřeními ve výrobním provozu nebo z rozhovorů se zaměstnanci na pozicích, které jsou předmětem této diplomové práce. Nezanedbatelná část dat byla získána z informačního systému vybrané společnosti, které bylo nutno značně upravit, aby je bylo možné použít do simulačního softwaru. Při úpravě dat byl nejčastěji využíván software MS Excel a jako simulační software byl použit Tecnomatix Plant simulation.

V této práci jsem se zaměřil na výrobní úsek, konkrétně CT, který byl zvolen po rozhovoru s vedením firmy. Tento provoz je zvolen proto, že výroba je zde dle dat z informačního systému a vyjádření zaměstnanců neefektivní z pohledu špatného využívání kapacity zařízení, a proto objem výroby není takový, jaký by měl být. Využitím simulačního softwaru je mimo jiné nasimulována vytíženost určených strojů v tomto provozu a je zde možnost odhalit slabá místa ve výrobním procesu, která omezují ostatní tzv. „úzká místa“. Simulační modely přinášejí mnoho dalších možností, které jsou využity v následujících kapitolách této práce.

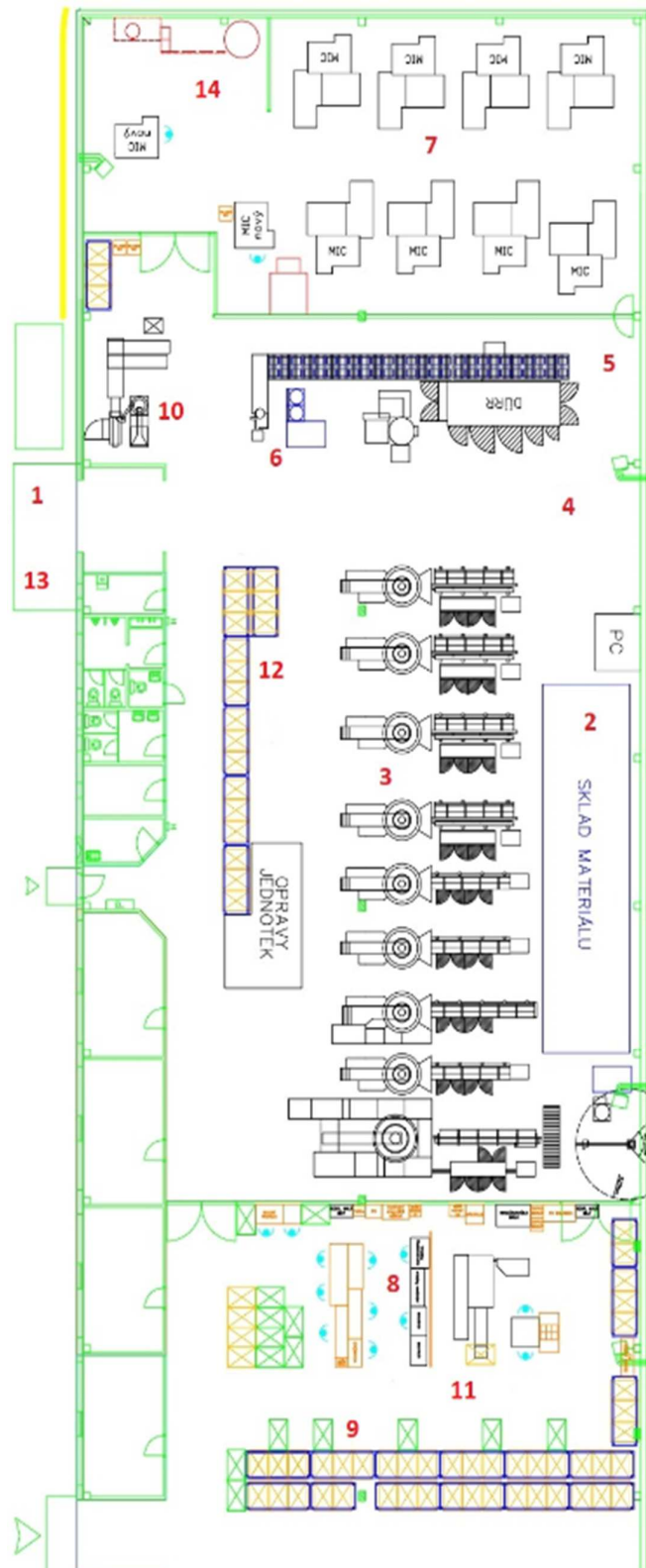
Prostory provozu mají zhruba 150 metrů čtverečních a člení se na jednotlivé stanoviště podle druhu vykonávané práce. Na tomto provozu se nacházejí obráběcí stroje, vrtací stroje, dokončovací dílna, malé sklady (na materiál potřebný k výrobě, polotovary, hotové výrobky, odlučovač oleje, balící stroj, myčka polotovarů, zařízení na kontrolu polotovarů. Nachází se zde také prostor pro údržbáře.

CT provoz nejčastěji vyrábí součásti pro svařovací a autogenní zařízení jako proudové špičky, plynové hubice viz (Obr. 17) aj. Vstupním materiálem je zde nejčastěji měď ve tvaru tyčí tzv. „prutů“ různých délek a průměrů. Vyrábí se zde velké množství velmi podobných výrobků v sériích, a proto lze označit výrobu z pohledu opakovatelnosti za sériovou.



Obrázek 16 Ukázky výrobků-proudová špička (vlevo) a plynová hubice (Interní materiály společnosti)

1. Příjem materiálu
2. Sklad vstupního materiálu
3. Obráběcí stroje (9 kusů)
4. Mezisklad obrobků před mytím
5. Myčka pro polotovary
6. Optická kontrola polotovarů
7. Vrtací stroje pro polotovary
8. Dokončovací dílna
9. Sklad
10. Balící stroj 1
11. Balící stroj 2
12. Expediční sklad
13. Vývoz hotových a zabalených výrobků
14. Odlučovač oleje (recyklace kovů)



Obrázek 17 *Layout CT* (vlastní zpracování z interních materiálů společnosti)

6.1 Popis výrobního procesu

V této kapitole je důsledně popsán výrobní proces na vybraném provozu. Tato kapitola je zaměřena na výrobní postup proudových špiček jejichž vyrobené množství značně převyšuje množství vyrobených hubic. Tyto dva hlavní druhy výrobků, které se zde vyrábí, mají mnoho typů, které se liší pouze nepatrně v parametrech, což je otázkou seřízení stroje. Odlišnosti výrobních postupů špiček a hubic jsou popsány v jednotlivých podkapitolách. Umístění jednotlivých pracovišť je zobrazeno na (Obr.18) a pro lepší orientaci označeno čísly, na které bude odkazováno.

6.1.1 Příjem materiálových zásob a uskladnění

Proces spočívá v dodání materiálu z jiných firemních skladů nebo od dodavatelů. Pod pojmem materiál si lze představit balící a výrobní materiál. Výrobní materiál což jsou polotovary, obráběcí kapaliny-oleje pro obráběcí stroje, náhradní díly pro údržbu strojů, čistící či ochranné prostředky aj. Balící materiál na výrobky, nejčastěji obaly se štítky pro označení balení s výrobky je převážen do skladu 10.

Co se týká výrobních materiálů je zde nejvíce zastoupen materiál pro obráběcí stroje ve tvaru měděných tyčí různých délek a průměrů, které jsou uloženy v dřevěných bednách. Přepravky s tyčemi jsou naváženy z příjmu 1 do skladu vstupního materiálu 2. V případě jejich potřeby jsou přepravky otevřeny a pracovník je s pomocí mostového jeřábu vyloží z krabic a pomocí jeřábu přenesení k zásobníku daného obráběcího stroje 3, který doplní potřebným množstvím tyčí.



Obrázek 18 *Sklad vstupního materiálu (vlastní zpracování)*

6.1.2 Výroba polotovarů

Polotovary z měděných tyčí jsou vyráběny na obráběcích strojích 3, které jsou designovány tak, že mají zásobník na tyče, které jsou podávány do stroje kde jsou řezány, tvarovány a je na nich vyřezán nejčastěji metrický závit. Při tomto procesu je využíván řezný olej pro prodloužení životnosti zařízení. Tento olej a třísky z obráběcích strojů je zachytáván pro pozdější použití. Stroje jsou automatické, není potřeba pracovníka pro proces obrábění. Je ale potřeba stroj seřizovat (přetypování), udržovat, opravovat v případě poruchy, doplňovat zásobník s tyčemi a vyprazdňovat zásobník s obrobenými polotovary. Pro provozování stroje je tedy potřeba seřizovač a údržbář. Jeden údržbář či seřizovač obsluhuje více strojů.

Osm z devíti strojů je stejných pro výrobu špiček a jeden je určen na výrobu plynových hubic. Plynové hubice mají odlišný výrobní postup, který je popsán v dalších kapitolách.

Polotovary jsou poté skladovány v meziskladě 4, kde čekají na mytí.



Obrázek 19 *Obráběcí stroj* (vlastní zpracování)

6.1.3 Skladování a mytí polotovarů

Polotovary, které jsou obrobena, čekají v meziskladě na proces mytí z důvodu odstranění obráběcí kapaliny a třísek. Mezisklad je vyčleněný prostor mezi obráběcí rozlohou osmi paletových míst, kde jsou připraveny přepravky s polotovary na přenesení na dopravník od mycího zařízení. Mytí probíhá v myčce 5, jejíž součástí je dopravník. Mycí zařízení je plně automatické, a proto pro mytí stačí naložit potřebné množství beden s polotovary na dopravník, nastavit mycí program v ovládacím panelu myčky a vyčkat. Zařízení si samo po dopravníku naveze přepravky a zahájí mycí program, po mytí přepravky opět vyveze po dopravníku.

ku, kde čekají na další výrobní krok. Zařízení ovládá jeden pracovník, který se stará o více strojů.



Obrázek 20 *Mycí zařízení s dopravníkem* (vlastní zpracování)

6.1.4 Automatická strojní kontrola polotovarů

Po mytí přepravky čekají na dopravníku nebo blízko něj na kontrolu rozměrů, která je zajištěna optickým zařízením 6, které má zásobník na polotovary, které jsou pravidelně doplňovány. Automatické kontrolní zařízení funguje na optickém principu a snímá rozměry polotovarů na pohybujícím se pásu. Smyslem verifikace základních rozměrů je značné snížení počtu poruch vrtacích zařízení v dalším výrobním kroku způsobené špatnými rozměry polotovarů, na které je vrtací zařízení nastaveno.

Nevyhovující polotovary jsou odfoukány stlačeným vzduchem z pásu do připravené přepravky. Kontrolní zařízení disponuje také počítadlem, díky kterému může sledovat počty neshodných výrobků a časovačem, kterým lze měřit čas na kontrolu dané dávky polotovarů.



Obrázek 21 *Kontrola polotovarů* (vlastní zpracování)

6.1.5 Skladování před vrtáním

Po kontrole jsou přepravky s polotovary převezeny a nejčastěji uskladněny ve skladě 9, později jsou ze skladu dle potřeby převezeny pomocí vysokozdvížného vozíku k dalšímu výrobnímu kroku.



Obrázek 22 *Sklad polotovarů* (vlastní zpracování)

6.1.6 Vrtání polotovarů

Polotovary (špičky) jsou ze skladu převezeny k vrtacím strojům 7, kde jsou na paletách vyloženy a čekají na proces vrtání. Vrtací stroj tvoří tři části: zásobník s dopravníkem, vrtací zařízení a výstupní zásobník, do kterého vypadávají vyvrtané polotovary, který musí pracovník(seřizovač) pravidelně vysypávat do přepravek, které jsou později odváženy na paletách vysokozdvížným vozíkem k opětovnému mytí.

Polotovary musí být v rozměrové toleranci, na které je vrtací stroj seřízen, jinak dojde k zalomení vrtáku. Proto jsou polotovary v předchozím kroku kontrolovány zařízením pro správnost jejich rozměru. Každé vrtací zařízení je schopno vrtat více polotovarů najednou. Při vrtání je stejně jako u obráběcích strojů použita kapalina.

Vrtací stroje pracují samy, ale je potřeba je přetypovat pro různé druhy polotovarů. Stejně tak je nutné stroje pravidelně udržovat a opravovat v případě závady. Jejich obsluha je

velmi podobná obráběcím strojům v předešlém výrobním kroku. Stroj obsluhuje jeden seřizovač a údržbář, kteří obsluhují více strojů. V současnosti používá firma deset vrtacích strojů. Smyslem tohoto výrobního kroku je vytvořit ve špičkách otvor o průměru cca 1 milimetru (dle typu výrobku).



Obrázek 23 Vrtací stroj (vlastní zpracování)

6.1.7 Opětovné čištění

Po vrtání je polotovary nutné zase očistit od kapaliny a třísek, které vznikají při vrtání. Postup je stejný jako při prvním vrtání. Po umytí jsou palety s polotovary převezeny na dokončovací práce.

6.1.8 Dokončovací práce a balení

Po umytí jsou palety s polotovary převezeny do dokončovací dílny 8 kde je osm pracovišť a u každého pracoviště je jeden pracovník. Čtyři pracoviště se zaměřují na odstraňování otřepů z polotovarů, dvě pracoviště jsou určená na ražbu nápisů a parametrů polotovarů a poslední dvě na kontrolu závitů případně jejich dodělání s dodatečným vrtáním otvorů u některých typů polotovarů.

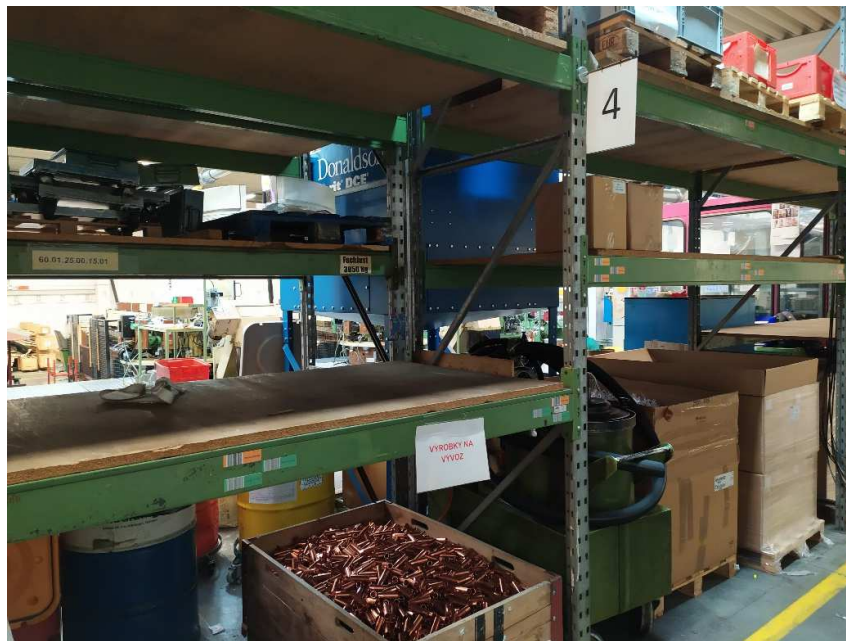
Poté jsou polotovary převáženy k balicímu stroji 10 nebo 11 (dle druhu výrobku) kde jsou zabaleny do igelitových balení, často po více kusech. Následně jsou zabalené výrobky odvezeny do expedičního skladu 12 nebo do skladu 9 v případě odložené expedice.



Obrázek 24 *Dokončovací dílna (vlevo) a balící zařízení (vlastní zpracování)*

6.1.9 Expediční sklad a expedice

Zabalené výrobky na paletách jsou uskladněny ve skladu 9 nebo v expedičním skladu 12, což jsou dva regály ve velikosti dvanácti paletových míst (europalet). Expediční sklad je vyvážen nejčastěji každý týden, což ale není pravidlem. V poslední době se vyskytují případy, kdy se expeduje nepravidelně přímo k zákazníkovi. Výrobky jsou vyváženy východem 13.



Obrázek 25 *Část expedičního skladu (vlastní zpracování)*

6.1.10 Recyklace kovů a kapaliny

Společnost uchovává použitou obráběcí kapalinu smíchanou s měděnými třískami a poté odlučuje kapalinu z třísek v Odlučovači 14 a měděné třísky společně se zmetky poté prodá jako měděný odpad což není při výkupní ceně mědi ve velkém množství zanedbatelná částka. Použitá kapalina se recykluje a firma tak snižuje spotřebu nové kapalin.



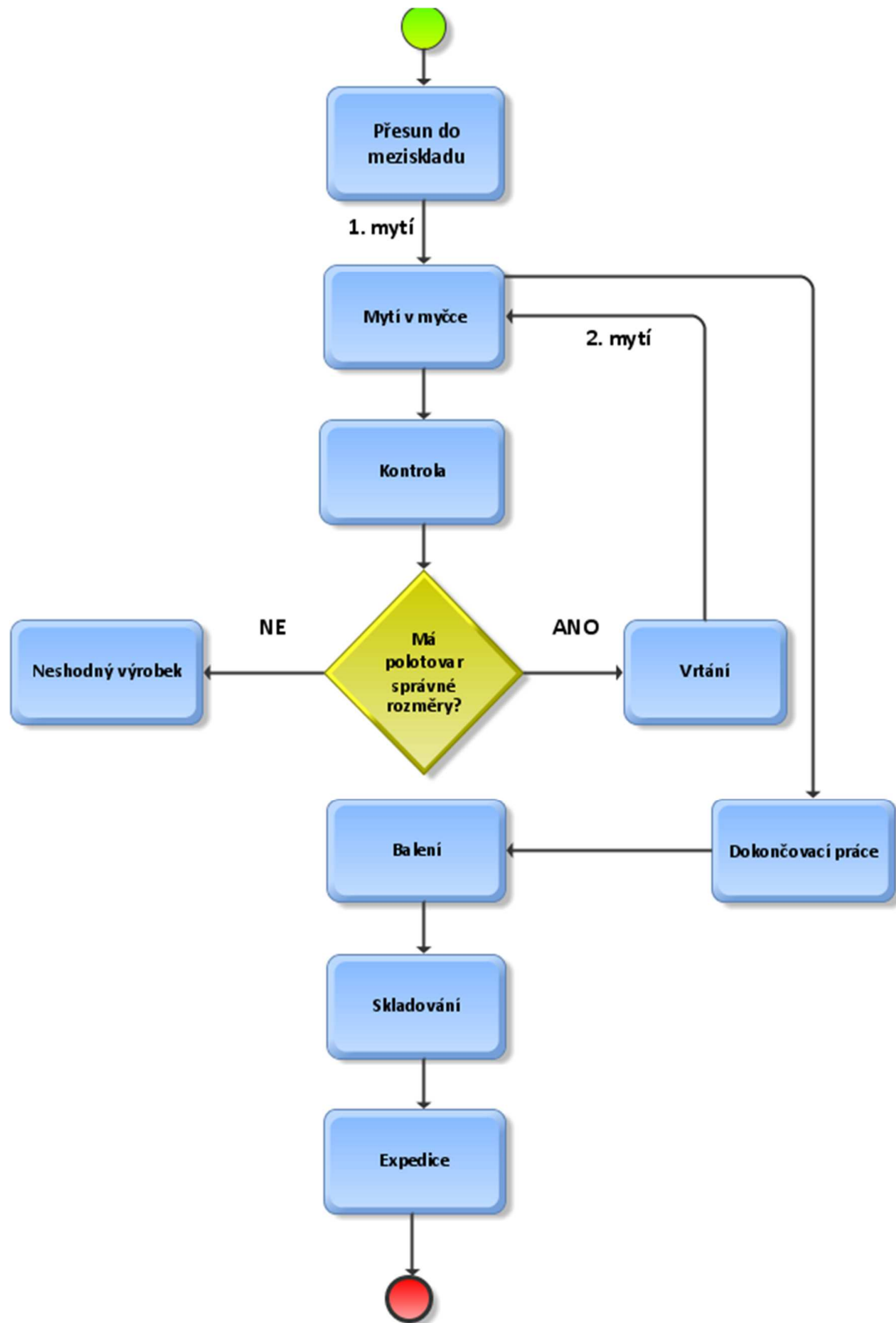
Obrázek 26 Odlučovací zařízení a znečištěné třísky (vlastní zpracování)

6.1.11 Vývojový diagram proudové špičky

V této podkapitole je zakreslen vývojový diagram proudové špičky (Obr.28), která je nejčastěji vyráběným výrobkem, který se typově liší pouze v několika parametrech a výrobní postup je zcela stejný. Diagram zobrazuje výrobní proces špičky od jejího vzniku v obráběcím stroji až po expedici hotových a zabalených výrobků.



Obrázek 27 Proudové špičky (vlastní zpracování)



Obrázek 28 Vývojový diagram proudové špičky (vlastní zpracování)

6.1.12 Postup při výrobě plynových hubic

Výroba plynových hubic je v mnoha krocích shodná s proudovými špičkami ale existují zde rozdíly.

Plynové hubice jsou tvářeny z měděných trubek na tvářecím stroji k tomu určeném. Poté jsou umyty v mycím zařízení stejně jako proudové špičky a následně je v nich vytvořen otvor. Hubice jsou také kontrolovány pro rozměry. Následně je hubice dle typu opatřena kroužkem pro dobré usazení na svářecím stroji a poté je zabalena a skladována. Dle potřeby jsou upraveny v dokončovacích dílně a odvezeny ke skladování kde jsou společně se špičkami uloženy až do jejich expedice zákazníkovi.



Obrázek 29 Plynové hubice (vlastní zpracování)

6.2 Analýza výrobního procesu pomocí počítačové simulace

Pro detailní analýzu výrobního procesu je nutno vzít v úvahu všechny okolnosti, které jej nějakým způsobem ovlivňují. Díky počítačové simulaci lze všechny tyto okolnosti nasimulovat a prozkoumat jejich vliv na výrobní proces a v případě nějaké změny ve výrobním procesu lze pozorovat a kvantifikovat jejich vliv např. na objem výroby nebo na využívání výrobních kapacit.

Pro vytvoření simulačního modelu současného výrobního procesu a jeho možné budoucí podoby je použit program Tecnomatix Plant Simulation. Po důkladném zvážení bylo vybráno několik pracovišť vybraného provozu, které budou vytvořeny v simulačním modelu včetně pracovníků, kteří obsluhují tyto pracoviště.

Pro dosažení relevantních výsledků bylo učiněno rozhodnutí nasimulovat 90 dní, konkrétně od 1.1. 2019 do 31. 3. 2019, což bylo označeno za běžné výrobní období s minimem abnormalit, které nemají větší vliv na simulaci. Jednotlivá pracoviště mají různou směnnost, což bylo v programu řádně nastaveno včetně zákonných přestávek pracovníků. Tento provoz funguje v pracovních dnech a jednotlivé pracoviště pracují na jednu až tři směny. V simulaci je věnována pozornost zejména obráběcím strojům, mycímu zařízení, které se vizuálně jeví jako úzké místo, kontrole polotovarů, převážení polotovarů, skladům mezi těmito pracovišti a pracovníkům, kteří tyto zařízení obsluhují.

Průběžné podoby modelů byly ověřovány přímo na místě a hodnoty modelu byly verifikovány hodnotami v podnikovém informačním systému, nebo se skutečným stavem ve výrobě.

6.2.1 Vytvoření provozu v simulačním programu

Rozmístění pracovišť je vytvořeno podle layoutu a osobních poznatků. Na obrázku (Obr.30) je zobrazen vybraný úsek, který je rozdělen pro lepší orientaci na čtyři hlavní části: obrábění (stroje Hydromat), mycí zařízení s dopravníkem (Durr), automatizovaná strojní kontrola polotovarů a balení s odvozem výrobků na sklad. Jednotlivá zařízení jsou podrobněji popsána v následujících podkapitolách. Uvedený model je převeden také do trojrozměrného zobrazení, který je vložen jako příloha (PŘÍLOHA I) této práce.



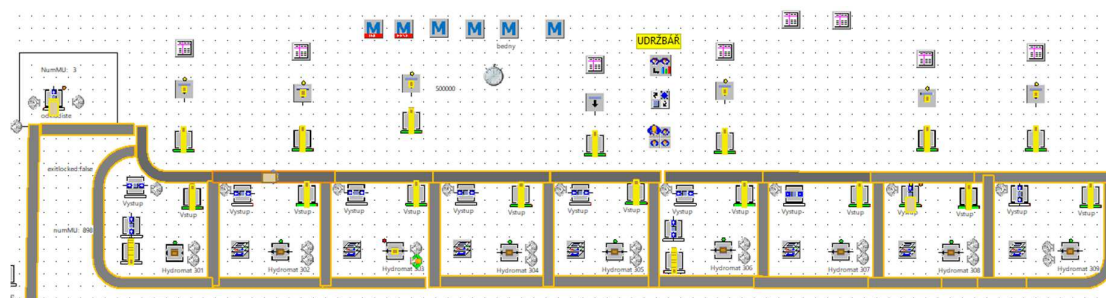
Obrázek 30 Simulace současného stavu (vlastní zpracování)

6.2.2 Simulace obrábění polotovarů

Pracoviště označované firemní hantýrkou jako „Hydromaty“ se skládá z devíti obráběcích strojů Hydromat, které řezou, tváří a řezou závity na polotovarech. Na osmi strojích se vyrábí proudové špičky a na jednom stroji plynové hubice. Vstupní polotovarem jsou měděné tyče nebo trubice o různých délkách a průměrech. Stroje a seřizovači pracují v třísměnném provozu od pondělí do pátku.

V současnosti stroje obsluhují tři týmy seřizovačů, kdy jeden tým má tři seřizovače pracující po osmi hodinách včetně půlhodinové pauzy. Jeden tým obsluhuje tři stroje. Náplní práce seřizovačů je seřizování strojů při přechodu na jiný výrobek, výměna a odnos přepravek s obrobenými polotovary do meziskladu a provádění lehkých oprav při poruchách strojů. Poruchy jsou nastaveny u všech strojů v záložce „poruchy“. Kromě seřizovačů obsluhuje stroje i údržbář, jehož úkolem je oprava těžkých závad strojů. Údržbář pracuje na jednu osmihodinovou směnu (ranní).

V modelu (Obr.31), je tato skutečnost řešena vytvořením čtyř zdrojů zaměstnanců a Brokerů (zadavatelů práce) pro každý tým a údržbáře. Každý stroj má svůj vstupní a výstupní buffer. Je zde několik zdrojů se svými buffery polotovarů pro zajištění generování optimálního množství polotovarů pro Hydromaty aby nedošlo k zastavení strojů z nedostatku polotovarů, a tak ke zkrácení výsledků simulace. Vygenerování celkového množství polotovarů naráz bylo zavrhnuto z důvodu jejich velkého počtu.



Obrázek 31 Pracoviště Hydromat (vlastní zpracování)

Data pro pracoviště Hydromat byla získána z podnikového informačního systému a zpracována v MS Excel. Celkové množství polotovarů vyrobených za tři měsíce činí 5 612 021 kusů špiček a trubice. Z tohoto množství bylo 5 603 408 dobrých kusů a 8 613 zmetků. Celkem bylo vyrobeno 67 typů výrobků (Itemů) v různě velkých sériích. Na (Obr.32) je zobrazena část dat, která byla vložena do simulace s celkovým počtem polotovarů za všechny stroje.

HYDROMAT						
Popisky řádků	Součet z Dobré množství	Součet z Zmetky	Seřízení(min)	procesní čas(min)	procesní čas(s)	
ITEM000002	148750	322	150	0.09	5.4	
HYD Hydromat 308	148750	322				
ITEM000041	94533	160	50	0.07	4.2	
HYD Hydromat 305	94533	160				
ITEM000050	108935	0	50	0.06	3.6	
HYD Hydromat 302	108935	0				
ITEM000052	1825	0	50	0.06	3.6	
HYD Hydromat 302	1825	0				
ITEM000083	71800	30	50	0.06	3.6	
HYD Hydromat 302	71800	30				
ITEM000085	22410	0	50	0.06	3.6	
HYD Hydromat 302	22410	0				
ITEM000378	41700	72	50	0.09	5.4	
HYD Hydromat 304	40400	72				
HYD Hydromat 309	1300	0				
ITEM000562	101400	0	50	0.06	3.6	

Obrázek 32 Vstupní data (část) pro stroje Hydromat (vlastní zpracování)

Na (Obr.33) je zobrazen technologický postup pro stroje Hydromat v prostředí softwaru Plant simulation, kde byla vložena data o polotovarech (Itemech), která jsou dynamicky nahrávána do strojů dle vstupujícího polotovaru.

string 0	object 1	table 2	.Models.vzv3.Item_data[2,1]		
string Item	Destination	TNG	object 1	time 2	time 3
1 ITEM000002	*.Models.vzv3.B_Montaz_In7	1	string Stroj	Seřízení	Procesní čas
2 ITEM000041	*.Models.vzv3.B_Montaz_In4	2	1 B_Montaz_In7	2:30:00.0000	5.4000
3 ITEM000050	*.Models.vzv3.B_Montaz_In1	3	2		
4 ITEM000052	*.Models.vzv3.B_Montaz_In1	4	3		
5 ITEM000083	*.Models.vzv3.B_Montaz_In1	5	4		
6 ITEM000085	*.Models.vzv3.B_Montaz_In1	6	5		
7 ITEM000378_1	*.Models.vzv3.B_Montaz_In3	7			

Obrázek 33 Technologický postup (vlastní zpracování)

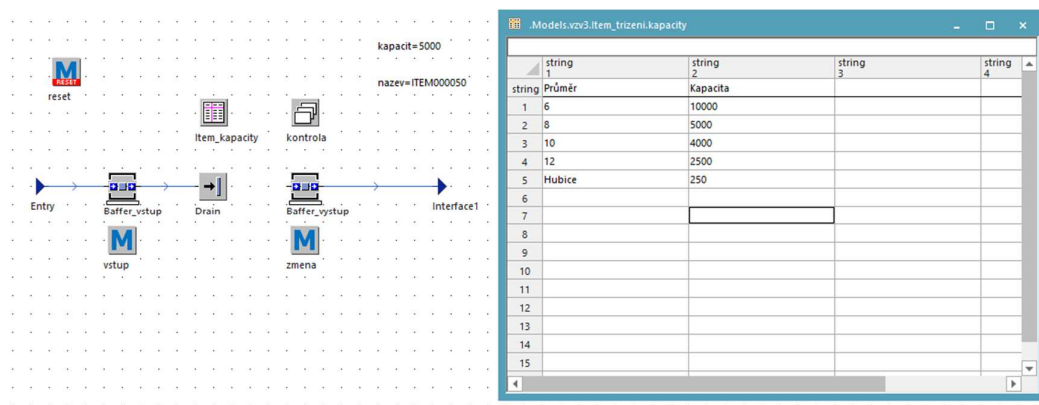
Po obrobení polotovary vypadávají do přepravek, které musí seřizovači odnášet do mezi-skladu. Každá přepravka má tedy různou kapacitu dle typu výrobku.

Při množství polotovarů a zprůměrování kapacit přepravek by došlo ke značnému zkrácení počtu přepravek, a tedy jinému vytížení následujících pracovišť, a proto bylo nutno vytvořit u strojů, které za dobu simulace opracovávaly více typů výrobků podframe kde jsou dle počtů polotovarů vytvořeny přepravky s názvem polotovaru a kapacitou, která se odvíjí od průměru polotovaru. V následující tabulce (Obr. 34) lze vidět některé parametry nutné pro třídění polotovarů. Nejdůležitějšími parametry polotovarů pro simulaci jsou váhy a průměry.

Číslo položky	Stroj	hmotnost	průměr	popis
ITEM000002	343080	50	22x2	Hubice 53,7mm
ITEM000003	343080	51	22x2	Hubice 53,7mm
ITEM000005	343080	42	22x1,5	Hubice 53mm
ITEM000014	344050	10	8	Průvlak M6/0,8/D8/28
ITEM000016	611020	10	8	Průvlak M6/0,8/D8/28
ITEM000018	343050	6	6	Průvlak M6/0,8/D6/25
ITEM000031	344050	10	8	Průvlak M6/0,9/D8/28

Obrázek 34 Parametry polotovarů (vlastní zpracování)

Na (Obr. 35) jsou vidět vložené data o průměrech polotovarů od kterých je odvozena kapacita přepravy pro daný průměr. Tvorbu přepravek zajišťuje metoda vložená v entrance ve vstupním bufferu, která po určitém množství přicházejícím polotovarů vytvoří přepravku, nastaví kapacitu a pojmenuje ji dle příslušných polotovarů. Kapacity byly stanoveny dle poznatků získaných při analýze pracoviště a to konkrétně vážením přepravek a výpočtem jejich množství dle hodnot uvedených na (Obr.34).

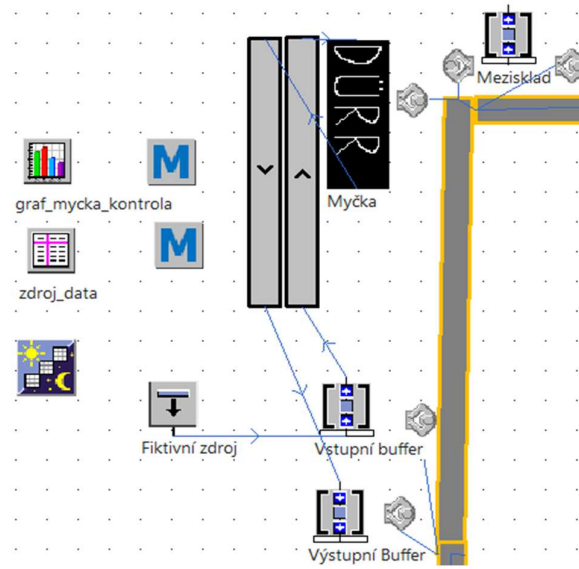


Obrázek 35 Kapacity přepravek (vlastní zpracování)

Po rozřizení je přepravka nachystána ve výstupním bufferu na odnos pracovníkem, který jí odnese do meziskladu kde bude uskladněna na další výrobní krok.

6.2.3 Simulace mytí polotovarů

Dalším pracovištěm, které je nasimulováno je myčka. Myčka je označení pro mycí zařízení, které se skládá z dvou dopravníků (vstupní a výstupní), samotného mycího stroje a objektů přidružených k tomuto pracovišti jako jsou vstupní a výstupní buffery.



Obrázek 36 Pracoviště „myčka“ (vlastní zpracování)

Vzhledem k výrobnímu postupu, který je popsán v dřívějších kapitolách dochází k opětovnému mytí polotovaru, jednou po jejich obrobení a znova po vrtání. Výrobní krok pro obrábění je součástí této simulace a je popsán v předchozí kapitole kdežto vrtání není. Z toho důvodu bylo nutné vytvořit fiktivní zdroj pro přepravky s navrtanými polotovary, které čekají na mytí pro reálnou simulaci vytížení myčky.

Data byla získána z podnikového informačního systému, zpracována v MS Excel a vložena do simulačního softwaru.

Fiktivní zdroj			
Item	Množství polotovarů	Kapacita přepravek	Množství Přepravek
ITEM000023	20028	4000	5
ITEM000031	19776	5000	4
ITEM000044	5360	4000	1
ITEM000055	5225	5000	1
ITEM000066	301718	4000	75

Obrázek 37 Část vstupních dat pro fiktivní zdroj (vlastní zpracování)

Data byla zpracována do tabulky simulačního softwaru (Obr. 38) a vložena do fiktivního zdroje.

object	integer	string	table
1	2	3	4
string MU	Number	Name	Attributes
70 .UserObjects.Bedna	2	ITEM000474	70
71 .UserObjects.Bedna	25	ITEM000477	71
72 .UserObjects.Bedna	3	ITEM000479	72
73 .UserObjects.Bedna	1	ITEM000491	73
74 .UserObjects.Bedna	1	ITEM000503	74
75 .UserObjects.Bedna	3	ITEM000516	75
76 .UserObjects.Bedna	29	ITEM000517	76
77 .UserObjects.Bedna	5	ITEM000519	77
78 .UserObjects.Bedna	0	ITEM000595	78
79 .UserObjects.Bedna	1	ITEM000769	79
80 .UserObjects.Bedna	6	ITEM000807	80
81 .UserObjects.Bedna	1	ITEM000854	81
82 .UserObjects.Bedna	1	ITEM000899	82
83 .UserObjects.Bedna	2	ITEM000918	83
84 .UserObjects.Bedna	5	ITEM000957	84
85 .UserObjects.Bedna	5	ITEM000962	85
86 .UserObjects.Bedna	0	ITEM000963	86
87 .UserObjects.Bedna	1	ITEM000991	87
88 .UserObjects.Bedna	2	ITEM000993	88

Xdim	string	integer	boolean	string	real	time	date	datetime
string	Name of Attribute	Integer	Boolean	String	Real	Time	Date	Datetime
1	Xdim	250						
2	tvar			'hubice'				
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

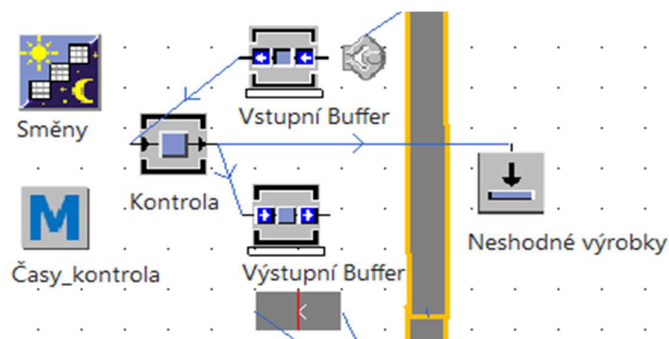
Obrázek 38 Tabulka pro fiktivní zdroj (vlastní zpracování)

Vytvořené přepravky s polotovary jsou generovány do vstupního bufferu před myčkou. Přepravky na první mytí z obrábění jsou přenášeny pracovníkem z meziskladu také do tohoto bufferu.

Ze vstupního bufferu přepravky směřují na vstupní dopravník, který je přemístí do myčky. Mycí program, který je zadáván, trvá 13 minut na jednu dávku přepravek včetně doby pohybu po dopravnících. Jedná dávka činí 2 přepravky špiček nebo 4 přepravky hubic. Pro potřeby modelu je čas rozpočítán na jednu přepravku. Po dokončení mytí jsou přepravky dopraveny výstupním dopravníkem do výstupního bufferu odkud je přenáší pracovník k dalšímu výrobnímu kroku. Toto pracoviště pracuje na tři osmihodinové směny a obsluhují ho 3 pracovníci, kteří se střídají po 8 hodinách.

6.2.4 Simulace kontroly polotovarů

Po mytí je nutno verifikovat základní rozměry polotovarů. Pracoviště kontroly je v simulačním prostředí vytvořeno jako stroj se vstupním a výstupním bufferem, které simulují zásobník s podavačem a výstupní zásobník zkontrolovaných polotovarů.

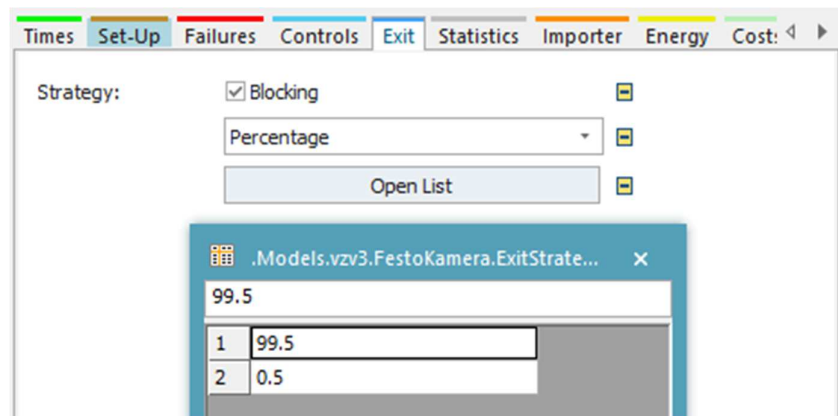


Obrázek 39 Kontrola polotovarů (vlastní zpracování)

Čas zpracování jednoho kusu přepravky se liší dle množství polotovaru. Dle vlastních poznatků trvá kontrola jednoho kusu 0,34 sekundy, a tak je zde vytvořena metoda, která dle hodnoty kapacity nastaví procesní čas pro danou přepravku. Hodnoty kapacity jsou nastaveny při tvorbě přepravek a jsou to hodnoty „Kapacita přepravek“ z předchozí tabulky (Obr. 37). Čas na manipulaci (výměna) s přepravkou byl dle výsledků osobního měření stanoven na 8 minut na kus.

Tento čas je nastaven jako seřízení kontrolního stroje v záložce Set-up. Pracoviště sdílí obsluhu a směnnost s pracovištěm mytí. Ve stroji Kontrola viz (Obr.39), konkrétně v záložce exit je nastavena strategie Percentage, která procentuálně rozděluje vycházející entity (přepravky) mezi dva následovníky. Následovníci jsou výstupní Buffer a Drain (výstup entit z modelu), který je určen na neshodné výrobky. Dle vstupních dat bylo zpracováno průměrné procento produkce neshodných výrobků, které vyšlo 0,5 % z celkového množství a bylo nastaveno do exit strategie do pole pro následovníka 2 což je Drain viz (Obr. 40).

Po kontrole jsou přepravky s polotovary uloženy ve výstupním bufferu, z kterého jsou odváženy do skladu.



Obrázek 40 Exit strategie v objektu Kontrola (vlastní zpracování)

6.2.5 Simulace balení výrobků a odvozu přepravek

Další částí modelu je úsek s balícím zařízením a odvozem přepravek do skladu. Balící zařízení je zde pouze vytvořeno k simulaci vytížení pracovníků obsluhy kontroly a mycího zařízení. Polotovary, které balící zařízení zpracovává jsou fiktivní, protože dokončovací dílna což je předcházející krok před balením není součástí tohoto modelu.

V reálném prostředí je převoz přepravek řešen vysokozdvížným vozíkem, který nepřeváží pouze přepravky s polotovary mezi pracovišti ale také výrobní nebo balící materiál z příjmu do skladů, převáží také hotové výrobky mezi sklady a vyváží ven výrobky z expedičního skladu. Pro obsluhu vozíku je určen jeden pracovník, který pracuje pouze na ranní osmihodinovou směnu včetně zákonné půlhodinové přestávky. V tomto simulačním modelu bude vytvořený vozík pouze odvázet přepravky s polotovary na paletách od kontrolního pracoviště do skladu. Vozík je vytvořen na plošince ve spodní části modelu, kde setrvává, dokud není pomocí metody zavolán. Metoda vozík zavolá, když počet přepravek na výstupním bufferu je roven 20.

Po dosažení požadovaného počtu přepravek je destinace zařazena do fronty a vozík, který se řídí tabulkou Routeplan viz (Obr. 41) kde je zapsána jeho trasa. Také je ve vozidle vytvořen uživatelem definovaný atribut, jehož číselné hodnotě se přičítá číslo jedna při každé zastávce, aby se tak vozidlo mohlo orientovat, na jaké zastávce se nachází. Nejprve je vozík vyslán k výstupnímu bufferu u kontroly, kde je pomocí metody v senzoru na plošince naložen do plné kapacity a poté směřuje k plošince u skladu kde je stejným systémem vyložen a vrací se na místo výjezdu kde opět čeká na naplnění bufferu. Kapacita vozíku je 20 přepravek. U skladu je nastaveno počítadlo na množství dovezených přepravek s polotovary.

The screenshot shows a simulation model interface with a route plan table and a destination table. The route plan table is titled ".Models.vzv3.routeplan" and has columns for string, table, string, and string. The destination table is titled ".Models.vzv3.routeplan[1,1]" and has columns for object, string, string, string, string, string, string, string, string, string, string, string, string, and string.

string	table	string	string
0	1	2	3
string route	stops		
1	B_Festo_out	o	
2			
3			

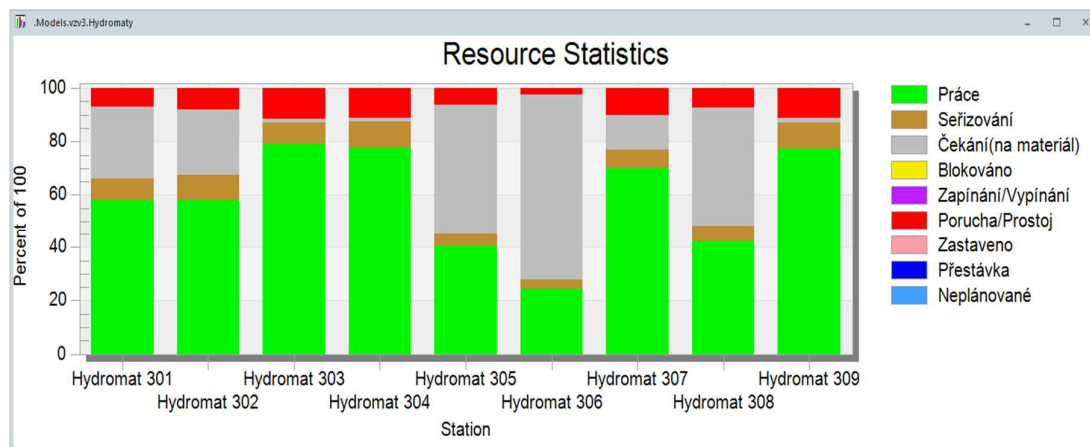
object	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string
1	root.T_VZV4												
2	root.T_VZV10												
3	root.T_VZV2												
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

Obrázek 41 Plán cesty (vlastní zpracování)

6.2.6 Výstupy ze simulačního modelu

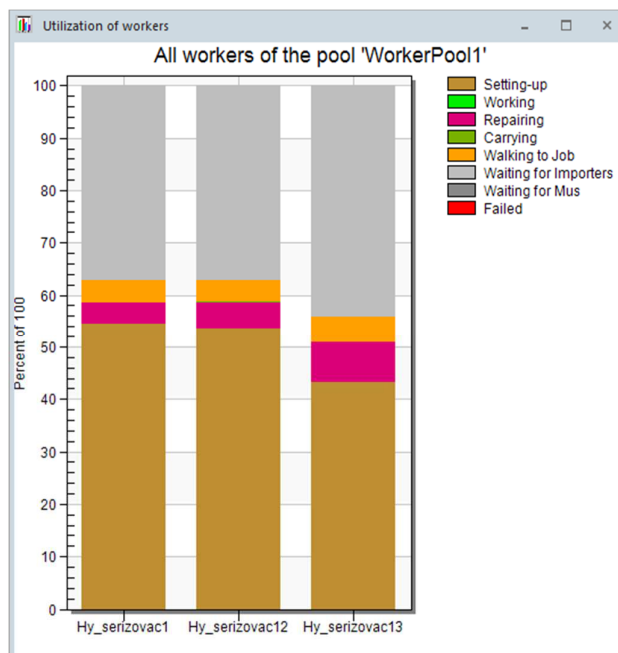
Smyslem vytvořeného simulačního modelu je ověření pravdivosti simulačního postupu, který je dále zdokonalován v projektové části práce. Tato skutečnost je podložena průtokem jednotlivých pracovišť, kdy na konci simulace, tedy za 90 dní, na které je simulační model designován je výstup přepravek v meziskladu za **obráběcími stroji** 2746 kusů, což je v přepočtu na polotovary 5 010 848 kusů. Po srovnání s výstupem z podnikového informačního systému se objem shoduje a potvrzuje, tedy že je modelový výstup správný.

Na (Obr. 42) je zobrazena statistika jednotlivých obráběcích strojů, na které lze vidět, že stroje pracují přibližně 70 % z celkové doby provozu v případě dostatku materiálu. Je zde ale velká část čekání kvůli nedostatku materiálu-zakázek. Výroba ve vybrané společnosti funguje na principu tahu, a tak se může stát, že v případě nedostatků zakázek některé stroje nepracují. Model tuto situaci zkonkretizoval a například u stroje 306 dosahuje čekání až 70 % z doby provozu. Poruchy strojů a jiné prostoje nesouvisející s nedostatkem zakázek tvoří přibližně 20 % z celkové doby provozu strojů.



Obrázek 42 Statistika Hydromat (vlastní zpracování)

Dalším ukazatelem je vytížení obsluhy strojů Hydromat, které je zobrazeno na (Obr. 43). První sloupec zobrazuje pracovníka 1 a ranní směnu, druhý sloupec označuje pracovníka 2 a odpolední směnu, třetí sloupec pracovníka 3 a noční směnu. Je patrné, že vytížení zaměstnanců se pohybuje okolo 60 % jejich pracovní doby. Dominující činností je seřizování a kontrola strojů (hnědá část grafu), a oprava závad lehčího charakteru (růžová část grafu). Opravy a přesun jsou zastoupeny 4 až 5 procenty z pracovní doby. Zbytek tvoří čekání (šedá část). Malou část pracovní doby tvoří i úklid pracoviště, který není v simulaci zahrnut.



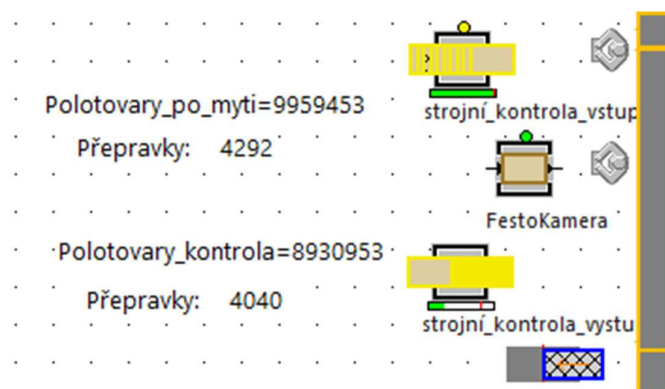
Obrázek 43 Využití obsluhy Hydromat (vlastní zpracování)

Pro lepší přehlednost jsou data vztahující se k využití jednotlivých strojů Hydromat zaneseny do (Tab. 3). Zobrazené hodnoty jsou vyjádřeny jako podíl z celkové doby provozu.

Stroj/Činnost	Podíl doby práce	Nevyužitá doba provozu	Podíl doby přetypování	Stroj nepracuje z důvodu poruchy
Hydromat 301	58 %	27 %	8 %	7 %
Hydromat 302	58 %	25 %	9 %	8 %
Hydromat 303	79 %	2 %	8 %	12 %
Hydromat 304	78 %	1 %	10 %	11 %
Hydromat 305	41 %	49 %	5 %	6 %
Hydromat 306	24 %	70 %	4 %	2 %
Hydromat 307	70 %	13 %	7 %	10 %
Hydromat 308	42 %	44 %	6 %	7 %
Hydromat 309	77 %	2 %	10 %	11 %

Tabulka 3 Statistika Hydromat II (vlastní zpracování)

Pracoviště mytí očistilo za dobu simulace 4292 přepravek tedy ekvivalent 9959453 polotovarů. Pracoviště kontroly verifikovalo rozměry 8930953 polotovarů což je ekvivalent 4040 přepravek. Rozdíl v hodnotách je způsoben odečtením neshodných polotovarů. Při pohledu na množství rozpracované výroby před pracovištěm kontroly na (Obr. 44) můžeme toto pracoviště označit jako úzké místo. Pracoviště kontroly má ve vstupním bufferu jako jediné pracoviště v modelu velký počet rozpracované výroby.



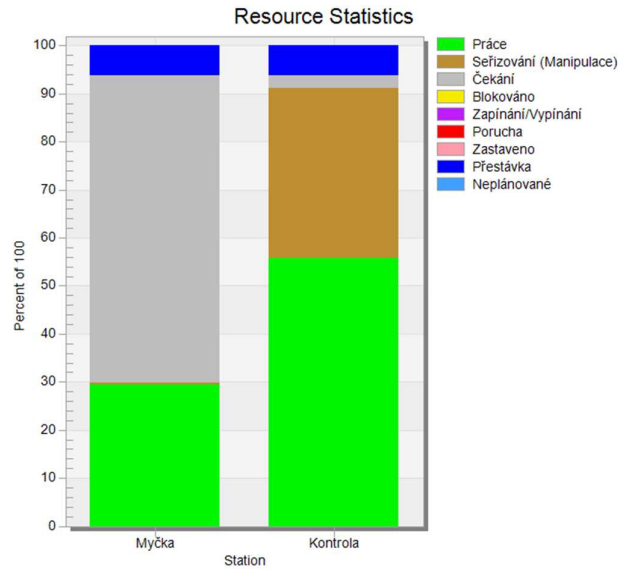
Obrázek 44 *Kontrola-výstup* (vlastní zpracování)

Množství nedokončené výroby ve výstupním bufferu u myčky a ve vstupním bufferu u kontroly je na konci simulace celkem 235 přepravek. Na (Obr. 45) je grafické zobrazení vytížení strojů, které jasně ukazuje značné nevyužití **Mycího zařízení**, které dosahuje 63 % a pracuje pouze 29 % z jeho provozní doby.

Zařízení **Automatické strojní kontroly** je naopak zcela vytíženo ovšem 35 % z celkové doby provozu tvoří seřízení, do kterého je zahrnuta manipulace s přepravkami při jejich výměně a nastavení kontrolního stroje po každém kusu. Stroj pracuje 56 % z jeho doby provozu. Detailní statistika je zanesena do (Tab. 4). Zobrazené hodnoty jsou vyjádřeny jako podíl z **celkové doby provozu**.

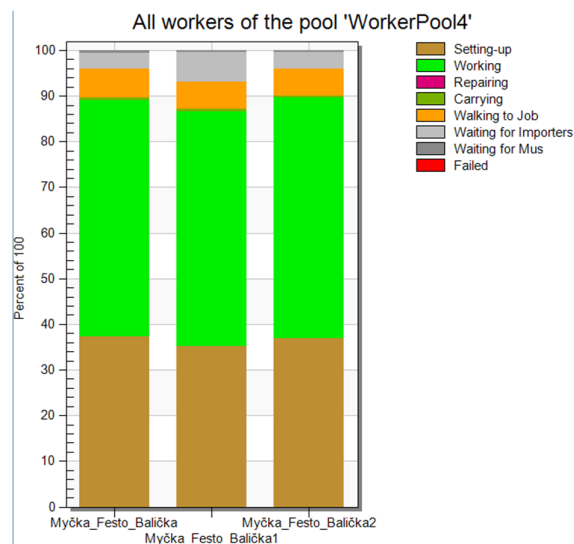
Stroj/Činnost	Podíl doby práce	Nevyužitá doba provozu	Seřizování a manipulace
Myčka	29 %	63 %	2 %
Strojní kontrola	56 %	3 %	35 %

Tabulka 4 *Statistika Myčka a Kontrola* (vlastní zpracování)



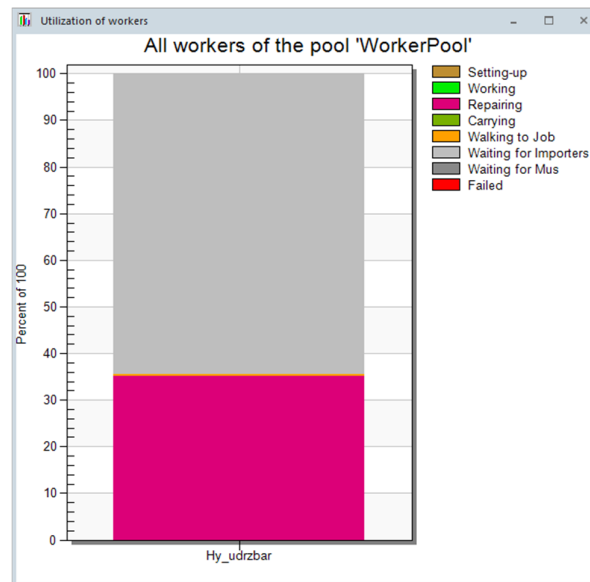
Obrázek 45 Statistika Myčka a Kontrola II (vlastní zpracování)

Pracoviště myčky, kontrolního zařízení, baličky, které obsluhuje tým tří pracovníků fungujících ve třísměnném provozu. Kromě samotných strojů se také starají o manipulaci s přepravkami mezi pracovišti. Na (Obr. 46) je zobrazeno využití pracovníků, které vykazuje 50 % práce (zelená), 40 % seřizování (hnědá) a 5 % přesouvání po pracovišti (žlutá). První sloupec označuje pracovníka 1 na ranní směně, druhý sloupec pracovníka 2 na odpolední směně a třetí sloupec pracovníka 3 na noční směně. Pod pojmem seřizování si lze představit nastavování strojů a manipulaci s přepravkami. Část označená jako práce představuje obsluhu balícího zařízení.



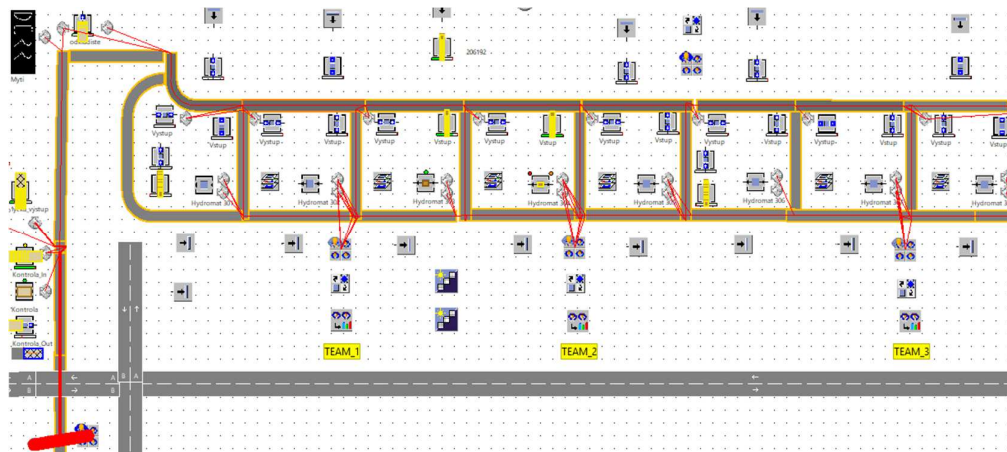
Obrázek 46 Využití obsluhy mytí, kontroly a balení (vlastní zpracování)

Zaměstnanec údržby dle statistiky (Obr. 47) opravuje těžké závady na pracovišti Hydromat 35 % své pracovní doby.



Obrázek 47 *Využití zaměstnance údržby* (vlastní zpracování)

Pro lepší představu o pohybu pracovníků, byl sestaven Sankey diagram, který v tomto případě mapuje trasy pohybu zaměstnanců a jejich četnosti mezi pracovišti. Na (Obr. 48) je dle šířky červené dráhy patrné, že zaměstnanci se nejvíce pohybují mezi pracovištěm bale- ní a kontroly.



Obrázek 48 *Sankey diagram* (vlastní zpracování)

6.3 Shrnutí analytické části

V analytické části této práce byla představena zvolená společnost, její produktové portfolio a zobrazena její ekonomická situace za posledních deset let její činnosti. Dále pak byl detailně rozebrán výrobní proces provozu CT. V daném provozu byly pak charakterizovány jednotlivé pracoviště a vztahy mezi nimi. Velký důraz byl kladen zejména na průtok jednotlivých pracovišť, využití času jednotlivých strojů a pracovníků, které tyto stroje obsluhují.

Součástí analytické části také bylo vytvoření simulačního modelu v softwaru Tecnomatix Plant Simulation. Model simuloval vybrané pracoviště po dobu tří měsíců (od 1.1.2019 do 31. 3. 2019) jejich provozu. Simulační model vytvořil stejné průtoky zařízeními, vykázal využití času zařízení a zaměstnanců, které se shoduje s realitou. Ověření modelu bylo provedeno pomocí dat z podnikového informačního systému, vlastních poznatků a rozhovorů se zaměstnanci. Vytvořený model byl tímto ověřen, je tak možné ho považovat za věrohodný a je s ním možné pracovat v projektové části této práce.

Použitím modelu bylo zjištěno nízké využití pracovníků u pracoviště Hydromat, kde velkou část (80 %) směny stráví čekáním. Na stejném pracovišti bylo taktéž zjištěno nízké využití některých strojů z důvodu nedostatku zakázek. Výrobní výkon pracoviště Hydromat je v současnosti 5 015 098 kusů polotovarů (2744 přepravek). Pracovník údržby vynaloží 35 % směnového času na opravy strojů na tomto pracovišti.

Dále bylo zjištěno nízké využití mycího zařízení, které pracuje pouze 29 % z celkové doby provozu a 63 % doby pouze čeká na materiál (přepravky). Zařízení strojní kontroly je vytíženo znatelně více, pracuje (verifikuje) 56 % doby provozu a 35 % doby provozu tvoří seřizování, které zahrnuje činnosti nastavování kontrolního stroje a manipulaci s přepravkami, které je nutno po každé přepravce opakovat. Vzhledem ke stavu nedokončené výroby v zásobníku před zařízením (235 přepravek) je toto zařízení úzké místo.

Byla vytvořena také statistika zaměstnanců obsluhy mycího, kontrolního a balícího zařízení. Pracovníci obsluhují balící zařízení 50 % jejich pracovní doby a 40 % směny seřizují zařízení a manipulují s přepravkami. Dle Sankey diagramu se pracovníci nejvíce pohybují mezi pracovištěm balení a kontroly, což ovlivňuje výrobní výkon balícího zařízení.

7 ZADÁNÍ PROJEKTU

Projektová část této diplomové práce navazuje na část analytickou a je zaměřena na tvorbu návrhů, které povedou ke splnění projektového cíle. V předchozí části byly pomocí analýzy identifikovány oblasti, které je možné pomocí navržených opatření zefektivnit. Před samotným projektem, je potřeba provést několik důležitých kroků projektového řízení. Projekt musí mít vymezeny hlavní i dílčí cíle, účastníky projektu, časový harmonogram a jiné. Projekt musí také obsahovat logický rámec a analýzu rizik.

Název projektu:

Projekt zefektivnění výrobního procesu ve vybraném provozu ve zvolené společnosti

Projektový tým:

Manažer trvalého zlepšování

Průmyslový inženýr

Vedoucí výroby

Vedoucí diplomové práce

Diplomant

Hlavní cíl:

Projektovým cílem je zefektivnění využití úzkého místa – zařízení automatické strojní kontroly v konkrétních hodnotách jako průtok a využití stroje.

Dílčí cíle:

V souvislosti s hlavním cílem je také nutné splnit dílčí cíle, kterými jsou:

- zefektivnění sdruženého pracoviště mycího zařízení, automatické strojní kontroly, balicího zařízení a pracoviště Hydromat
- Snížení nákladů na výrobu zvoleného provozu.

7.1 Harmonogram projektu

Časový harmonogram zachycený na (Obr. 49) znázorňuje činnosti, které byly nutné vykonat v rámci této diplomové práce, resp. její projektovou část. Harmonogram obsahuje veškeré činnosti od seznámení se se zvolenou společností, analýzu výrobního procesu, tvorbu

simulačního modelu až po zhodnocení projektu. Délka trvání jednotlivých činností je zobrazena v měsících.

Rok	2019						2020					
Činnost	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen	červen
Seznamení se společností	■											
Analýza layoutu		■										
Analýza výrobního procesu			■									
Sběr dat pro simulaci				■	■	■						
Tvorba simulačního modelu					■	■						
Verifikace a validizace modelu							■					
Vytváření návrhu řešení								■				
Analýza proveditelnosti jednotlivých návrhů								■	■			
Vytvoření simulace navrhovaných řešení										■		
Vyhodnocení simulace navrhovaných řešení										■		
Porovnání současného stavu a navrhovaného řešení											■	
Zhodnocení projektu												■

Obrázek 49 Harmonogram projektu (vlastní zpracování)

7.2 Logický rámec

Pro detailní zmapování projektu, jeho cílů, prostředků a potencionálních hrozeb je využita metoda projektového řízení - metoda logického rámce, která slouží jako pomůcka při stanovování základních parametrů projektu a dokáže převést projektový záměr týmu do stručného a výstižného formuláře. Logický rámec pro tento projekt je přiložen jako příloha (PŘÍLOHA II).

7.3 Riziková analýza

Vzhledem k identifikaci hrozeb v předchozí kapitole je použita riziková analýza RIPRAN. Výsledkem analýzy je stanovení hodnoty rizika, které se odvíjí od dopadu a pravděpodobnosti jednotlivých hrozeb. Hodnoty rizik jsou určeny pomocí celkové pravděpodobnosti, určené jako součin pravděpodobnosti výskytu hrozby a možného scénáře a podle dopadu, který může hrozba způsobit. Na základě vyhodnocení je následně rozhodnuto o klasifikaci rizika, které může být vysoké, střední nebo nízké a jsou připravena opatření, jejichž smys-

lem je eliminace nebo zmírnění daného scénáře. RIPRAN pro projekt zefektivnění je uveden v (TAB. 5).

Hrozba	P-st	Č.	Scénář	P-st	Celková P-st		Dopad	HR	Opatření
Nezájem ze strany společnosti	35%	1	Projekt nebude realizován	95%	33%	SP	VD	VHR	Udržování komunikace s firmou, průběžná prezentace DP.
Nezájem ze strany zaměstnanců	60%	2	Ohrožení spolupráce se společností	50%	30%	SP	SD	SHR	Důsledné seznámení zaměstnanců s projektem.
Chybná simulace současného stavu	30%	3	Špatné vyobrazení současného stavu	55%	17%	MP	VD	SHR	Průběžné konzultace s odborníkem na simulace.
Chybná simulace navrhovaných variant	45%	4	Zkreslené výstupy projektu	40%	18%	MP	VD	SHR	Konzultace s zaměstnanci a odborníkem na simulace.
Nedodržený časového harmonogramu	65%	5	Ohrožení výstupu projektu	85%	55%	SP	SD	SHR	Časová rezerva, Časté kontroly průběhu projektu s harmonogramem.
Navržené řešení nepovede ke splnění cíle	40%	6	Nesplnění cíle DP	95%	38%	SP	VD	VHR	Konzultace s odborníky, případná úprava navrhovaných řešení.

Tabulka 5 RIPRAN (vlastní zpracování)

8 PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ

V poslední kapitole analytické části práce byly identifikovány nedostatky současného stavu výroby, které je nutné řešit a odstranit, nebo alespoň redukovat pomocí jednotlivých návrhů v následující podkapitolách.

8.1 Úprava zařízení automatické strojní kontroly polotovarů

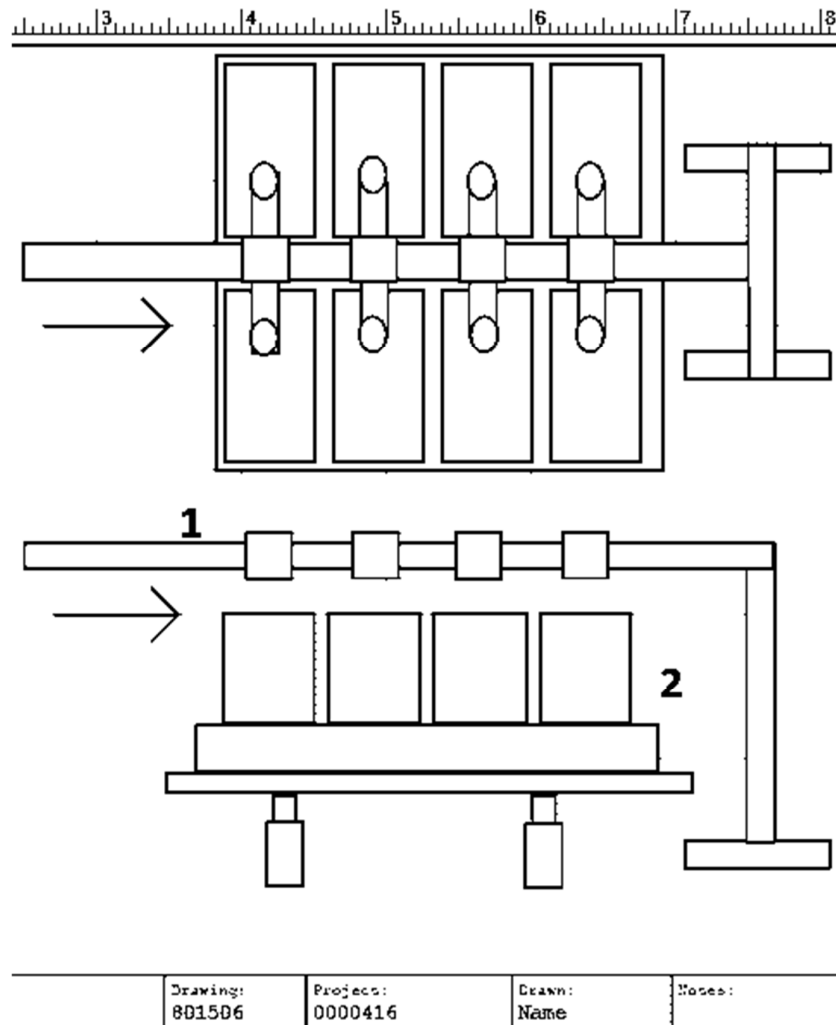
Z analytické části práce vyplývá, že mycí zařízení společně s automatickou strojní kontrolou jsou z pohledu výrobního postupu velmi důležité, z důvodu že každý budoucí výrobek musí projít těmito pracovišti a mycím zařízením dokonce dvakrát během výrobního procesu.

Dle osobních poznatků, vzniklých převážně pozorováním a následným ověřením simulačním modelem bylo zjištěno, že u zařízení automatické strojní kontroly označované firemní hantýrkou „Festo kamera“ vzniká větší množství nedokončené výroby, přesněji očištěné přepravky s polotovary jejichž rozměry verifikuje tento stroj před procesem vrtání. Počítačová simulace, respektive její výsledky zobrazily, že velká část provozní doby automatické kontroly je vynaložena na manipulaci s polotovary a nastavování stroje.

Přepravky jsou ručně skládány pracovníky do volného prostoru před kontrolní stroj. Odkladné místo má kapacitu osmi paletových míst, což je ekvivalentem 100 přepravek. Po naplnění kapacity je část přepravek převezena vysokozdvížným vozíkem do skladu a později zase dovezena. Prioritou při pořadí verifikace polotovarů je především datum jejich expedice v konečné podobě k zákazníkovi. Přepravky jsou z volného místa ručně přenášeny a vsypávány do zásobníku stroje automatické kontroly. Po naplnění zásobníku je potřeba do stroje umístit prázdnou přepravku a stroj nastavit. Celkově tedy cesta od balícího zařízení, manipulace s polotovary, nastavení stroje až po začátek chodu stroje trvá pracovníkovi 8 minut. Stroj v současnosti pojme pouze jednu přepravku což je velmi náročné na obsluhu, kterou tvoří jeden zaměstnanec na každé směně a celkem obsluhuje 3 stroje. Obzvláště nevýhodné je to při obsluze balícího zařízení, kdy musí přerušit proces balení a jít obsloužit zařízení automatické kontroly nebo mytí, a tak vznikají prostoje. Balící zařízení není automatizované a pracovník u něj musí neustále být, aby stroj pracoval na rozdíl od zbylých dvou zařízení, kde je zadáván program, během kterého stroj pracuje až do jeho ukončení zcela sám.

8.1.1 Rozdělovač polotovarů automatické strojní kontroly

Odstraněním nebo redukcí manipulace a seřizování by se především značně zvýšila produktivita automatické kontroly a balícího zařízení ale také by se snížila četnost pohybu mezi stroji a tím ve výsledku snížila fyzická zátěž zaměstnanců. Po poradě se zaměstnanci z oblasti výroby, by bylo ideální upravit zařízení tak, aby rovnoměrně dávkovala polotovary do více přepravek na jedno seřízení. Zařízení, které by bylo pro společnost nákladově, výkonově a prostorově optimální a mohlo rozdělovat až do osmi přepravek na jedno nastavení. Rozšíření zařízení by mělo respektovat současný layout a nevyžadovat žádné zásadní změny ve výrobním procesu. Na (Obr. 50) je zobrazen **nárys a půdorys** návrhu rozšíření současného stroje kontroly o rozdělovač, který navazuje na původní zařízení kontroly. Šipka označuje směr toku polotovarů.



Obrázek 50 Rozdělovač polotovarů (vlastní zpracování)

Zařízení by se mělo skládat ze dvou hlavních částí uvedených na (Obr. 50). Část označená číslem **1** je opěrný rám s dopravníkem a pod číslem **2** je označen pojízdný podstavec pro paletu s přepravkami.

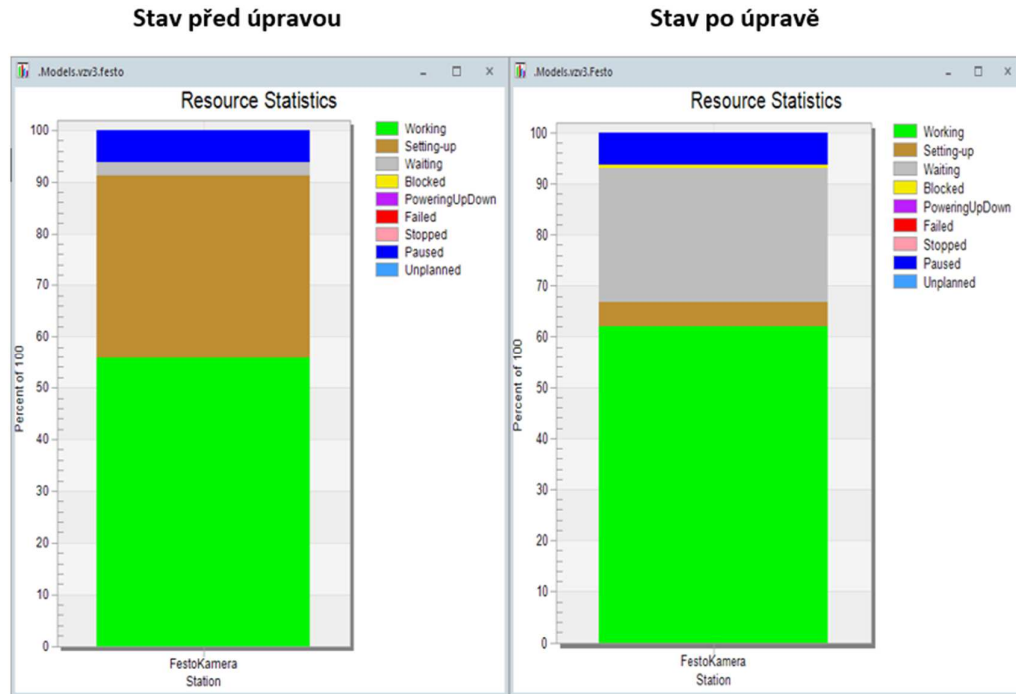
Princip zařízení spočívá v napojení zařízení na pásový dopravník původního zařízení, které dopravuje shodné polotovary dopravníkem do jednotlivých přepravek. Zařízení, respektive její komponenty by měly být poháněny pouze elektricky nebo kombinací elektricky/pneumaticky vzhledem k dostupnému rozvodu stlačeného vzduchu pro jiné zařízení. Součástí dopravníku bude zařízení, které rozděluje polotovary do jednotlivých beden. Zařízení bude napojeno na počítač od původního zařízení, které bude softwarem řídit funkci celého kompletu, což znamená že zařízení musí být kompatibilní s původním zařízením kontroly. Zařízení bude obsluhovat původní obsluha, která bude řádně proškolená o jejím používání.

Technické požadavky na rozdělovací zařízení:

- Napájení 230 V (jednofázové) nebo 400 V (třífázové)
- Možnost využití stlačeného vzduchu
- Rozměr do 2,5 x 2 metrů
- Softwarová a fyzická kompatibilita s původním zařízením
- Pásový typ dopravníku
- Možnost plnit pouze jednotlivě vybrané přepravky
- Snadná a intuitivní obsluha

8.1.2 Simulace rozdělovače polotovarů kontrolního zařízení

Pro simulaci scénáře s upraveným zařízením automatizované strojní kontroly s rozdělovačem polotovarů byl použit původní simulační model. Data, která obsahuje model jako množství materiálu, procesní časy, počty zaměstnanců, směnnost a jiné, zůstávají nezměněny. Změna je v pouze nastavení objektu stroje kontroly, kde v záložce „seřizování“ je upraveno seřizování až po osmi přepravkách. Vzhledem k jednoduché změně v simulačním softwaru, namodelování této situace přineslo okamžitě několik znatelných změn ve výstupech modelu, respektive v jejich statistikách, které byly vytvořeny už v analytické části práce, které jsou popsány na následující stránkách.



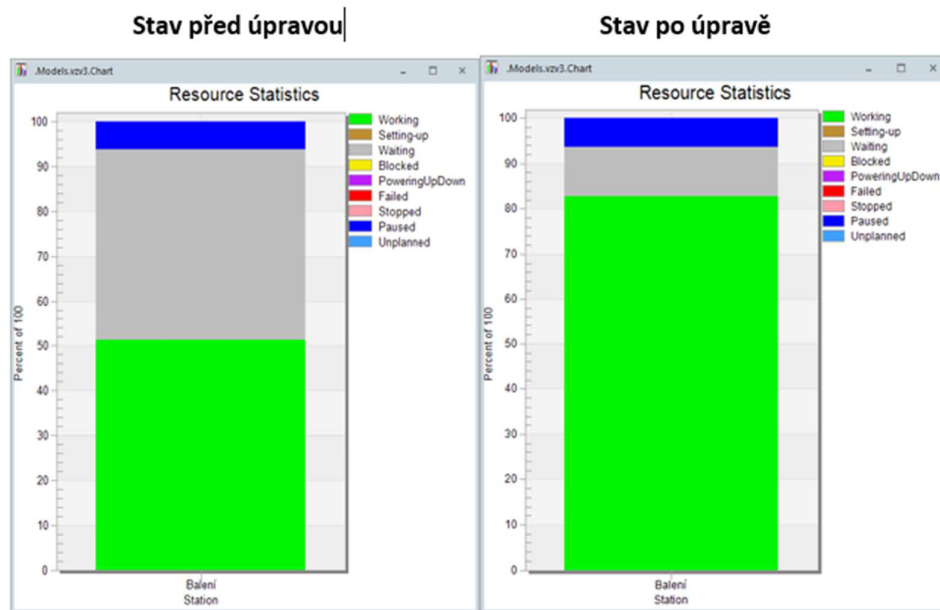
Obrázek 51 Rozšíření automatické strojní kontroly (vlastní zpracování)

Ve statistice na (Obr.51) lze vidět, že rozdělovací zařízení znatelně snížilo dobu manipulace a seřizování (hnědá část). Provozní čas se přesunul z oblasti seřizování do pracovní oblasti (zelená část) grafu a do čekání (šedá část) z důvodu nedostatku materiálu. Tento prostož vzniklý nedostatkem zakázek se nachází i u ostatních pracovišť, jak vyplývá z analytické části práce. Změna rozložení doby provozu pracoviště strojní kontroly má také vliv na ostatní zařízení nebo pracovníky, které jsou se strojní kontrolou přímo nebo nepřímo spojeni. V první řadě je ovlivněna obsluha strojní kontroly, mycího a balícího zařízení, která díky snížení četnosti seřizování a manipulace může větší část pracovní doby obsluhovat balící zařízení, které je tak produktivnější což dokazuje statistika ranní směny na (Obr. 52) a statistika balení na (Obr. 53).

Dalším nezanedbatelným faktem je snížení četnosti pohybu obsluhy, které je také důsledkem snížení počtu seřizování a přispívá k menšímu fyzickému zatížení jednotlivých zaměstnanců při výkonu zaměstnání. Pro porovnání četnosti pohybu mezi zařízeními balení a automatické kontroly je vloženo srovnání Sankey diagramů v (PŘÍLOHA III).



Obrázek 52 Statistika obsluhy (vlastní zpracování)



Obrázek 53 Statistika Balíčního zařízení (vlastní zpracování)

8.1.3 Zhodnocení modelu automatické strojní kontroly s rozdělovačem

Podstatou rozšíření strojní kontroly o nastavitelný rozdělovač je rozdělování polotovarů do více přepravek (volitelný počet) naráz místo pouze do jedné. Další důležitou skutečností je

snížení počtu seřizování a manipulace, které se redukovalo z 8 minut před každou přepravkou na pouze jedno osmiminutové seřízení po 8 přepravkách. Tato redukce opakované činnosti má pozitivní vliv nejen na produktivitu kontrolního zařízení, ale i na balící zařízení a obsluhu, která může pracovat efektivněji a zároveň se snižuje i její fyzické zatížení při výkonu zaměstnání na této pozici. Zároveň se objevila u kontrolního stroje část doby provozu, kdy je stroj nevyužíván z důvodu nedostatku materiálu. Tato skutečnost bude řešena v dalších kapitolách této práce. Simulace úpravy kontrolního zařízení vyvrátila obavy zaměstnanců společnosti o zpomalení procesu kontroly. Tento návrh bude vyžadovat investice za samotné přídavné zařízení a služby s tím spojené.

Strojní kontrola 3 měsíce	Podíl práce z celkové doby provozu	Podíl seřizování a manipulace z celkové doby provozu	Celkový průtok
Stav před rozšířením	55 %	34 %	8 930 953 ks
Stav po rozšíření	62 %	5 %	9 909 953 ks
Rozdíl po rozšíření	12,73 %	-85,29 %	10,96 %

Tabulka 6 Srovnání současného stavu a stavu po rozšíření (vlastní zpracování)

Z celkových hodnot **za 3 měsíce** z tabulky (Tab. 6) a statistiky (Obr. 51) vyplývá, že stroj bude díky nižšímu počtu seřizování pracovat větší část pracovní doby, zvýší se celkový průtok polotovarů a doba, po kterou stroj nepracuje kvůli nedostatku materiálu (zakázek). Zásadní změnou v rozložení času obsluhy na (Obr. 52) je nahrazení času seřízení produktivnějším balením o 30 % směnového času. Statistika balení zobrazená na (Obr. 53) znázorňuje zvýšení podílu doby práce z 52 % na 83 %. Následkem je větší průtok z 313 balení na 391 balení, což je růst o 25 % za jednu osmihodinovou směnu. Také se změna projeví na vzdálenosti, kterou zaměstnanec urazí za směnu. V současnosti pracovník urazí 1672 metrů a po změně urazí 1291 metrů za osmihodinovou směnu, což je pokles o 23 %. Pro lepší přehled je uvedena také tabulka (Tab. 7), která zobrazuje změnu hodnot automatické kontroly **za jednu osmihodinovou směnu**. Z výsledků je patrné, že velká část získané doby vzniklé redukcí seřizování se přesunula do produktivní práce a ve srovnání s tabulkou

(Tab. 6) s hodnotami za celkovou dobu simulace je růst podílu práce větší z důvodu odstranění vlivu nedostatku zakázek, který výslednou statistiku zkresluje.

Strojní kontrola 1 směna	Podíl práce z doby provozu za směnu	Podíl seřizování a manipulace z doby provozu za směnu	Průtok za jednu směnu
Stav před rozšířením	69 %	22 %	57 000 ks
Stav po rozšíření	89 %	3 %	73 000 ks
Rozdíl po rozšíření	29 %	-86 %	28,07 %

Tabulka 7 Srovnání současného stavu a stavu po rozšíření za směnu (vlastní zpracování)

Další velmi důležitou hodnotou, která patří mezi cíle tohoto projektu je množství nedokončené výroby, která se hromadila před zařízením automatické strojní kontroly. Stav před a po úpravě včetně procentuálního rozdílu je zapsán v následující tabulce (Tab. 8). Pro lepší vypovídající hodnotu jsou uvedeny hodnoty za jednu **osmihodinovou směnu a jeden pracovní den** (3 směny).

Nedokončená výroba před strojní kontrolou	Stav na konci jedné směny	Stav na konci pracovního dne
Stav před rozšířením	38 přepravek	112 přepravek
Stav po rozšíření	35 přepravek	101 přepravek
Rozdíl po rozšíření	- 7,89 %	- 9,82 %

Tabulka 8 Srovnání současného stavu nedokončené výroby a stavu NV po rozšíření (vlastní zpracování)

Stav nedokončené výroby před zařízením automatické strojní kontroly by se realizací návrhu snížil o 7,89 % za směnu a o 9,82 % za pracovní den.

8.2 Zvýšení produktivity mycího zařízení

V analytické části bylo popsáno, že přepravky s polotovary musí být za celý proces dvakrát očištěny v automatickém mycím zařízení, které se skládá ze samotné myčky a válečkového dopravníku.

Celý proces mytí začíná u výstupu z obráběcích strojů, kde vypadávají jednotlivé polotovary do košíku (Obr. 54), které jsou vysypávány do přepravek vedle každého stroje. Množství polotovarů v každém košíku není nijak přesně dávkováno a záleží na obsluze, respektive na jejím odhadu, který se odvíjí od zkušeností pracovníka, nebo se značí jednoduchou ryskou. Toto dávkování je velmi nepřesné, protože polotovary mají dle typu jiné rozměry a jinou gramáž, a proto je plnění přesným množstvím polotovarů do každé přepravky v současnosti prakticky nereálně proveditelné.

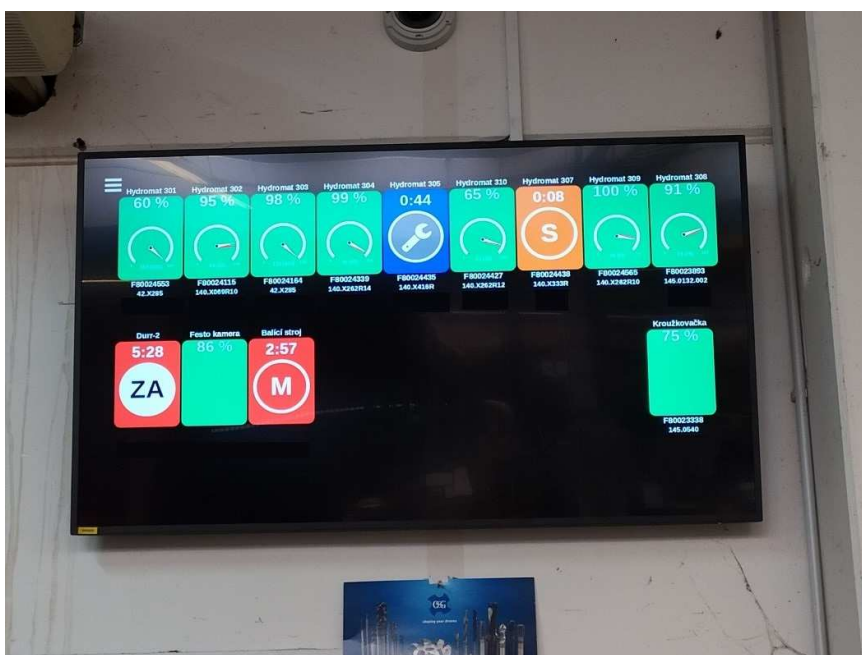


Obrázek 54 Výstup z obráběcího stroje (vlastní zpracování)

Velmi důležitá je zde hmotnost, protože myčka je konstruována na 4 přepravky a maximální hmotnost 150 kilogramů včetně přepravek pro jeden mycí cyklus. Přepravky musí být naloženy vždy 4 a mohou být plné, prázdné, nebo jejich kombinace při respektování celkové maximální hmotnosti. V současnosti je praktikováno plnění mycího zařízení dvěma plnými a dvěma prázdnými přepravkami. Na základě opakovaných vážení, vyšla průměrná hmotnost jedné zaplněné přepravky 38 kilogramů bez váhy přepravky. Jedna prázdná přepravka váží 2 kilogramy. Celá sestava dohromady váží 84 kilogramů, což značí nevyužitý potenciál a zbytečnou rezervu. Při vážení se pohybovala odchylka hmotnosti do 5 kilogramů na jednu přepravku z důvodu různého odhadu při jejich plnění.

Po důkladném zvážení a rozhovoru s technologií bylo zamítnuto řešení očišťovat čtyři plné přepravky se sníženým množstvím polotovarů kvůli možnému chybnému odhadu, který by způsobil přetížení stroje a jeho poškození a také nedostatečné očištění polotovarů.

Po důkladném prozkoumání výrobních zařízení v provozu se nabízí řešení strojního počítání polotovarů. Obráběcí stroje počítají polotovary kvůli sběru dat do podnikového informačního systému a jsou s ním svým způsobem propojeny. Z toho důvodu by bylo vhodné stroje nastavit na upozornění, které by se zobrazilo například na zobrazovacím zařízení (Obr. 55) po určitém počtu polotovarů, což by bylo impulsem pro pracovníka k přesypání koše s polotovary. Tato úprava by umožnila lépe využít mycí zařízení. Úpravu tohoto charakteru by realizovali firemní IT zaměstnanci nebo externí firma.



Obrázek 55 Zobrazovací zařízení (vlastní zpracování)

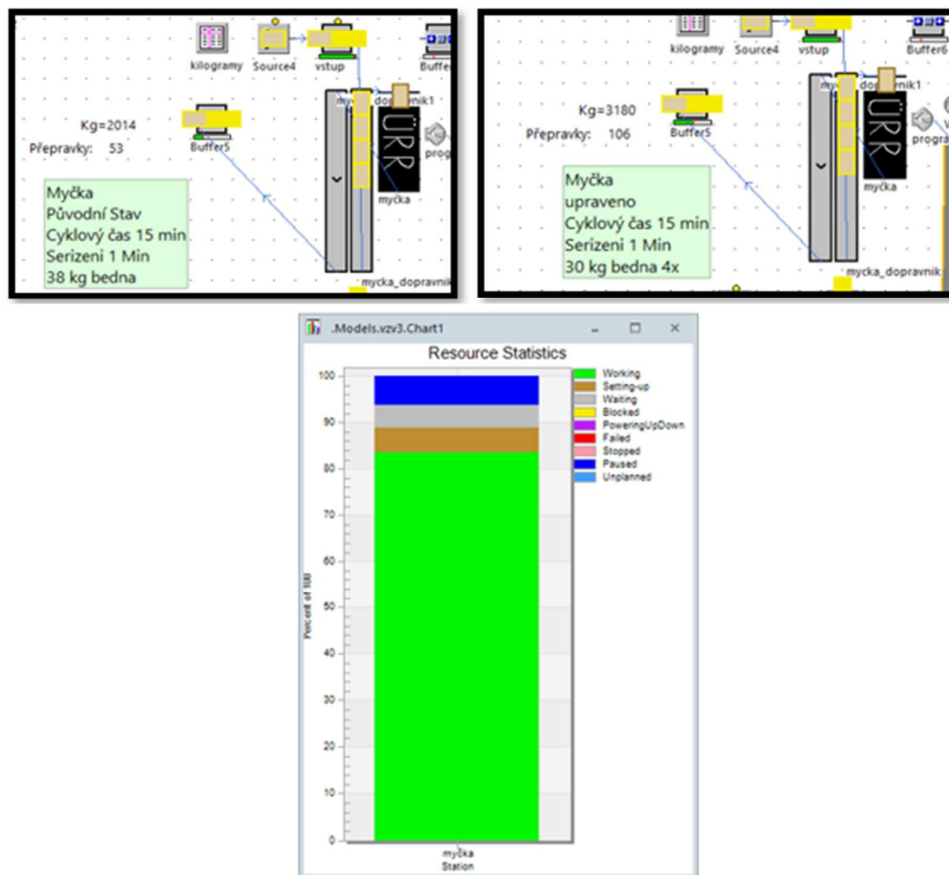
Po důkladném rozhovoru se zaměstnanci bylo rozhodnuto o budoucí optimální kombinaci čtyřech naplněných přepravek po 30 kilogramech s přičtením 8 kilogramů za prázdné přepravky, což znamená celkovou hmotnost 128 kilogramů s 22 kilogramovou rezervou přednostně zajišťující požadovanou kvalitu očištění polotovarů. Přetížení zařízení by bylo navrhovanou úpravou vyloučeno.

8.2.1 Simulace mycího zařízení se zvýšenou produktivitou

Změna počtu přepravek a jejich hmotností pro jeden cyklus znamená přenastavení výchozího simulačního modelu, kde je potřeba přenastavit mycí stroj. Ve výchozím simulačním

modelu je mytí řešeno zadáním procesního času 7,5 minuty na jeden cyklus což je v součtu 15 minut a spuštění (seřízení) zařízení v délce jedné minuty po každých dvou kusech. Po úpravě bude procesní čas vydělen čtyřmi, což znamená 3 minuty a 45 sekund na jednu přepravku a seřízení po čtyřech přepravkách.

Pro lepší znázornění umyté celkové hmotnosti bylo vytvořeno počítadlo hmotnosti pomocí globální proměnné a metody, která zapisuje a sčítá vepsané hmotnosti jednotlivých přepravek. Model zobrazuje na obrázku (Obr. 56) popisovanou změnu zvýšením množstvím očištěných polotovarů a přepravek a velmi dobrým poměrem práce v uvedené statistice ve srovnání s ostatními činnostmi. Poměr za 3 měsíce je uveden v analytické části práce na (Obr. 45), kde je statistika pozměněna z důvodu nedostatku materiálu. Tyto výsledky budou dosaženy při splnění okolností, kdy bude zajištěno dostatek materiálu (zakázek).



Obrázek 56 Srovnání výstupů a statistika mycího zařízení (vlastní zpracování)

8.2.2 Zhodnocení modelu se zvýšenou produktivitou mycího zařízení

Výsledkem změny počtu přepravek a jejich hmotností pro jeden cyklus je nižší počet potřebných mycích cyklů pro očištění stejného počtu polotovarů, nebo stejný počet cyklů jako v současném stavu pro větší množství očištěných polotovarů. Pro obsluhu to znamená snížení počtu manipulací a nastavování.

Pro společnost je zde také podstatný nezanedbatelný rozdíl v úspoře nákladů na mytí, a to konkrétně za položku čisticí chemie, která musí být pravidelně do stroje doplňována. Mimo materiálů nutných pro provoz je zde také potřeba započítat nižší celkové opotřebení stroje a delší servisní intervaly.

Z výrobního pohledu je patrný znatelný růst produktivity mycího zařízení, který je uveden v tabulce (Tab. 8). Změnou skladby přepravek vzroste produktivita o 57,89 % a počet zaplněných přepravek z 53 kusů na 106. Na obě varianty bylo třeba 27 mycích cyklů, což je současná maximální kapacita mycího zařízení za směnu.

Mycí zařízení 1 směna	Očištěné množství polotovarů přepočítané na hmotnost	Počet zaplněných přepravek	Počet mycích cyklů
Stav před změnou	2014 kg	53 kusů	27
Stav po změně	3180 kg	106 kusů	27
Rozdíl	57,89 %	100 %	

Tabulka 9 Srovnání současného stavu kapacity mycího zařízení a stavu po změně (vlastní zpracování)

8.3 Úprava směnnosti obsluhy mycího, kontrolní a balícího zařízení

Ze statistik modelů v analytické části práce a předchozích návrhů je patrné, že vzhledem k občasnému nedostatku zakázek některé stroje určitou dobu nepracují a vznikají tak prostoje. Popisovaný provoz funguje v současnosti ve třísměnném provozu. V oblasti mycího zařízení, automatické strojní kontroly a balícího zařízení pracuje na každé směně jeden zaměstnanec.

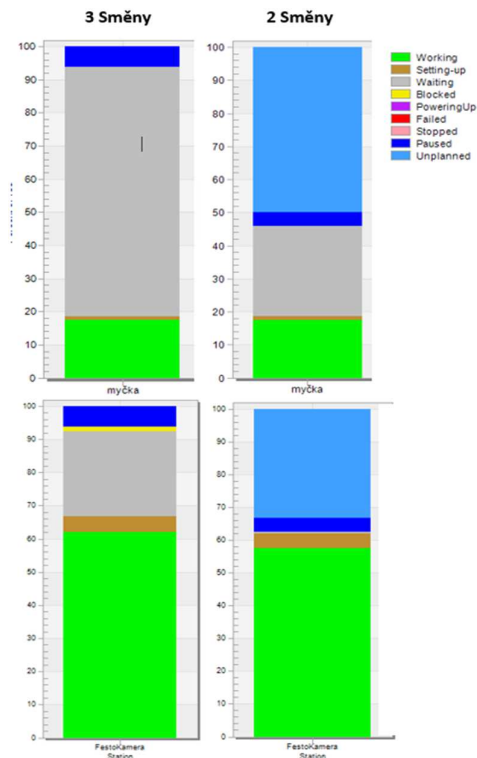
V případě úpravy automatické strojní kontroly a změnou vytížení myčky by vznikl u těchto zařízení prostoj kvůli nedostatku materiálu. Úpravou směn, respektive změnou

z třísměnného provozu na dvousměnný nebo na dvanáctihodinovou směnu pro tuto oblast by znamenalo snížení personálních nákladů při zachování produktivity na každé směně a redukoval by se prostoj vzniklý nedostatkem zakázek.

Současný model vychází z dat, které byly získány v době ekonomické konjunktury, a proto se nepředpokládá v blízké době prudké zvýšení poptávky a navyšování objemu výroby, které by způsobilo potřebu navyšovat směny.

8.3.1 Simulace úpravy směn

Pro simulaci této úpravy byl použit model z předchozích návrhů, tedy model, který obsahuje rozšířenou strojní kontrolu polotovárů a mycí zařízení s upravenou skladbou přepravek. Pro možnost porovnání změn plynoucích z úpravy směn, je vytvořen model s navrhovaným dvousměnným osmihodinovým provozem, který bude porovnáván se současným třísměnným provozem. Pro úpravu směn bylo nutné přenastavit směnový kalendář modelu u pracovišť a obsluhy jednotlivých zařízení. Vstupy z předchozích pracovišť jsou v původních hodnotách.



Obrázek 57 Srovnání modelů s rozdílnou směnností (vlastní zpracování)

Při změně na **dvousměnný provoz** by se nezměnil **celkový průtok** zařízení automatické kontroly z 9 909 953 kusů verifikovaných polotovarů a 4272 přepravek. Průtok mycího zařízení zůstává stejný z důvodu velkého množství prostojů z nedostatku materiálu. Tato část byla ještě zvýšena zefektivněním jejího chodu, což znamená očištění stejného množství za nižší počet směn. Průtok myčky je 4292 přepravek a v přepočtu na polotovary 9 959 453 kusů. Rozdíl v průtoku myčky a strojní kontroly je způsoben odečtením neshodných polotovarů. Na obrázku (Obr.57) jsou znázorněny statistika myčky a strojní kontroly před a po změně směnnosti z třísměnného provozu na dvousměnný osmihodinový. Světlemodrá část grafu zobrazuje neplánovanou dobu provozu, která je v tomto případě zrušená směna.

Statistika balicího zařízení zde není uvedena, protože balička je napojena na fiktivní zdroj s fiktivním daty a slouží pouze jako vytížení obsluhy. Statistika, by v tomto případě byla zavádějící. Dle výsledku statistiky balení, klesne doba, po kterou balicí stroj pracuje o 20 %. Dle osobních poznatků z výroby by ale nedošlo k poklesu průtoku zařízení z důvodu, že model neobsahuje prostoje vzniklé předešlým pracovištěm vrtání, které není součástí těchto simulačních modelů.

8.3.2 Zhodnocení modelu s upravenou směnností

Cílem úpravy směnnosti, respektive přechod z třísměnného provozu na dvousměnný osmihodinový, je snížení personálních nákladů za ušetřeného pracovníka. Podnětem pro návrh těchto změn byl růst prostojů, které vznikly z nedostatků materiálu (zakázek) a byly ještě zvětšeny předchozími návrhy, které provoz jednotlivých zařízení zefektivnily a tím pádem bylo možné zachovat současný průtok jednotlivými zařízeními při snížených nákladech na výrobu.

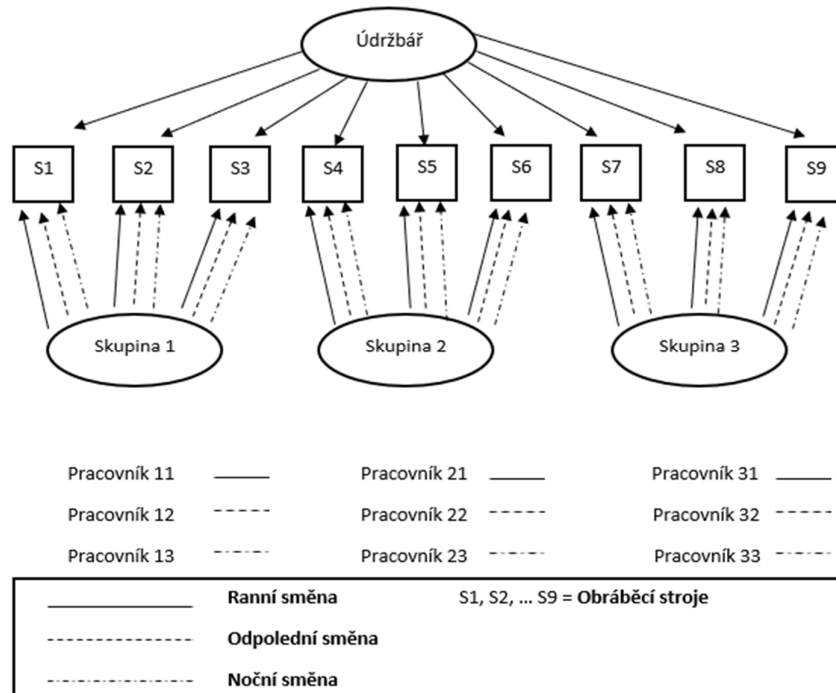
8.4 Změna organizace práce zaměstnanců obráběcích strojů

V analytické části této práce, konkrétně v kapitole popisující současný stav výrobního procesu pomocí počítačové simulace je namodelováno pracoviště s obráběcími stroji, které se skládá z 9 obráběcích a tvářecích strojů vyrábějících proudové špičky a plynové hubice. Toto pracoviště v současné době funguje v třísměnném provozu a obsluhují ho tři týmy seřizovačů, kteří jsou zároveň i obsluhou a jeden údržbář. Údržbář pracuje pouze ranní směnu.

Každý tým se skládá ze tří seřizovačů, kteří mají na starost tři stroje na každé směně. Jejich úkolem je přetypovávat stroje, pravidelně je kontrolovat, provádět běžnou údržbu, opravo-

vat závady lehčího charakteru a hlídat stav vstupních a výstupních zásobníků, které musí pravidelně naplňovat či vyprazdňovat. Pokud má stroj závažnou poruchu, musí být opraven údržbářem. Celkový počet zaměstnanců je 10.

Pro lepší přehled je uvedeno grafické zobrazení (Obr. 58), které znázorňuje systém obsluhy strojů na tomto pracovišti.



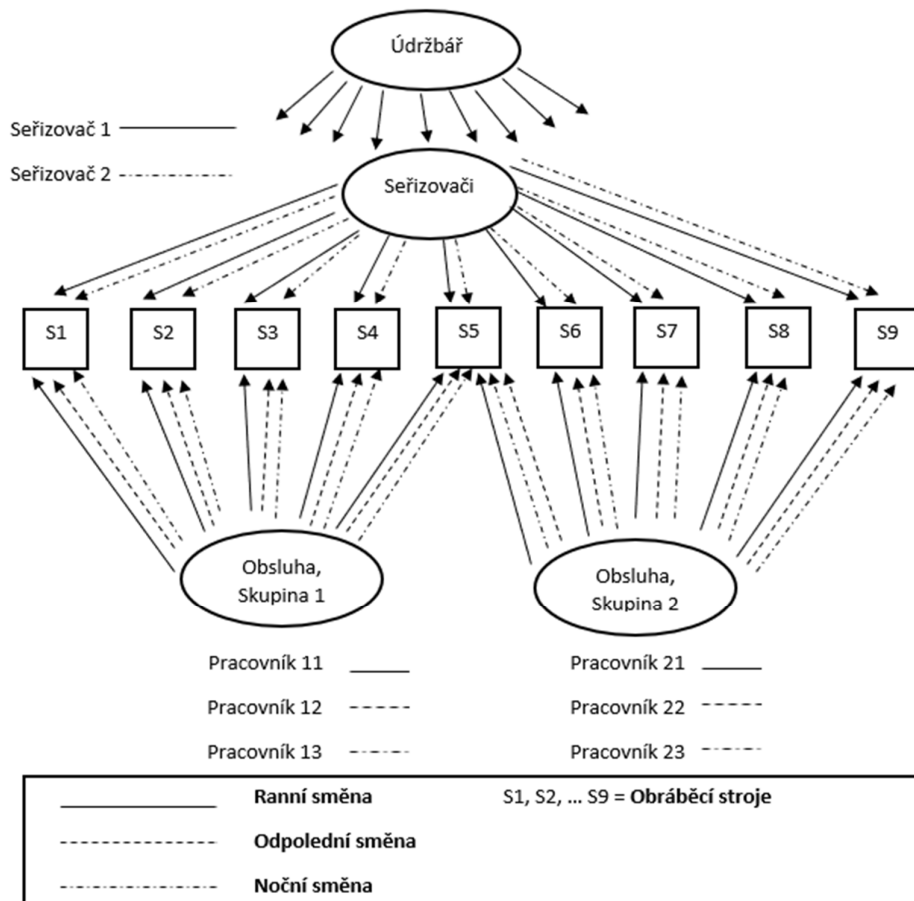
Obrázek 58 *Současná podoba organizace pracovníků (vlastní zpracování)*

Dle statistik uvedených v analytické části práce, které zobrazují u některých strojů značnou část prostojů kvůli občasnému nedostatku materiálu (zakázek). Tato část byla zachycena i ve statistice obsluhy těchto zařízení, která je se stroji spjata. Po důkladném rozhovoru s řídicími pracovníky byla sestavena nová podoba organizace pracovníků na tomto pracovišti, která neohrozí provoz strojů ani výrobní výkon jednotlivých strojů a dojde ke snížení personálních nákladů.

Nová organizace pracovníků bude obsahovat 3 typy pracovníků. Bude se jednat o seřizovače, obsluhu a údržbáře. Dva seřizovači budou primárně řešit přetypování a v případě potřeby mohou sami, nebo s asistencí řešit závady lehkého charakteru. Tito pracovníci budou fungovat ve dvousměnném režimu, kdy bude jeden pracovník na jedné směně a seřizovat dle potřeby jednotlivé stroje.

Obsluha se bude starat o samotnou obsluhu strojů ve smyslu pravidelné kontroly strojů (jejich částí) a bude zodpovědná za včasné vysypávání výstupních zásobníků do přepravek a jejich následným odnosem k dalšímu výrobnímu kroku. Dalším úkolem obsluhy bude hlídání stavu vstupních zásobníků s měděnými tyčemi a jejich případné doplnění. Obsluha se bude skládat z šesti pracovníků, kteří budou rozděleni do dvou skupin po třech. Obě skupiny budou pracovat v třísměnném provozu. Na každé směně bude jeden pracovník z každé skupiny, který se stará o tři až čtyři stroje. V případě poruch lehčího až středního charakteru je obsluha schopna opravy řešit.

Posledním typem pracovníka bude údržbář, jehož úkolem bude oprava těžkých závad a řešení atypických závad, které ostatní pracovníci nebudou schopni sami vyřešit. Pracovník údržby bude pouze jeden a bude pracovat pouze ranní směnu. V případě potřeby je schopen pracovník provádět optimalizaci strojů (drobné seřízení). Celkový počet zaměstnanců bude 9. Pro lepší představu o budoucím systému obsluhy je uvedeno schéma (Obr. 59).

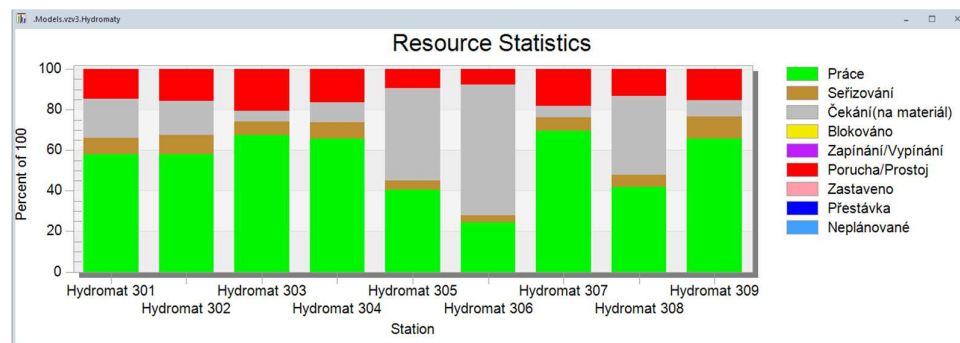


Obrázek 59 Nová podoba organizace pracovníků (vlastní zpracování)

8.4.1 Simulace organizační změny

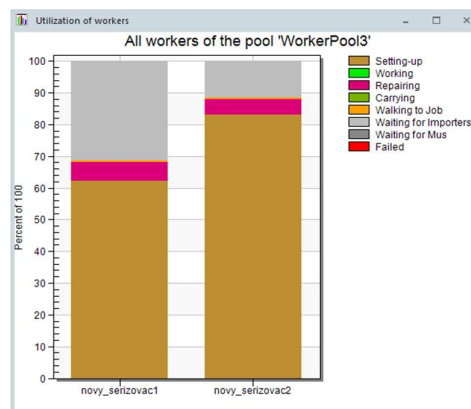
Simulační model pro tento návrh vychází ze současného stavu bez předchozích návrhů, na které tento návrh nemá vliv. Jsou zde upraveny zdroje zaměstnanců, aby odpovídaly navrženým skupinám a je změněno nastavení jednotlivých strojů v oblasti seřizování, kde bylo v záložce „seřizování“ přenastaveno označení odpovídajících zadavatelů práce V záložce „závady“ bylo vytvořeno více závad a ty rozděleny podle metody na jednotlivé zdroje zaměstnanců. Ve směnovém kalendáři byly změněny směny pro seřizovače.

Po ukončení simulace, vytvořená statistika nastínila celkové využití provozního času, který je velmi podobný výchozímu stavu, uvedeném na obrázku (Obr. 42) v analytické části práce. Také celkový průtok pracoviště je velmi podobný a jeho hodnota je 4 794 078 a 2705 přepravek. Je zde 4% snížení průtoku oproti současnému stavu, které je způsobeno nepřesností modelu a je třeba tento návrh ověřit v praxi.

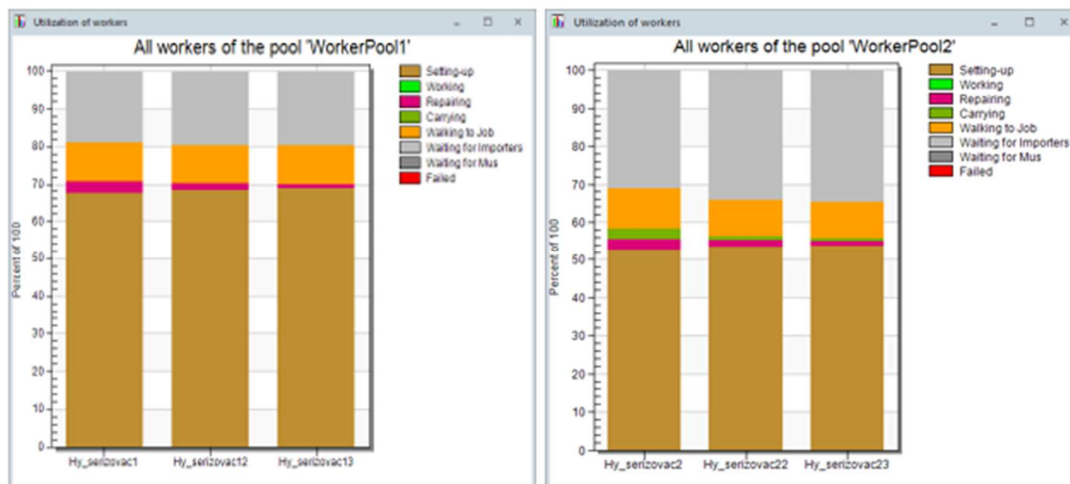


Obrázek 60 Statistika Hydromat po změně (vlastní zpracování)

Při pohledu na statistiku na (Obr. 58) rozložení pracovní doby **seřizovačů** je patrné, že zhruba 70 % své směny jsou zaměstnání seřizováním strojů (hnědá část) a 6 % doby opravují drobné poruchy strojů.



Obrázek 61 Statistika seřizovačů (vlastní zpracování)



Obrázek 62 Statistika obsluhy (vlastní zpracování)

Ze statistiky uvedené na (Obr. 59) vyplývá, že pracovníci **obsluhy** vynaloží 55 až 68 % pracovní doby na kontrolu a údržbu zařízení (hnědá část). 10 % každé směny (oranžová část) se pracovníci obsluhy přesunují po pracovišti zbylé 4 % své doby (růžová část) se zabývají opravami strojů. Na uvedené statistice jsou uvedeny obě skupiny pracovníků, tedy 6 pracovníků. Na jedné směně je vždy jeden zaměstnanec z každé skupiny. Rozložení času na směnách obou skupin se mírně liší z důvodu lichého množství strojů a tím nevyváženého rozložení práce.

Statistika pracovníka údržby se nezměnila a je totožná jako v současnosti, tedy v modelu současného stavu, který je zobrazen na (Obr. 47) v analytické části této práce. **Údržbář** vynaloží 35 % směnového času na těžké opravy strojů.

8.4.2 Zhodnocení modelu s organizační změnou na pracovišti obráběcích strojů

Smyslem změny organizace pracovníků na pracovišti s obráběcími stroji je snížení počtu potřebných pracovníků k zajištění bezproblémového provozu při zachování stejného průtoku. Tento návrh snížil potřebu současného stavu pracovníků uvedeného pracoviště z 10 na 9 a ušetřil tak jednu směnu denně. Dotyční pracovníci by změnou pracovali ve dvou-směnném provozu místo třísměnného. Při realizaci návrhu by tak došlo ke zefektivnění pracovních sil výrobního procesu a celkovému snížení nákladů na výrobu.

9 ZHODNOCENÍ PROJEKTU

Projekt zefektivnění výrobního procesu vybraného provozu by byl pro firmu nepochybným přínosem. V rámci jednotlivých návrhů na zlepšení se díky počítačové simulaci prokázalo, že by jejich realizace vedla k dosažení jak hlavních, tak i vedlejších cílů, které byly popsány v předchozích kapitolách této práce.

9.1 Přínosy navržených opatření

Problém s velkým množstvím nedokončené výroby, který potvrdila počítačová simulace identifikací úzkého místa v oblasti zařízení strojní kontroly. Tento problém vyřešilo zefektivnění provozu tohoto zařízení pomocí automatického rozdělovače, který **redukoval časté nastavování a manipulaci** s přepravkami, díky tomuto rozšíření byl **průtok polotovarů** zařízení zvětšen o 11 % za celou dobu simulace, tedy 3 měsíce. **Množství nedokončené výroby bylo sníženo** o 10 % každý pracovní den. Následkem tohoto zlepšení bylo také **snížení podílu pracovní doby obsluhy**, který byl vynaložen **na seřizování a manipulaci** automatické strojní kontroly. Tento ušetřený čas **zvýšil podíl doby práce** balícího zařízení o 30 %. Součástí tohoto návrhu bylo sestavení **Sankey diagramu**, který zobrazil dráhy a četnost pohybu obsluhy a nastínil **snížení vzdálenosti**, kterou musí pracovník obsluhy urazit o 23 % za jednu osmihodinovou směnu v případě realizace návrhu.

Dle vlastních poznatků z výroby, byl objeven potenciál ke **zvýšení produktivity mycího zařízení** přesnějším dávkováním polotovarů do přepravek, který by byl využit pomocí úpravy podnikového informačního systému a změny skladby přepravek v zařízení. **Průtok zařízením** by se zvýšil o 58 % za směnu.

Na základě výsledků počítačové simulace sdruženého pracoviště strojní kontroly, mycího zařízení a baličky, byla objevena nevyužitá doba provozu jednotlivých zařízení, vzniklá nedostatkem materiálu (zakázek). Následně byla navržena **změna směnnosti** z třísměnného provozu na dvousměnný, která by **ušetřila personální náklady** a zachovala stejný průtok jednotlivých zařízení.

Vzhledem k výsledkům statistiky simulace pracoviště s obráběcími stroji v analytické části práce, byla objevena nevyužitá pracovní doba strojů a zaměstnanců. S pomocí zaměstnanců firmy byla **upravena organizace** zaměstnanců na tomto pracovišti, která přinesla úsporu jednoho pracovníka změnou směnnosti seřizovačů z třísměnného provozu na dvousměnný a tím byla **ušetřena jedna pracovní směna** za den.

9.2 Úspory, náklady a návratnost navrhovaných řešení

V následujících podkapitolách budou vyčísleny úspory a náklady za jednotlivé návrhy. Součástí návrhů rozšíření kontrolního zařízení a zvýšení produktivity mycího zařízení je i výpočet návratnosti investic. Pro výpočty je použito celkového počtu 241 pracovních dní po odečtení desetidenní celozávodní dovolené.

9.2.1 Rozdělovač polotovarů automatické strojní kontroly

Náklady za rozšíření zařízení automatické strojní kontroly jsou dle nabídky dodavatele vykalkulovány na 596 252 Kč. Náklady za instalaci zařízení (fyzická instalace, úprava softwaru současného zařízení) a proškolení činí celkem 32 000 Kč jsou v (Tab. 10) uvedeny jako položka „Související práce“. Náklady na provoz stroje pro společnost jsou 500 Kč za jednu normohodinu provozu. Jedna směna má 7,5 hodiny.

Nákladová položka	Náklady
Zařízení	596 252 Kč
Související práce	32 000 Kč
Celkem	628 252 Kč

Tabulka 10 *Náklady související s pořízením zařízení* (vlastní zpracování)

Současný průtok zařízením je 57 000 kusů polotovarů za směnu. Po rozšíření zařízení o rozdělovač bude průtok 73 000 kusů polotovarů za směnu. Ušetřený čas je vypočítán jako zbylý čas při kontrole stejného množství polotovarů a uspořené náklady jako součin ušetřeného času a nákladů za normohodinu. Výsledky, uvedené v (Tab. 11) jsou vyčísleny jako úspory za jednu hodinu a celý rok.

Sledované kritérium	Dosažené výsledky	Roční úspora
Uspořený čas z jedné normohodiny	0,225 hodiny	1 220 hodin
Uspořené náklady na hodinu	112,5 Kč	610 000 Kč

Tabulka 11 Úspory související s pořízením zařízení (vlastní zpracování)

Při využití předpokládané roční úspory nákladů 610 000 Kč je možné vypočítat návratnost dané investice jako podíl investičních nákladů a úspory nákladů dosažené díky dané investici.

$$\text{Návratnost investice} = \frac{\text{Investiční náklady}}{\text{Úspora nákladů v důsledku investice}}$$

$$\text{Návratnost investice} = \frac{628\,252 \text{ Kč}}{610\,000 \text{ Kč}} = \mathbf{1,03 \text{ let}}$$

Investice vložená do rozšíření automatické strojní kontroly se v důsledku zlepšení efektivity zařízení a tím nižšímu potřebnému času provozu zařízení na verifikaci stejného množství polotovarů vrátí za dobu jednoho roku.

9.2.2 Zvýšení produktivity mycího zařízení

Náklady na realizaci upozornění pro pracovníky obráběcích strojů na stav polotovarů v jednotlivých výstupních zásobnících jsou dle nabídky externí firmy vyčísleny na 60 000 Kč. Náklady za čisticí chemii a energii potřebnou na jeden mycí cyklus jsou vyčísleny na 100 Kč. V celkové částce je započítán i pravidelný servis zařízení, který se odvíjí od počtu hodin provozu.

V současnosti očistí myčka 2014 kilogramů polotovarů za jednu směnu. Potřebuje k tomu 27 mycích cyklů. Po úpravě by myčka očistila za směnu 3180 kilogramů. Stejnou hmotnost (2014 kilogramů) polotovarů by po úpravě očistila za 17 cyklů. Úspora cyklů je zapísána a vypočítána v následující tabulce (Tab. 12).

Sledované kritérium	Dosažené výsledky	Roční úspora
Uspořený počet cyklů za směnu	10 cyklů	7 230 cyklů
Uspořené náklady za ušetřené mycí cykly za směnu	1 000 Kč	723 000 Kč

Tabulka 12 *Úspory získané realizací návrhu změny skladby přepravek* (vlastní zpracování)

$$\text{Návratnost investice} = \frac{60000 \text{ Kč}}{723\,000 \text{ Kč}} = \mathbf{0,083 \text{ let} = 31 \text{ dní}}$$

Vlivem zvýšení produktivity mycího zařízení, se sníží potřebný počet cyklů a tím náklady na provoz mycího zařízení. Investice za úpravu firemního zařízení se firmě vrátí za 31 dní.

9.2.3 Změna směnnosti obsluhy mycího zařízení, automatické kontroly a balícího stroje

Vzhledem k přechodu z třísměnného na dvousměnný provoz sdruženého pracoviště, bude ušetřena jedna 7,5 hodinová směna. Tímto krokem bude stav obsluhy snížen ze 3 na 2 zaměstnance. Náklady za mzdu pracovníka včetně odvodů sociálního a zdravotního pojištění zaměstnavatele jsou 40 200 Kč za měsíc. Pro výpočty je mzdový náklad včetně odvodů rozpočítán na hodinu, což činí 255 Kč. Náklady na realizaci tohoto návrhu nejsou.

Sledované kritérium	Dosažené výsledky	Roční úspora
Uspořený čas za jeden pracovní den	7,5 hodiny	1 808 hodin
Uspořené náklady na jeden pracovní den	1 913 Kč	461 003 Kč

Tabulka 13 *Úspory získané změnou směnnosti* (vlastní zpracování)

V konečném důsledku přechodu na dvousměnný provoz bude ušetřen jeden pracovník. Tato úspora činí 461 003 Kč za rok.

9.2.4 Změna organizace pracovníků obráběcích zařízení

Změnou organizace zaměstnanců na pracovišti s obráběcími stroji, došlo k úspoře jednoho pracovníka. Mzda pracovníka včetně odvodů sociálního a zdravotního pojištění zaměstnavatele je 40 200 Kč za měsíc. Náklady na realizaci tohoto návrhu nejsou. Pro výpočty je mzdový náklad včetně odvodů rozpočítán na hodinu, což činí 255 Kč.

Jedna směna má 7,5 hodiny po odečtení zákonné půlhodinové přestávky. Původní počet zaměstnanců je 10. Po organizační změně je nový stav zaměstnanců 9. Všichni zaměstnanci pracují pouze jednu směnu. Každý pracovní den se na pracovišti vystřídají všichni zaměstnanci. Úspora je zapsána v následující tabulce (Tab. 14).

Sledované kritérium	Dosažené výsledky	Roční úspora
Uspořený čas za jeden pracovní den	7,5 hodiny	1 808 hodin
Uspořené náklady na jeden pracovní den	1 913 Kč	461 003 Kč

Tabulka 14 Úspory získané reorganizací (vlastní zpracování)

V důsledku organizační změny, dojde k úspoře jednoho pracovníka a vznikne nákladová úspora pro firmu ve výši 461 003 Kč za rok.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zefektivnit výrobní proces vybraného provozu zvolené společnosti. Pro dosažení tohoto cíle, byly v projektové části práce navrženy jednotlivá opatření vedoucí ke zvýšení efektivity zařízení, především zvýšením průtoku a snížení nákladů na výrobu vybraného provozu. Veškerá navrhovaná řešení byla ověřena ve vytvořených simulačních modelech, které vycházejí ze simulace současného stavu, vytvořeného v rámci analytické části práce. Počítačová simulace byla použita pro vypracování této práce z důvodu jejího velkého potenciálu, pro navrhování změn ve výrobě a zájmu firmy o tento nástroj.

Hlavního cíle projektu, kterým byl návrh na využití úzkého místa, bylo dosaženo návrhem rozšíření automatické strojní kontroly o rozdělovač, který zvýšil kapacitu plněných přepravek na jedno seřízení a zvýšil tak průtok verifikovaných polotovarů o 11 %. V důsledku tohoto návrhu, došlo také ke snížení počtu seřizování a manipulace s přepravkami, snížení množství nedokončené výroby ve formě přepravek s polotovary před strojní kontrolou, redukcí četnosti pohybu obsluhy od balícího zařízení k strojní kontrole a zvýšení podílu doby práce balícího zařízení.

Z výsledků počítačové simulace současného stavu, ale také z vlastních poznatků z výroby, byla zjištěna možnost zvýšení produktivity mycího stroje, kde zařízení za jeden mycí cyklus očistilo dvě plné přepravky, při maximální kapacitě zařízení čtyř přepravek z důvodu hmotnostního limitu. Tento problém byl eliminován přidáním upozornění na zobrazovacím zařízení u obráběcích strojů, které by oznámilo pracovníkovi požadovaný počet polotovarů v přepravce a došlo tak k přesnému dávkování množství polotovarů a možnosti plnit mycí zařízení čtyřmi do určité výše zaplněnými přepravkami, které by v součtu očistily více kusů polotovarů a nepřesáhly hmotnostní limit zařízení. Tento návrh zvýšil očištěné množství polotovarů o 58 % za jednu směnu při stejném počtu mycích cyklů.

Dalším nedostatkem současného stavu bylo neefektivní vynakládání s pracovníky, kdy u obsluhy kontrolního, mycího a balícího zařízení bylo možné při zachování stejného průtoku zařízení, změnit provoz z třísměnného na dvousměnný. Tímto byl ušetřen jeden pracovník. Velmi podobný případ byl u obsluhy obráběcích strojů, kde se vlivem změny organizace pracovníků dosáhlo úspory jednoho pracovníka. Těmito návrhy byly splněny dílčí cíle projektu v oblastech zefektivnění a redukce výrobních nákladů zvoleného provozu. V současnosti, ale i blízké době, bude pozornost zaměstnanců upírána na strojní kontrolu a mycí zařízení, neboť přes tyto zařízení prochází všechny výrobky vybraného provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BADIRU, Adedeji Bodunde, [2014]. *Handbook of industrial and systems engineering*. Second edition. Boca Raton [Florida]: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 9781466515048.

BANGSOW, Steffen, 2015. *Tecnomatix Plant Simulation: Modeling and Programming by Means of Examples*. 2015. Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-19502-5.

BOBÁK, Roman, 1999. *Základy logistiky*. Zlín: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně, 173 s. ISBN 8021414286.

ČUJAN, Zdeněk a Zdeněk MÁLEK, 2008. *Výrobní a obchodní logistika*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788073187309.

DLOUHÝ, Martin, 2007. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press. ISBN 9788025116494.

DUPAL, Andrej, 2018. *Logistika*. Bratislava: Sprint 2, 287 s. Economics. ISBN 9788089710447.

CHUNG, Christopher A., 2004. *Simulation modeling handbook: a practical approach*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 0849312418.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg. ISBN 9788081540585.

CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: Georg. ISBN 9788089401260.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, David TUČEK a Roman BOBÁK, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074546808.

IMAI, Masaaki, 2005. *Gemba Kaizen*. Brno: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 8025108503.

MAŠÍN, Ivan, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 8090223567.

NEMANJIC, Boris a Navenka SVETOZAR, 2013. *Computer simulations: technology, industrial applications and effects on learning*. Hauppauge, NY: Nova Science Publisher's. ISBN 9781622575800.

POLÁKOVÁ, Veronika a Roman BOBÁK, 2013. *Priemyselné inžinierstvo ako faktor konkurencie schopnosti výrobných podnikov*. Žilina: Georg. ISBN 9788081540516.

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 9788024739380.

TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 8073183811.

VYTLAČIL, Milan, Ivan MAŠÍN a Miroslav STANĚK, 1997. *Podnik světové třídy: geneze produktivity a kvality*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 8090223516.

Interní materiály vybrané společnosti

Použité internetové zdroje

Axiomtech, © 2020. *Axiomtech* [online]. [cit. 2020-02-29]. Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/25357-texnomatix-plant-simulation>

API, © 2020. *Akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2020-02-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>

Plant simulation, © 2020. *Siemens* [online]. [cit. 2020-02-29]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-planning/plant-simulation-throughput-optimization.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CEZ	Celková efektivita zařízení.
DBR	Drum Buffer Rope.
HR	Hodnota rizika.
IT	Informační technologie.
JIS	Just In Sequence.
JIT	Just In Time.
MAG	Metal Active Gas.
MIG	Metal Inert Gas.
MP	Malá Pravděpodobnost.
NV	Nedokončená Výroba.
PIS	Podnikový Informační Systém.
P-ST	Pravděpodobnost.
SD	Střední Dopad.
SP	Střední Pravděpodobnost.
SHR	Střední Hodnota Rizika.
TIG	Tungsten Inert Gas
TOC	Theory of Constraints.
TPM	Total Productive Maintenance.
VD	Velký dopad.
VHR	Vysoká Hodnota Rizika.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 <i>Trojdimenzionální rozměr průmyslového inženýrství</i> (Chromjaková, 2013, str.6).....	14
Obrázek 2 <i>Časová komprese u simultánního inženýrství</i> (Mašín a Vytlačil, 2000, str. 283).....	17
Obrázek 3 <i>Funkce systému Poka-yoke</i> (Mašín a Vytlačil, 2000, str. 258).....	19
Obrázek 4 <i>Cíle TPM</i> (Tuček a Bobák, 2006, str.281)	20
Obrázek 5 <i>Koncept štíhlé logistiky</i> (Chromjaková, 2013, str. 50).....	22
Obrázek 6 <i>Drum-Buffer-Rope</i> (API, © 2020).....	24
Obrázek 7 <i>Logistický řetězec</i> (Bobák, 1999, s.13)	25
Obrázek 8 <i>Tlačný systém</i> (API, © 2020)	27
Obrázek 9 <i>Tažný systém</i> (API, © 2020).....	28
Obrázek 10 <i>Příklad simulačního prostředí PS</i> (Bangsow, 2015, s.174)	35
Obrázek 11 <i>Ukázka produktu</i> (Interní materiály společnosti)	39
Obrázek 12 <i>Graf vývoje tržeb vybrané společnosti</i> (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti).....	39
Obrázek 13 <i>Graf vývoje výsledku hospodaření vybrané společnosti</i> (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti).....	40
Obrázek 14 <i>Struktura společnosti</i> (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti).....	41
Obrázek 15 <i>Rozdělení výroby</i> (vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)	41
Obrázek 16 <i>Ukázky výrobků-proudová špička (vlevo) a plynová hubice</i> (Interní materiály společnosti).....	42
Obrázek 17 <i>Layout CT</i> (vlastní zpracování z interních materiálů společnosti).....	43
Obrázek 18 <i>Sklad vstupního materiálu</i> (vlastní zpracování)	44
Obrázek 19 <i>Obráběcí stroj</i> (vlastní zpracování).....	45
Obrázek 20 <i>Mycí zařízení s dopravníkem</i> (vlastní zpracování).....	46
Obrázek 21 <i>Kontrola polotovarů</i> (vlastní zpracování)	46
Obrázek 22 <i>Sklad polotovarů</i> (vlastní zpracování).....	47
Obrázek 23 <i>Vrtací stroj</i> (vlastní zpracování).....	48
Obrázek 24 <i>Dokončovací dílna (vlevo) a balící zařízení</i> (vlastní zpracování).....	49
Obrázek 25 <i>Část expedičního skladu</i> (vlastní zpracování).....	49
Obrázek 26 <i>Odlučovací zařízení a znečištěné třísky</i> (vlastní zpracování).....	50

Obrázek 27 <i>Proudové špičky</i> (vlastní zpracování)	50
Obrázek 28 <i>Vývojový diagram proudové špičky</i> (vlastní zpracování).....	51
Obrázek 29 <i>Plynové hubice</i> (vlastní zpracování)	52
Obrázek 30 <i>Simulace současného stavu</i> (vlastní zpracování)	54
Obrázek 31 <i>Pracoviště Hydromat</i> (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 32 <i>Vstupní data (část) pro stroje Hydromat</i> (vlastní zpracování).....	56
Obrázek 33 <i>Technologický postup</i> (vlastní zpracování)	56
Obrázek 34 <i>Parametry polotovarů</i> (vlastní zpracování)	57
Obrázek 35 <i>Kapacity přepravek</i> (vlastní zpracování)	57
Obrázek 36 <i>Pracoviště „myčka“</i> (vlastní zpracování)	58
Obrázek 37 <i>Část vstupních dat pro fiktivní zdroj</i> (vlastní zpracování)	58
Obrázek 38 <i>Tabulka pro fiktivní zdroj</i> (vlastní zpracování)	59
Obrázek 39 <i>Kontrola polotovarů</i> (vlastní zpracování)	59
Obrázek 40 <i>Exit strategie v objektu Kontrola</i> (vlastní zpracování).....	60
Obrázek 41 <i>Plán cesty</i> (vlastní zpracování)	61
Obrázek 42 <i>Statistika Hydromat</i> (vlastní zpracování).....	62
Obrázek 43 <i>Využití obsluhy Hydromat</i> (vlastní zpracování)	63
Obrázek 44 <i>Kontrola-výstup</i> (vlastní zpracování)	64
Obrázek 45 <i>Statistika Myčka a Kontrola II</i> (vlastní zpracování)	65
Obrázek 46 <i>Využití obsluhy mytí, kontroly a balení</i> (vlastní zpracování)	65
Obrázek 47 <i>Využití zaměstnance údržby</i> (vlastní zpracování).....	66
Obrázek 48 <i>Sankey diagram</i> (vlastní zpracování)	66
Obrázek 49 <i>Harmonogram projektu</i> (vlastní zpracování).....	69
Obrázek 50 <i>Rozdělovač polotovarů</i> (vlastní zpracování)	72
Obrázek 51 <i>Rozšíření automatické strojní kontroly</i> (vlastní zpracování).....	74
Obrázek 52 <i>Statistika obsluhy</i> (vlastní zpracování).....	75
Obrázek 53 <i>Statistika Balícího zařízení</i> (vlastní zpracování).....	75
Obrázek 54 <i>Výstup z obráběcího stroje</i> (vlastní zpracování)	78
Obrázek 55 <i>Zobrazovací zařízení</i> (vlastní zpracování)	79
Obrázek 56 <i>Srovnání výstupů a statistika mycího zařízení</i> (vlastní zpracování).....	80
Obrázek 57 <i>Srovnání modelů s rozdílnou směnností</i> (vlastní zpracování)	82
Obrázek 58 <i>Současná podoba organizace pracovníků</i> (vlastní zpracování).....	84
Obrázek 59 <i>Nová podoba organizace pracovníků</i> (vlastní zpracování).....	85

Obrázek 60 <i>Statistika Hydromat po změně</i> (vlastní zpracování)	86
Obrázek 61 <i>Statistika seřizovačů</i> (vlastní zpracování)	86
Obrázek 62 <i>Statistika obsluhy</i> (vlastní zpracování)	87

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 <i>Typy simulačních modelů</i> (Dlouhý, 2007, s.13)	33
Tabulka 2 <i>Příklady simulačních programů</i> (Dlouhý, 2007, s. 58-61).....	34
Tabulka 3 <i>Statistika Hydromat II</i> (vlastní zpracování).....	63
Tabulka 4 <i>Statistika Myčka a Kontrola</i> (vlastní zpracování)	64
Tabulka 5 <i>RIPRAN</i> (vlastní zpracování).....	70
Tabulka 6 <i>Srovnání současného stavu a stavu po rozšíření</i> (vlastní zpracování)	76
Tabulka 7 <i>Srovnání současného stavu a stavu po rozšíření za směnu</i> (vlastní zpracování)	77
Tabulka 8 <i>Srovnání současného stavu nedokončené výroby a stavu NV po rozšíření</i> (vlastní zpracování)	77
Tabulka 9 <i>Srovnání současného stavu kapacity mycího zařízení a stavu po změně</i> (vlastní zpracování)	81
Tabulka 10 <i>Náklady související s pořízením zařízení</i> (vlastní zpracování)	89
Tabulka 11 <i>Úspory související s pořízením zařízení</i> (vlastní zpracování).....	90
Tabulka 12 <i>Úspory získané realizací návrhu změny skladby přepravek</i> (vlastní zpracování)	91
Tabulka 13 <i>Úspory získané změnou směnnosti</i> (vlastní zpracování).....	91
Tabulka 14 <i>Úspory získané reorganizací</i> (vlastní zpracování)	92

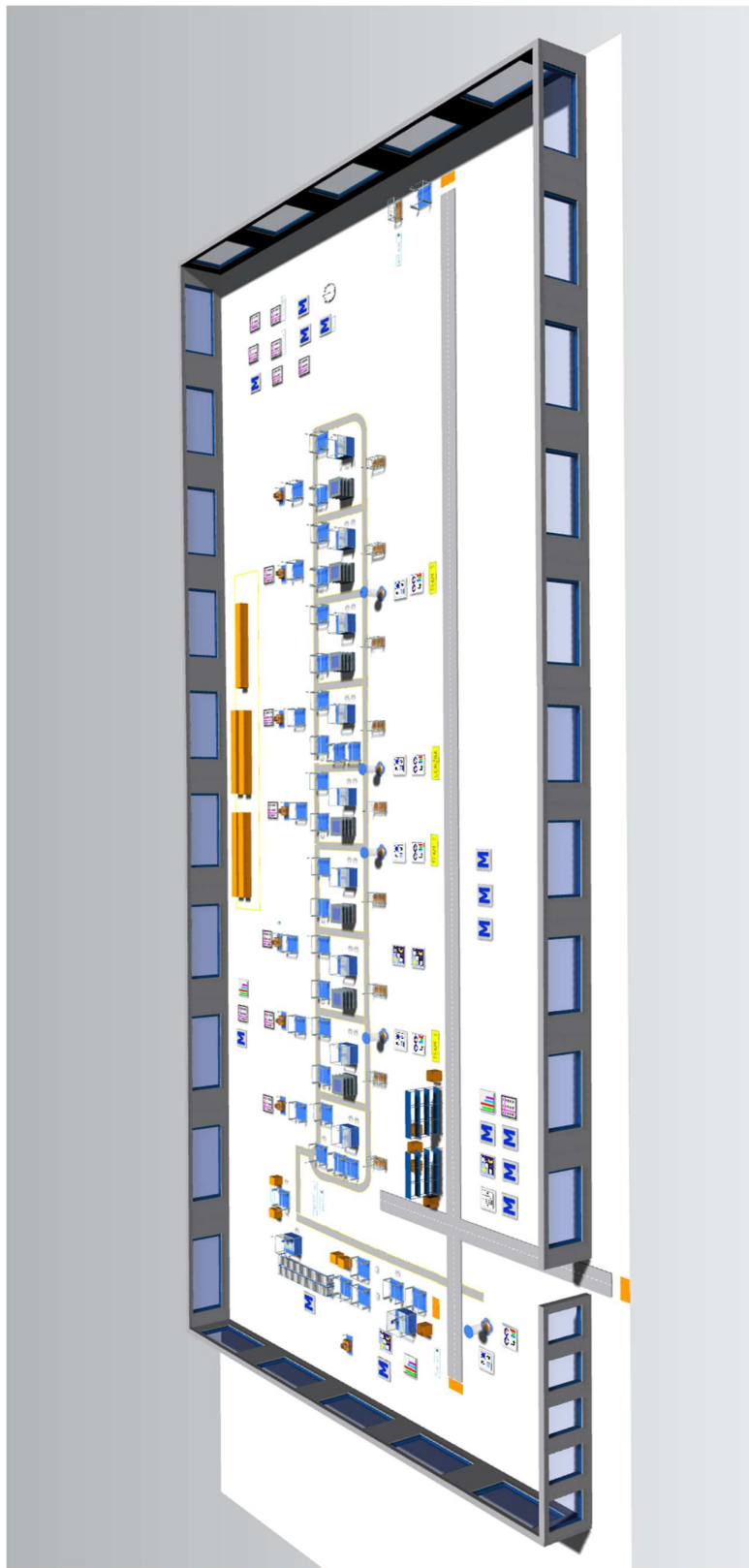
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 3D MODEL

Příloha P II: LOGICKÝ RÁMEC

Příloha P III: SANKEY DIAGRAM PŘED A PO ÚPRAVĚ

PŘÍLOHA P I: 3D MODEL



PŘÍLOHA P II: LOGICKÝ RÁMEC

Hierarchie cílů	Objektivně měřitelné ukazatele	Prostředky ověření	Předpoklady a rizika
Obecný cíl	Zvýšení průtoku systému o 10 %	PIS, Celkový objem produkce	
Projektový cíl	10 % zvýšení průtoku kontroly, snížení množství nedokončené výroby, snížení personálních nákladů	Projektová část DP-Posouzení variant pomocí počítačové simulace, Pracoviště kontroly, PIS, Mzdové účetnictví	1. Nezájem ze strany společenosti zaměstnanců 2. Nezájem ze strany zaměstnanců 3. Chybná simulace současného stavu 4. Chybná simulace navrhovaných variant
Výstupy	1.1 Výsledky analýzy současného stavu 1.2 Návrh řešení zefektivnění úzkého místa 1.3 Výhodnocení simulace navrhovaného řešení 1.4 Výsledky zhodnocení	Simulační modely, Množství nedokončené výroby, Mzdové účetnictví, Vyšší průtok zařízení	5. Nedodržení časového harmonogramu 6. Navržené řešení nepovede ke splnění cíle
Klíčové aktivity	Potřebné zdroje	Časový rámec aktivit	
1.1.1 Analýza layoutu 1.1.2 Analýza vstupů a výstupů 1.1.3 Analýza materiálových toků 1.1.4 Analýza dat z PIS 1.1.4 Vytvoření a analýza simulačního modelu současného stavu 1.1.5 Výhodnocení analýzy současného stavu 1.2.1 Návrh úpravy úzkého místa a organizace práce 1.2.2. Analýza proveditelnosti navrhovaného řešení 1.3.1 Vytvoření simulace navrhovaného řešení 1.3.2 Výhodnocení simulace navrhovaného řešení 1.4.1 Zhodnocení projektu	Interní materiály podniku, Layout výrobního provozu, PIS, Provedená měření a analýzy, PC, MS Excel, MS Word, Plant Simulation, Fotoaparát, Stopky	1.1 do 31.12. 2020 1.2 do 15. 3. 2020 1.3 do 14.5. 2020 1.4 do 15.6. 2020	
			Předběžné podmínky Podpora ze strany vedení, Podpora ze Schválení vedením, Podpora ze strany zaměstnanců

PŘÍLOHA P III: SANKEY DIAGRAM PŘED A PO ÚPRAVĚ

