

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Rozvrhování výroby pomocí simulačního
modelu**

(Diplomová práce)



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání diplomové práce

studentka **Bc. Kateřina Boráňová, BA.**

studijní program Logistika

obor Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Rozvrhování výroby pomocí simulačního modelu**

Cíl práce:

Demonstrovat využití simulačního modelu při tvorbě plánu výroby. Výsledky simulací zhodnotit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Plánování výroby
2. Analýza současného stavu
3. Plán výroby pomocí simulačního modelu
4. Zhodnocení práce

Závěr

Rozsah práce: 50 – 60 normostran textu

Seznam odborné literatury:

TOMEK, Gustav a Věra VÁBROVÁ. Řízení výroby a nákupu. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.

SYNEK, Miloslav a Eva KISLINGEROVÁ. Podniková ekonomika. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-336-3.

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

JANIŠOVÁ, Dana a Mirko KŘIVÁNEK. Velká kniha o řízení firmy: [praktické postupy pro úspěšný rozvoj]. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4337-0.

HEŘMAN, Jan. Řízení výroby. Slaný: Melandrium, 2001. ISBN 80-861-7515-4.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.

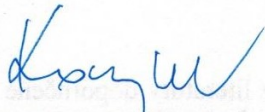
Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2018

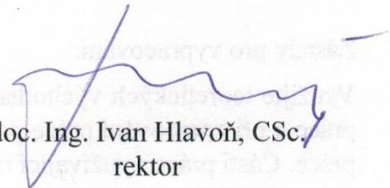
Datum odevzdání diplomové práce:

11. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018



doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení autora

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské/diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byla poučena o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 10. 05. 2019

.....

podpis

Děkuji panu prof. Ing. Gabrielu FEDORKOVI, PhD. za velmi užitečnou metodickou pomoc, za cenné připomínky a odborné rady a za poskytnuté informace a konzultace, kterými přispěl k vypracování mé diplomové práce.

Anotace

Cílem diplomové práce je demonstrovat využití simulačního modelu při tvorbě plánu výroby a zhodnocení výsledků simulací. Simulační model je vytvořen v programu Tecnomatix Plant Simulation od firmy Siemens.

V teoretické části je pomocí literární rešerše charakterizována základní problematika plánování a rozvrhování výroby, dále její efektivnost a využití simulací.

V praktické části je analyzován současný stav plánování a rozvrhování ve vybraném výrobním podniku. Jsou zde formulovány návrhy v rámci zefektivnění výroby za pomoci simulačních modelů.

Klíčová slova

výroba, plánování, rozvrhování, efektivnost, simulace, simulační model, pistolové hlavně

Annotation

The aim of the thesis is to demonstrate the use of the simulation model in the production plan and the evaluation of simulation results. The simulation model is created by Tecnomatix Plant Simulation from Siemens.

The theoretical part describes the basic problems of production planning and scheduling, its effectiveness and use of simulations.

The practical part analyzes the current state of planning and scheduling in a selected manufacturing company. There are suggestions made within the framework of more efficient production using simulation models.

Keywords

production, planning, scheduling, efficiency, simulation, simulation model, pistol barrels

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	11
1.1 OPERATIVNÍ PLÁNOVÁNÍ VÝROBY.....	12
1.1.1 Plánování výrobního programu	14
1.1.2 Plánování výrobního procesu.....	14
1.1.3 Výrobní dávka.....	17
1.1.4 Průběžná doba výroby a výrobní takt	18
1.2 EFEKTIVNOST VÝROBY	21
1.2.1 Efektivnost podniku.....	21
1.2.2 Řízení a sledování efektivnosti ve výrobě	22
1.2.3 Key Performance Indicators	24
1.3 ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY.....	25
1.3.1 Prioritní pravidla rozvrhování.....	27
1.3.2 Rozvrhování na jednom stroji.....	27
1.3.3 Rozvrhování na paralelních strojích	28
1.3.4 Multi-operační plánování.....	28
1.4 VYUŽITÍ SIMULACÍ VE VÝROBĚ	28
1.4.1 Výhody a nevýhody simulace.....	29
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	31
2.1 POPIS FIRMY	31
2.2 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY VE FIRMĚ ČESKÁ ZBROJOVKA A.S.	33
2.2.1 Cíle plánování	34
2.2.2 Procesy plánování	35
2.3 POPIS PROCESU VÝROBY KRÁTKÝCH HLAVNÍ	45

2.3.1	Takt výroby krátkých hlavní.....	48
3	PLÁN VÝROBY POMOCÍ SIMULAČNÍHO MODELU	50
3.1	TECNOMATIX PLANT SIMULATION.....	50
3.1.1	Popis pracovního prostředí Plant Simulationu.....	52
3.2	TVORBA MODELU	53
3.2.1	Material flow objects	54
3.2.2	Objekty obsažené v záložce zdroje – Resource	58
3.2.3	Objekt User Interface.....	58
3.2.4	Objekty Mobile Units	60
3.3	SIMULACE VÝROBY POLOTOVARŮ HLAVNÍ.....	61
3.3.1	Zhodnocení výroby polotovaru hlavní.....	63
3.4	SIMULACE VÝROBY HLAVNÍ	65
3.4.1	Zhodnocení simulace výroby hlavní.....	65
4	ZHODNOCENÍ PRÁCE	67
4.1	NÁVRH A VÝSLEDKY PŘI SJEDNOCENÍ SMĚNNOSTI.....	67
4.2	NÁVRH A VÝSLEDKY PŘI ZMĚNĚ LAYOUTU.....	69
	ZÁVĚR	73
	SOUPIS BIBLIOGRAFICKÝCH CITACÍ.....	75
	SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	77
	SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	78
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Čas jsou peníze je známé rčení. Správné nakládání s časem, vzácným a cenným neobnovitelným zdrojem, získává důležitost v rámci výroby. Dobře vynaložená práce jednoho člověka šetří dalším lidem i hodiny práce. Ve výrobě se stále více rozmáhá pojem štíhlá výroba, která se snaží optimalizovat operace a omezit plýtvání časem. To je cesta k optimálnímu rozdělení práce mezi operacemi, to znamená k plánování výroby a lidských zdrojů.

Plánování výroby je proces s určitými algoritmy v ustáleném prostředí, kde nelze předvídat náhodné události. Plánování společně se řízením výroby má vliv na prosperitu podniku a zajišťuje bezproblémový tok výrobního procesu. Pokud chce být podnik úspěšný, musí mít jasně definované cíle, které jsou připomínkou toho, čeho by chtěl v budoucnosti dosáhnout. K naplnění stanovených cílů vede cesta, která se bez kvalitního plánování neobejde.

Tato bakalářská práce se zabývá tématem „rozvrhování výroby pomocí simulačního modelu.“ Při přeměně vstupů na výstupy probíhá nespočet aktivit. Ty se musí denně řídit a korigovat. Hlavním důvodem neustálého zlepšování procesů je ten, aby podnik dokázal lépe vyhovět všem potřebám a požadavkům svých zákazníků. Pokud je dobře naplánovaná výroba, podnik může předcházet nečekaným zvrátům a šetří tím čas i finanční prostředky.

Plánování výrobních procesů pomocí simulace přináší snížení zásob ve výrobním procesu, zkrácení průběžné doby výroby, zvýšení produktivity práce a plnění zákaznických požadavků. Vhodné pro podnik je také pomocí simulací zavádění nových výrobků do výrobního plánu. Plánovač tak získá technickou podporu při optimalizaci výroby na pracovištích a dostává tím větší prostor pro řešení nestandardních situací.

Počítačové simulace jsou dnes nezbytnou součástí každého výrobního procesu. Tento nástroj poskytuje podnikům možnost operativního plánování a minimalizuje energie, zásoby a pracovní síly.

Cílem diplomové práce je demonstrovat využití simulačního modelu při tvorbě plánu výroby a zhodnocení výsledků simulací. Práce je rozčleněna do čtyř hlavních kapitol.

První kapitola je věnována teorii, která se na základě domácí i zahraniční literatury věnuje komplexně plánování výroby. V této kapitole nechybí zmínka o operativním plánování, které se řadí mezi manažerské činnosti krátkodobého charakteru a jsou zde definovány důležité termíny jako plánování výrobního programu a procesů. V dnešní době jsou nejvíce v podnicích řešeny termíny jako štíhlá výroba, správná velikost výrobní dávky, které mají vliv na stav zásob, průběžná doba výroby a takt. S plánováním výroby dále úzce souvisí výrobní efektivnost a rozvrhování výroby. Pro správné rozvrhování nám mohou posloužit počítačové simulace zaměřené na výrobní proces.

Druhou kapitolou diplomové práce začíná její praktická část. Zde je analyzován současný stav ve firmě Česká zbrojovka, a.s., která je zde taky představena. Plánování výroby v tomto podniku je pro přiblížení i laikům vysvětleno pomocí vývojových diagramů. Druhá polovina této kapitoly se specializuje na samotný popis procesu výroby krátkých hlavních, která probíhá na provozech Hlavnové. Pro práci byly z důvodů největšího objemu produkce vybrány pouze pistolové hlavně.

Následující kapitola je věnována již samotným simulacím. Pro tuto diplomovou práci byl vybrán software od firmy Siemens PLM s názvem Tecnomatix Plant Simulation, který byl navržený pro modelování a simulaci výrobního procesu. V této kapitole je důkladné seznámení se softwarem a samozřejmostí je vymodelování současného stavu výrobního procesu.

Poslední kapitola je využita ke zhodnocení diplomové práce. V téhle kapitole je demonstrován vlastní návrh zlepšení. Konkrétně se jedná o zhodnocení změny směnnosti na pracovištích a o zhodnocení úpravy layoutu dílny.

1 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Plánování výroby je definováno: „*Plánování je základním výchozím bodem pro dosažení výkonu firmy.*“ [1, s. 325]

Plánování je významným segmentem výrobní logistiky a je řazeno mezi klíčové manažerské funkce. Je to činnost, která se stará o budoucí vývoj podniku, proto zastává nepostradatelné místo nejen pro mladé, ale i pro zaběhnuté výrobní firmy. Výsledkem této činnosti je plán, který je dále rozváděn do oblastí podniku, jako je marketing, zásobování, nákup, výroba a podobné.

Podstatou plánování je určení cílových hodnot nebo cílů a způsobů jejich dosáhnutí. V úvahu jsou brány vnější i vnitřní faktory, které úspěšné dosažení cílů ovlivňují. Cílem plánování výroby stanovení termínu dodání vyráběné zakázky, zajistit podklady pro plánování materiálu a optimální využití strojní i lidské kapacity. Plánování výroby určuje, CO se má vyrábět a v jaké kvalitě, KDY je nutné výrobu zahájit, ukončit a jaký bude její průběh, KDE vyrábět, zda je k dispozici dostatek pracovníků a strojů a S JAKÝMI ZDROJI vyrábět.

Z toho důvodu je úkolem plánování opakované odpovídání na otázky:

1. Je termín dodání zakázek reálný?
2. Je správné pořadí práce na každém pracovišti?
3. Co je důležité pro dnešní den zaplánovat do výroby?
4. Je nutné objednat materiál a v jakém množství?
5. Jak vypadá za dané situace průběh výroby?
6. Jaké bude využití a spolehlivost?
7. Bude se plnit termín?
8. Jsou k dispozici potřebné kapacity pro splnění zakázky?
9. Kolik vyrobených kusů ze zakázky zůstane na skladě? [2]

První polovina otázek je zaměřena na plánování dnes – ve výrobě operátoři ví, co vyrábět, obchodníci jsou schopni slíbit zákazníkům termín dodání zakázky apod. Další polovina otázek je zaměřena na budoucnost a týká se plánování na nadcházející dny, týdny

a měsíce. Z důvodů působení vnitřních nebo vnějších faktorů (nemoc, opožděná dodávka materiálu, oprava stroje) dokonalý plán neexistuje.

1.1 OPERATIVNÍ PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Proces plánování se dělí dle různých kritérií. Z hlediska časového horizontu dělíme plánování výroby na strategické, taktické a operativní. Strategické plánování je dlouhodobé. Je klíčové pro marketing, výzkum a vývoj, investice a pro rozvoj lidských práv. Taktické a operativní plánování je klíčové v těch oblastech firmy, kde probíhají toky zdrojů, jak finančních, tak i materiálových.

Operativní plánování je manažerskou činností krátkodobého charakteru. Časovým horizontem jsou hodiny, dny, týdny nebo měsíce a cílem je zajistit konkrétní rozvržení a zajištění zdrojů. Dobře rozvržené zdroje jsou jeho výsledkem a klíčovým výstupem je operativní plán, na jehož základě pracovník provádí své denní úkoly. Pro všechny pracovníky v podniku je důležité vědět, kdo, co, kdy a kolik vyrábět. Operativní plán musí vycházet [3, s. 61]:

- a) z konkrétních úkolů (zakázek) na dané období,*
- b) z reálné situace ve zdrojích, kterými mají být úkoly realizovány.*

Operativní plánování je ovlivněno různorodostí výroby, předchází mu plán prodeje, proto je důležité se rozhodovat pomocí výrobně-ekonomické cílů podniku. Mezi tyto cíle jsou řazeny [4]:

- 1) Minimalizovat relevantní náklady.
- 2) Minimalizovat průběžnou dobu výroby.
- 3) Maximalizovat využívání kapacit.
- 4) Minimalizovat odchylky v termínech předávání ve výrobě a dodržet dodací lhůty.

To znamená, že plánování výroby musí přispívat k tvorbě zisku podniku. Jsou dvě základní oblasti, které výši zisku ovlivňují – tržby a náklady. Plánování výroby je zaměřeno na podporu zvyšování tržeb při současném snižování nákladů na výrobu.

Plánování výroby ovlivňuje budoucí tržby reálným zaplánováním požadavků obchodu vzhledem k dostupným zdrojům a technologickým omezením. Plánování výroby zodpovídá za včasné uvolňování požadavků na nákup a výrobu, které ovlivňuje správným nastavením plánovacích parametrů. Mezi přínosy v oblasti budoucích tržeb se řadí včasné zahájení výroby a nákupu materiálu, včasná identifikace zpožděných dodávek v průběhu výroby, minimum nezajištěných materiálů a dílů na plánované výdeje a minimum výrobních skluzů.

Plánování výroby taky ovlivňuje budoucí náklady sestavením reálných plánů, které respektují výrobní strategii a pokrývají požadavky obchodu. Plánování umožňuje synchronizovat plány práce s materiálovou zajištěností. Pomocí parametrů plánování jsou zakázky rozvrženy dle optimalizace přípravných časů a seskupováním práce na jednotlivých pracovištích. Plánování výroby podporuje zvyšování průtoku identifikací plánovaných kapacitních omezení a podílí se na jejich postupné eliminaci a ověřuje jejich odstranění. Požadavky obchodu jsou zajišťovány přiměřenou rozpracovaností výroby a zásoby materiálu s vysokou obrátkou. Plánování výroby pravidelně analyzuje obrátky zásob a ovlivňuje hodnoty zásob nastavením plánovacích parametrů. Dále jsou aktivně řešeny nízkoobrátkové zásoby.

Spojení mezi dodavatelem a odběratelem je zajištěno operativním plánováním. V podnicích je výroba transformačním procesem, proto i plánování je chápáno jako proces přeměny, kde dochází k proměně plánu odbytu na plán výroby. Ten specifikuje zadanou výrobu a slouží k následnému řízení výroby. Propočítává potřebu činitelů ve výrobním procesu – náradí, lidská síla, materiál, výrobní dávky apod. [4]

V knize od Synka a Kislingerové [5, s. 182] je uvedeno, že plánování výroby zahrnuje:

- a) *plánování výrobního programu,*
- b) *plánování výrobního procesu,*
- c) *zajištění výrobních faktorů pro výrobu.*

1.1.1 Plánování výrobního programu

Definice výrobního programu v knize Duchoně [6, s. 125]: „*Souhrn výrobků, prací a služeb určených spotřebitelům.*“ Výrobní program je určený k popisu předmětu výrobní činnosti. Na základě tohoto programu podnik ví, co se bude vyrábět, v jakém množství a kdy se bude vyrábět. [6]

Jiná definice je od Synka [7, s. 254], který ve své knize uvádí: „*Výrobním programem rozumíme druhovou (sortimentní) skladbu a objem výroby, které se mají v určitém období vyrábět.*“

Pro plánování výrobního programu je hlavní informací plán odbytu. Jeho požadavky jsou postaveny proti sobě s výrobními kapacitami – počet a struktura pracovníků a strojů, finanční a materiálové zdroje. Většinou se sestavuje dlouhodobý plán, ve kterém je možné zajistit změny výrobního programu – vyžádání nových výrobních kapacit, nových technologií, jiných pracovních postupů a finančních prostředků. Pokud je sestaven krátkodobý plán, tak vychází z výrobních kapacit a technologií již existujících. Taky jsou započítávány dosavadní finanční zdroje a struktura pracovníků. Krátkodobý plán zajišťuje menší změny ve výrobním programu, například konstrukční změny nebo úpravy designu výrobků. [7]

Když se tvoří plán výrobního programu, je nutné naplánovat kvalitu (jakost) výrobku. Čím větší jsou požadavky zákazníka na kvalitu, tím vyšší jsou náklady na výroby. A čím vyšší máme náklady na výrobu, tím vyšší je výsledná cena výroby. O kvalitu výrobku se v podniku starají kontrolaři jakosti, kteří neustále porovnávají své výrobky s jakostí konkurenčních výrobků. [5]

1.1.2 Plánování výrobního procesu

Při plánování výrobního procesu se podnik zaměřuje na zvolenou technologii. Hlavním záměrem je dosáhnout co nejnižších nákladů, proto se pečlivě vybírají suroviny a materiál a lidská práce se nahrazuje za práci strojů. Aby byly vynaložené náklady na co nejnižší úrovni, v podniku probíhá snaha o nalezení optimální kombinaci výrobních faktorů. Taková výroba je nazývána štíhlou výrobou – Lean Production. [5] Jednoduše řečeno, štíhlá výroba podniku zvyšuje konkurenceschopnost a výkonnost prostřednictvím zlepšení. Optimalizují se pracovní podmínky pomocí přizpůsobování pracovišť

k hladkému chodu. Zaměstnanec nemusí nic hledat, nemusí přemýšlet o dalších postupech, ani přenášet věci na delší vzdálenosti. Tyto úkony totiž zvyšují nároky na čas pracovníků, tím i náklady firmy na výrobu.

Štíhlá výroba se nyní zavádí ve většině větších firem. Soustřeďuje se na řadu metod a postupů, jejichž cílem je omezit vliv lidského faktoru, zvýšit efektivitu a snížit potřebu času, nákladů a prostoru při zachování stejné kvality. Jedná se o metody KANBAN, 5S, SIX SIGMA, DMAIC, KAIZEN, PDCA a další.

- KANBAN – slouží k vyladění výroby a k propojení jednotlivých procesů. Podstatou kanbanu je poskytnutí pouze těch komponent ze strany dodavatele, skladu nebo výroby, které jsou zapotřebí, v daném množství a v daném čase tak, aby neexistovaly žádné přebytečné inventáře. Cílem je snížit zásoby ve výrobě, zkrátit dobu výroby, redukovat časy seřizování a snížit náklady na kvalitu a personál.
- 5 PROČ – tato metoda objasňuje příčiny problému pomocí dotazování a kladení otázek „proč“ – odpovědi by měly dotazujícího dovézt k závěru, k řešení problému.
- 5S – slouží k odstranění nepotřebných položek z pracoviště, zajišťuje řád a čistotu na pracovišti. Vede ke zvýšení produktivity a bezpečnosti na pracovištích. Metoda se skládá z pěti hlavních úkonů – Seiri (vytřídit a odstranit nepotřebné věci z pracoviště), Seiso (vyčistit a udržet stroje a pracovní prostředí čisté), Seiton (srovnat základní věci pro snadnější přístupnost, označit plochy a vozovky), Seiketsu (rutinně provádět čištění a kontrolu k udržení 5S v chodu) a Shitsuku (udržet a standardizovat předchozí 4 kroky).
- Metoda 3MU (muda, mura, muri) – kde Muda slouží k identifikaci a eliminaci plýtvání – může jít o nadprodukcii, vysoké zásoby, velké množství oprav, velká zmetkovitost, vysoká doba čekání apod. Mura se zaměřuje na zrovnomnění plánování výroby, rovnoměrný celkový proces a snižování nežádoucích odchylek. Muri se soustřeďuje na řešení přetěžování strojů a pracovníků – tím se zvýší kvalita výroby, produktivita a pozvedá se morálka zaměstnanců. [8]

- SIX SIGMA – je metoda, která detekuje chyby dříve, než se objeví. Cílem je zvýšit spokojenost zákazníků. Jedná se o statistickou metodu, která poskytuje společnostem způsob, jak dělat méně chyb ve všech svých činnostech. Eliminuje neshody dříve, než se vůbec objeví. Six Sigma je disciplína založená na práci s daty a fakty. Six Sigma by měla zvládnout procesy natolik, že se nebude vyskytovat více než tři až čtyři chyby na milion příležitostí.
- PDCA - (Plan Do Check Act), česky Plánuj Dělej Kontroluj Jednej, je metoda, u které se aktivity stále opakují. Pracovníci ji využívají při každodenní práci k odstraňování problémů. Cílem je zdokonalování procesů, kvality služeb a produktů. PDCA se využívá nejen k řešení jakéhokoliv problému, ale taky k zavedení nových změn. Prvky se můžou neustále opakovat a tím nastává koloběh postupného zlepšování. Tato metoda musí být taky použita při zavádění systému norem ISO 14001, ISO 9001 nebo AS 9100. Proto je využívána pro obory výroby, informačních systémů, managementu, logistiky, marketingu, psychologie a další.
- DMAIC - (Define – Measure – Analyse – Improve – Control) je metoda pěti etap procesu zlepšování navazující na PDCA. Etapy jsou popisovány jednotlivě, avšak jejich realizace se prolíná. Jedná se o etapy definuj problém, měř, analyzuj, zlepšuj a kontroluj a ověřuj.
- KAIZEN – je metoda aplikována napříč všemi podnikovými činnostmi a znamená změna k lepšímu. Jedná se o dokonale propracovaný a organizovaný systém práce. Všichni pracovníci se mohou podílet na procesu zlepšování a i sebe menšímu zlepšení je třeba věnovat pozornost.

Při plánování výrobního procesu se využívají technologie, které usnadňují proces výroby výrobku. Tyto technologie umožňují rychle se přizpůsobovat měnícím se požadavkům zákazníků. Ve firmách se běžně využívá systém SAP. Ten poskytuje informace o průběhu projektu, materiálovém hospodářství, nákladech apod. Výstupem ze SAPu jsou diagnózy všech interních faktorů jako marketing, výroba, zdroje, finance a technický rozvoj. [9]

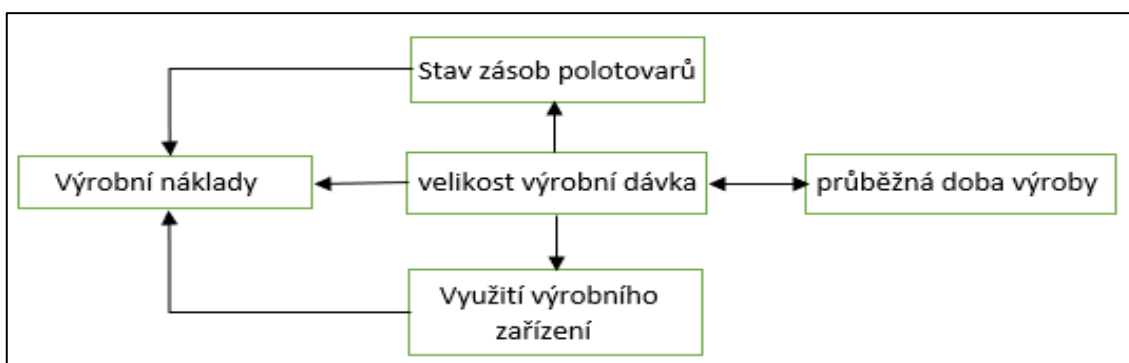
Z povinností plánování výrobního procesu je určení velikosti výrobní dávky, dopravy, skladování, lhůtového a kapacitního plánu a plánu, který se týká nákupu. [7]

1.1.3 Výrobní dávka

K základním problémům řízení výroby patří stanovení velikosti výrobní dávky. Má vliv na stav zásob nedokončené výroby a působí na průběžnou dobu výroby a na využití výrobního zařízení. Tyto faktory jsou promítány do provozních nákladů. Vazby mezi uvedenými faktory jsou znázorněny na obrázku 1.1. [10]

Heřman [3, s. 99] definuje výrobní dávku jako: „... soubor součástí, které jsou současně do výroby zadávány, případně z ní odváděny, jsou zpracovány v těsném časovém sledu nebo současně, a to na určeném pracovišti a s jednorázovým vynaložením nákladů na přípravu a zakončení příslušné operace.“

Obr. 1.1 Faktory působící na velikost výrobní dávky



Zdroj: [10, s. 132] upravená verze

Náklady spojené s přípravou a ukončením výrobní dávky se považují vzhledem k velikosti dávky za fixní. Tyto náklady s velikostí dávky klesají na jednotku produkce. Náklady na skladování a udržování zásob jsou opakem, to znamená, že s velikostí dávky rostou. Toto je hlavním důvodem optimalizovat výrobní dávky. V knize Synka a Kislingerové [5, s. 185] se uvádí, že: „Optimální velikostí výrobní dávky označujeme takové výrobní množství, při kterém jsou celkové jednotkové náklady minimální.“

Pro zjištění velikosti výrobní dávky existují dva přístupy. Kapacitní přístup, kdy výpočet minimální dávky zajišťuje poměr mezi dobou, kdy je stroj aktivní a dobou přípravy a zakončení. U kapacitního přístupu se předpokládá, že stroj v době přípravy a zakončení není v aktivní činnosti. Na druhé straně nákladový přístup nebere v úvahu pro výpočet optimální dávky dobu, ale minimum celkových nákladů. Ty souvisí s přípravou a zakončením výroby a s uskladněním dávky. [4]

Podnik se snaží o zvýšení velikosti výrobní dávky, protože to vede:

- *snižování fixních nákladů (nákladů na přepravu a zakončení výroby),*
- *zvyšování produktivity práce,*
- *zjednodušení operativního řízení výroby.* [4, s. 143]

Pokud se velikost výrobní dávky sníží, tak:

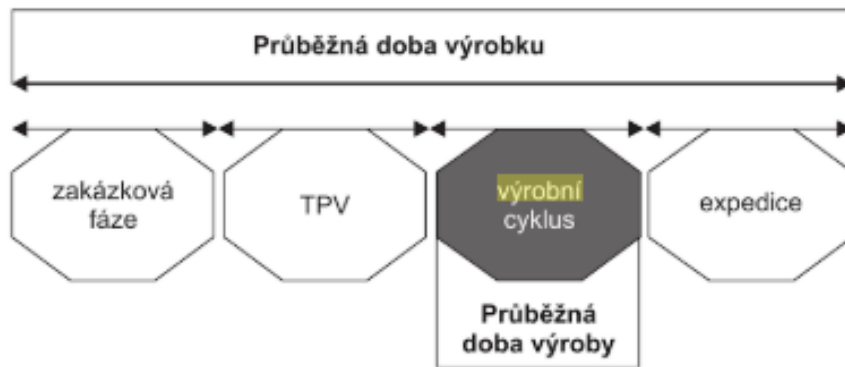
- *rostou náklady na skladování součástí a dílů,*
- *vzniká vysoká vázanost výrobních a manipulačních ploch,*
- *jsou dlouhé průběžné doby výroby,*
- *zvyšuje se flexibilita výrobního procesu.* [3, s. 99]

1.1.4 Průběžná doba výroby a výrobní takt

Pro účely plánování a řízení průběhu výroby slouží informace o délce průběžné doby výroby, která představuje délku trvání určité posloupnosti navazujících procesů v logistickém řetězci. Pojem průběžná doba výroby vyjadřuje délku trvání všech procesů ve výrobě od zahájení první operace až po odvedení hotového výrobku. Kromě celkové průběžné doby výroby se zjišťuje i průběžná doba jednotlivých výrobních fází. Výrobním předstihem se nazývá čas, o který musí dodávající pracoviště začít pracovat na určitém úkolu dříve než pracoviště odebírající.

U hromadné výroby je průběžná doba výroby složena z délky operací ve výrobě, zatímco u kusové výroby se do průběžné doby výroby započítávají také délka zakázkového řízení, technické a materiálové přípravy výroby.

Obr. 1.2 Vztah průběžné doby výrobku a výroby



Zdroj: [11, s. 135]

Výrobní takt je standardní normativ operativního řízení. Je uplatňován především ve vyšších typech výroby, jako jsou výrobní linky nebo proudová výroba. Výrobním taktům označujeme časový interval mezi odvedením dvou po sobě jdoucích výrobků k obrobení. Stanovuje se jako podíl využitelného časového fondu linky a počet výrobků, které mají být za dané časové období na lince vyrobeny. Výrobní takt může být narušen jakýmkoliv organizačními nebo technologickými nedostatky.

1.1.5 Výrobní kapacita

Výrobní kapacitou značíme maximální objem produkce, který může podnik, dílna, stroj vyrobit za určitou dobu (týden, měsíc, rok). Kapacita samostatné výrobní jednotky je závislá na kvalifikaci a zkušenosti pracovníků, složitosti jednotlivých výrobků, organizaci práce a výroby, a především na technické úrovni strojů, kam patří stáří stroje, jeho opotřebení a spolehlivost. Výrobní kapacita je tedy vymezena především fixními výrobními faktory, kam řadíme stroje, budovy a další výrobní zařízení.

Norma výrobní kapacity je určena:

- konkrétním výrobním zařízením,
- časem,
- konkrétními technicko-organizačními podmínkami. [5]

1.1.6 Lhůtové plánování a kapacitní bilancování

Pojem lhůtové plánování představuje termínové a věcné zjemnění hlavního výrobního plánu, který je taky nazýván plánem odváděné výroby nebo plánem finální výroby. Hlavní výrobní plán se odvozuje od předpovědi poptávky a respektuje disponibilní kapacity – musí být tedy reálný. Hlavní plán výroby má charakter operativního plánu a jeho časová podrobnost závisí na složitosti výroby a průběžné době výroby. Ve lhůtovém plánování se hlavní plán výroby rozvrhne do komponent výrobku a určí se časový průběh výroby komponent. Jde o přeměnu plánu odváděné výroby do plánu zadávané výroby, který určuje, kdy mají být komponenty zadány do výroby, v jakém množství a jaký bude průběh výroby v čase.

Vstupními daty pro tvorbu lhůtového plánu jsou hlavní plán výroby, technologické postupy, mezioperační časy, stav zásob rozpracovanosti, kusovníky a normy spotřeby času. Pro postupné zjemňování plánu platí, že se lhůtový plán prověřuje kapacitním propočtem a po zvážení priorit se upravuje do výsledné verze plánu.

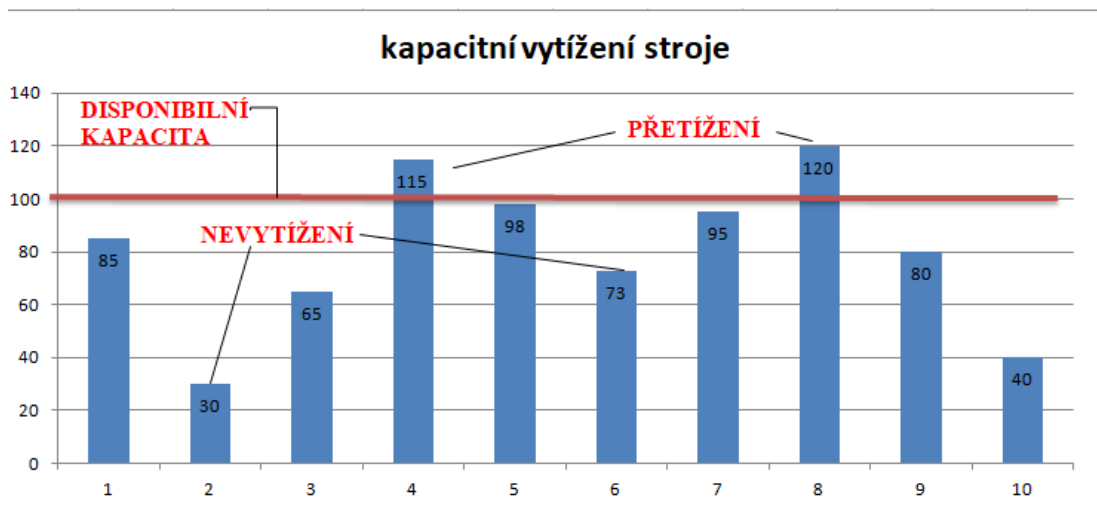
Kapacitní bilancování obsahuje dvě strany – stranu potřeb a stranu zdrojů. Stranu zdrojů představují disponibilní kapacity a strana potřeb představuje nároky lhůtového plánu dle časových úseků a dle jednotlivých pracovišť. Časový fond pracoviště je dán je dán počtem směn, ve kterých se výrobní úkoly můžou plnit. Vychází z nominálního časového fondu, který je dán počtem pracovních dnů a od kterého se odečítá čas dovolených, čas oprav a seřizovací čas na úpravu stroje v důsledku změn výrobního programu. Vytížení pracoviště (obrázek 1.3) se určí jako součet plánované spotřeby času na všechny úkoly přiřazené na dané pracoviště v daném plánovacím kroku.

Způsob vyrovnání kapacitních bilancí je závislý na strategii, která je zvolena už při tvorbě sortimentu.

Možnosti vyrovnání kapacitních bilancí jsou:

- úprava lhůtového plánu – úkoly se přeskupí rozvrhováním tak, aby nevzniklo ohrožení plánovaného termínu odvedení,
- úprava režimu práce – zvýší se směnnost na pracovištích přeskupením pracovníků, údržba se provádí v mimopracovních časech, nařízení přesčasové práce,
- zadáním práce jinému podniku – kooperace.

Obr. 1.3 Schéma kapacitní bilance



Zdroj: vlastní

1.2 EFEKTIVNOST VÝROBY

Efektivnost (efficiency) nebo taky efektivita, produktivita, je účinnost vložených zdrojů a jimi získaný užitek. Jinými slovy je efektivnost poměr výstupů a vstupů nějaké činnosti nebo systémů. V podniku se jedná o poměr množství kvalitních výsledných produktů a množství zdrojů, které byly do produkčního procesu vloženy.

Ve výrobě nám slouží efektivnost k ověření, zda stroj, přístroj nespotřebovává více než je potřeba. K základním úkolům manažerů podniku patří zvyšování efektivnosti. Tím rozumíme zpravidla minimalizovat náklady nebo maximalizovat užitek. Vysoká efektivnost je klíčem úspěchu každého podniku v jeho konkurenčním prostředí. [2]

1.2.1 Efektivnost podniku

Důležitým pohledem na podnik byla, je a vždy bude problematika efektivnosti. Jak je již uvedeno výše, efektivní je to, co vzniká s co nejmenšími náklady a beze ztrát.

Mezi základní kategorie efektivnosti podniku řadíme:

- Výrobní faktory – výrobní činitelé, práce, půda, kapitál, hmotný investiční majetek (budovy, stroje, nástroje), materiál (suroviny nutné pro výrobu).
- Řídící práce = management – úkolem je zajištění optimální kombinace ostatních

výrobních faktorů, stanovení cílů podniku, provádění činnosti plánování, delegování, rozhodování, kontrola. Náklady na tuto práci jsou platy vedoucích pracovníků.

- Výkonná práce – lidská energie a pracovní síla, která závisí na vzdělání, zkušenostech, talentu apod. Nákladem jsou mzdy (hrubá mzda + příplatky, dovolená, nemocenské, přesčasy + ostatní mzdové náklady + daňové odvody). Sledována je produktivita práce = množství výrobků na jednoho pracovníka v konkrétním čase.

Z oblasti organizační struktury je efektivnost ovlivněna například nesprávným označením funkcí technicko-hospodářských pracovníků (THP), nevhodným rozdělením útvarů nebo na jednoho vedoucího připadá málo podřízených.

Dalším problémem související s efektivností podniku je výroba a její financování. Sem patří například různorodost sortimentu výrobků a s ním spojené náklady na materiál a náradí a technologické problémy. [2]

1.2.2 Řízení a sledování efektivnosti ve výrobě

Na výrobní podniky je vyvíjen stále větší tlak, co se týče snižování výrobních nákladů. To nutí podniky optimalizovat své výrobní procesy a zvyšovat jejich produktivitu, tak jako sledovat využití lidí, strojů a materiálů. V této fázi jsou kladeny vysoké nároky na výrobní management, který má na starost řízení a plánování výroby. Pro správné rozhodování je nutné znát skutečně možné výrobní kapacity, úzká místa ve výrobě, vznikající ztráty a prostoje.

Ztráty ve výrobě dělíme do 4 skupin:

1. Ztráty plánované – sem řadíme dovolené, víkendy, plánovanou údržbu a úklid.
2. Ztráty operační – do této skupiny patří nastavení strojů nebo nedostatek materiálu a pracovní síly, dále úzká místa a výpadky zařízení.
3. Ztráty výkonové – do této oblasti se řadí například úmyslné zpomalení nebo selhání.
4. Nekvalitní výroba – sem patří vady materiálů, nepřesná výroba a zmetkovitost.

Pokud máme správné, aktuální a úplné informace o činnostech ve výrobě, můžeme většinu ztrát významně omezit nebo úplně eliminovat. Některé ztráty však odstavit nelze.

Efektivnost strojů a taky kvalitu jejich práce sledujeme a vyhodnocujeme pomocí koeficientu celkové efektivity zařízení (OEE = Overall Equipment Effectiveness). Při výpočtu OEE zohledňujeme tři ukazatele – dostupnost stroje, kvalita výroby na stroji a výkon stroje. U těchto ukazatelů se zohledňují ztráty výkonnostní, časové a kvalita, například odstávka, postoj, zmetkovitost, opravy apod.

Podkladem pro realistické vyhodnocení výroby je nezávislý automatizovaný sběr dat a monitoring výroby. Důležitou součástí zlepšování je taky informovanost výrobního týmu.

Celkovou efektivitu zařízení vypočítáme jako součin:

$$\text{OEE} = \text{dostupnost zařízení} \times \text{výkon zařízení} \times \text{kvalita výroby} \times 100 (\%) \quad [12]$$

Kde: Dostupnost zařízení = skutečný čas výroby/plánovaný čas výroby.

Výkon zařízení = skutečné množství výrobků/normované množství výrobků.

Kvalita výroby = množství shodných výrobků/množství vyrobených výrobků.

Protože efektivita výroby je úzce spjata jak se ziskem firmy, tak i s náklady na výrobu. Proto by se o co nepřesnější hodnotu OEE měl zajímat vrcholový management. Pouze nejlepší světové podniky dosahují hodnotu OEE 85 %. To si ale myslí i mnoho dalších našich firem, že jejich výrobní procesy pracují s vysokým OEE, ale skutečnost bývá jiná. Management podniku, který ztráty procesu nevidí a není schopný proces změřit, ho nikdy ani nemůže zlepšit.

Pokud se hovoří o lidské efektivnosti, zmiňujeme pojem produktivita práce nebo produktivita lidí. Práce je cílevědomá lidská činnost, kterou si člověk přisvojuje přírodní předměty a přetváří je k uspokojení svých potřeb.

Produktivita práce (= lidská produktivita) je množství produkce zhotovené jedním pracovníkem za jednotku času. Měříme ji poměrem objemu produkce vyrobené za určitou dobu a množstvím vynaložené práce. Vynaložená práce je vyjádřena počtem směn, během kterých byla práce vynakládána.

Vzorec je

$$P = \frac{Q}{t}, \quad [13]$$

kde P vyjadřuje produktivitu práce, Q je objem produkce (to znamená množství zhotovených výrobků) a t je spotřeba práce (to je doba, po kterou je práce vynaložena).

Dle vzorce je zřejmé, že se snížením práce, která je na výrobu jednotky produkce vynaložena, produktivita práce roste. Růst lidské produktivity se taky projevuje zvýšením objemu produkce při stejné potřebě práce. Růst firmu vede k úspoře vynaložené práce, tak i k úspoře mzdových nákladů. Zvýšit produktivitu práce taky můžeme pomocí dokonalejších technologií, vyšší pracovní zručností, prohlubováním kapitálu, taky zvýšením cen, zvýšením tržeb a snížením nákladů. Pokud se firma stane produktivnější, produktivita se projeví taky v ziskovosti firmy. [2]

1.2.3 Key Performance Indicators

KPI (Key Performance Indicators) překládáme jako klíčové ukazatele výkonnosti. Pod tímto pojmem se ukrývají indikátory, ukazatele nebo metriky výkonnosti, které jsou přiřazené procesu, službě nebo organizaci vyjadřující požadovanou výkonnost, kvalitu nebo efektivnost. Zejména se používají ve strategickém řízení a v řízení služeb.

Řadíme sem:

- ekonomické ukazatele,
- ukazatele IT služeb,
- ukazatel výkonnosti procesů,
- ukazatel kvality,
- ukazatelé zásob.

KPI nám měří pokrok přímo nebo nepřímo k cílovým hodnotám. Tím poznáme, co je pro nás důležité. Dokážeme změřit nejenom finanční výsledky, ale taky výkonnostní, a podle těchto výsledků můžeme odměnit zaměstnance.

Ukazatele výkonnosti dělíme do kategorií:

- Čas – co jak dlouho trvá.
- Náklady – zda jsou zdroje využívány efektivně.
- Kvalita – jestli odpovídají výsledky požadavkům zákazníka.
- Služba – je plněno zákaznicko očekávání?
- Finance – zda rostou firmě zisk a tržby.
- Růst – roste podnik na trhu?

Správně definované KPI vytvářejí akce a nutí nás přemýšlet. Takto správně definované KPI by měly splňovat SMART podmínky. SMART je analytická technika, pomocí níž navrhujeme a nastavujeme cíle v řízení a plánování.

S – Specific

M – Measurable

A – Acceptable

R – Realistic

T – Time specific [14]

Tato technika nám tedy říká, že cíle musí být specifické, měřitelné, akceptovatelné (dosažitelné), realistické a časově sledovatelné. [2]

1.3 ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY

Nejpodrobnější plánování výroby je představováno výrobním rozvrhováním. Výrobní rozvrh určuje pořadí operací přiřazených na pracoviště. Úlohami o následnosti prací nebo taky sekvenčními úlohami jsou nazývány tvorby rozvrhů. Je vycházeno z množiny úkolů, které nárokují v daném čase totéž pracoviště. Tato množina je představována frontou prací, kterou je možné zjistit z ideálního lhůtového plánu při kapacitní bilanci.

Tvorba rozvrhu se řadí mezi optimalizační úlohy. Úlohy mohou mít i omezující podmínky, mezi které patří pracoviště, které je možné v daném čase zatížit pouze jedním

úkolem nebo úkol, který se může v daném čase nalézat pouze na jednom pracovišti. Pokud rozvrh vyhovuje těmto podmínkám, nazývá se přípustným. Úlohu může zkomplikovat taky fakt, že pro některé činnosti je k dispozici více zařízení nebo pracovníků. Jejich nasazení se může lišit spotřebou času.

Od zvolené strategie podniku jsou odvozené kritéria optimalizace. Ty se promítají v systému priorit a zpravidla se jedná o kritéria:

- minimalizování zpoždění úkolů,
- minimalizování zásob v rozpracovanosti,
- minimalizovat strojní prostoje,
- minimalizovat výrobní náklady,
- stanovit nejkratší průběžnou dobu.

Typy rozvrhu:

- úplný – je uzpůsoben podmínce, že v rozvrhu jsou obsaženy všechny úlohy pro daný čas, tvorba vyžaduje znalosti o jednotlivých úlohách a o zdrojích,
- částečný – je vytvořen jen pro vybrané úlohy, úlohy jsou řazeny dle prioritních pravidel,
- konzistentní – splňuje všechna omezení, která jsou na stroj kladena, to znamená například, že na jednom stroji neběží více úloh, než je jeho kapacita,
- optimální – umístění úloh na stroj je optimální, například čas dokončení poslední úlohy je minimální,
- operativní – obsahuje vybrané úlohy, které jsou v daném čase dostupné a požadované, je potřeba dbát na dynamiku prostředí rozvrhu a případnou poruchu stroj, kterou lze řešit nahrazením na ostatních strojích. [15]

Metody rozvrhování se dělí na:

- Přesné – jedná se o celočíselné lineární programování, kdy se nalézá optimum. Tyto metody jsou náročné na sestavování matematického modelu a na výpočet.
- Heuristické – nepatří k exaktní vědě, jsou to metody přibližné, založené na matematických úlohách a na zkušenostech a citu řešitele. Řešení těchto metod je blízké optimu. Jsou jednoduché a rychle poskytují výsledek.

K vizualizaci rozvrhu je používán Ganttův diagram. Tento úsečkový graf slouží ke znázornění naplánování posloupnosti činností v čase. Zobrazuje počátek a konec obsazenosti stroje. Tím získáváme přehled o operacích v zakázkách spolu s jejich vzájemnými vztahy. Zobrazuje nám čekání a potřeby zdrojů vzájemných konfliktů. Pokud je ale větší počet operací, Ganttův diagram se stává nepřehledným. Další nevýhodou je, že zobrazuje pouze základní omezení, jako čas, operaci a rozsah.

1.3.1 Prioritní pravidla rozvrhování

Prioritní pravidla rozvrhování pomáhají určit, kterou aktuální úlohu zpracovat na stroji přednostně. Tyto pravidla vyplývají z požadavků na výrobu nebo z technologického postupu.

Některé z prioritních pravidel:

- prioritní – prioritní úloha má přednost před úlohou s prioritou nižší,
- FIFO systém – úlohy jsou řazeny v takovém pořadí, v jakém do systému vstoupily ostatní úlohy,
- LIFO systém – poslední úloha do výroby vstupuje jako první,
- nejdříve možný termín dokončení – úloha je řazena před další úlohy, které mají pozdější datum dokončení,
- nejkratší výrobní čas – úloha je řazena před úlohy s delším výrobním časem,
- nejmenší rozdíl mezi termínem dodání a zbývajícím časem výroby – úloha se řadí před úlohy s větším rozdílem mezi termínem dodání a zbývajícím časem výroby.

[16]

1.3.2 Rozvrhování na jednom stroji

K základnímu modelu rozvrhování výroby patří model s jedním strojem. Takový stroj dokáže zpracovávat vždy jen jednu úlohu, přičemž každá úloha má stanovený termín dostupnosti a termín dokončení. Cílem je minimalizovat maximální překročení termínu dokončení. [15]

1.3.3 Rozvrhování na paralelních strojích

Při zpracování úloh může být k dispozici více alternativních strojů. Ty mohou být zcela identické nebo je možné je rozdělit do kategorií podle jejich rozdílných parametrů. Identické paralelní stroje představují takové stroje, které mají stejnou dobu zpracování. Daná úloha může být prováděna na libovolném stroji.

Mezi paralelní stroje jsou řazeny ty s různou rychlostí. Jsou to stroje, kde doba zpracování úlohy je přímo úměrná rychlosti daného stroje. Nezávislé paralelní stroje s různou rychlostí mají libovolnou dobu zpracování pro každý stroj. Není tady dodržen poměr rychlostí mezi jednotlivými stroji. [15]

1.3.4 Multi-operační plánování

Úloha bývá rozdělena na menší operace a poté prováděna postupně na několika strojích. Stroje jsou pro jednotlivé operace jednoznačně rozděleny.

Job-shop problém je určen množinou x strojů a y úloh. Pořadí provádění operací pro každou úlohu je předem určeno a čas, stroj i doba výroby jsou pevně dané. Úloha je obvykle přidělena na konkrétní stroj pouze jednou, ale je možné daný stroj využít i vícekrát.

Flow-shop je multi-operační problém s x stroji v sérii a každá úloha musí být prováděna na všech strojích.

Open-shop je multi-operační problém s x stroji. Pořadí operací není dáno technologickým postupem, proto se musí určit, v jakém pořadí budou úlohy prováděny. Doba zpracování úlohy na některých strojích může být i nulová. [17]

1.4 VYUŽITÍ SIMULACÍ VE VÝROBĚ

Počítačové simulace jsou nástrojem pro konstrukci nových nebo optimalizaci stávajících systémů. Simulační modely popisují chování složitých procesů s uvažováním vnitřních i vnějších vazeb a náhodných jevů. Funkční model procesu lze poskládat z charakteristik jednotlivých strojů, materiálových toků, pravidel pro obsluhu a ostatních vstupních údajů.

Při experimentování se simulačními modely je výhodou práce demonstrace skutečného systému. Vstupem jsou data TPV (technická příprava výroby) a výrobní kapacity. Které zahrnují parametry na tvorbu výrobních dávek a plánovací metody výroby dílů včetně pojistných dávek a zmetkovitosti. Do simulace se zahrnují i předvýrobní etapy a nehmotné položky TPV. Kapacitně průchodný časový rozvrh výroby, analýza úzkých míst ve výrobě, navržené termíny dodávek zakázek a detekování skluzů jsou výstupem modelového procesu. Mezi další výstupy patří i Ganttovy diagramy, které umožní i sledování vytížení pracovišť nebo strojů.

Ganttovým diagramem se nazývá vizuální znázornění naplánovaných aktivit v rámci nadefinovaného časového intervalu. Aktivity jsou plánovány u zdrojů, které mají kapacitu definovanou v kalendáři kapacity. V Ganttově diagramu lze zobrazit následující typy aktivit:

- úlohy z výrobních zakázek, u nichž jsou naplánované úlohy,
- úlohy z plánovaných výrobních zakázek,
- naplánované aktivity projektu podle úlohy typu Hodinová prognóza.

1.4.1 Výhody a nevýhody simulace

Co se týče výhod simulace, poskytují uživatelům zpětnou vazbu, protože vytváří reálný systém. Můžeme tak vidět výsledky ještě před samotným vybudováním systému. Díky lepší možnosti rozhodnutí při návrhu na výstavbu snižuje náklady, protože se může vytvořit více návrhů umístění zařízení v celkovém výrobním systému a vzniká možnost výběru. Bez simulace může být výstavba a hledání nejvhodnějšího řešení složitá a zdlouhavá. Vytvořený simulační model je možné použít i na delší časové rozhraní a v mnoha variantách.

Další z výhod simulace je možnost zpřehlednění a uschopnění porozumět návaznosti všech komponentů systému a jejich chování. Tím zlepšujeme pochopení simulovaných oblastí, které jsou sledovány na počítačovém modelu. Je možnost nahlédnout a pochopit problém i pro nezúčastněné osoby. V neposlední řadě je předem možnost určit simulační záměry.

Nevýhodou simulace je originalita. Každý model je originální a jsou dělány na míru a je nutná odborná znalost programování. V počítačových simulacích mohou zásadně

změnit výsledky drobné neodhalené chyby nebo změny v parametrech zařízení. Licence na pořízení simulačních programů jsou velmi nákladné. A v neposlední řadě mezi nevýhody patří dlouhá doba při tvoření simulačního modelu. Podnik by měl zvážit, zda se simulování systému vyplatí.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V dnešní konkurenceschopné a uspěchané době, kdy se na povrch derou mladé a dravé firmy, nezbyvá dlouholetým podnikům nic jiného než se zmodernizovat pro udržení rychle rostoucího tempa. Všechno, na co dříve stačila propiska a papír, je vedeno v počítačích, kde všechno zpracovávají podnikové informační systémy.

Firmy do informačních systémů investují statisíce i miliony korun, aniž by věděly, jaké přínosy od daného systému očekávat. Proto je před začátkem projektu důležité si tyto přínosy informačního systému shrnout, aby se na konci projektu nemusely vyčíslovat ztráty při investici do pořízení informačních technologií.

I podnik Česká zbrojovka a.s. před lety pro potřeby plánování a rozvrhování ve výrobě implementovala do výrobních úseků plánovací systém SyteLine od firmy ITeuro, a.s.

2.1 POPIS FIRMY

Česká zbrojovka a.s., sídlící v Uherském Brodě, je dlouholetým výrobcem ručních palných zbraní. Výstavba podniku byla zahájena v polovině roku 1936. Podnik byl zaměřen na výrobu vojenských zbraní. Postupem času se výroba rozrostla o sportovní a lovecké zbraně.

V dnešní době se Česká zbrojovka a.s. řadí k největším evropským producentům ručních palných zbraní. Celková roční produkce je asi 270 000 kusů zbraní. Své výrobky prodává přibližně do 150 zemí světa. Tato společnost každoročně svůj sortiment rozšiřuje. Zbraně vyrobeny v této firmě se pyšní svou kvalitou, přesností a dlouhodobou spolehlivostí. Tyto vynikající vlastnosti zbraní zajišťují trvalou poptávku a vypichují Českou zbrojovku jak na domácím, tak i světovém trhu.

V současnosti je Česká zbrojovka a.s. řazena mezi podniky přesného strojírenství. Přibližně 95 % z celkové produkce společnosti je určeno k exportu. Tím Česká zbrojovka a.s. dnes představuje jedinou velkou tuzemskou firmu, která je zaměřená na výrobu ručních palných zbraní a realizuje třetinu exportu celkové zbrojní produkce České

republiky. Mimo zásobování zbraněmi ozbrojené složky armády a policie, sportovní střelce a lovce zvěře se společnost specializuje i na jiné výrobky. Na díly a sestavy pro letecký a automobilový průmysl i na výrobu speciálního nářadí pro strojírenskou výrobu.

Sortiment výrobků je opravdu široký. Patří sem:

- Palné zbraně – pistole, kulovnice, malorážky, vzduchovky, větrovky, brokovnice, automatické zbraně, balistické hlavně.
- Přesný sortiment – ozubená kola, tvářecí nástroje, formy pro lisování plastů, odlévání odlitků, dělové vrtáky, rezné nástroje, upínače, měřidla apod.

Pro zdokonalování kvality podnik každý rok investuje značné finance na nákup špičkové technologie. Hlavně na obráběcí stroje a výpočetní techniku, díky níž může velmi rychle reagovat na potřebu trhu vývojem nových výrobků. Díky tomu podnik přichází na trh každoročně s novými výrobky.

Podnik Česká zbrojovka a.s. se v rámci Zlínského kraje významně podílí na udržování sociální stability. Společnost totiž patří v okolí mezi největší zaměstnavatele s počtem asi 2000 zaměstnanců.

Společnost má zaveden a certifikován systém řízení kvality. Ten odpovídá mezinárodní normě ISO 9001:2008 a dále požadavkům NATO na ověřování kvality při návrhu, vývoji a výrobě produktů (ČOS 051622, resp. AQAP 2110). Jedná se o systém managementu, díky kterému je Česká zbrojovka a.s. schopna zajistit a garantovat nejen vysokou kvalitu svých výrobků a služeb, ale taky způsobilost dodávat své produkty armádám členských států NATO a dalším ozbrojeným složkám. Podnik je taky certifikován dle norem ISO/TS 16949:2009 v oblasti výroby automobilových dílů. Norma ISO 14001:2004 certifikuje společnost v oblasti ochrany životního prostředí. Podnik taky vlastní oprávnění k výrobě a údržbě komponentů pro letecký průmysl. Řízení kvality je každoročně prověřováno nezávislými auditorskými firmami.

2.2 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY VE FIRMĚ ČESKÁ ZBROJOVKA A.S.

Informační systém SyteLine (SL) je moderní a flexibilní systém, který byl do firmy implementován za účelem efektivního plánování a řízení výroby. Proto je nutné před samotnou analýzou plánování a řízení v podniku věnovat tomuto systému pozornost.

Informační systém SL byl vyvinutý odborníky společnosti ITeuro, a.s., která vznikla v roce 2000. V červnu 2016 systém oslavil 30 let. Za tu dobu si prošel velkým množstvím inovací a rozvoji až do dnešní formy.

Mezi přednosti tohoto systému se řadí moderní vzhled a snadné ovládání, které je založené na platformě Microsoftu. Díky propojení s Microsoft Office jsou všechny výstupy a vyhodnocování ukazatelů (KPI) přehledně pozorovatelné v MS Excel. Tyto výstupy jsou důležité pro řízení v podniku.

Pro pokročilé plánování a rozvrhování slouží modul APS (Advanced Planning and Scheduling), který je součástí systému SL. Systém APS propojuje všechny oblasti České zbrojovky, a.s. Je používán převážně v úsecích obchod, výroba, management a zabezpečuje výrobu materiálem. Pokud je správně nastavený, je vhodný jak pro sériovou, tak i kusovou výrobu. Díky SL a modulu APS je ve výrobě viděno množství skladového materiálu. Je vytvořený výrobní plán s daty dokončení zakázky. Poukazuje na úzká místa, kde upravuje tok práce. To řízení a plánování výroby ulehčuje. [18]

Informační systém plánování (SyteLine) podporuje rychlou reakci na sortimentní a množství požadavky obchodu, čímž dopředeně prověřuje realizovatelnost a potvrzuje plánovaný termín plnění. Dokáže kontrolovat realizaci výroby. Včas identifikovat nesrovnalosti a pružně reagovat na změny dle aktuální výroby a materiálové zajištěnosti. SyteLine je aktivně využíván pro podporu koncepce plánování jako nástroj ke zlepšování procesů plánování (klíčové ukazatele výkonnosti). Ukazatele jsou využívány k realizaci správných a včasných rozhodnutí a k trvalému zlepšování stability, výkonnosti a efektivnosti procesů.

V minulosti plánování probíhalo na 3 měsíce dopředu, do něhož se nedalo žádným způsobem zasahovat. Tehdejší systém byl pouze sledovacího typu, nikoli plánovací. Nyní, díky systému SL, je možné plánovat výrobu dle potřeby a požadavků zákazníka

denně. Důležitým krokem bylo propojení systému SL s již zavedenými informačními systémy, jako je SAP R/3 a Windchill. Windchill je systém používaný v TPV a je zdrojem pro technologické kusovníky. SL podle těchto kusovníků plánuje a řídí výrobu. SAP R/3 je systém používaný nákupním úsekem. Tento systém hlídá nákupní objednávky a materiál.

2.2.1 Cíle plánování

Cíle plánování jsou budoucí stavy, které jsou specifikované a mají být dosaženy. Cílem nazýváme určitý stav, o kterém plánovač předpokládá, že může být ve stanoveném čase dosažen.

Mezi hlavní cíle plánování patří:

- eliminování přetížených skupin zdrojů v dlouhodobém horizontu (1 rok) a eliminování trvalého vytížení v krátkodobém horizontu (30 dnů) (obrázek 2.1, kde můžeme vidět přetíženou skupinu zdrojů 3320R-09421G-SZ-07 ve 30ti dnech a další skupina, na kterou je nutné se zaměřit, je 3320S-44518A-SZ-01. Zde můžeme vidět kapacitní přetížení jak ve třech měsících, tak i v horizontu půl roku.) – tím je dle požadavků obchodu možné včas identifikovat krátkodobé kapacitní disproporce a dlouhodobé úzké místa,

Obr. 2.1 Kapacitní propočty

	A	B	C	D	E	F
1	skup	nazev	p365	p180	p120	p30
14	3320R-09421G-SZ-07	Ruční úprava	80,9%	85,3%	86,0%	106,9%
20	3320S-04124D-SZ-04	SV18 - Soustružení	91,0%	90,7%	89,6%	98,5%
23	3320S-05791B-SZ-02	Leštění	70,6%	74,8%	74,7%	95,0%
25	3320S-45261A-SZ-01	Chirony- obrábění na OC	79,5%	82,5%	82,8%	94,2%
27	3320S-44452A-SZ-01	MORI SEIKI 1,2,3,4 + OC PUMA 2600 LY	67,1%	69,6%	67,8%	81,4%
28	3320S-05522A-SZ-01	Broušení	64,7%	68,3%	69,6%	81,0%
29	3320S-65951A-SZ-01	Stružení komor	64,2%	63,5%	61,3%	78,8%
32	3320R-28682C-SZ-07	Defektoskop	45,9%	50,7%	52,5%	78,7%
33	3320S-04388A-SZ-01	Soustružení - komory	50,7%	55,3%	58,2%	77,5%
34	3320S-44551A-SZ-01	OC MORI SEIKI granáty č.11, 12, 13, 14	74,8%	77,0%	75,6%	76,0%
36	3320S-44518A-SZ-01	3320-SP 28 B CNC hrubování před kováním	97,7%	107,3%	103,0%	75,3%
37	3320S-03487A-SZ-01	Kování	68,2%	71,9%	71,3%	69,7%
38	3320S-03486A-SZ-01	kování po GO	68,2%	71,9%	71,3%	69,7%
40	3320S-05777A-SZ-01	honování GEHRING - nová	75,2%	87,7%	81,1%	68,0%
42	3320R-09614D-SZ-07	Omývání oplachování	42,7%	45,8%	47,3%	66,6%
45	3320S-05778A-SZ-01	Honování	77,9%	73,8%	69,7%	65,8%

Zdroj: interní zdroj firmy

- minimalizování výjimek generovaných SyteLinem po přeplánování (obrázek 2.2, kde ve znázorněném sloupci je možné pozorovat, který požadavek na hlavně je zpožděný a o kolik dnů) – umožňuje potvrdit termíny požadavků, kontrolovat průběh výroby a včas identifikovat nesrovnalosti a přijímat nápravné opatření,

Obr. 2.2 Výjimky plánování

Pol.	Popis	Plánovač	Datum	Plánováno na skladě	Plánované příjmy	Plánované výdeje	Zpráva výjimky	Odkaz
1▶	0330-0940-01	HLAVEN	BK	26.00000	0.00000	0.00000		ZÚSTATEK NA SKLADĚ
2	0330-0940-01	HLAVEN	BK	16.02.2019	-74.00000	0.00000	100.00000	Zpožděný požadavek 9 Dny
3	0330-0940-01	HLAVEN	BK	16.02.2019	-174.00000	0.00000	100.00000	Zpožděný požadavek 9 Dny
4	0330-0940-01	HLAVEN	BK	16.02.2019	-274.00000	0.00000	100.00000	Zpožděný požadavek 4 Dny
5	0330-0940-01	HLAVEN	BK	18.02.2019	-374.00000	0.00000	100.00000	Zpožděný požadavek 11 Dny
6	0330-0940-01	HLAVEN	BK	20.02.2019	-201.00000	173.00000	0.00000	CZUB_Změnit dat. příjmu do skluzu na 20.02.2019
7	0330-0940-01	HLAVEN	BK	21.02.2019	-350.00000	0.00000	149.00000	Zpožděný požadavek 8 Dny
8	0330-0940-01	HLAVEN	BK	25.02.2019	-266.00000	84.00000	0.00000	CZUB_Změnit dat. příjmu do skluzu na 25.02.2019
9	0330-0940-01	HLAVEN	BK	25.02.2019	-242.00000	24.00000	0.00000	CZUB_Změnit dat. příjmu do skluzu na 25.02.2019
10	0330-0940-01	HLAVEN	BK	26.02.2019	-201.00000	41.00000	0.00000	CZUB_Změnit dat. příjmu do skluzu na 01.03.2019
11	0330-0940-01	HLAVEN	BK	01.03.2019	39.00000	240.00000	0.00000	Změnit dat.příjmu na 01.03.2019

Zdroj: interní zdroj firmy

- včasné uvolňování požadavků na nákup materiálu a výrobu položek – denní zpracování materiálového plánu, ověřování oprávněnosti požadavků a jejich uvolňování pro nákup a výrobu,
- vytváření reálných plánů výroby – nastavování rozvrhů práce dle reality (týdenní plány práce, analýza důvodů neplnění, opatření),
- zvyšování obrátky zásob a průtoku – uvolňování požadavků na výrobu a nákup co nejpозději, ale ne pozdě, identifikace nízkoobrátkových položek.

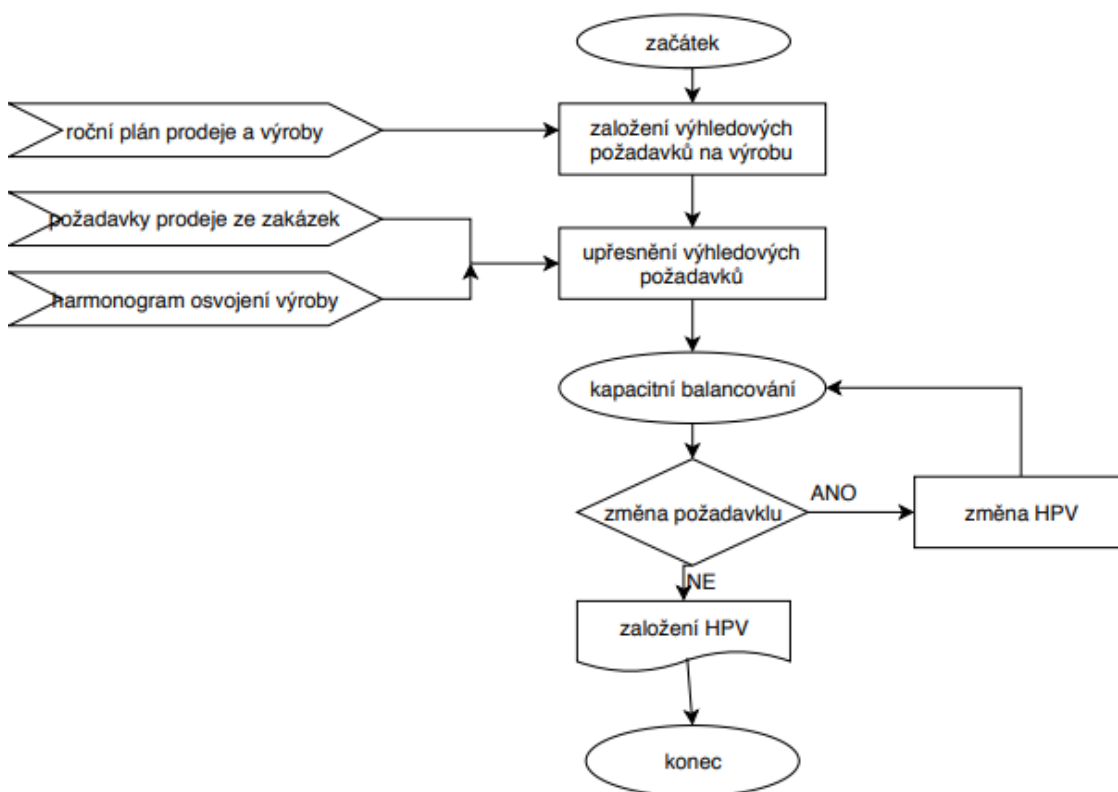
2.2.2 Procesy plánování

Každý podnik má stanovené cíle, kterých chce v budoucnu dosáhnout. Smyslem plánování je nastavení procesů, které k dosažení těchto cílů vedou. K hlavním procesům patří tvorba hlavního plánu výroby, kapacitní balancování, materiálové plánování, rozvrhování výroby a dispečerské řízení. Pro přiblížení jsou procesy plánování v podniku Česká zbrojovka, a.s. znázorněny pomocí vývojových diagramů.

a) Tvorba hlavního plánu výroby.

Cílem je zpracovat požadavky prodeje na výrobu dle výrobní strategie a vytvořit dlouhodobý plán výroby (schéma 2.1).

Schéma 2.1 Tvorba hlavního plánu výroby



Zdroj: vlastní

Obchodní úsek po vytvoření plánu potřeb výrobních kapacit (PPVK) předává plánovači roční plán. Ten pak založí představitele finálních výrobků (A výrobky, které určuje obchodní ředitel, jsou udržovány trvale na zásobě a jsou řízeny hladinově) do hlavního plánu výroby (HPV) v Systeline. Mimo představitele jsou zakládány další požadavky na zakázky od obchodního úseku a úsek VaV (výzkum a vývoj) vystaví harmonogram osvojení výroby nových produktů. Plánovač si denně vyjíždí nově založené zakázky a upravuje výhledové požadavky, kterými zakázky pokrývá. Pokud nastanou jakékoliv změny v plánu, projednávají se posuny termínů nebo úprava množství dle plánovaného data výroby. V případě, že změny nastanou, obchodní ředitel upraví roční plán prodeje

a výroby dle dostupných kapacit výroby a plánovač změni požadavek. Když změny nenastanou, je založen HPV dle ročního plánu a požadavků ze zakázek prodeje na výrobu. Kritickými faktory úspěchů jsou včasná a přesná data ze zakázek, datová čistota v plánovacím systému Syteline, respektování skutečných úzkých míst ve výrobě a minimum mimořádných požadavků od obchodníků. Pro kontrolu procesu slouží založený HPV s minimálními skluzy.

b) Kapacitní balancování.

Cílem tohoto procesu plánování výroby je kapacitně vybalancovat výrobu vzhledem k úzkým místům, k výrobní strategii a uspokojení požadavků zákazníků a eliminovat vlny přetížení výroby, minimalizovat mimořádné požadavky rozbíjející výrobní strategii.

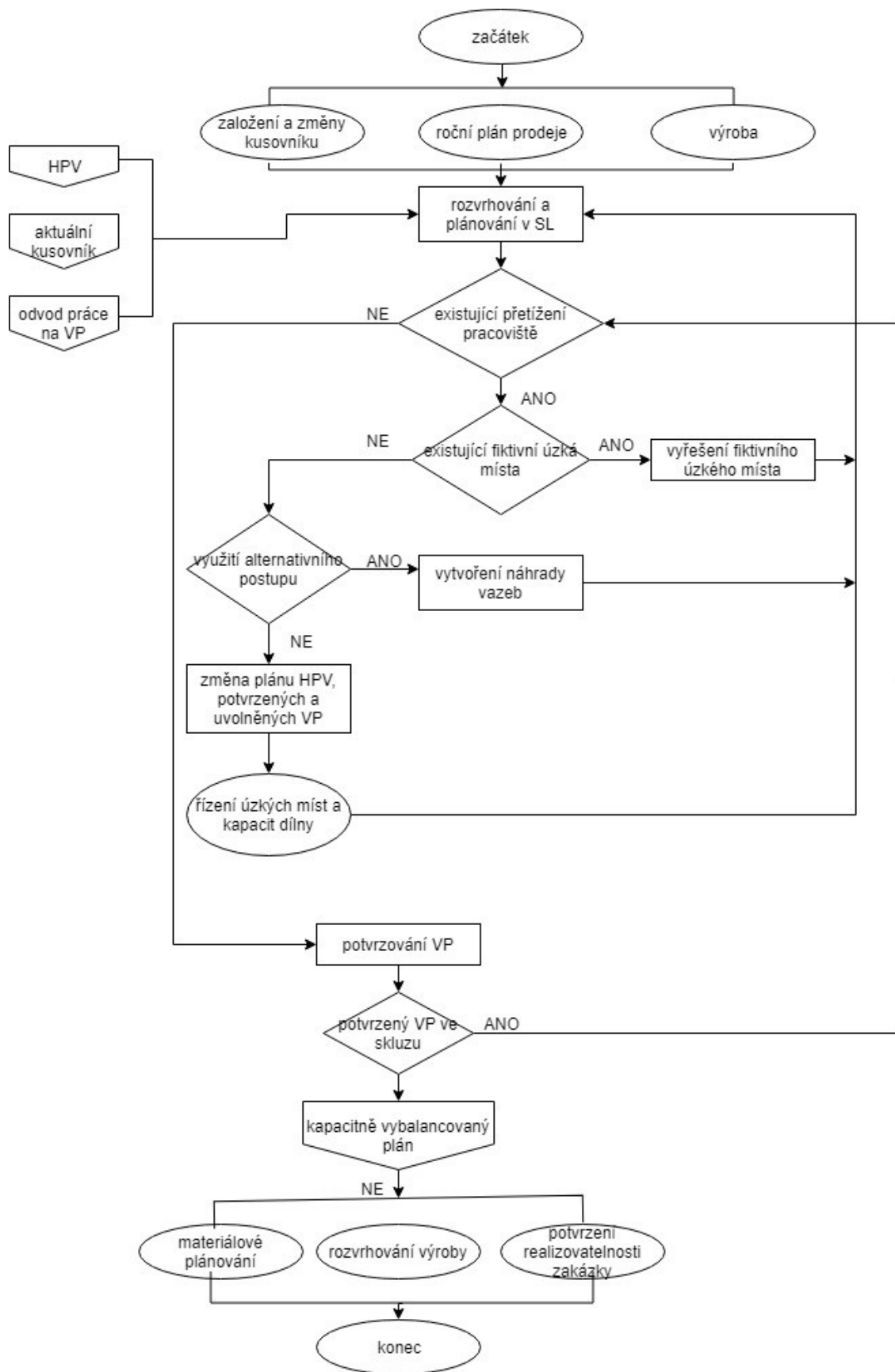
Pro zjištění, zda máme skvěle vybalancovanou dílnu z hlediska kapacit, je nutné mít založené HPV dle ročního plánu a požadavků ze zakázek prodeje na výrobu, bezchybný kusovník pro HPV a pojistné zásoby, uvolněné VP a dodržování pravidel pro online vykazování práce na VP. Pokud je vše splněno, v nočním jobu v SL proběhne automatické rozvržení fronty práce a následné přeplánování.

Povinností plánovače je denní kontrola vytížení skupin zdrojů v různých časových intervalech. Přetížené pracoviště jsou řešeny s jednotlivými vedoucími provozu a mistry. Společně s nimi plánovač usoudí, zda je úzké místo fiktivní nebo skutečné. V případě fiktivního úzkého místa je řešena a kontrolována nastavená směnnost, změna normy nebo úprava pracovitě.

V případě skutečného úzkého místa se posuzuje již za pomoci technologa možnost alternativního postupu výroby, popřípadě kooperace. Pokud se žádná taková možnost neobjeví, je nutné přeplánování a posuny termínů u HPV a založených VP. Jednou týdně se provoz a plánovač k úzkým místům setkávají.

Pokud po přeplánování a rozvržení je zjištěno, že vše je kapacitně vybalancováno, je možné potvrdit reálný termín výroby. Nutná je neustálá kontrola VP, zda nepadají do skluzu vůči požadovanému datu výroby. Pokud ano, plánovač identifikuje příčinu zpoždění na pracovištích a v případě, že se skluzy neobjevují, eliminovali se přetížené kapacity a vzniká kapacitně vybalancovaný plán dle výrobní strategie.

Schéma 2.2 Kapacitní balancování



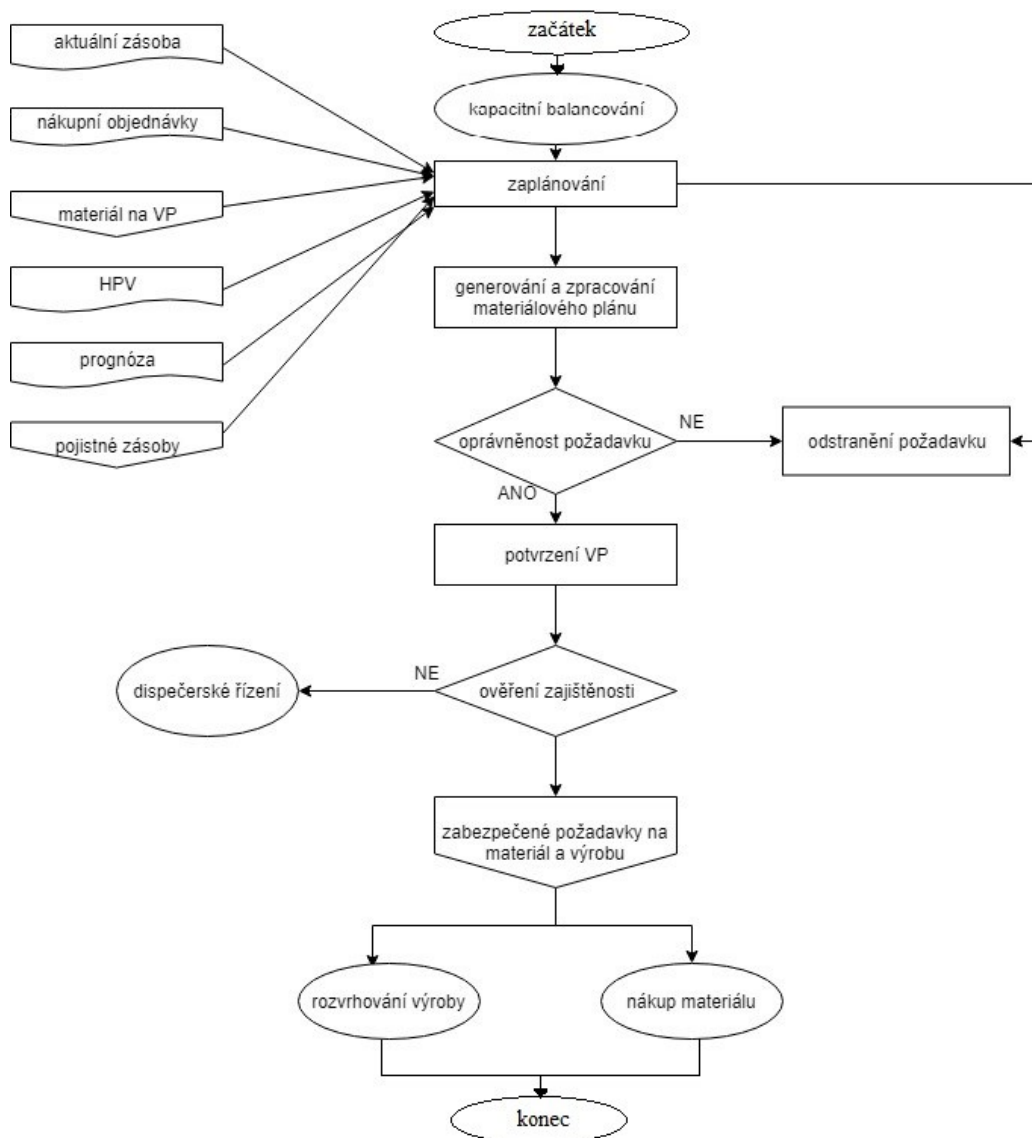
Zdroj: vlastní

Kritickým faktorem úspěchu je včasná prognóza prodeje, identifikace úzkých míst a jejich respektování, včasné zpracování kusovníků, kvalitní data pro plánování a zvyšování výkonnosti úzkých míst. Kontrolou výstupu jsou nepřetížené skupiny zdrojů a žádné zpoždění HPV a VP.

c) Materiálové plánování.

Cílem procesu materiálové plánování je identifikovat požadavky na výrobu a materiál a zajistit jejich dodávku ve správném čase. Důležitá je včasná reakce na mimořádné požadavky s cílem zajistit požadavky zákazníků.

Schéma 2.3 Materiálové plánování



Zdroj: vlastní

Pro správné automatické přeplánování v SL jsou důležité správné vstupní zdroje. Mezi ty jsou řazeny volně použitelná zásoba materiálu, nedokončená výroba a hotové výrobky, nevyřízené nákupní objednávky a požadavky na nákup, nepokryté požadavky materiálu na VP, zadané požadavky v HPV rozplánované přes aktuální kusovník, požadavky zadané v prognóze a požadavky vzniklé z nastavení pojistných zásob na položkách.

Po správném zaplánování plánovač generuje materiálový plán (MP) a zpracovává plánované požadavky na nákup materiálu. V MP je zároveň možné ověření oprávněnosti každého požadavku přes detail plánu a na oprávněné požadavky jsou vytvořeny požadavky na objednávku a výrobní příkazy. V případě neoprávněného požadavku plánovač upravuje množství HPV dle požadavku a pokud se vyskytne chyba v rozpisce materiálu, je nutné předat informaci o chybě úseku TPV.

Plánovač materiálu denně kontroluje nezajištěné materiály a vyráběné díly. O zpožděných nákupních objednávkách je informován obchod, který má na starost řešení podobných problémů. Referent nákupu doplní náhradní termín dodání. V případě velkého ohrožení výroby je komunikován posun HPV.

Co se týče materiálového plánování důležitými faktory úspěchu je v první řadě kapacitně vybalancovaný plán. Dále sem patří minimální ruční úpravy množství, minimální mimořádné požadavky z důvodu vytěžování kapacit a vysoká datová čistota. S vysokou dodavatelskou spolehlivostí souvisí potřeba respektovat dodací lhůty a předběžnou dobu výroby.

d) Rozvrhování výroby.

Vytváří se reálný rozvrh práce (respektující výrobní strategii a kapacitu zdrojů) na jednotlivé pracoviště. Důležité je včas zahájit výrobu na jednotlivých pracovištích (synchronizace práce dle firemní strategie) a tím maximalizovat dodavatelskou spolehlivost (interní i externí) při zachování efektivní výroby.

Pokud je zajištěný materiál na plánovanou výrobu a jsou vytvořené VP z materiálového plánu, plánovač uvolňuje VP co nejpozději k plánovanému termínu zahájení. Následně jsou vytištěny výrobní průvodky a předány na sklad k pokrytí materiálem. Skladník vydá

materiál na vystavený VP a fyzicky naveze na dílnu. V noční dávce proběhne automatické rozvržení a následné plánování. Výsledkem je seřazená fronta práce na pracovištích.

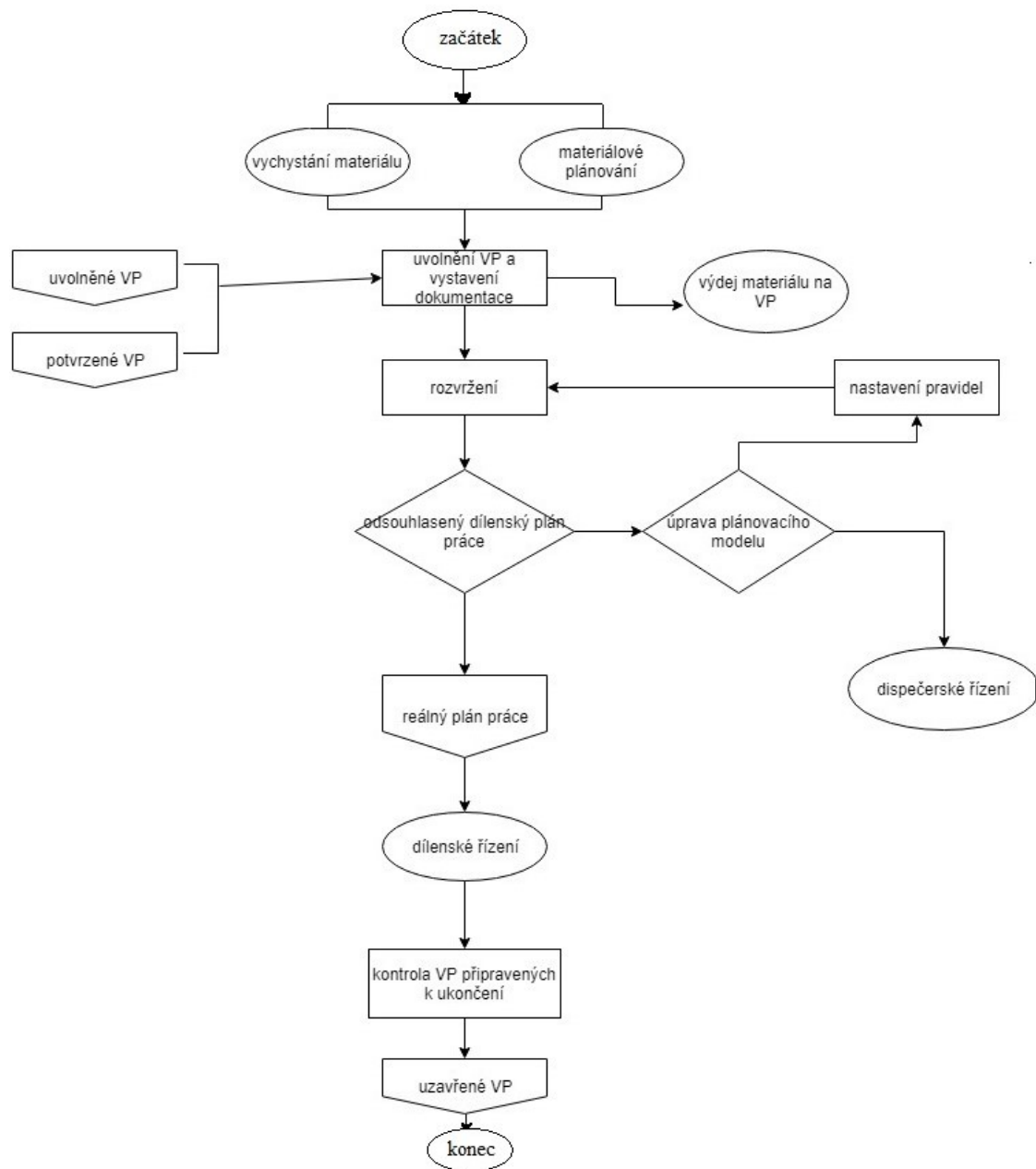
Plánovač výroby společně s mistrem definují a aktualizují pravidla pro výběr z fronty práce na pracovištích. Aktualizují dostupné zdroje ve skupinách a přiřadí jim směny. Pravidelně jsou doplňovány výjimky na zdrojích dle hlášení dostupnosti kapacit od mistrů (plánované opravy, poruchy, nemocnost, dovolená apod.) Dále jsou nastavovány a aktualizovány mezioperační časy (buffer před, po a čas ve frontě) a pokud je potřeba, mění se skupina zdrojů a počet zdrojů.

V případě odsouhlaseného dílenského plánu práce plánovač dle požadavků změní nastavení plánovacího modelu (pravidla pro rozvrhování, termín plnění VP, změna postupu, nastavení zdrojů). V případě nedostatku materiálu nebo kapacit je podán požadavek na změnu termínu plnění. Pokud není ohrožen termín plnění finálního výrobku plánovač posune termín na VP, v opačném případě plánovač předá informaci na dispečink.

Rozvržené uvolněné výrobní příkazy jsou řazeny dle priorit do reálné fronty práce na pracovištích. Výroba se realizuje dle plánu práce. Po realizaci poslední operace na VP je VP připraven k ukončení. V případě, že je vydán všechn materiál a odvedeny všechny operace, tak je VP automaticky uzavřen. VP s větší odchylkou, než stanovuje limit, musí prověřit plánovač a po kontrole a odsouhlasení uzavře VP ručně. Kompletní VP je nyní ve stavu hotovo a vyrobené díly se nacházejí na skladě montáže.

Kritické faktory úspěchu tohoto procesu jsou datová správnost, zajištěnost materiálu před zahájením práce na VP, plnění týdenní plánů dílny, minimální změny po uvolnění VP do výroby a vykazování práce on-line.

Schéma 2.4 Rozvrhování výroby



Zdroj: vlastní

e) Dispečerské řízení.

Cílem je prioritně identifikovat a zajistit havarijní položky pro plynulý průběh montáže.

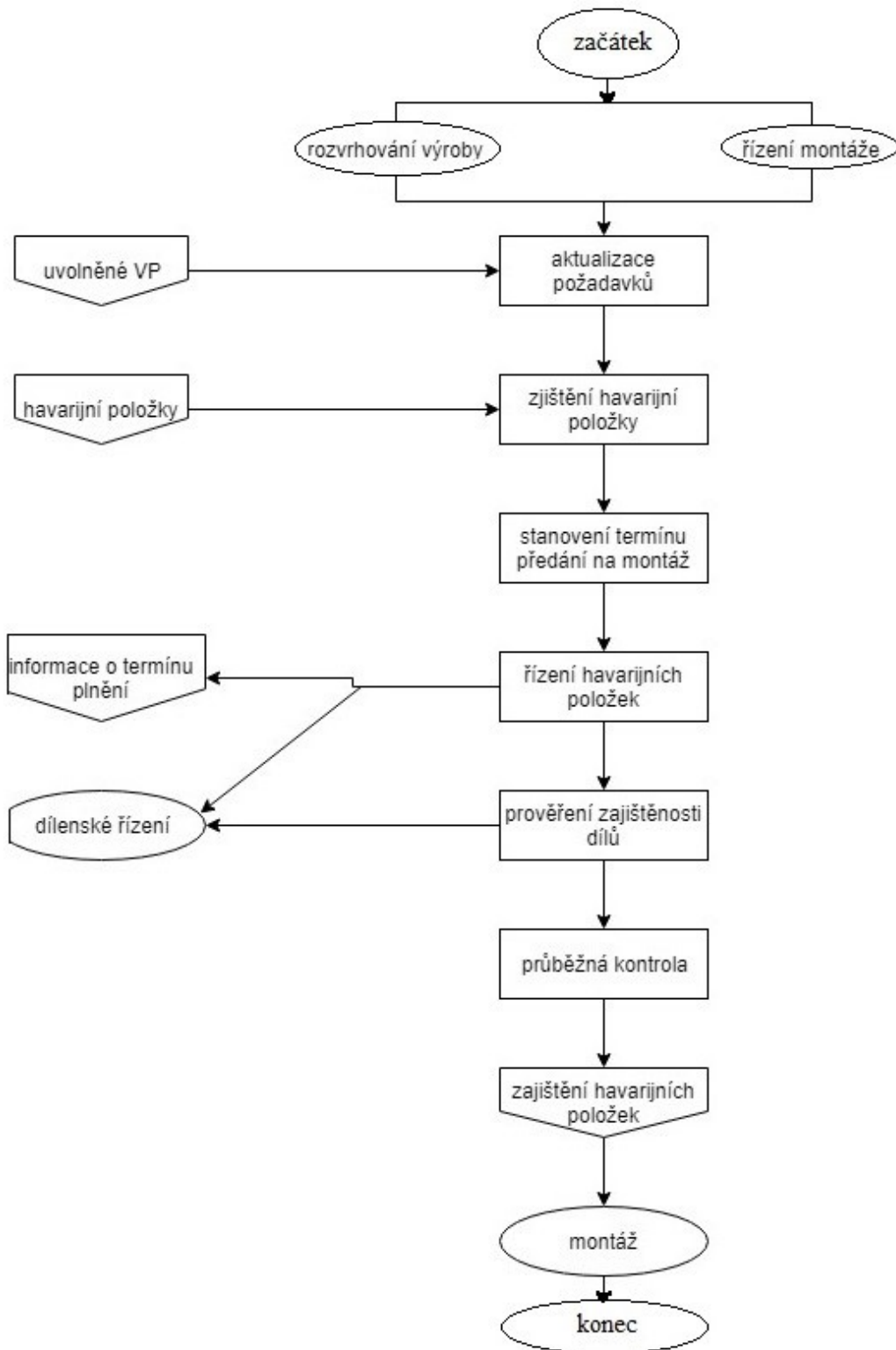
Plánovač denně ráno aktualizuje se SL seznam vyráběných požadavků na montáž. Po aktualizaci se automaticky nastaví priorita 2 a 3 (2 – položky ve skluzu více než týden, 3 – položky s plněním do pátku v daném týdnu). Plánovač zjistí položky (nakupované i vyráběné), které omezují montáž a dispečer výroby denně provede zjištění havarijních položek fyzicky na montáži. Nakupovaný materiál předává plánovači k řešení a vyráběným položkám přiřadí na VP havarijních položek prioritu 1.

V momentě, že je dispečerský zápis takovým způsobem aktualizován, mistr na dílně vyfiltruje dle seznamu své položky a dle rozpracovanosti na dílně stanoví termín dokončení položky na montáž. Dispečer výroby se schází s mistry na pravidelných dispečerských poradách k řešení havarijních položek. Vedoucí montáže informace o termínech plnění z těchto porad použije k organizaci práce na montáži.

Na každé havarijní položce je provedeno prověření možnosti urychlení a zajištění plynulosti průchodu položky výrobou přes navazující střediska dle pracovního postupu. Poté dispečer výroby může změnit termín dodání u skluzových hlavních dílů dle získaných informací od mistrů. Dále koriguje termínové sladění hlavních dílů a plnění těchto termínů. V případě zajištění havarijních položek se po aktualizaci dispečerského zápisu dané položky již neobjevují.

Mezi kritické faktory úspěchu jsou řazeny reálné plány, dodržování fronty práce dle plánů (jak dílna, tak i montáž), minimum neshodných výrobků, minimum výpadků kapacit, nezkreslené stavy zásob a dodržování slíbených termínů u havarijních položek.

Schéma 2.5 Dispečerské řízení



Zdroj: vlastní

2.3 POPIS PROCESU VÝROBY KRÁTKÝCH HLAVNÍ

Provoz Hlavňové je specializován na výrobu hlavní. Hlavně jsou srdcem každé palné zbraně. Hlaveň u palných zbraní uděluje kinetickou energii střele, která se mění na tepelnou energii hoření střeliviny. Jedná se o trubku, která musí odolat tlaku plynů, které působí při výstřelu. Hlavně dělíme podle ráží a délek. Ráže udává, pro jakou velikost projektilu je hlaveň určena. Hlaveň se dělí na dvě části – vodící část vývrtu a nábojovou komoru, která odpovídá velikosti a tvarem náboji, pro které je určena.

Výroba hlavní je prováděná pomocí dvou výrobních okruhů. První okruh tvoří výroba polotovarů hlavní, nazývané taky jako výkovky. Zde je důležité vhodné prokování, uvažování přídavku materiálu pro další opracování a požadované tepelné zpracování. Z polotovaru, který je naskladňován do kanbanu, se dále vyrábí již konečná hlaveň (druhý výrobní okruh), která je odesílána k zamontování do zbraně. Hotová hlaveň musí mít přesné rozměry, přesné geometrické tvary a kvalitní povrch bez pórů a prasklin.

Stroje, které se používají ve výrobě, opracovávají výrobky v různých fázích výroby a vždy v daný okamžik pouze jeden výrobek. Některé stroje jsou obsluhováni jedním pracovníkem, na CNC strojích probíhá vícestrojová obsluha. Na provozu funguje na některých strojích třísměnný provoz, některé stroje jsou pouze dvousměnné. Jednosměnná a dvousměnná obsluha probíhá pouze v pracovní dny, třísměnný provoz je spuštěn i o víkendech. Přehled pracovních směn je uveden v tabulce 2.1.

Tab. 2.1 Rozpis pracovních směn na provozu Hlavňové

směna	start	konec	přestávka
ranní	5:45	14:00	10:15 – 10:45
odpolední	14:00	22:00	17:15 – 17:45
noční	22:00	5:30	1:30 – 2:00

Zdroj: vlastní

Polotovary hlavní vznikají z nařezaných tyčí. Délka polotovaru je stanovena dle kapacity strojů, která je možná pro obrobení a taky podle počtu hlavní, které budou z polotovaru zhotoveny. To znamená, že z jednoho kusu polotovaru je možné vytvořit 5, 4 nebo 3 kusy pistolových hlavní za vzniku minimálního odpadu. Nařezaným tyčím se po dodání

na provoz hlavňové zarovnají konce pro snadnější další obrábění. Následná operace je vrtání na šesti nebo čtyř vřetené vrtače, kde jsou vyvrtány díry pro přípravy vývrtu. Dále je potřeba hrubovat povrch před kováním – povrch se soustruží do tvaru kužele nebo válce podle provedení výkovku, zahloubení konců u vyvrtané díry, honování je prováděno pro dosažení potřebného rozměru díry a drsnosti, kováním je zhotoven konečný rozměr vývrtu a povrchu výkovku podle ráže a provedení hlavně. Směnnost, počet strojů a délka operace jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Tab. 2.2 Postup výroby polotovarů hlavní

pracoviště	popis	počet strojů	počet směn	délka operace (min)
1.	zarovnání konců	1	3	1,01
2.	vrtání hlavní	3	2	1,06
3.	hrubování před kováním	2	3	2,25
4.	zahloubení hlavní	1	2	0,18
5.	honování	3	2	3,6
6.	kování	3	3	5,1

Zdroj: vlastní

Druhý výrobní okruh představuje výrobu samostatných hlavních. V této fázi se z polotovaru stává hlaveň, nyní již hlavní díl zbraně.

Na strojích s názvem Mori Seiki, 5osé soustružnicko-frézovací centra, se z polotovaru stávají jednotlivé hlavně. Dle provedení se z jednoho kusu polotovaru stává 3 až 5 kusů jednotlivých hlavních. Po obrobení na těchto CNC (computerized numerical control) strojích se musí zahloubit komora a následně jsou hlavně soustruženy na čisto. Po prvních operacích je nutné poslat hlavně na jiný výrobní provoz ke stabilizaci. Po návratu zpět na hlavňové se hlavně rovnají a je dobroušen potřebný průměr hlavně. Další úprava na CNC strojích již dává hlavním hotový tvar. Tyto CNC stroje se nazývají Chirony od firmy O. C. Tech. Výrobní program zde probíhá nejdéle, proto dávají výrobě hlavní potřebný takt. Dle kapacit, co se nedostane přes Chirony, není výrobní provoz Hlavňové schopen vyrobit. Po Chironech opět přichází na řadu ruční úprava, která odstraňuje přebytečné kovové piliny. Dále se vystruží komora, leští se skluzavka a nábojová komora a hlaveň jde na kontrolu defektoskopem. Ten zjistí, zda v komoře nejsou prasklinky a jiné vady způsobené předchozím obráběním, které by při výstřelu mohly hlaveň roztrhnout. Hlaveň pokračuje do kalírny, kde probíhá termální kalení

hlavní, popouštění kontroluje se tvrdost. Po návratu zpět na provoz Hlavňové se hlavně přelešťují, přebrušují a po stoprocentní kontrole jsou připraveny na zamontování. Celý postup výroby je znázorněn včetně směnnosti, počtu strojů a výrobní doby v tabulce 2.3.

Výroba jednotlivých pistolových polotovarů i samotných hlavní probíhá na strojích se stejnými či velmi podobnými strojními časy.

Tab. 2.3 Postup výroby hlavní

pracoviště	popis	počet strojů	počet směn	délka operace (min)
7.	NC MORI SEIKI	4	3	3
8.	leštění	2	2	0,3
9.	soustružení	3	2	0,87
10.	rovnání	1	2	0,21
11.	broušení	6	2	1,1
12.	NC CHIRON	8	3	5,03
13.	vystružování	3	2	1,63
14.	vrtání	3	2	0,88
15.	defektoskop	2	1	0,19
16.	leštění	2	2	0,38
17.	broušení na plocho	6	2	1,3

Zdroj: vlastní

Výroba probíhá ve dvou budovách, první je dvoupatrová a druhá přízemní. Budovy jsou proti sobě přes silnici, jak je možné vidět na obrázku 2.3.

Obr. 2.3 Letecký pohled na budovy provozu Hlavňové

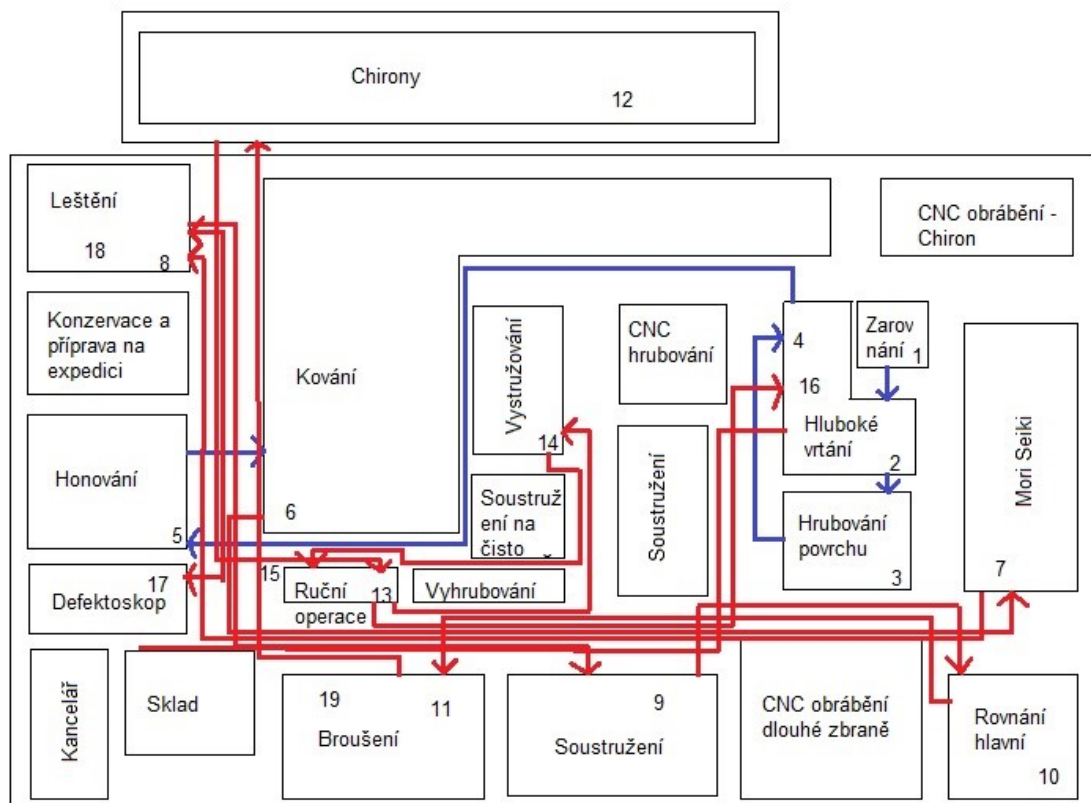


Zdroj: mapy.cz

Na obrázku 2.4 je prezentováno zjednodušené schéma rozmístění pracovišť na dílně pro výrobu krátkých pistolových hlavních. Pracoviště jsou označena číslem a tok je zaznačen dle technologického postupu výroby.

Modrou barvou je zaznačen materiálový tok prvního výrobního okruhu, tedy hlavněvého polotovaru. Červená barva představuje materiálový tok již pistolové hlavně jako hlavního dílu ruční palní zbraně.

Obr. 2.4 Zjednodušené schéma rozmístění pracovišť na dílně



Zdroj: vlastní

2.3.1 Takt výroby krátkých hlavních

Montáž krátkých zbraní v podniku Česká zbrojovka, a.s. probíhá dle týdenního taktu. Tento takt je denně kontrolován a jakékoliv zpoždění je zdůvodňováno. Aby byl takt montáže splněn, je potřeba v taktu vyrábět i díly, to se týká i hlavních. V tabulce 2.4 můžeme vidět takt jednotlivých provedení.

Tab. 2.4 Takt hlavní

provedení	denní takt	týdenní takt	měsíční takt
pistole	1081	5405	21620
malorážky	243	1215	4860
kulovnice	92	460	1840
šorpion	200	1000	4000
bren	100	500	2000

Zdroj: vlastní

Z tabulky je zřejmé, že výroba pistolových hlavních zaobírá největší produkci provozu Hlavnové. Konkrétně se jedná o 63 % z celkového počtu měsíční výroby. Proto je práce věnována a zaměřena pouze na pistolové hlavně.

Týdně se musí smontovat kolem 5500 ks pistolových zbraní. Montáž probíhá v sestavě různých typů, jak můžeme vidět v tabulce 2.5.

Tab. 2.5 Takt pistolových hlavních

provedení	denní takt	týdenní takt	měsíční takt
P10	325	1625	6500
P9	120	600	2400
P7	140	700	2800
SH2	140	700	2800
SP01	140	700	2800
Compact	90	450	1800
ostatní	130	650	2600

Zdroj: vlastní

3 PLÁN VÝROBY POMOCÍ SIMULAČNÍHO MODELU

Simulační modely jsou prosazovány při modelování výroby čím dál více. Dají se jimi popsat i velmi složité procesy, u kterých uvažujeme náhodná jevy a všechny podstatné vnitřní i vnější vazby. Funkční model procesu lze poskládat z charakteristik zařízení, materiálových toků a pravidel pro obsluhu. Takový model procesu se chová stejně jako proces samotný.

Jako výhoda simulačních modelů se uvádí, že při experimentování s nimi je pracováno s takovými parametry procesu jako ve skutečném systému. To znamená, že používáme stejné operační časy strojů a uvažujeme stejný počet pracovníků a počet pracovních směn, nepracuje se zde s fiktivními parametry. Tím je usnadněna interpretace výsledků optimalizace do praxe.

Simulační modely jsou využívány ve všech fázích výrobního procesu. Jelikož je možné nasimulovat i plánované procesy, které zatím neexistují, je možné simulace využít i při rozhodování o budoucích kapitálových investicích. Při návrhu budoucího technického vybavení jsou simulační návrhy zpřesňovány do takové míry, že představují obdobu skutečného systému. Takový podrobný model procesu je využíván pro operativní řízení a plánování.

Simulační modely se svými prediktivními schopnostmi umožňují plánování v různých časových horizontech. Zlepšují reakci na změny v plánu a využívání technologií, ověřují výrobní plány, snižují skladové zásoby a podobně. Simulace bývá efektivně využita i v prognóze plánované spotřeby.

3.1 TECNOMATIX PLANT SIMULATION

Tecnomatix Plant Simulation je software, který je navržený pro modelování a simulaci výrobního procesu. Je řazen do rodiny produktů, které slouží jako nástroj pro návrh a optimalizaci výrobních procesů. Patří mezi mě SolidEdge (počítačově podporované kreslení), Process Designer (slouží k modelování procesů) nebo Robotics (slouží k modelování chování robotů ve výrobě).

Plant Simulation se zaměřuje především na výrobní proces. Účelem je tento proces převést do modelu a následně simulovat běh procesu, což poskytuje důležité informace o chování jak jednotlivých komponent systému, tak systému jako celku.

Software je postaven na předem naprogramovaných objektech, které jsou přizpůsobeny jednotlivým procesům, které se ve výrobě vyskytují. Jedná se o proces, paralelní proces, montáž, demontáž, přeprava a další. Z těchto standardních objektů je sestaven systém a následně je modifikováno jejich chování pomocí úpravy atributů (procesní čas, čas nastavení, zmetkovitost a podobně). Standardní objekty jsou součástí různých knihoven, přičemž je možné nakoupit jen ty knihovny, které jsou používány. Základem je určit standardní objekty.

Mezi klíčové vlastnosti Plant Simulationu patří:

- Správa knihoven a objektů,
- simulace a analýza spotřeby energie,
- optimalizace pomocí genetických algoritmů,
- otevřená architektura,
- objektově orientované modely s hierarchií a odkazy,
- automatická analýza výsledků simulace,
- jazyk SimTalk pro tvorbu vlastních metod,
- tvůrce HTML sestav,
- 2D a 3D prezentace.

Udávané hlavní přínosy Plant Simulationu:

- Při počáteční investici až 6 % úspory,
- produktivita stávajícího systému zvýšena až o 20 %,
- náklady na nový systém sníženy až o 20 %,
- optimalizování spotřeby prostředků,
- zásoby sníženy až o 60 %,
- doba propustnosti zkrácena až o 60 %,
- optimalizování systémů pro snížení spotřeby energie.

Uvedené čísla jsou orientační. Záleží na výrobním systému a procesu a na jeho zpracování před simulací.

3.1.1 Popis pracovního prostředí Plant Simulationu

Po otevření aplikace Tecnomatix Plant Simulation obsahuje úvodní obrazovka (obrázek 3.1) nejenom možnost otevřít nový model, ale taky otevřít dříve vytvořené modely.

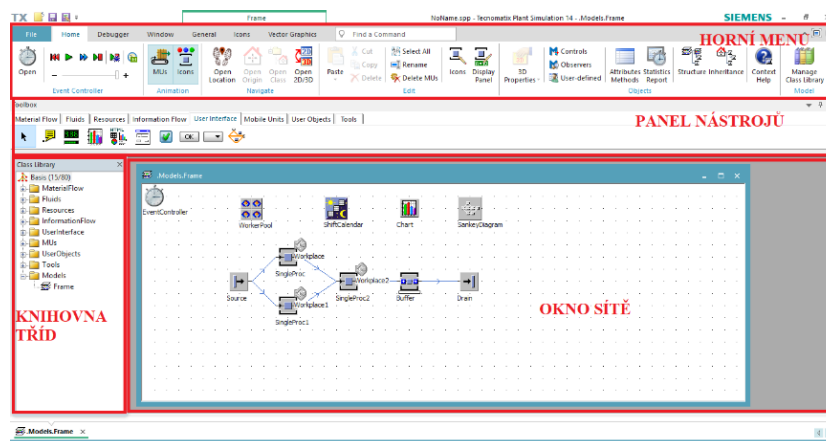
Obr. 3.1 Úvodní obrazovka Plant Simulationu



Zdroj: Tecnomatix Plant Simulation

Po otevření nebo založení nového modelu se v základním zobrazení se objeví okno jako na obrázku 3.2. V hlavním okně jsou zobrazeny lišty. Každá lišta má svoji funkci a je možné je přemísťovat nebo upravovat v uživatelském rozhraní.

Obr. 3.2 Hlavní okno Plant Simulationu



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Horní menu nebo taky ovládací lištu má každý program. Zde jsou umístěny základní funkce sloužící k tvorbě nového modelu, k jeho uložení či odeslání, ale i funkce typické pro tento program. Tyto funkce umožňují nastavit čas simulační čas modelu, ovládání sloužící k jeho spuštění, převod 2D modelu do 3D a spoustu dalších.

Pod horním menu je panel nástrojů neboli toolbox. Zde se vyskytují stejné objekty jako v class library (knihovna tříd), jenom pro snadnější vkládání a lepší přehlednost jsou zobrazeny v obrázkové podobě. Stejně jako v knihovně jsou rozříděny do více záložek jako materiálový tok, složka pracovníků, nástroje, informační tok a další.

Knihovna tříd (class library) je strukturovaný adresář. Zde je možné nalézt všechny objekty, které jsou potřeba pro simulaci v aktuálním modelu. Objekty třídy jsou uloženy ve známém stromovém formátu Windows. Struktura je otevřená a jde modifikovat dle představ a potřeb. Je možné složky přidávat, přesouvat, kopírovat, vytvářet a mazat.

Okno síť (Frame window) je okno sloužící pro vkládání objektů z class library či toolboxu.

3.2 TVORBA MODELU

V Plant Simulation jsou systémy modelovány v tzv. framech, což je modelovací prostor, ve kterém se simuluje chování celého systému nebo jeho části. Modelovat je možné také více úrovní systému (celý systém i jeho podsystémy) a ty vzájemně propojit.

Do okna síť se umísťují prvky z panelu nástrojů nebo knihovny tříd. Objekt stačí pro umístění do okna přetáhnout a pomocí klávesy CTRL je možné umístění prvku do okna vícekrát. Pro lepší funkčnost modelu a orientaci v něm slouží možnost vložení submodelů. Díky tomu jde nasimulovat i celé výrobní provozy, které jsou složeny z jednotlivých dílen.

Veškeré objekty, jak už bylo řečeno, jsou dostupné v Class Library, i když pro jednodušší přístup se více využívá Toolbox, což je tematicky uspořádaný soubor odkazů na objekty v Class Library a má i stejnou strukturu. Každý objekt je souhrnem vlastností a metod, které determinují jeho chování.

Do adresáře Class Library patří:

- Záložka Material Flow (materiálový tok) obsahuje objekty týkající se materiálového toku, které jsou pro celou simulaci stěžejní. Patří sem objekty modelující stroje nebo skupiny strojů (včetně montážních a demontážních strojů), sklady, zásobníky, cesty překladače a také objekty, které propojují modelovaný systém s jeho okolím (zdroj vstupů a výstup).
- Resources (zdroje) obsahuje objekty určené k modelování lidských zdrojů, včetně pracovních pozic, řízení směn a podobně.
- Information Flow (informační tok) obsahuje objekty pro nastavování metod a proměnných a tabulky.
- Záložka User Interface (uživatelské rozhraní) je složena z objektů, které pomáhají distribuovat výstupy simulace v uživatelem zvolené formě. Tyto objekty umožňují vkládání poznámek pomocí komentářů nebo grafů, které pomáhají výstupy vizualizovat.
- MUs - Mobile Units (pohyblivé prvky) seskupuje objekty znázorňující entity procházející systémem (prvky, palety, dopravní prostředky).
- Záložka Tools (nástroje) poskytuje pokročilejší nástroje, například pro analýzu úzkých míst.
- Záložka Models (modely) slouží k zobrazení vytvořené vlastní sítě.

3.2.1 Material flow objects

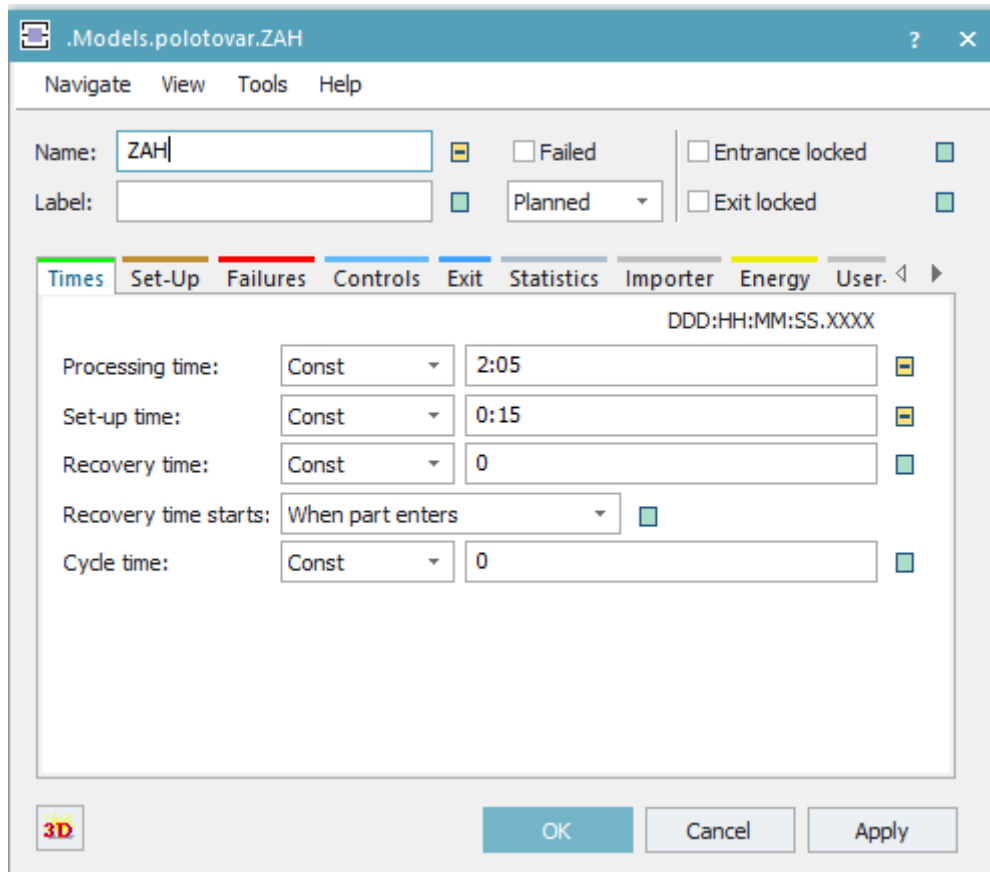
Objekty materiálového toku je možné rozdělit do dvou skupin – mobilní jednotky a statické objekty. Mobilní objekty (Mobile Units) symbolizují výrobek, který prochází postupně modelem, kde je opracováván. Statické objekty s MU pracují a přemísťují je skrz model.

Statické objekty jsou dále děleny na aktivní a pasivní. Do aktivních objektů jsou řazeny dopravníky, stroje, roboty, které se podílejí na samotném přesunu MU. Pasivní objekty sami nedokážou poslat MU dále. Sem se řadí sklady nebo dráhy sloužící pro transportér.

Plant Simulation používá simulace diskrétních událostí. Program simulace diskrétních událostí bere v úvahu pouze ty časové body, které jsou důležité pro další průběh simulace. Takové události mohou být například výrobek, který vstupuje na stroj, opouští

ho a přechází na jiný stroj. Samotný průběh operace je možné rozdělit dle obrázku 3.3 do tří částí.

Obr. 3.3 Nastavení časových atributů objektu



Zdroj: vlastní nastavení časů v Plant Tecnomatix Simulation

Processing time je čas samotné operace, kterou představuje daný objekt. Set-up time definuje čas, který slouží pro přenastavení stroje. Tento čas slouží pro výměnu nástroje nebo pro pravidelnou údržbu po určitém počtu zpracovaných MU. Recovery time se používá pro rezervaci určitého času před začátkem procesu.

Některé objekty mají možnost nastavení kapacity. Ta stanovuje množství MU, které může v jeden okamžik obsahovat. Tím vznikne blokování MU z nějakého důvodu. Důvodem může být pozastavení, konec pracovní doby nebo například obsazenost následujícího objektu. Objekt se může vyskytnout i v poruše mimo obsazenost. Po nastavení se proces objektu pozastaví a nepřijímá nové MU. Definování poruch je používáno pro co nejrealističtější simulaci.

3.2.1.1 Objekty materiálového toku sloužící pro simulaci

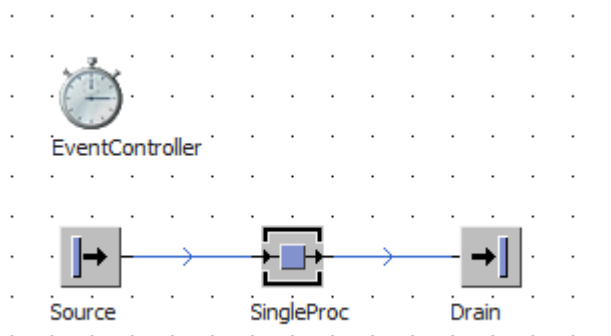
Modelovaný systém je otevřený, což znamená, že má vstup a výstup, kterými je propojen s okolním prostředím.

Velmi důležité je nadefinovat vstupy do modelu. K tomu slouží objekt Source, který na základě námi definovaných pravidel vytváří Mobile Units (MUs – entity, container, transporter), které systémem procházejí. Parametry jsou zadávány pomocí atributů (vlastností) a časy vytvoření MU je možné stanovit pevně nebo statisticky. Model může mít jeden nebo více vstupů.

Opakem Source je na konci modelu Drain. Ten maže MU po jejich průchodu skrz model. I v tomto objektu je možno nastavit procesní čas či zadat poruchu. Statistické údaje o produkci nebo transportu, které jsou zde shromažďovány, se dále využívají pro vytvoření grafů a přehledů.

K vytvoření jednoduchého modelu, který je k vidění na obrázku XY, nám kromě Source a Drain slouží základní procesní jednotka SingleProc. Tento objekt představuje určitou operaci s materiálem a simuluje práci stroje, popřípadě člověka. Zpracován je pouze jeden MU v jednom časovém okamžiku a materiál SingleProc je přijat od předchůdce, pokud je volný. Po vykonání samotné operace určené processing, set-up a recovery časem je MU poslán na další objekt.

Obr. 3.4 Jednoduchý model



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Vazby jsou definovány pomocí nástroje Connector, který se nachází v toolboxu na záložce Material Flow. Po vytvoření takového jednoduchého modelu se může již simulace spustit a pozorovat jeho chování, měnit, experimentovat a hledat tak optimální řešení daného problému.

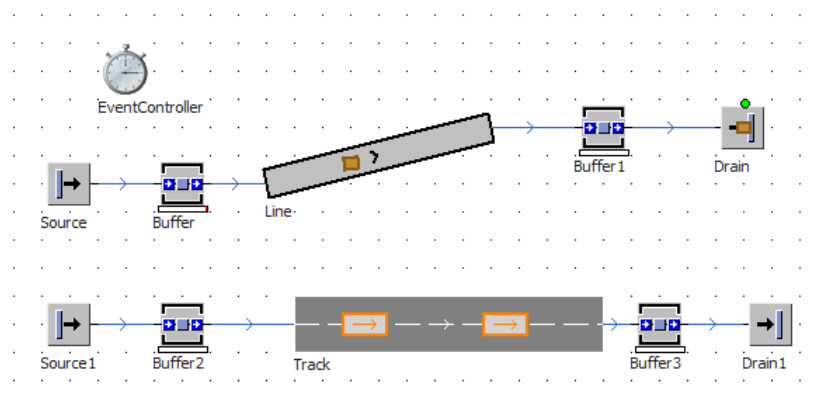
Pokud je potřeba namodelovat několik stejných paralelních pracovišť, využívá se objekt ParallelProc - MU se přesouvá na jednotku, která je nejdéle bez využití. Je to náhrada za vícenásobný SingleProc v jednom objektu.

Mezi další, neméně důležité objekty, nacházející se v Material Flow, jsou AssemblyStation a DismatleStation. AsemblyStation se používá k modelování procesu montáže více MU. Jedná se o jejich spojení nebo se vytvoří nové MU. DismatleStation je funkcí opačnou. V tomto případě se vstupní materiál rozděluje, demontuje na jednotlivé MU.

Mezi jednotlivé objekty v simulaci je možné vložit mezisklady, tzv. Buffery. Zde MU čeká na uvolnění následující operace. Buffery neslouží jako skladovací prostory. Ty prezentují v modelu objekty Store, které jsou organizovány ve tvaru matice volných pozic. Jedná se o statický objekt, který přijímá další MU, dokud má volnou některou z pozic. Zde není nastaven žádný procesní čas.

Pro přesouvání MU v Plant Simulationu slouží objekty Line a Track (obrázek 3.5). Line je používán při modelování běžných typů dopravníků k přesouvání materiálu konstantní rychlostí. Jeho kapacita je buď omezena nebo vypočítána na základě délky linky. Track modeluje cestu pro transportéry. Transportér je tedy jediný MU, který trasu využívá.

Obr. 3.5 Model s objektem Line a Track



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

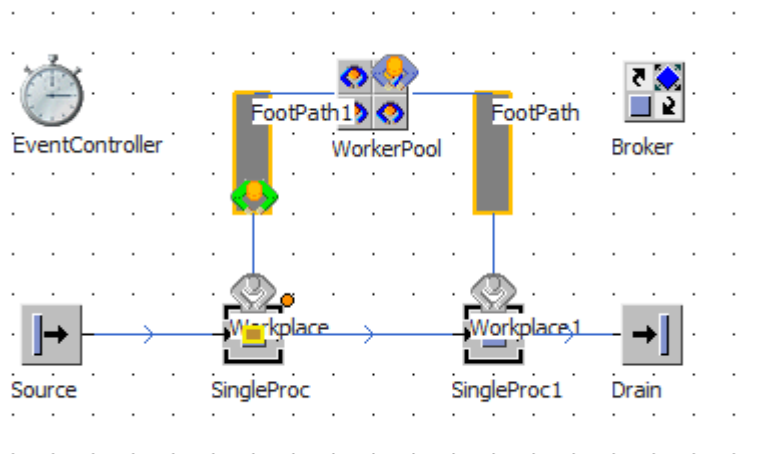
3.2.2 Objekty obsažené v záložce zdroje – Resource

V Plant Simulationu jsou zdroji myšleny zaměstnanci, kteří obsluhují objekty z Material Flow – to je pracovní stanice.

Místo pro vykonání práce definuje objekt Workplace. Ten je přiřazen k pracovní stanici a může být obsazen pouze jedním pracovníkem. Cestu, po které se pracovník pohybuje, jde namodelovat z WorkPool k Workplace objektem FootPath. Ve WorkPool jsou shromažďováni právě nevyužívaní pracovníci. Ti jsou zde i vytvářeni a v případě potřeby jsou vysláni na pracoviště. Objekt Worker značí samotného pracovníka s definovanými základními vlastnostmi, jako je efektivita, jeho chuze, vykonávaná práce apod. Aby byl pracovník ze stanoviště WorkPool ke stanici vypraven k pracovišti, je nutné do programu přidat Broker, který řídí pohyb pracovníků.

Nastavení směnnosti, svátků a povinných přestávek zajišťuje ShiftCalendar. Pomocí tohoto objektu se nastavuje časový rozvrh pracovišť a pracovníků.

Obr. 3.6 Příklad obsluhy stojů pracovníky



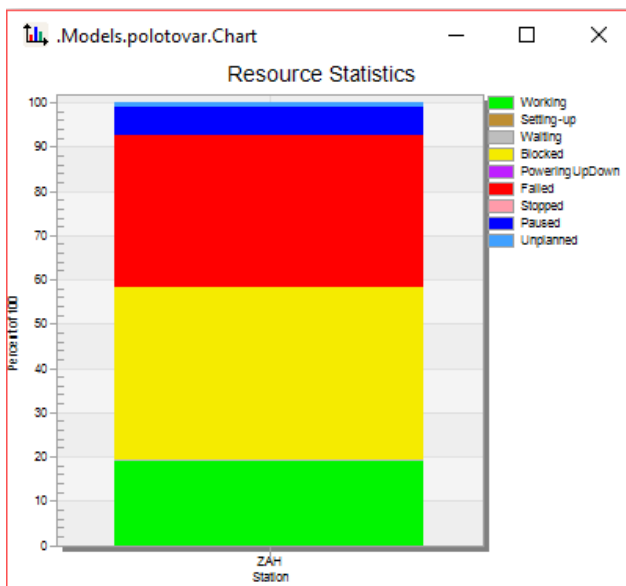
Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

3.2.3 Objekt User Interface

V této záložce Toolboxu je k dispozici soubor objektů pro interakci s uživatelem. O proměnných veličinách v simulaci uživatele informuje Display. Takovými veličinami zde mohou být vlastní proměnné nebo atributy. K tvorbě vlastních dialogových oken slouží pro nově vytvořené objekty slouží Dialog.

Z této záložky je nejvíce využíván objekt Chart. Ten dokáže data, které jsou vybrány, zobrazit graficky. Výstupní data lze zobrazit různými způsoby. Na výběr jsou chart, histogram a plotter. Chart zobrazuje hodnoty ve formě sloupcových grafů (obrázek 3.7) nebo koláčových diagramů, histogram ukazuje četnost hodnot pro sledované kanály a plotter vykresluje průběh veličin v čase.

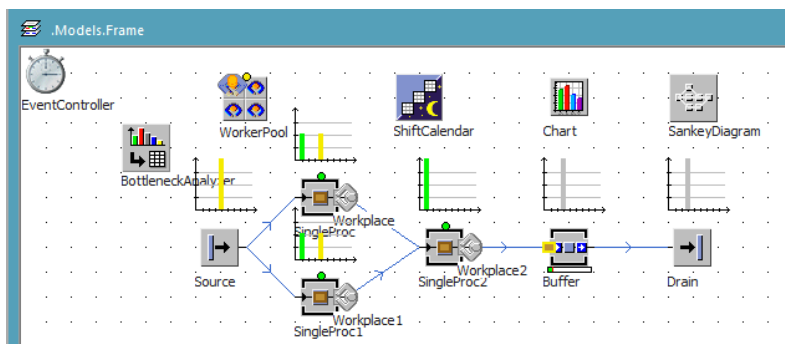
Obr. 3.7 Sloupcový graf jednoho pracoviště



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

BottleneckAnalyzer nabízí přehled o základních defaultních statistikách. Po použití se nad objekty v modelu zobrazí graf, který informuje o statistikách (obrázek 3.8).

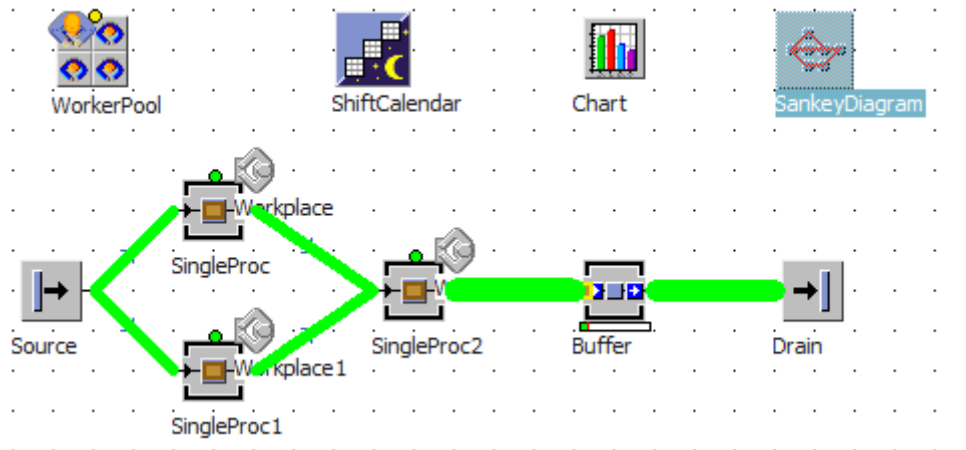
Obr. 3.8 Statistika po použití BottleneckAnalyzer



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Nástroj Sankeyův diagram (SankeyDiagram) se využívá pro znázornění materiálového toku (obrázek 3.9). Tento diagram zobrazuje počet entit, které procházejí modelem vzhledem k celkovému počtu vygenerovaných entit. Výstup je grafický v podobě čar mezi objekty. Šířka čáry je přímo úměrná počtu průchozích entit.

Obr. 3.9 Použití Sankeova diagramu



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

3.2.4 Objekty Mobile Units

Mobile Units (MU), o kterých již řeč byla, tvoří se stacionárními objekty kostru vytvořeného simulačního modelu. V Source jsou vytvořeny, přes objekty značící pracoviště procházejí a v Drain zanikají. Smyslem a podstatou simulace je způsob, jakým MU nasimulovaným modelem projdou.

MU představují vstupní součást, polotovar, díl, zpracovávaný výrobek, přepravní materiál či pohybující se transportér. Každá vstupní objekt má definované atributy a v Plant Simulationu i své grafické znázornění. Objekty jsou předdefinované, ale je možnost vytvoření vlastních. V záložce MU jsou uvedeny tři základní objekty – Transporter, Container a Entity. Transporter představuje nezávisle pohybující se přepravník (např. vysokozdvizný vozík). Container prezentuje materiál k přepravě (např. paleta) a entity je základní materiálový prvek.

3.3 SIMULACE VÝROBY POLOTOVARŮ HLAVNÍ

Pro vytvoření simulačního modelu pro diplomovou práci byl vybrán provoz Hlavňové a výroba hlavní. Jak již bylo řečeno, výroba hlavní probíhá ve dvou okruzích – výroba polotovaru a výroba samotných hlavní. Pro model byl použit program Tecnomatix Plant Simulation od firmy Siemens, který je detailně popisován v předcházející kapitole. Pro vytvoření modelu, který demonstruje aktuální stav výroby, jsou použity dosavadní TPV data. U strojů je nastavena nynější směnnost a procesní časy, aby byl model co nejvíce podobný současnému stavu výroby.

Celý model výroby polotovarů je k nahlédnutí ve 2D variantě v příloze 1 a v příloze 2 je model převeden do 3D.

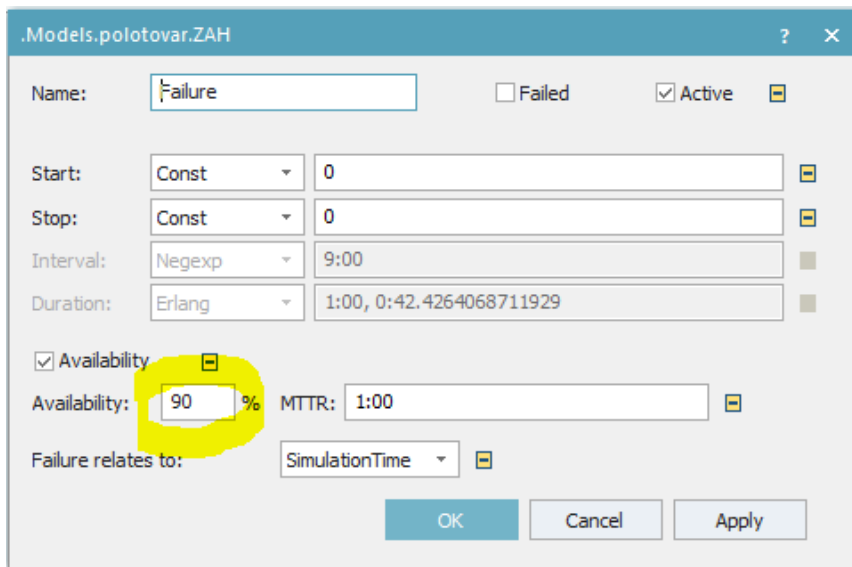
K výrobě hotového polotovaru je zapotřebí obrábění na šesti operacích – zarovnání konců, vrtání, hrubování před kovááním, zahloubení, honování a kováání. Počet strojů, směnnost a doba provedení operace jsou uvedeny v tabulce 2.2. Směnnost na jednotlivých operacích se liší. Rozvržení jednotlivých operací na dílně je znázorněno na obrázku 2.4, kde výroba polotovaru je zaznačena modrou barvou.

V modelu jsou použity objekty Track ke znázornění vzdáleností mezi jednotlivými stroji v materiálovém toku. První Track opatřený nakládkou a vykládkou slouží k návozu materiálu z řezárny ke skladu materiálu u první operace zarovnání konců. U obou objektů je procesní čas nastaven na jednu minutu, kdy vysokozdvizný vozík nadzvedne paletu přířezů, převezí a v místě vykládky ji uloží na příslušné místo. Pro vstup byl použit objekt Transporter, který slouží pro tok a pohyb po objektech Track.

V modelu jsou k vidění i pracovní místa u strojů – Workplace a pracovníky definuje objekt WorkerPool. Celkem je nadefinováno 8 pracovníků na 13 pracovních místech. U vrtání a honování probíhá třístrojová obsluha a vždy jeden pracovník, který hrubuje, tak současně i zahlubuje. Proto je pracovních míst více než pracovníků.

Všechny stroje v prvním okruhu výroby jsou nastaveny na 90 % (obrázek 3.10). Takové nastavení availability (dostupnosti) demonstruje možnost poruchy, které je důležité pro co nejreálnější simulaci. Poruchu je možno nastavit na konkrétní čas, například pravidelná údržba stroje nebo poruchy vznikající náhodně.

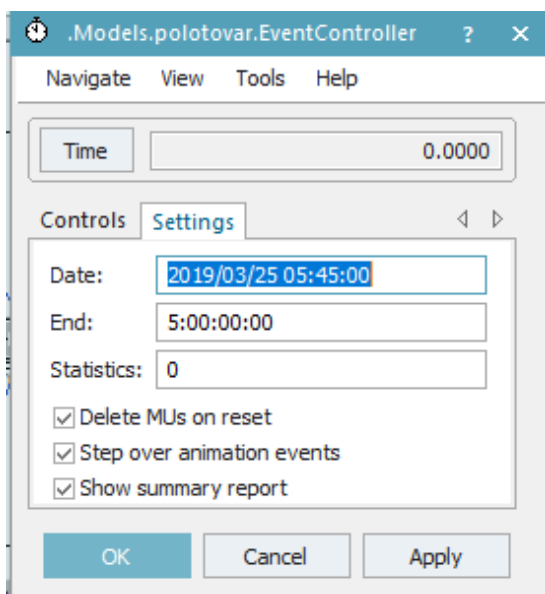
Obr. 3.10 Nastavení dostupnosti na stroji



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Při modelování je zapotřebí nastavení prvku EventController. Ten celý proces a jednotlivé události simulace řídí z hlediska času. Udává čas, po který je simulace testována a může být stanoven od přesného data a času až po konkrétní datum a čas nebo absolutně, že čas běží od nuly. Pro výrobu polotovarů je nastaven (obrázek 3.11) simulační čas na 5 pracovních dnů.

Obr. 3.11 Nastavení EventController



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

3.3.1 Zhodnocení výroby polotovaru hlavní

Po zaznačení čtverečku Show summary report v nastavení EventController se automaticky po doběhnutí simulace zobrazí souhrnná statistika dílů, které za danou dobu simulací prošly. Ta zobrazuje, kolik kusů bylo vyprodukováno, propustnost za hodinu, procentuálně je uveden transport dílů, obsazenost skladu a přidaná hodnota. Vše je v posledním okýnku zobrazeno i graficky.

Dle tabulky 2.4, kdy při měsíční produkci pistolí 21620 ks (měsíční takt se odvíjí dle pracovních dní v měsíci) je nutné vyrobit denně asi 1080 ks pistolových hlavních. Jak bylo již uvedeno, pistolové hlavně se vyrábí z polotovarů, kde jeden polotovar je rozdělen dle provedení na tři, čtyři nebo pět jednotlivých hlavních. Proto denní takt výroby polotovarů by měl být cca 270 ks, týdenní takt cca 1350 ks a měsíční takt 5400 ks.

Na následujících obrázcích 3.12, 3.13 a 3.14 jsou zobrazeny právě díky závěrečným reportům simulací statistiky výroby po jednom dnu, po týdnu a po měsíci. V takovém případě je v EventControlleru nastaven čas simulace na 24 hodin, 120 hodin a 480 hodin.

Obr. 3.12 Statistika výroby 1 den

Simulation time: 1:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
sklad	Transporter	6:00:24.7491	202	8	10.71%	8.64%	80.65%	4.58%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Obr. 3.13 Statistika výroby 5 dní


Simulation time: 5:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
sklad	Transporter	1:20:04:48.0356	1013	8	1.98%	1.56%	96.47%	0.64%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Obr. 3.14 Statistika výroby 30 dnů

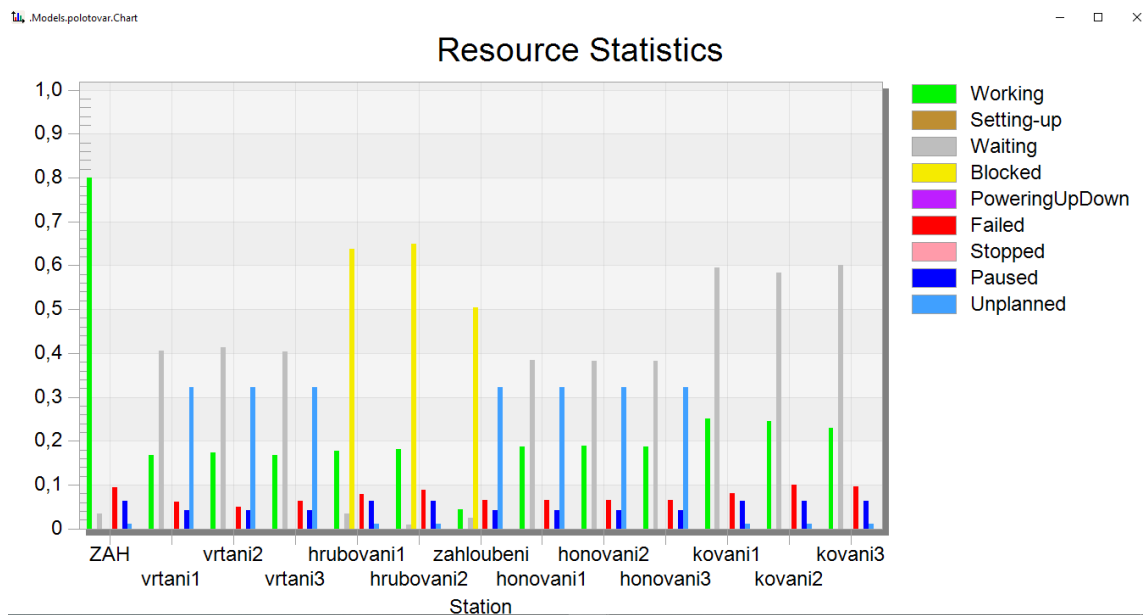
Simulation time: 30:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
sklad	Transporter	11:19:31:08.5142	4457	6	0.56%	1.40%	98.04%	0.10%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Z obrázků je zřejmé, že výroba uvedené takty nestíhá plnit. Proto je na některých pracovištích nutná posila v podobě víkendových směn, přesčasů a podobně. V grafu 3.1 je pozorovatelně nejvíce problémové pracoviště hrubování a zahloubení. Tyto pracoviště jsou nejvíce výrobu blokují. Další pracoviště po hrubování a zahloubení potom na další kusy dlouho čekají.

Graf 3.1 Statistika pracovišť



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Simulací se ukázalo, že pracoviště hrubování je úzkým místem ve výrobě polotovaru. O tyto pracoviště je nutné se nejvíce starat nejenom z pohledu údržby. Je nutné zde průtok materiálu urychlit.

3.4 SIMULACE VÝROBY HLAVNÍ

Pro model byl opět použit program Tecnomatix Plant Simulation. Stejně jako u výroby polotovarů jsou použité pro nastavení modelu aktuální TPV data pro co nejvíce přesné znázornění aktuálního stavu výroby. Celý model výroby je nakopírován v příloze 3.

K výrobě hlavní z polotovaru je zapotřebí obrábění na více strojích, než je tomu u polotovaru. Jedná se celkem o obrábění na 40ti strojích na 11ti pracovištích – Mori Seiki, leštění, soustružení, rovnání, broušení, chirony, vystružování, vrtání, defektoskop, leštění a broušení na plocho. Stroje, jejich směnnost a doba provedení operace jsou uvedeny v tabulce 2.4. Směnnost na jednotlivých operacích se opět liší, stejně jako u výroby polotovarů. Rozvržení jednotlivých operací na dílně je znázorněno na obrázku 2.4, kde výroba polotovaru je zaznačena tentokrát červenou barvou.

V modelu jsou opět mezi stroji použity objekty Track ke znázornění vzdáleností mezi jednotlivými stroji v materiálovém toku. Z důvodů, že ve studentské verzi programu Plant Simulation je možné použít pouze 80 objektů a v již v nynějším modelu je použito 63 objektů, nejsou zde zaznačeny pracovní místa s pracovníky. Protože každé jedno pracovní místo a pracovník je objektem v simulaci. Stroje druhého výrobního okruhu výroby hlavní jsou taktéž nastaveny na 90 % (dle obrázku 3.10).

3.4.1 Zhodnocení simulace výroby hlavní

Při výrobě pistolových hlavní je nadefinováno více vstupních objektů. Ty jsou pojmenovány dle typů hlavní. Jedná se o P10, P09, P07, SH2, SP01, Compact a ostatní provedení. Výroba by měla opět probíhat dle taktu montáže, který je uvedený v tabulce 2.5. Denně se montuje 325 ks provedení P10, 120 ks P09, 140 ks P07, 140 ks Shadow 2, 140 ks SP01, 90 ks compactových pistolí a 130 ks ostatních pistolových provedení. To znamená, že přes stroje uvedené v modelu musí denně projít 1085 ks hlavní.

Na obrázku 3.15 vidíme, že jednotlivých provedení se denně vyrobí méně kusů, než je denní tak montáže, a to celkem o 544 ks. To je celkem polovina denní produkce celkového počtu zbraní. V přepočtu na jednotlivé provedení se za 1 pracovní den na provozu hlavně vyrobí 86 % compactových pistolí, 59 % ostatních provedení hlavní, 24 % P10, 56 % P07, 65 % P09, 55 % Shadow 2 a 54 % provedení SP01.

Obr. 3.15 Statistika výroby hlavní za 1 den

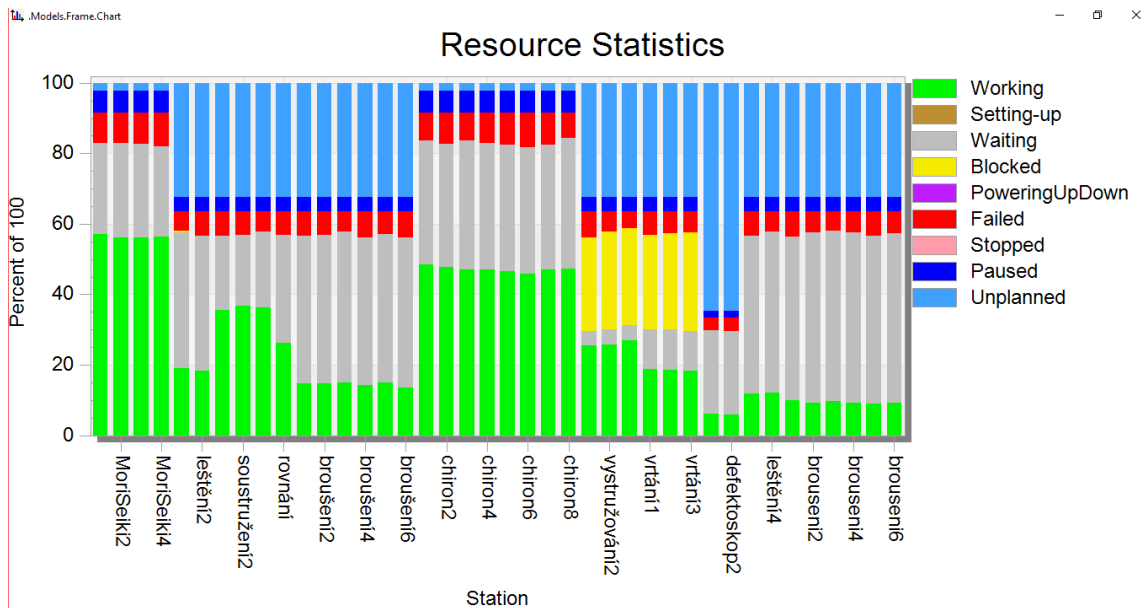
Simulation time: 1:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain	compact	3:56:14.6491	77	3	8.99%	0.86%	90.15%	7.40%	
Drain	ostatní	3:56:39.2288	77	3	8.62%	1.06%	90.32%	7.39%	
Drain	P10	3:54:30.8947	78	3	8.90%	1.08%	90.02%	7.46%	
Drain	P7	3:56:17.5037	78	3	9.06%	0.93%	90.01%	7.40%	
Drain	P9	3:55:14.0064	78	3	8.78%	1.11%	90.11%	7.43%	
Drain	SH2	3:53:50.3876	77	3	8.56%	1.09%	90.36%	7.48%	
Drain	SP01	3:52:21.3457	76	3	8.93%	0.87%	90.20%	7.52%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

V grafu 3.2 je opět pozorovatelné nejvíce blokováné pracoviště ve výrobě hlavní. Jedná se o vystružování a vrtání. I tady se tedy vyskytují úzká místa výroby. Tyto pracoviště jsou místa s nejmenším průtokem. Úzké místo udává tempo celé výroby.

Graf 3.2 Statistika pracovišť výroby polotovarů



Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

4 ZHODNOCENÍ PRÁCE

Poslední kapitola je věnována zhodnocení diplomové práce, která je věnována výrobě hlavnových polotovarů a hlavním na provozu Hlavňové podniku Česká zbrojovka, a.s. Simulačním modelem byla zjištěna úzká místa ve výrobě. Tato pracoviště by měla udávat výrobní tempo. Na Hlavňovém provozu jsou nazývány bubnem výroby hlavní. Protože dosavadní výroba takty nesplňuje, pro zajištění rychlejšího průtoku jsou navrženy dvě varianty sloužící k její zefektivnění.


4.1 NÁVRH A VÝSLEDKY PŘI SJEDNOCENÍ SMĚNNOSTI

Problém ve výrobě polotovarů i hlavní je ten, že každé pracoviště má jinou směnnost. Některé pracoviště jedou pouze na ranní směnu, některé mají dvousměnnou obsluhu a většina strojů jedou na tři směny. Stroje, které jedou na třisměnný provoz tvoří vlny na pracovištích, které jsou nastaveny například pouze na ranní směnu. Vícesměnný systém umožňuje legislativa a rozšiřují se tím výrobní kapacity podniku.

Co se týče výroby polotovarů, jak již bylo zmíněno, při výrobě týdenního taktu je potřeba pro potřeby výroby hlavní vyrobit asi 270 ks denně, týdně 1350 ks a měsíčně 5400 ks. Při aktuálním nastavení směnnosti byla výroba polotovarů pod taktem (obrázek 3.12, 3.13, 3.14). Pokud se nastaví na všech pracovištích třisměnný provoz, výrobní takty jsou již splněny, jak je možné vidět na obrázcích 4.1, 4.2 a 4.3.

Obr. 4.1 Statistika výroby polotovarů při stejné směnnosti 1 den


Simulation time: 1:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
sklad	Transporter	8:34:16.6537	295	12	7.69%	6.11%	86.20%	3.24%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Obr. 4.2 Statistika výroby polotovarů při stejné směnnosti 5 dnů


Simulation time: 5:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
sklad	Transporter	1:18:24:53.9727	1478	12	1.63%	1.27%	97.10%	0.67%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Obr. 4.3 Statistika výroby polotovarů při stejné směnnosti 30 dnů

Simulation time: 30:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
sklad	Transporter	7:22:15:03.5091	8856	12	0.50%	2.39%	97.10%	0.15%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

Pro přehlednější a rychlejší porovnání změny výsledku je vytvořena tabulka 4.1. V této tabulce jsou porovnány hodnoty počet vyrobených polotovarů při aktuální směnnosti a počet vyrobených polotovarů při sjednocení směnnosti. Uvedené procentuální zhodnocení je vypočítáno vůči týdennímu taktu.

Tab. 4.1 Porovnání aktuální produkce a produkce po změně směnnosti vůči taktu

	TAKT	AKTUÁLNÍ PRODUKCE	PRODUKCE PO ZMĚNĚ SMĚNNOSTI
1 DEN	270	202	295
1 TÝDEN	1350	1013	1478
1 MĚSÍC	5400	4457	8856
%	100	75	109,5








Zdroj: vlastní

Zde je viditelné, že dosavadní produkce je pouze 75 %. Pokud se sjednotí směnnost, dosáhne se o 9,5 % navýšení produkce.

Úplně stejným způsobem bylo prověřena výroba hlavní. Opět byla na pracovištích sjednocena směnnost na třisměnný provoz, aby byl zajištěn plynulý tok materiálu výrobou. Po spuštění nového simulačního modelu na 1 den je zjištěno, že nyní je takt hlavní splněn (obrázek 4.4).

Obr. 4.4 Statistika výroby hlavní při sjednocení směnnosti

Simulation time: 1:00:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain	compact	4:29:44.9413	90	4	7.79%	0.72%	91.48%	6.48%	
Drain	ostatní	6:10:05.9735	130	5	5.59%	0.68%	93.73%	4.72%	
Drain	P10	9:19:22.7186	325	14	3.58%	0.39%	96.02%	3.13%	
Drain	P7	6:30:03.9016	140	6	5.48%	0.51%	94.01%	4.48%	
Drain	P9	5:41:15.9209	120	5	6.18%	0.76%	93.06%	5.12%	
Drain	SH2	6:30:20.0832	140	6	5.22%	0.55%	94.22%	4.48%	
Drain	SP01	6:31:51.7266	140	6	5.39%	0.53%	94.08%	4.46%	

Zdroj: vlastní simulace v Plant Tecnomatix Simulation

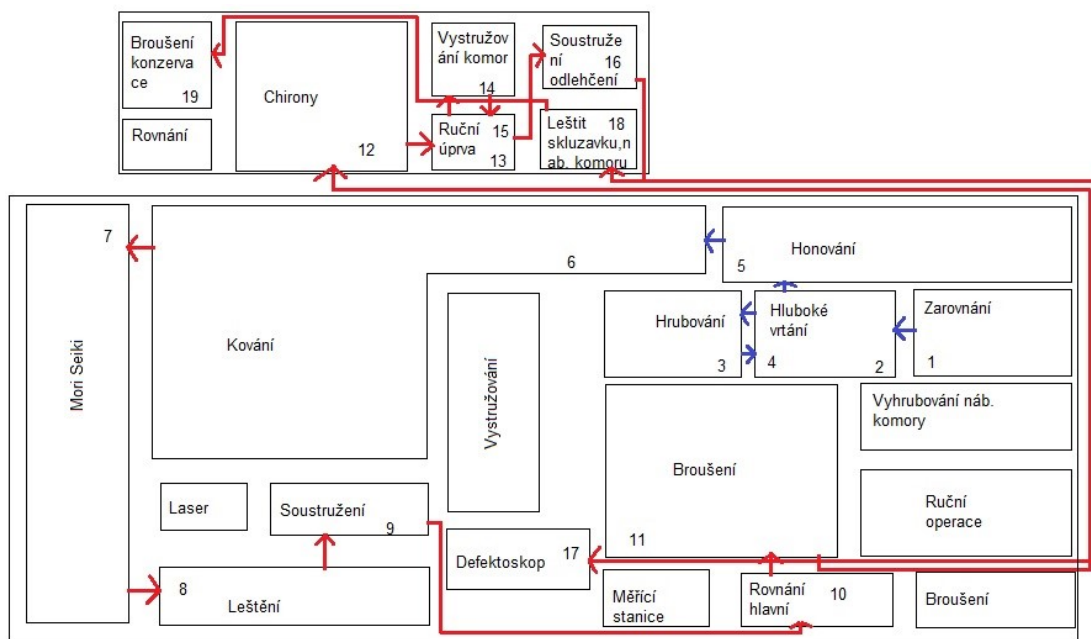
Navýšením směnnosti na třisměnný provoz u všech pracovišť se sice zvýší mzdové náklady na pracovníky, ale sníží se placené přesčasové hodiny a víkendové a sváteční příplatky. Přitom bude dodržen takt a montáž hlavní nebude ohrožena. Tím se zvýší dodavatelská spolehlivost provozu a případně i tržby firmy, protože nebude nutné platit vysoké penále za zpožděné dodávky finálních výrobků.

4.2 NÁVRH A VÝSLEDKY PŘI ZMĚNĚ LAYOUTU

Druhé možné řešení, jak zrychlit průtok materiálu dílnou, je změna dosavadního layoutu. Na obrázku 2.4 je zobrazeno dosavadní rozmístění strojů na dílně ve zjednodušeném schématu, kde je modře znázorněna výroba polotovarů a červeně výroba hlavní. Výroba dle schématu probíhá chaoticky. Nově přichozí stroje jsou umístovány dle kapacit dílny.

Úprava layoutu je znázorněna ve zjednodušeném schématu na obrázku 4.5, kde je opět výroba polotovaru znázorněna modrou barvou a červená barva demonstruje výrobu hlavní. Změny vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti ve výrobě jsou zobrazeny přímo v pracovním postupu v příloze 4.

Obr. 4.5 Schéma nového rozvržení výroby



Zdroj: vlastní

Při porovnání zjednodušeného schématu z obrázku 2.4 a obrázku 4.5 je již okem viditelné zjednodušení materiálového toku. Nové schéma je přehlednější a lépe se v něm orientuje. Jak je vidět v příloze 4, vzdálenost u polotovarů je díky novému layoutu snížena z 340 m na 295 m. Vzdálenost toku materiálu se tím sníží o 45 m, což je 13 % z celkové vzdálenosti. Pokud jde o výrobu hlavní, je zde úspora mnohem vyšší. Z celkové vzdálenosti 975 m se návrhem nového layoutu změní vzdálenost na 480 m. Úspora je zde celkem 495 m, což je úspora celkové vzdálenosti toku materiálu celkem o 50,8 %.

Samozřejmě změna layoutu není pouze úprava obrázku, ale taky zahrnuje stavební úpravy na dílně a stěhování strojů. Nic z toho není zadarmo. Proto je nutné porovnat náklady vůči přínosům, zda se změna vyplatí a jaká je její návratnost. Přínosem u změny layoutu bude zkrácení průběžné doby výroby a snížení rozpracovanosti na dílně. Vycíslení nákladů i přínosů je zobrazeno v tabulce 4.2.

Náklady na stěhování strojů a stavební úpravy dílny byly pomocí investiční komise vyčísleny na 10 milionů Kč. Je zde započítáno odstranění přepážek, kterými je dílna rozdělena, úprava podlahy a vymalování dílny. Co se týče stěhování strojů, započítáni jsou elektrikáři, pronájmy vysokozdvizných vozíků a jeřábů, které přemístí i ty nejtěžší stroje.

Tab. 4.2 Předpokládané náklady a přínosy při změně layoutu

Současné prostory		
Náklady v současných prostorech:	Částka	Období
Stěhování strojů:	5 000 000 Kč	jednorázově
Stavební úpravy:	5 000 000 Kč	jednorázově
Náklady celkem:	10 000 000 Kč	
Přínosy úprav v současných prostorech:	Částka	Období
Zkrácení PDV a snížení rozpracované výroby:	4 700 000 Kč	rok
Mzdové náklady:	3 500 000 Kč	rok
Přínosy celkem:	8 200 000 Kč	
Přínosy celkem:	-1 800 000 Kč	
Návratnost:	1,22 let	
Ostatní náklady v současných prostorech:	Částka	Období
Odpisy budovy:	1 050 000 Kč	rok
Plánované náklady na opravu budovy 2019:	2 000 000 Kč	2019

Zdroj: vlastní

Celkové přínosy jsou vypočítány podílem celkových přínosů a celkových nákladů. Návratnost je vypočítána podílem celkových nákladů a celkových přínosů a činí celkem 1,22 let. Pro výpočty celkových přínosů jsou použity parametry s nynějšími hodnotami, které zobrazuje tabulka 4.3.

Tab. 4.3 Parametry pro výpočty přínosů

Parametr	Současný stav / hodnota
Hodinová sazba stroj	2 353 Kč
Hodinová sazba výrobní pracovník	206 Kč
Hodinová sazba nevýrobní pracovník	267 Kč
Množství materiálu v rozpracované výrobě KZ	14,3 mil Kč
Množství materiálu v celkové rozpracované výrobě	1676 ks
Množství materiálu denně na dílně	1,5 měsíce (30 prac. dní)
Průběžná doba výroby	5800 ks
Množství Nmin pro práci člověka po zvážení obsluhovosti (představitel P10)	23,74 bez tepelného zpracování
Množství lidí v logistice	10 až 12
Plocha m2	3584 m2

Zdroj: vlastní

Podle nového návržení layoutu byly v obou simulačních modelech upraveny vzdálenosti mezi stroji. Snížila se tím velikost objektů Track z aktuální na novou.

U výroby polotovarů byly vzdálenosti novým layoutem sníženy o 13 %. Po spuštění upraveného simulačního modelu jsou neuspokojivé. Dokonce měsíční produkce vůči starému layoutu o 1 % klesla. Výsledky znázorňuje tabulka 4.4.

Tab. 4.4 Porovnání výroby polotovarů původního a nového layoutu

délka simulace	původní layout	nový layout	procentuální změna
1 den	202 ks	194 ks	-4 %
5 dnů	1013 ks	1006 ks	-1 %
30 dnů	4456 ks	4444 ks	-1 %

Zdroj: vlastní

U výroby hlavní byly návrhem nového layoutu vzdálenosti mezi jednotlivými stroji sníženy daleko více než ty původní, a to o více než jednu polovinu. Zde již produkce vzrostla průměrně o 10 %. Porovnání produkce je v tabulce 4.5.

Tab. 4.5 Porovnání výroby hlavní původního a nového layoutu

provedení	původní layout	nový layout	procentuální změna
P10	78 ks	85 ks	+9 %
P07	78 ks	85 ks	+9 %
P09	78 ks	85 ks	+9 %
SH2	77 ks	85 ks	+10 %
SP01	76 ks	85 ks	+12 %
compact	77 ks	85 ks	+10 %
ostatní	77 ks	85 ks	+10 %

Zdroj: vlastní

ZÁVĚR

V dnešní konkurenceschopné a uspěchané době, kdy se na povrch derou mladé a dravé firmy, nezbyvá dlouholetým podnikům nic jiného než se zmodernizovat pro udržení rychle rostoucího tempa. Správné naplánování a rozvržení výroby je nejenom z finančního pohledu pro firmy velmi důležité. Simulace slouží k počítačovému popisu fungování procesu. Na základě výsledků ze simulací lze vyhodnotit stav funkčnosti a následně navrhnout úpravy a celý proces optimalizovat. K simulacím jsou využívány programy, které modelují reálná zařízení v definovaných podmínkách. Pro mou diplomovou práci jsem si zvolila program Tecnomatix Plant Simulation od firmy Siemens.

Cílem práce bylo demonstrovat využití simulačního při tvorbě plánu výroby a zhodnotit výsledky simulací. Diplomová práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou.

Teoretická část mé práce je věnována plánování výroby. Správně naplánovaná výroba dává odpověď na otázku, zda je podnik schopen dodat požadované množství výrobků v požadovaných termínech, a to v libovolném výhledu do budoucna. Po správném naplánování je důležité rozvržení výroby dle aktuálních kusovníků. Do procesu ale vstupují hrozby jak lidského charakteru, tak i procesního. Jedná se o zbytečné plýtvání, nadprodukce a ostatní ovlivnění snižující efektivnost výroby.

V navazující praktické části jsem se zabývala analýzou současného stavu plánování výroby v podniku Česká zbrojovka, a. s. Pro snadnější vysvětlení jsem vytvořila schémata, která základní úkoly plánování přibližují. Mimo seznámení s plánováním jsem se snažila v této části stručně popsat podnik Českou zbrojovku, a. s. a hlavně výrobu jedné z hlavní části zbraně – hlavně.

V mé práci je dále stručně nastíněna práce s programem Tecnomatix Plant Simulation, jsou popsány jeho klíčové vlastnosti a možnosti vytvářených modelů. Nabyté znalosti jsem posléze využila při vytváření vlastní simulační studie, na které jsem zároveň otestovala i návrhy na zlepšení průtoku dílnou. Vzorem modelu byla reálná výroba, přesto je nutné brát výsledky s rezervou. Studentská verze programu mi nedovolila použít více než 80 objektů, proto jsem v práci uvedla pouze nejdůležitější pracoviště, kterou jsou ve výrobě.

Výsledkem simulačního modelu aktuálního stavu jsem zjistila výrobní nedostatky, kterými byly úzká místa ve výrobě a neplnění denního taktu montáže. Byly proto navrženy dvě varianty, které efektivnost a produktivitu dílny zvýšily.

Jako první varianta pro zvýšení toku materiálu výrobou jsem uvedla sjednocení směnnosti. Po nastavení všech pracovišť aktuálního simulačního modelu na jednotný třísměnný provoz a po dokončení této simulace jsem zjistila, že takt výroby montáže je nyní dodržen, a to vede k dodržení dodavatelské spolehlivosti.

Druhou variantou je úprava dosavadního chaotického layoutu dílny na provozu Hlavňové. Po spuštění upravené původní simulace na novou dle nového strojního rozložení strojů na dílně jsem zjistila celkové navýšení produkce o 10 %. Protože stěhování strojů a stavební úpravy nejsou zadarmo, byla vypočítána návratnost na 1,22 let.

Na základě výsledků simulačních modelů navrhovaných variant je možné se pro jeden rozhodnou a ten realizovat. Myslím si, že používání simulačních programů ve firmě Česká zbrojovka, a. s. by mohlo být velkým přínosem jak z ekonomického hlediska, tak i při tvorbě různých inovací.

SOUPIS BIBLIOGRAFICKÝCH CITACÍ

- [1] JANIŠOVÁ, Dana a Mirko KŘIVÁNEK. *Velká kniha o řízení firmy*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4337-0.
- [2] BORÁŇOVÁ, Kateřina. *Analýza efektivnosti softwarového nástroje pro řízení a plánování výroby v Nárad'ovně České zbrojovky, a.s.* Kunovice, 2017. Bakalářská práce. Evropský polytechnický institut, s.r.o.
- [3] HEŘMAN, Jan. *Řízení výroby*. Slaný: Melandrium, 2001. ISBN 80-861-7515-4.
- [4] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2000. *Řízení výroby*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 80-716-9955-1.
- [5] SYNEK, Miloslav a Eva KISLINGEROVÁ, 2010. *Podniková ekonomika*. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck. Beckovy ekonomické učebnice, 2010. ISBN 978-80-7400-336-3.
- [6] DUCHOŇ, Bedřich, 2007. *Inženýrská ekonomika* [online]. Praha: C.H. Beck [cit. 2017-11-09]. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7179-763-0. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=8UB2ez1Q4foC&printsec=frontcover&dq=DUCHO%C5%87,+Bed%C5%99ich,+2007.+In%C5%BEen%C3%BDrsk%C3%A1+ekonomika&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiamdq_8dXZAhXGFCwKHeLaB94Q6AEIKDAA#v=onepage&q=DUCHO%C5%87%2C%20Bed%C5%99ich%2C%202007.%20In%C5%BEen%C3%BDrsk%C3%A1%20ekonomika&f=false
- [7] SYNEK, Miloslav, 2011. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3494-1.
- [8] ČUJAN, Zdeněk. *Logistika výrobních technologií*. Přerov: Vysoká škola logistiky, o.p.s., 2013. ISBN 987-80-87179-31-4.
- [9] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Oldřich VYKYPĚL, 2006. *Strategické řízení: teorie pro praxi* [online]. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 2006 [cit. 2017-11-12]. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-717-9453-8. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=sRbLLINtZDrgC&printsec=frontcover&dq=stra>

[tegick%C3%A9%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD+teorie+pro+praxi&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwj5dLopLnXAhWHJVAKHY8uCmoQ6AEIJzAA#v=onepage&q=strategick%C3%A9%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20teorie%20pro%20praxi&f=false](#)

- [10] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5. Kolektivní monografie.
- [11] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.
- [12] VORVE. *What is Overall Equipment Effectiveness?* 1445 Industrial Dr., Hasca IL, USA. 2002-2016. Vorne industries Inc. All Rights Reserved. Dostupný z WWW: www.oeo.com.
- [13] VLČEK, J. *Ekonomie a ekonomika*. Wolters Kluwer, 2009. 516 s. ISBN 978-80-7357-478-9.
- [14] Management Mania [online]. *SMART*. Rok 2011-2016. ISSN 2327-3658. Dostupný z WWW: managementmania.com/cs/smart.
- [15] MAŘÍK, Radek. *Rozvrhování* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: https://cw.fel.cvut.cz/wiki/_media/courses/a3m33ui/prednasky/ui09_rozvrhovani.pdf
- [16] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [17] RUDOVÁ, Hana. *Rozvrhování* [online]. Brno, 2015 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/~hanka/rozvrhovani_2015/prusvitky/all_bw.pdf
- [18] DLOUHÝ, Martin. *Simulace podnikových procesů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.
- [19] Internetové stránky a firemní materiály společnosti Siemens PLM http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/
- [20] FEDORKO, Gabriel. *Úvod do programu Tecnomatix Plant Simulation*. Technická univerzita v Košiciach, 2018.

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

a.s.	akciová společnost
apod.	a podobně
APS	Advanced Planning and Scheduling (pokročilé plánování a rozvrhování výroby)
HPV	hlavní plán výroby
KPI	Key Performance Indicators (ukazatel výkonnosti)
MP	materiálový plán
obr.	obrázek
OEE	Overall Equipment Effectiveness (výrobní statistika managementu)
PPVK	plán potřeb výrobních kapacit
s.	strana
SAP	Systems - Applications - Products in data processing (manažerský informační systém)
SL	SyteLine (informační a plánovací systém)
tab.	tabulka
THP	technickohospodářský pracovník
TPV	technická příprava výroby
VaV	výzkum a vývoj
VP	výrobní příkaz

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1.1	Faktory působící na velikost výrobní dávky.....	17
Obr. 1.2	Vztah průběžné doby výrobku a výroby.....	19
Obr. 1.3	Schéma kapacitní bilance	21
Obr. 2.1	Kapacitní propočty	34
Obr. 2.2	Výjimky plánování	35
Obr. 2.3	Letecký pohled na budovy provozu Hlavňové.....	47
Obr. 2.4	Zjednodušené schéma rozmístění pracovišť na dílně.....	48
Obr. 3.1	Úvodní obrazovka Plant Simulationu.....	52
Obr. 3.2	Hlavní okno Plant Simulationu.....	52
Obr. 3.3	Nastavení časových atributů objektu.....	55
Obr. 3.4	Jednoduchý model	56
Obr. 3.5	Model s objektem Line a Track.....	57
Obr. 3.6	Příklad obsluhy stojů pracovníky	58
Obr. 3.7	Sloupcový graf jednoho pracoviště	59
Obr. 3.8	Statistika po použití BottleneckAnalyzer	59
Obr. 3.9	Použití Sankeova diagramu	60
Obr. 3.10	Nastavení dostupnosti na stroji.....	62
Obr. 3.11	Nastavení EventController	62
Obr. 3.12	Statistika výroby 1 den	63
Obr. 3.13	Statistika výroby 5 dní.....	63
Obr. 3.14	Statistika výroby 30 dnů	64
Obr. 3.15	Statistika výroby hlavní za 1 den.....	66
Obr. 4.1	Statistika výroby polotovarů při stejné směnnosti 1 den.....	67
Obr. 4.2	Statistika výroby polotovarů při stejné směnnosti 5 dnů.....	68

Obr. 4.3	Statistika výroby polotovarů při stejné směnnosti 30 dnů.....	68
Obr. 4.4	Statistika výroby hlavní při sjednocení směnnosti	69
Obr. 4.5	Schéma nového rozvržení výroby	70

Seznam tabulek

Tab. 2.1	Rozpis pracovních směn na provozu Hlavňové	45
Tab. 2.2	Postup výroby polotovarů hlavní.....	46
Tab. 2.3	Postup výroby hlavní	47
Tab. 2.4	Takt hlavní.....	49
Tab. 2.5	Takt pistolových hlavní	49
Tab. 4.1	Porovnání aktuální produkce a produkce po změně směnnosti vůči taktu.....	68
Tab. 4.2	Předpokládané náklady a přínosy při změně layoutu	71
Tab. 4.3	Parametry pro výpočty přínosů.....	71
Tab. 4.4	Porovnání výroby polotovarů původního a nového layoutu	72
Tab. 4.5	Porovnání výroby hlavní původního a nového layoutu.....	72

Seznam schémat

Schéma 2.1	Tvorba hlavního plánu výroby	36
Schéma 2.2	Kapacitní balancování	38
Schéma 2.3	Materiálové plánování.....	39
Schéma 2.4	Rozvrhování výroby.....	42
Schéma 2.5	Dispečerské řízení	44

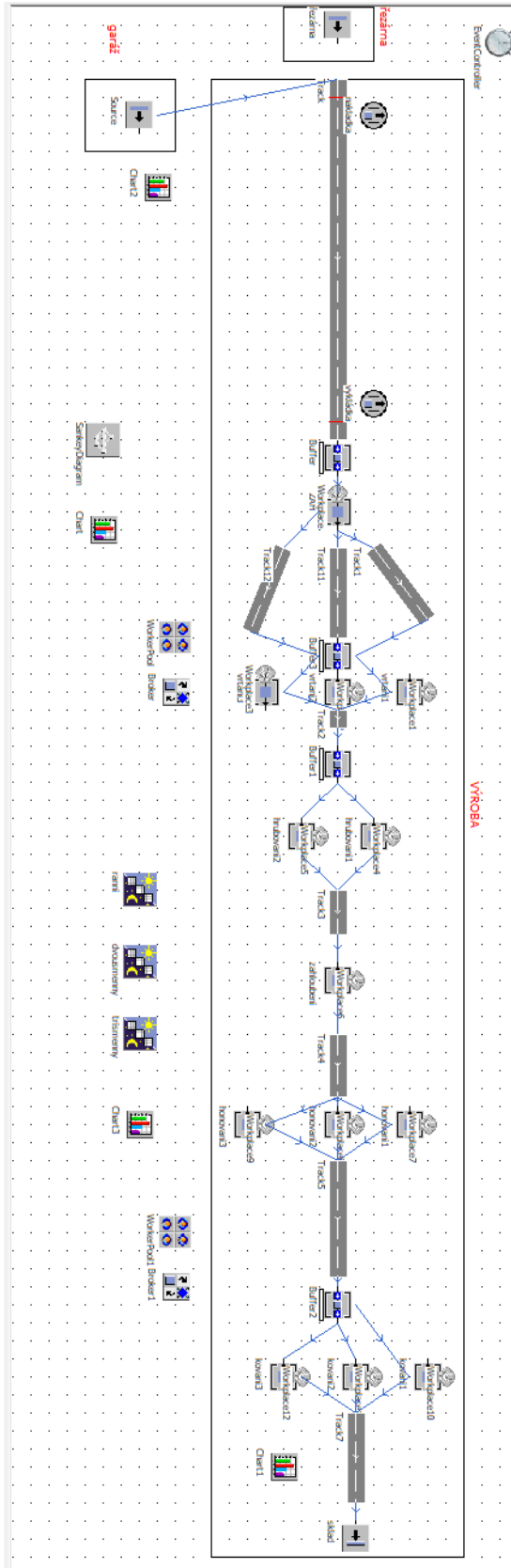
Seznam grafů

Graf 3.1	Statistika pracovišť	64
Graf 3.2	Statistika pracovišť výroby polotovarů	66

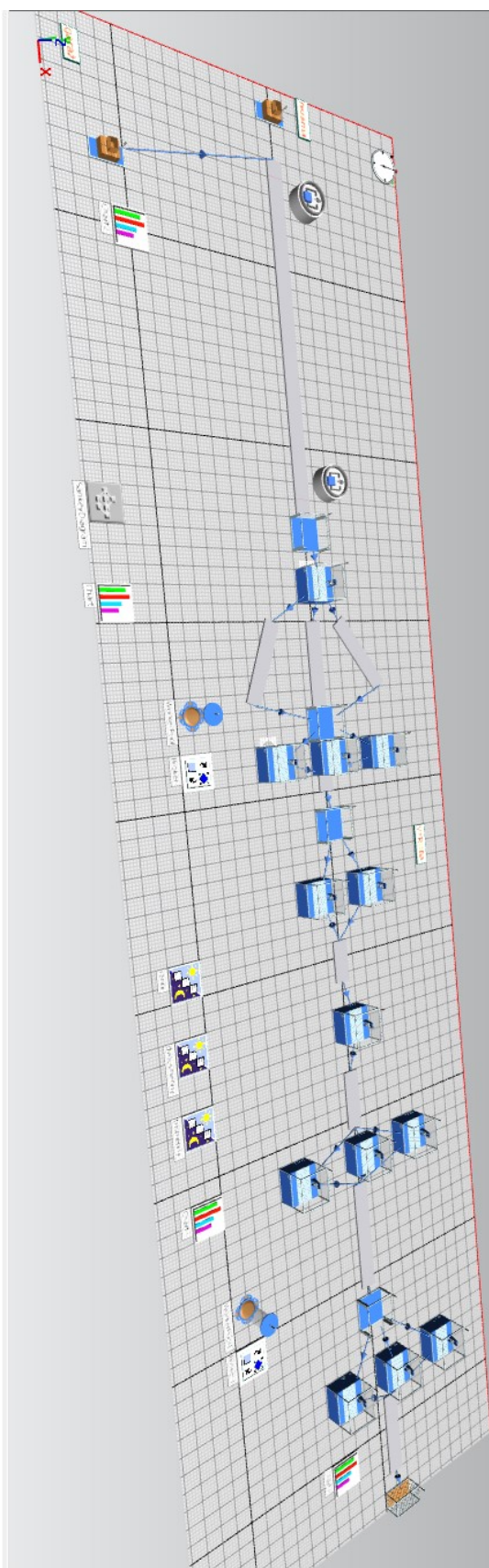
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A Model výroby polotovarů ve 2D
- Příloha B Model výroby polotovarů ve 3D projekci
- Příloha C Model výroby hlavní
- Příloha D Porovnání vzdáleností mezi stroji – starý layout vs. nový layout

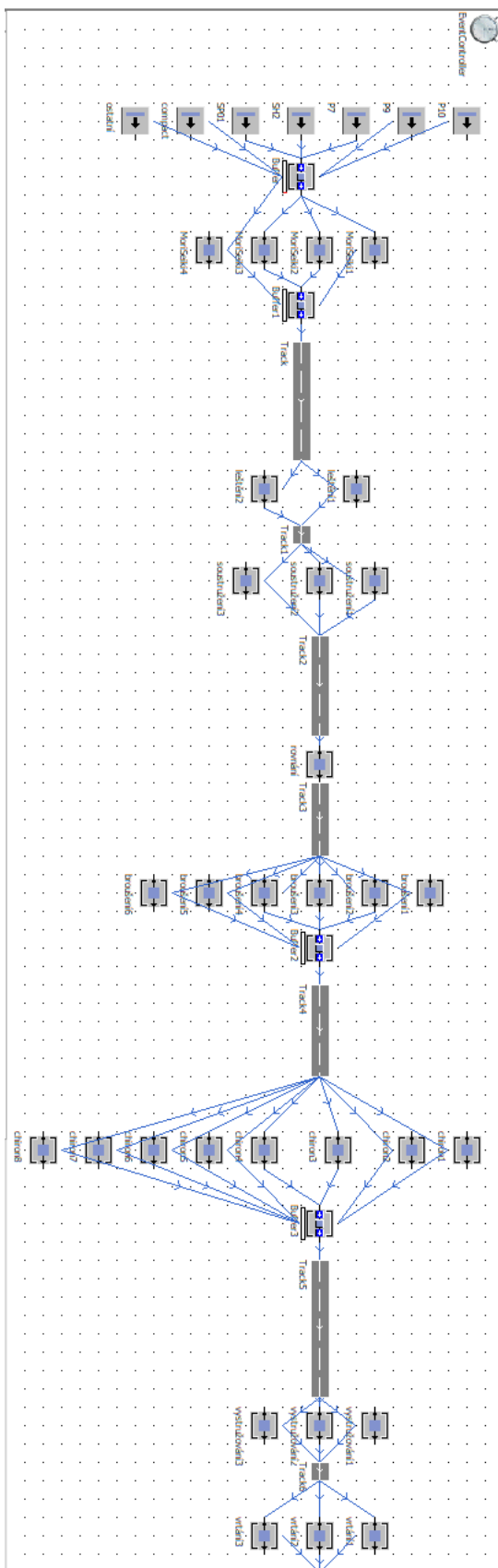
Model výroby polotovarů ve 2 D

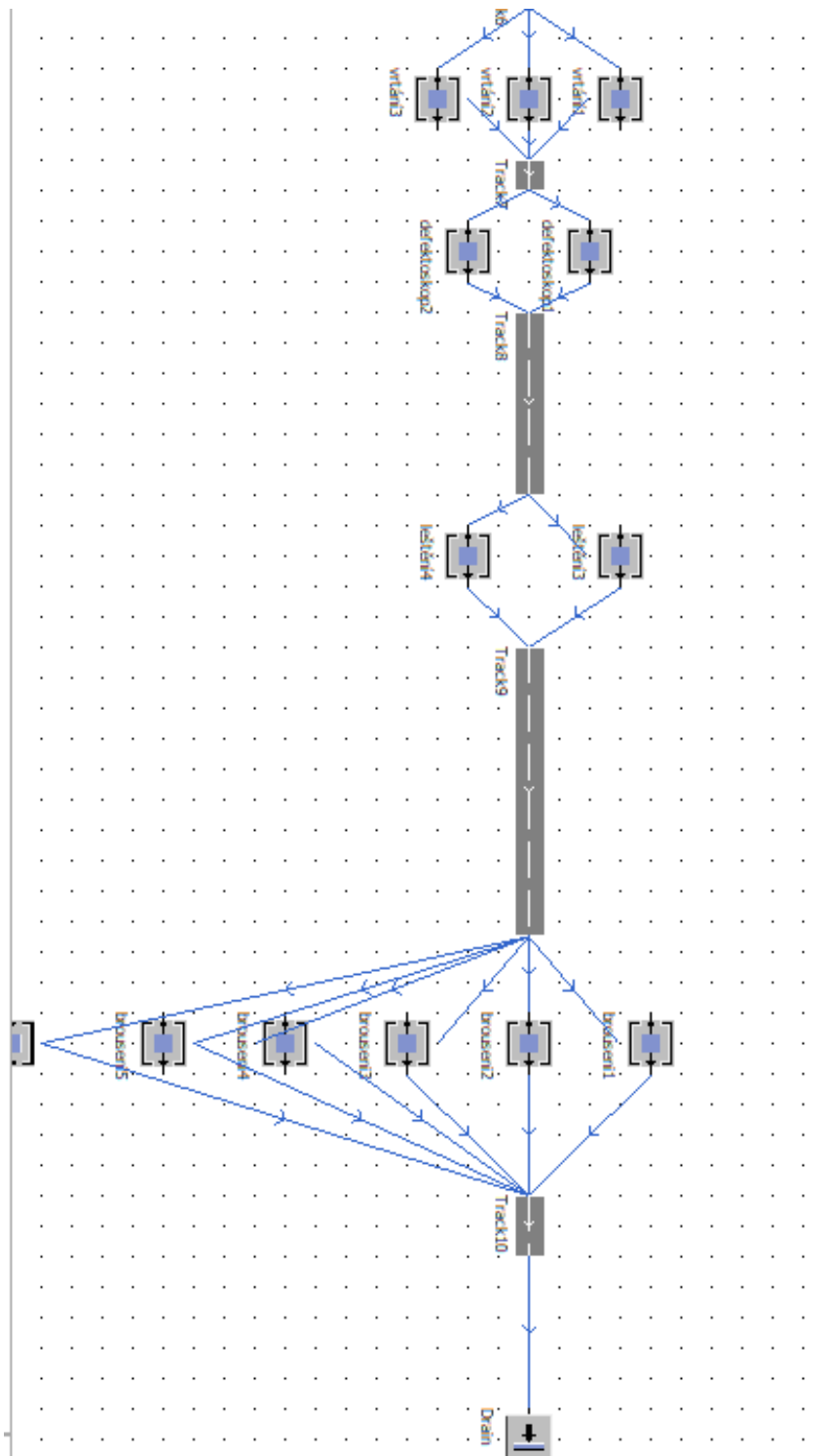


Model výroby polotovarů ve 3D projekci



Model výroby hlavní





Porovnání vzdáleností mezi stroji – starý layout vs. nový layout

1500-0710491 HLAVEN POLOTOVAR 610mm				vzdálenost stará	vzdálenost nová
Dílec	Oper	Ori	Popis		
1500-0710491	0010	5837	REZAT L=465		
1500-0710491	0020	9974	OBRABET NA NC - KONCE	50	25
1500-0710491	0030	5839	VRTAT PR.10,15	10	10
1500-0710491	0040	9975	OBRABET NA NC - POVRCH	25	25
1500-0710491	0050	5840	ZAHLOUBIT	35	5
1500-0710491	0060	5846	HONOVAT	65	75
1500-0710491	0110	5847	KOVAT	50	50
1500-0710491	0120	5848	SOUSTRUZIT HLAVU PRO NC	40	40
1500-0710491	0130	5849	KONZERVOVAT	65	65
celkem				340	295

1500-0710491 HLAVEN POLOTOVAR 610mm				vzdálenost stará	vzdálenost nová
Dílec	Oper	Ori	Popis		
0550-0010-01	0170	0525	OBRABET NA NC	65	65
0550-0010-01	0210	0553	SOUSTRUZIT NA CISTO PO NC PR.14,6	10	10
0550-0010-01	0230	0551	TRIDIT NA VZHLED VÝVRTU	55	50
0550-0010-01	0250	0554	ODMASTIT #4	55	80
0550-0010-01	0280	0557	ROVNAT	40	30
0550-0010-01	0300	0559	BROUSIT PR.14,28	50	10
0550-0010-01	0320	0561	KONZERVOVAT	45	5
0550-0010-01	0330	0590	OBRABET NA NC	75	15
0550-0010-01	0350	0591	RUCNE UPRAVIT	130	15
0550-0010-01	0380	0594	VYSTRUZIT KOMORU 9x19	10	10
0550-0010-01	0410	0597	OPLACHNOUT	10	5
0550-0010-01	0420	0598	LESTIT SKLUZAVKU + DEFLEKTOR	10	10
0550-0010-01	0430	0599	LESTIT NABOJOVOU KOMORU 9x19	10	5
0550-0010-01	0450	0601	OPLACHNOUT	0	0
0550-0010-01	0460	0602	KONTROLA DEFEKOSKOP	60	50
0550-0010-01	0560	0611	ROVNAT	30	30
0550-0010-01	0580	0639	LESTIT,KARTACOVAT	75	20
0550-0010-01	0600	0640	LESTIT SKLUZAVKU + DEFLEKTOR	95	25
0550-0010-01	0610	0641	LESTIT NABOJOVOU KOMORU 9x19	10	0
0550-0010-01	0640	0634	KARTACOVAT	55	20
0550-0010-01	0650	0635	BROUSIT	20	15
0550-0010-01	0660	2473	KONTROLOVAT	0	0
0550-0010-01	0680	0638	KONZERVOVAT	65	10
celkem				975	480

Autorka (vypracovala)	Bc. Kateřina Boráňová, BA.
Název DP	Rozvrhování výroby pomocí simulačního modelu
Studijní obor	Logistika
Rok obhajoby DP	2019
Počet stran	65
Počet příloh	4
Vedoucí DP	prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.
Anotace	<p>Cílem diplomové práce je demonstrovat využití simulačního modelu při tvorbě plánu výroby a zhodnocení výsledků simulací. Simulační model je vytvořen v programu Tecnomatix Plant Simulation od firmy Siemens.</p> <p>V teoretické části je pomocí literární rešerše charakterizována základní problematika plánování a rozvrhování výroby, dále její efektivnost a využití simulací.</p> <p>V praktické části je analyzován současný stav plánování a rozvrhování ve vybraném výrobním podniku. Jsou zde formulovány návrhy v rámci zefektivnění výroby za pomocí simulačních modelů.</p>
Klíčová slova	výroba, plánování, rozvrhování, efektivnost, simulace, simulační model, pistolové hlavě
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	