

Optimalizace procesu plánování výroby ve vybrané společnosti

Bc. Rostislav Zrník

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

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

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Rostislav Zrník
Osobní číslo:	M230059
Studijní program:	N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Optimalizace procesu plánování výroby ve vybrané společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte teoretické poznatky na téma optimalizace plánování výroby.

II. Praktická část

- Analyzujte proces plánování výroby ve vybrané společnosti.
- Zhodnotte získaná data a informace pomocí vhodných ukazatelů.
- Zhodnotte proces plánování výroby a získaná data.
- Navrhněte nejvhodnější strategii pro plánování výroby ve vybrané společnosti.

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

ALTMAN, Harry. *Lean: Lean Six Sigma, Lean startup, Lean enterprise, Lean analytics, Agile project management, Kanban, Scrum*. North Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. ISBN 9781978348684.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
MACUROVÁ, Pavla; KLABUSAYOVÁ, Naděžda a TVRDOŇ, Leo. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 9788024841588.
TARANTINO, Anthony. *Smart manufacturing*. New Jersey: Wiley, 2022. ISBN 9781119846642.
ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Felicita Chromjaková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací procesu plánování výroby ve vybrané společnosti s cílem zvýšení vytížení výrobní linky alespoň o 5 %. Dosažení tohoto cíle napomáhají dílčí cíle, kterými jsou analýza současného stavu procesu, stanovení optimální výrobní dávky a nejefektivnějšího způsobu přiřazování výrobních zakázek na jednotlivé stroje ve výrobní lince. Pro naplnění těchto cílů byla provedena analýza dat získaných z firemního ERP systému a na jejich základě bylo možné vyčíslit potřebné náklady pro skladování, seřizování a přípravu nástrojů. Výsledkem této práce je návrh standardizace procesu plánování výroby. Tato standardizace byla ověřena simulací výrobního procesu v simulačním softwaru a díky ní bylo zjištěno, že se zde pro firmu otevírá potenciál pro zvýšení celkového vytížení výrobní linky až o 8 %.

Klíčová slova: logistika, vstřikolísování, plánování výroby, velikost dávky, rozvrhování výroby

ABSTRACT

This thesis focuses on optimizing the production planning process in a selected company with the goal of increasing the utilization of the production line by at least 5%. This objective is supported by partial goals, including an analysis of the current state of the process, determination of the optimal production batch size, and the most efficient method of production scheduling to individual machines within the production line. To achieve these goals, an analysis of data obtained from the company's ERP system was conducted. Based on this data, it was possible to quantify the necessary costs for storage, setup, and tool preparation. The outcome of this thesis is a proposal for standardizing the production planning process. This standardization was validated through a simulation of the production process using simulation software, which revealed that the company has the potential to increase overall production line utilization by up to 8%.

Keywords: logistics, injection molding, production planning, lot sizing, production scheduling

Hlavní poděkování patří paní prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD. za příkladné vedení této diplomové práce a také společnosti, ve které byla tato práce zpracována za poskytnutí potřebných dat, informací a názorů.

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	14
I TEORETICKÁ ČÁST.....	16
1 VÝROBA VSTŘIKOLISOVÁNÍM.....	17
1.1 VÝROBA.....	17
1.1.1 Různé definice výroby	18
1.1.2 Klasifikace výroby	19
1.1.3 Současné trendy ve výrobě.....	19
1.2 POPIS VYBRANÉHO PROCESU – TECHNOLOGIE VSTŘIKOLISOVÁNÍ.....	20
1.2.1 Volba materiálu výstřiku.....	21
1.2.2 Návrh produktu	22
1.2.3 Konstrukce forem.....	22
1.2.4 Seřízení procesu vstřikování	23
1.2.5 Vady vznikající při procesu vstřikování	25
2 LOGISTIKA.....	26
2.1 PŘEDMĚT A CÍL LOGISTIKY	26
2.2 NÁKUPNÍ, ZÁSOBOVACÍ A VÝROBNÍ LOGISTIKA.....	26
2.3 PRINCIP TAHU A TLAKU	27
2.4 SKLADOVÁNÍ.....	28
2.4.1 Teorie skladování	29
2.4.2 Moderní přístupy ke skladování a řízení toku materiálu.....	30
3 SYSTÉMY ŘÍZENÍ A PLÁNOVÁNÍ VÝROBY.....	33
3.1 ZÁKLADY SYSTÉMŮ A JEJICH ŘÍZENÍ.....	33
3.1.1 Informační systém.....	33
3.1.2 ERP systémy	34
3.2 TEORETICKÉ ZÁKLADY PROCESU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	36
3.2.1 Úvod do plánování a řízení výroby	37
3.2.2 Velikost výrobní dávky	40
3.2.3 Systémy plánování výroby.....	41
4 POUŽITÉ NÁSTROJE OPTIMALIZACE PROCESŮ.....	46
4.1 WORKSHOPY PRO OPTIMALIZACI PROCESŮ	46
4.1.1 Kaizen	47
4.1.2 PDCA cyklus.....	47
4.2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH PRVKŮ FILOZOFIE LEAN.....	48
4.3 NÁSTROJE PRO OPTIMALIZACI POHYBU A VÝROBNÍHO TOKU	48
4.3.1 Spaghetti diagram.....	49
4.3.2 Simulace výrobních procesů	49

5	PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	51
5.1	DEFINICE PROJEKTU, PROJEKTOVÉHO ŘÍZENÍ A ROLE PROJEKTOVÉHO MANAŽERA	51
5.2	PROJEKTOVÝ PLÁN	53
5.3	PROJEKTOVÉ NÁKLADY	54
II	PRAKTICKÁ ČÁST	55
6	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	56
7	CHARAKTERISTIKA PROCESU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	59
7.1	ZÁKLADNÍ PRINCIPY PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	59
7.2	PROJEKTOVÝ PLÁN	60
8	CESTA VÝROBNÍ ZAKÁZKY	61
9	SBĚR DAT PRO OPTIMALIZACI PROCESU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	67
9.1	VÝPOČET ČASU A NÁKLADŮ VÝMĚNY FORMY	67
9.2	VÝPOČET ČASU PRO PŘÍPRAVU FORMY	70
9.3	LAYOUT VÝROBNÍ HALY	72
9.4	VÝPOČET NÁKLADŮ PRO SKLADOVÁNÍ	72
10	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROCESU A STANOVENÍ OPTIMÁLNÍ VELIKOSTI VÝROBNÍ DÁVKY	74
10.1	AKTUÁLNÍ STAV ZAKÁZEK A JEJICH SPECIFIKACE	74
10.2	VÝPOČET OPTIMÁLNÍ VÝROBNÍ DÁVKY PODLE EOQ	78
10.3	VÝPOČET POMĚRU ČASU SEŘÍZENÍ K CELKOVÉ DOBĚ VÝROBY	79
10.4	POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA PŘÍPRAVU VÝROBY PŘI RŮZNÝCH STRATEGIÍCH	81
10.5	OBJEM SKLADOVÝCH ZÁSOB	83
10.5.1	Způsoby hlídání hladiny skladových zásob	83
10.5.2	Výpočet skladovacích nákladů	84
10.6	STANOVENÍ OPTIMÁLNÍHO POKRYTÍ OBJEDNÁVEK VÝROBNÍ DÁVKOU	86
11	OPTIMALIZACE STRATEGIE PLÁNOVÁNÍ VÝROBNÍCH ZAKÁZEK	90
11.1	AKTUÁLNÍ STRATEGIE	97
11.2	STRATEGIE S PŘESUNUTÍM NEEFEKTIVNÍCH ZAKÁZEK NA STROJE NEJBĚŽE SEŘIZOVAČŮM A NÁSTROJÁRNĚ	101
11.3	STRATEGIE STŘÍDÁNÍ EFEKTIVNÍCH A NEEFEKTIVNÍCH ZAKÁZEK	104
11.4	VYHODNOCENÍ PLÁNOVACÍCH STRATEGIÍ	107
12	NÁVRH A ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE	109
12.1	NÁVRH STANDARDIZACE PROCESU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	109
12.2	ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉ OPTIMALIZACE	110
	ZÁVĚR	114

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	115
SEZNAM OBRÁZKŮ	118
SEZNAM TABULEK.....	120

ÚVOD

V dnešní době jsou podniky v oblasti automobilového průmyslu nuceny být efektivní a pokud možno co nejvíce štíhlé. Tlak na objem skladových zásob většinou nedovolí útvaru logistiky vyrábět velké výrobní dávky a kvůli tomu mohou často vznikat spory mezi jednotlivými útvary. Tyto spory jsou způsobené tím, že každý útvar usiluje o to, aby dosahoval co nejlepších výsledků. Fakt je ale ten, že cíle jednotlivých oddělení v oblasti velikosti výrobních dávek jdou navzájem proti sobě a je nutné hledat kompromisy. Právě stanovení optimální velikosti výrobní dávky je jedním z cílů této diplomové práce. Dalším cílem je pak najít nejefektivnější možné uspořádání těchto optimálních zakázek, aby docházelo k co nejlepšímu využití zdrojů.

Tato diplomová práce je rozdělena do dvou částí. První část je věnována teoretickým podkladům k vypracování části druhé, tedy praktické. Teoretická část se věnuje nejprve popisu toho, co obecně znamená pojem výroba a stejná kapitola pak směřuje přímo do výrobní technologie, která byla předmětem praktické části – technologie vstřikolisování. Další kapitoly teoretické části jsou pak věnovány logistice, procesu plánování výroby a metodám pro optimalizaci procesů. Teoretická část končí kapitolou týkající se řízení projektů. v praktické části se dočtete o způsobech řešení vybrané problematiky, ale i o detailech firmy, ve které byla práce zpracována. Zprvu je nahlíženo na diplomovou práci jakožto na projekt včetně svých nákladů. Následně se přes zisk, analýzu a vyhodnocení dat přesunu na návrh optimalizace s vyčíslením úspor plynoucích z jejího zavedení.

Jelikož firma, ve které byla tato diplomová práce zpracována, je moderní firmou s vysoce automatizovanými a digitalizovanými procesy, bylo cílem této práce najít způsob, jak dokonale využívat dostupné zdroje bez potřeby výrazné dodatečné investice. Hlavním záměrem bylo monitorování způsobu, jakým dochází k plánování výrobních zakázek a jejich přiřazování jednotlivým strojům. Díky metodám a poznatkům průmyslového inženýrství se podařilo najít potenciál pro finanční úsporu a využití navržené optimalizace.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Ve vysoce konkurenčním prostředí automobilového průmyslu firmy bojují o každého zákazníka a jednou z hlavních možností, jak jej získat na svoji stranu, je být levnější než konkurence. Právě z tohoto důvodu je obrovský tlak na co nejefektivnější využití zdrojů. Tato diplomová práce se právě touto problematikou zabývá, přesněji se snaží o nalezení potenciálu pro systémovou změnu, díky které dojde ke zvýšení produktivního času výrobní linky. Hlavní cíl této diplomové práce, lze formulovat následovně:

Navrhnout způsob, jak zvýšit celkové vytížení výrobní linky alespoň o 5 %.

Pro dosažení výše uvedené hlavního cíle byly stanoveny následující cíle dílčí.

1. Analyzovat aktuální stav procesu plánování výroby.

Na začátku každé optimalizace je nutné zjistit, jak si daný proces aktuálně stojí a na základě těchto informací je pak možné odhalit slabá místa a určit směr, kterým se v optimalizaci vydat. V tomto konkrétním případě se z důvodu předpokladu vyladěného procesu výroby optimalizace zaměří na proces plánování výroby, aby každá jedna výrobní zakázka byla co nejvíce efektivní.

2. Stanovit optimální velikost dávky pro jednotlivé skupiny výrobků podle obrátkovosti.

První možností, jak zajistit, aby byl proces plánování výroby efektivní, je standardizace efektivní výrobní dávky, která bude pro každý výrobek odpovídat minimálním možným celkovým výrobním nákladům.

3. Stanovit efektivní způsob plánování výrobních zakázek na stroje v dané výrobní lince.

Druhou možností, jak zajistit zefektivnění výrobního plánování, je najít takový způsob rozmístění výrobních zakázek na stroje ve výrobní lince, kdy bude zajištěno minimálním prostojům. To zajistí tento poslední dílčí cíl.

Pro veškeré kroky k dosažení těchto cílů byly podkladem analýzy dat z ERP systému, analýzy nákladů ovlivněných výrobní zakázkou a softwarové simulace procesů. Veškerá data použitá v této diplomové práci byla získána z firemního ERP systému SAP a informace o procesech pomocí rozhovorů s pracovníky firmy. Ze získaných dat byly vytvořeny analýzy nákladů pro skladování výrobků, údržbu forem nástrojárnou a seřizování vstřikolisů seřizovači. Byla také vytvořena analýza současného stavu jak procesu plánování výroby, tak

výrobního procesu, jehož náklady byly vyčísleny. Na základě uvedených analýz bylo možné stanovit optimální výrobní dávku a použití simulačního softwaru pak umožnilo stanovení systému plánování výrobních zakázek tak, aby došlo k minimalizaci prostojů. Díky těmto skutečnostem došlo k vytvoření standardu pro plánování výroby v dané výrobní lince a vyčísleny potenciální úspory z jejich zavedení. Omezením, které plyne ze zavedení standardizace procesu plánování výroby je nemožnost přesného vyčíslení úspory z důvodu neočekávatelných situací v reálné výrobě, které ovlivní skutečnou velikost úspory. Jedná se například o poruchy strojů, turbulentní prostředí automobilového průmyslu ovlivňující objemy objednávek nebo vzniklé kvalitativní problémy ve výrobě. Na závěr je nutné podotknout, že z důvodu zachování ochrany dat, byla veškeré použítá data vynásobena stejným koeficientem.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA VSTŘIKOLISOVÁNÍM

Úvodní kapitola teoretické části této diplomové práce je věnována objasnění pojmu výroba na té nejzákladnější úrovni, aby došlo nejprve k pochopení úplných základů a následně ve druhé části této kapitoly dojde k přiblížení konkrétní výrobní technologie na kterou bude navázána praktická část této diplomové práce. Dojde tak k lepšímu porozumění tématu.

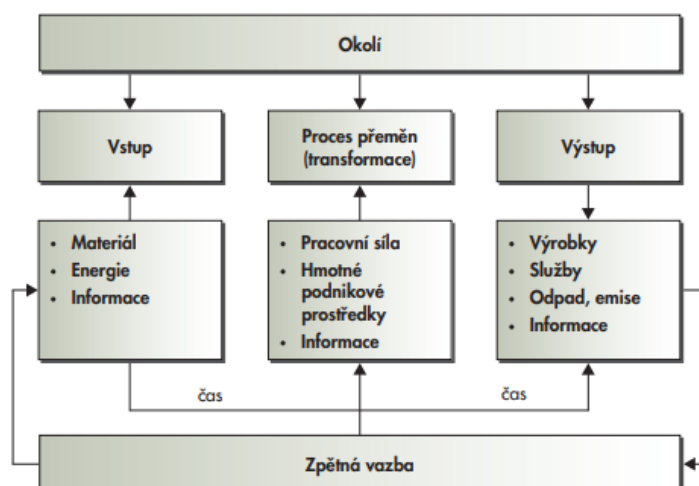
1.1 Výroba

Pojem výroba se vyskytuje ve společnosti již od pradávna, kdy docházelo k výrobě primitivních výrobků, které měly za úkol usnadňovat každodenní život. V dnešní společnosti je výroba nenahraditelný pojem a je vnímána jako motor všech ekonomik. Na jedné straně jsou firmy, jejichž výrobní procesy vytvářejí produkty a následně je prodávají spotřebitelům na trhu za jejich získanou mzdu. Tyto produkty slouží spotřebitelům k uspokojení jejich potřeb. Na druhé straně spotřebitelé získávají mzdu prostřednictvím nabídky své práce pro firmy. Jedná se tak o jakýsi koloběh mezi oběma subjekty trhu (Svobodová, 2008).

Podle Svobodové (2008), vstupují do výrobního procesu čtyři faktory:

- vstupující prvky;
- podnikové hmotné prostředky;
- lidská práce;
- informace.

Prvním výrobním faktorem jsou takzvané vstupující prvky. Je jimi myšlen surový materiál nebo jiné vstupující suroviny. Do této skupiny pak spadají i polotovary pro výrobu, náhradní díly či energie. Další skupinou výrobních faktorů, jsou podnikové hmotné prostředky. Do těchto prostředků spadá hmotný majetek, který je dlouhodobějšího rázu než materiál pro výrobu, který podnikem protéká. Jedná se o budovy, stroje nebo nástroje. Ovšem ani pokud má podnik k dispozici materiál, prostory a stroje k jeho zpracování, tak k výrobě produktu chybí další faktor a tím je lidská práce. Kvalita lidské práce přímo ovlivňuje kvalitu ostatních faktorů. Poslední skupinou výrobních faktorů jsou informace. Informacemi jsou myšleny všechny návody, postupy a údaje o procesech či know-how firem. Tyto výrobní faktory používají firmy v různých poměrech. Závisí to zejména na typologii výroby. Schéma výrobních faktorů a jak se navzájem ovlivňují je možné vidět na následujícím obrázku č. 1 (Svobodová, 2008).



Obrázek 1 – Schéma výrobního procesu

(Zdroj: Svobodová, 2018, 10 s.)

1.1.1 Různé definice výroby

V této podkapitole jsou popsány definice výroby podle významných představitelů managementu a průmyslu.

Jak uvádí Ford (1926), výroba je proces produkce, který lze optimalizovat pomocí standardizace, pásové výroby a minimalizace prostojů. Ford zdůrazňoval efektivitu, snížení nákladů a maximální využití času a pohybu pracovníků.

Podle Fayola (1916), je výroba součástí širšího manažerského procesu, který zahrnuje plánování, organizování, přikazování, koordinaci a kontrolu. Podle Fayola je efektivní výroba výsledkem dobře organizovaného managementu a jasné struktury podnikových procesů.

Weber (1922) popisoval výrobu jako řízený proces v rámci byrokratického systému, kde jasně definované hierarchie, pravidla a specializace pracovníků vedou k efektivnímu fungování organizace. Weber se zaměřoval na racionalizaci a systematizaci výroby prostřednictvím přesně stanovených pravidel a postupů.

Ohno (1988) zase chápal výrobu jako dynamický proces neustálého zlepšování a eliminace plýtvání, který je základem štíhlé výroby. Ohno vyvinul systém Toyota Production System, kde důraz kladl na efektivitu, just-in-time výrobu a plynulost procesů.

1.1.2 Klasifikace výroby

Primárně lze výrobu rozdělit podle Svobodové (2008), na základě opakovatelnosti výrobního procesu na:

- **hromadnou výrobu**, která se zaměřuje na produkování velkého množství jednoho druhu výrobku s minimální variabilitou;
- **sériovou výrobu**, která je charakteristická opakováním produkce v určitých dávkách;
- **kusovou výrobu**, která se zaměřuje na produkci jednotlivých nebo malého počtu výrobků, přičemž jejich výroba se opakuje nepravidelně nebo vůbec.

Podle Svobodové (2008), se organizace výroby dělí podle plynulosti na proudovou, skupinovou a fázovou. Proudová výroba je charakteristická plynulým pohybem výrobku mezi specializovanými pracovišti, která jsou uspořádána tak, aby minimalizovala zbytečný pohyb a zastávky. Skupinová výroba funguje podobně, ale pracoviště mají univerzálnější charakter a umožňují větší variabilitu při změnách výrobního programu. Fázová výroba je pak vhodná zejména pro nepravidelně opakovanou či jednorázovou výrobu a její pracoviště jsou organizována technologicky. Výrobní zařízení produkují širokou škálu součástí různých tvarů a funkcí, což zajišťuje flexibilitu, ale vyžaduje větší výrobní plochy.

Druhy uspořádání výroby podle Uspořádání výrobního procesu (© 2019):

- **předmětné**, kde dochází k alokaci výrobních operací na určité místo, aby došlo k vyladění materiálového toku;
- **technologické**, kde se na jednotlivých pracovištích provádí jen vybrané technologické operace.

1.1.3 Současné trendy ve výrobě

Bilík a Kudlác (2024) uvádí, že se stále více se rozšiřující digitalizací a pokrokem ve vývoji technologií se firmy stále více zaměřují na inovace s cílem zvýšit efektivitu výroby. Jedním z hlavních trendů je využití umělé inteligence (AI), která nachází uplatnění zejména v oblastech, jako je kontrola kvality nebo prediktivní údržba. Dalším klíčovým trendem je využití internetu věcí (IoT), který umožňuje propojení různých výrobních zařízení s ostatními systémy, což zajišťuje efektivnější řízení výrobních procesů. Dalším trendem je už pár let automatizace, která nejen zvyšuje produktivitu, ale také snižuje chybovost. Růst

zaznamenává také robotizace, která nachází uplatnění zejména při provádění opakujících se úkolů. Dalším důležitým aspektem digitální transformace je cloud computing, který usnadňuje ukládání, zpracování a sdílení dat celého procesu. Díky cloudovým technologiím mohou firmy efektivně spravovat svá data. S rozšířením použití těchto inovací roste také otázka kybernetické bezpečnosti. Systémy jsou stále více vystavovány hrozbám, a proto je nezbytné neustále zlepšovat bezpečnostní strategie k ochraně dat a zajištění plynulosti provozu. Posledním trendem ve výrobních procesech je udržitelnost a snižování dopadu na prostředí (Bilík a Kudláč, 2024).

1.2 Popis vybraného procesu – technologie vstřikolisování

Po všeobecném představení pojmu výroba je druhá část první kapitoly věnována již konkrétní výrobní technologii, kterou se zabývá vybraná společnost. Jedná se o vstřikolisování polymerů, ze kterých jsou vyráběny produkty pro automobilový průmysl.

Spotřeba plastů ve světě se každým rokem zvyšuje a jsou nedílnou součástí dnešní společnosti. Negativem je jejich vliv na životní prostředí, a to z toho důvodu, že je nelze kompletně recyklovat a až polovina jejich odpadu zůstává uložena na skládkách. Tento makromolekulární materiál vyniká svou zpracovatelností. Lze z něj vyrobit pomocí různých technologií výrobky požadovaných tvarů a vlastností. Každá technologie začíná přípravou vstupního materiálu na nejčastěji granulát, který může být různě aditivován či barven. Následně se připravené směsi zpracovávají pomocí technologií vstřikování, válcování, přetlačování, vyfukování, tvarování nebo třeba odlévání. Jednotlivé součásti vytvořené těmito technologiemi se mohou následně spojovat lepením nebo svařováním a dále opracovávat například leštěním, barvením, nebo obráběním. Výsledný produkt je potom ještě možné upravovat povrchovými úpravami jako je potisknutí nebo povlakování. Pro tuto diplomovou práci je nejdůležitější technologie vstřikování. Historie této technologie sahá až do roku 1870. Hlavní rozvoj pak přišel okolo 50. let minulého století. Počátek automatizovaných linek, jak jsou známe dnes, se datuje okolo osmdesátých let. S příchodem průmyslu 4.0 již probíhá ve většině firem tento proces automaticky a je možné jej řídit v aktuálním čase díky propojení s různými systémy (Zeman, 2018).

1.2.1 Volba materiálu výstřiku

Podle Zemana (2018), výstřik neboli finální produkt vstřikovacího procesu, musí mít pečlivě zvolen materiál, protože právě volba materiálu ovlivňuje jeho chemické a mechanické vlastnosti, kvalitu a funkčnost. Na počátku návrhu produktu je nutné, aby bylo jasné to, jaké parametry má splňovat, jaké má mít vlastnosti nebo jakou má mít životnost. Je proto důležité vědět, v jakém prostředí se bude dále vyskytovat. Na počátku návrhu produktu je nutné zvážit následující požadavky:

- finance;
- rozměry;
- mechanické vlastnosti;
- chemické vlastnosti;
- prostředí, ve kterém se bude vyskytovat;
- elektrické vlastnosti;
- procesní (druh technologie);
- jaké jsou následné operace (Zeman, 2018).

Díly z plastů podléhají stárnutí, je proto nutné při volbě materiálu myslet i na životnost produktů. U plastových dílů probíhá koroze, je však jiná než u kovů. U plastů se jedná o změnu vlastností materiálu jako zkřehnutí a blednutí. U polymerů ovlivňuje dobu životnosti zejména vliv fyzikálních vlivů (mechanické namáhání, záření slunce, radiace apod.) a také působení vlivu chemických (kyseliny, zásady, plísně) (Zeman, 2018).

Aby bylo možné polymery používat jako materiál pro proces vstřikování, je zapotřebí tento vstupní materiál aditivovat. K tomu, aby měl výstřik dobrou životnost, je nutné do směsi přimíchat takzvané stabilizátory, které zvyšují odolnost vůči stárnutí a UV záření. Mezi další přísady patří změkčovadla, která slouží ke zvýšení pružnosti. Do směsi vstupního materiálu se dále přidávají různé látky, které mají za cíl zlepšit stabilitu procesu vstřikování jako například od-formování výstřiku nebo tvorbu spálenin. Součástí vstupních materiálů jsou pak různá plniva, která upravují mechanické vlastnosti. Tyto již téměř hotové směsi se pak často mísí s různými barvivy, kvůli vzhledu produktu (Zeman, 2009).

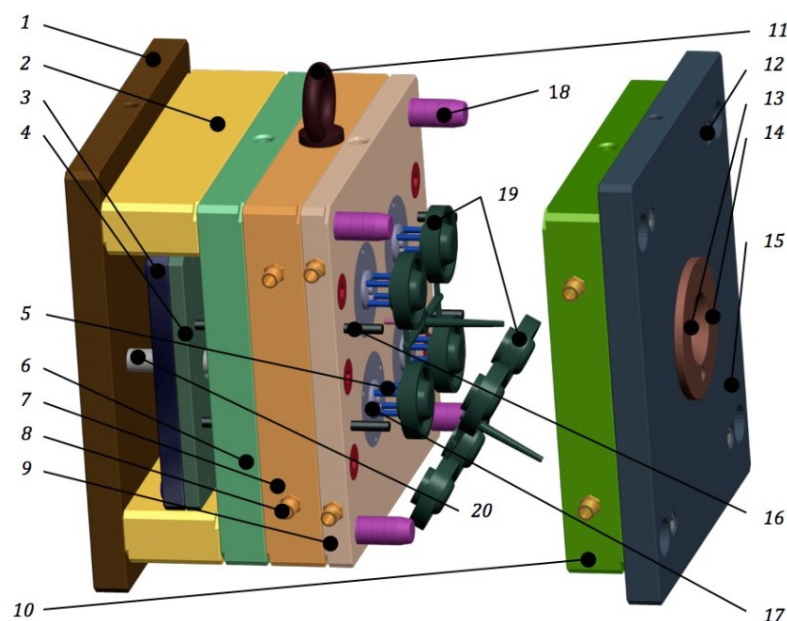
1.2.2 Návrh produktu

Na počátku návrhu konstrukce nového produktu je nutné vzít v potaz všechny důležité aspekty. Zvážení těchto aspektů může výrazně zkrátit dobu tvorby konstrukčního návrhu a následně i usnadnění samotné výroby. Při převzetí zadání od zákazníka je důležité zjistit, zda již podobný produkt nebyl vyráběn a díky zkušenostem s výrobou podobného produktu je pak možné usnadnit některé kroky. Na začátku je dobré mít kvalitní informace o tom, jaký bude odbyt a jaká bude doba výroby. Co se týče již samotného designu výrobku, je nutné, aby nebyly stanoveny příliš velké nároky na přesnost, protože to pak zvyšuje samotné náklady na výrobu formy i následné provozní náklady. Je potřeba také reflektovat, k čemu se bude produkt používat a jaké jsou následující operace (Zeman, 2018).

1.2.3 Konstrukce forem

V momentě, kdy již známe to, jak bude vypadat výsledný produkt, přichází na řadu tvorba konstrukce formy pro vstřikovací proces. Při jejím návrhu je nutné zvážit odbyt produktů kvůli násobnosti a životnosti formy a také celkovou rentabilitu projektu. Velmi důležité je také při návrhu myslet na to, jakým způsobem bude hotový produkt opouštět formu (vypadávání pod formu, odebírání robotem nebo operátorem). Celkově je pak nutností posoudit návrh formy z procesního hlediska. Tím jsou myšleny různé kontrolní senzory, chlazení, manuály, přípravky a jiné k formě dodané příslušenství. Po zhodnocení těchto základních charakteristik přichází na řadu konstrukční návrh formy. Zde konstruktéři vybírají ten nejlepší způsob zaformování produktů do formy a místo vtoku. Je nutné dobře zvolit dělicí rovinu, protože to může do budoucna usnadnit údržbu formy a stabilitu procesu vstřikování. Samotná forma je pak vyráběna pomocí různých obráběcích metod. Důležité je také výběr kvalitního materiálu samotné formy, vlastnosti povrchu formy je pak možné zlepšit povlakováním. Kvalita materiálu, z kterého je forma vyrobena výrazně ovlivňuje životnost formy (Zeman, 2018).

Schéma formy pro vstřikování je možné vidět na obrázku č. 2 níže. Jsou zde označeny jednotlivé části formy a v legendě pod obrázkem se nachází jejich název. Obrázek slouží pro lepší představu o tom, jak forma vypadá a kde se nachází části popisované v této kapitole.



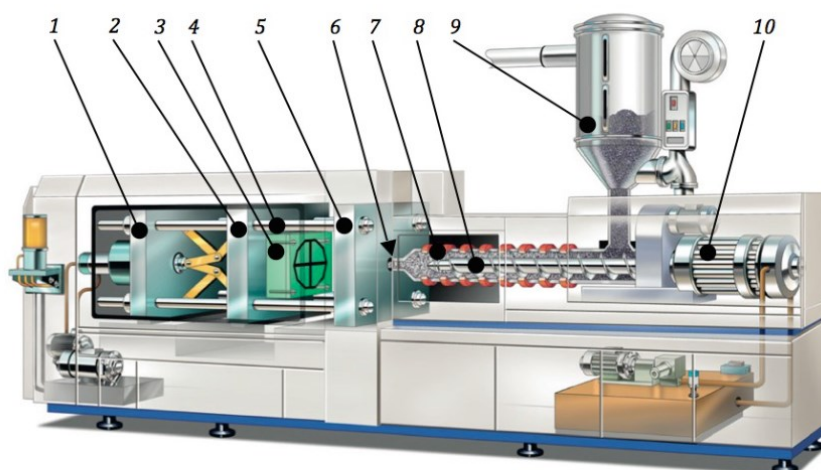
1 – upínací deska pohyblivé části vstřikovací formy, 2 – rozpěra, 3 – hlavní vyhazovací deska, 4 – přidržovací vyhazovací deska, 5 – vyhazovač, 6 – podpěrná deska, 7 – „B“ deska, 8 – přípojka chlazení, 9 – „C“ deska, 10 – „A“ deska, 11 – manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pevné části vstřikovací formy, 15 – upínací deska pevné části vstřikovací formy, 16 – vracecí kolíky, 17 – pevné jádro, 18 – vodící sloupky, 19 – vstřikovaný díl, 20 – podpěrné válce

Obrázek 2 – Schéma formy

(Zdroj: Bobek, 2015)

1.2.4 Seřízení procesu vstřikování

Pro lepší pochopení názvosloví a celkové problematiky procesu je možné na obrázku č. 3 níže sledovat schéma s popisem jednotlivých částí a komponentů vstřikolisu.



1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska vstřikolisu, 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky vstřikolisu, 5 – pevná upínací deska vstřikolisu, 6 – čelo špičky vstřikovací trysky vstřikolisu, 7 – tavicí komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový polotovár, 10 – pohonná jednotka šneku

Obrázek 3 – Schéma vstřikolisu

(Zdroj: Bobek, 2015)

Jak uvádí Zeman (2009), pro správné seřízení procesu vstřikování je nutné splnit správné podmínky u:

- stroje;
- formy;
- materiálu;
- periferních zařízení.

Pro správný výběr stroje je důležité zvážit parametry jako uzavírací síla, velikost šneku a velikost plastifikační jednotky. Při výběru formy musí být pečlivě vybrán stroj se správnými parametry. Prvním parametrem je velikost formy, dále styl upnutí ke stroji a velikost centrálního kroužku jak formy, tak i stroje. Tyto kroužky slouží k vystředění formy na stroji do správné polohy. Předposlední podmínkou vhodnosti formy pro vstřikování je, že musí být možné propojit vyhazovací a chladicí či mazací systém formy se strojem. Dále musí sedět velikost trysky plastifikační jednotky stroje do vtokové vložky formy. Posledním nezbytným faktorem pro stabilitu procesu je výběr vhodného materiálu, zde se jedná o různé granuláty. Mezi periferní zařízení se řadí například přístroje pro sušení vstupního materiálu, dávkovače, separátory, dopravníky nebo kamery (Zeman, 2009).

Podle Zemana (2009), má proces vstřikování polymerů celkem tyto 4 fáze:

- plastifikační fáze;
- vstřikovací fáze;
- dotlaková fáze;
- ochlazovací fáze.

Na začátku procesu vstřikování je takzvaná fáze plastifikace. V této fázi je nutné, aby došlo k homogenizaci taveniny a dosažení její optimální teploty před čelem šneku. Správnost nastavení parametrů má vliv na kvalitu produktu. Kvůli nesprávnému nastavení parametrů v této fázi může docházet ke studeným spojmům či rýhám na povrchu. Po plastifikační fázi přichází na řadu fáze vstřikovací. V této fázi dojde k naplnění dutiny formy taveninou. Je velmi důležité nastavit správnou rychlost plnění, protože mohou vznikat různé viditelné defekty na povrchu výrobku. Vstřikovací a dotlakovou fázi odděluje tzv. bod přepnutí. Nastavení tohoto bodu je kritické proto, že pokud by k němu došlo příliš brzo, vznikly by propadliny a studené spoje. V případě pozdního bodu přepnutí pak dochází ke vzniku

přetoků. Jak již bylo naznačeno, po bodu přepnutí následuje dotlaková fáze. Tato fáze slouží k dokonalému vykopírování dutiny formy a odstranění smršťení. Správné nastavení dotlaku ovlivňuje i náklady procesu z důvodu vyšší spotřeby materiálu a nadbytečné činnosti stroje. Nedostatečný dotlak však na druhou stranu způsobuje kvalitativní problémy. Poslední fáze se nazývá ochlazovací. V této části procesu již neputuje tavenina do dutiny formy a dochází k ochlazování výstřiku a krystalizaci materiálu. Čas ochlazování musí být tak dlouhý, aby z formy vždy vypadl tuhý, nedeformovatelný produkt (Zeman, 2009).

1.2.5 Vady vznikající při procesu vstřikování

Podle Zemana (2018), vstřikovací proces vykazuje i přes snahu všech profesionálů podílejících se na návrhu produktu, forem i procesu různé kvalitativní problémy, kterým se ani v dokonalém procesu nelze vyhnout. Kvalitní fázi návrhu lze však tyto problémy minimalizovat. Prvním důvodem, proč vady vznikají je to, že je tento proces neustále opakován. Zajistit tak stejné podmínky pro každý cyklus je téměř nemožné. Je tomu tak proto, že na začátku vstřikování nejsou stejné podmínky jako na konci výrobní dávky z důvodu zanášení formy. Druhým důvodem je, že každá výrobní dávka může být seřizována jiným pracovníkem a nastavení procesu se tak může lehce lišit. Další důvodem vzniku vad, je nesprávné zvolení nějakého parametru z předchozích kapitol. Vady mohou vzniknout i po samotném procesu z důvodu nesprávně zvoleného skladování a manipulace. Vadou je myšlena jakákoliv odchylka od standardizovaného stavu pomocí výkresové dokumentace výrobku.

Vady lze rozdělit na ty, které jsou okem pozorovatelné a ty, které nelze na první pohled vidět. Ty, které jsou viditelné je možné dále rozdělit na vady tvarové (nedoplněné díly, propadliny, deformované díly, přetečené díly nebo špatné rozměry) a povrchové (neprobarvená místa, spáleniny nebo třeba špatný lesk dílů). Ty vady, které nelze pozorovat pouhým okem, přímo ovlivňují vlastnosti hotového produktu. Patří mezi ně studené spoje, bubliny uvnitř dílů nebo vnitřní pnutí z důvodu nevyvážené krystalizace při tuhnutí výstřiku (Zeman, 2009).

2 LOGISTIKA

Druhá kapitola této diplomové práce je zaměřena na odvětví logistiky. Jejím cílem je přiblížit čtenáři její problematiku, aby bylo možné lépe porozumět praktické části této práce. Cílem této kapitoly je tedy objasnit pomocí dostupných zdrojů vybraná témata oboru logistiky.

2.1 Předmět a cíl logistiky

Podle Macurové et al. (2018), se definice předmětu logistiky se týká všech toků, tedy přesunů ve firmě. Druhy těchto toků se v literatuře označují fyzické, finanční a informační. Fyzickými toky je myšleno přesouvání hmotných objektů. Pohyb hmotných objektů vyvolává toky finanční. Jsou to příjmy a výdaje firmy. Fyzický tok je také přímo provázán s tokem informací. V praxi to vypadá tak, že pohyb fyzický je doprovázen pohybem například různých dokumentů a záznamů.

Logistický cíl nelze definovat jako splnění jednoho kritéria. Je komplexním spojením několik částečných cílů, které je nutno naplnit současně. V logistice je nutné se orientovat na zákaznické potřeby a potenciální úspěch se tak dá převést na míru jejich plnění. Tímto se dá úroveň služeb měřit. Dalším důležitým pohledem je objem vynaložených financí na dosažení požadavků zákazníka. Cílem je samozřejmě tyto náklady minimalizovat. Důležitým aspektem je dosahovat výsledků v logistice opakovatelně (Macurová et al., 2018).

Macurová et al. (2018, 3 s.) uvádí, že: *„Lze říci, že logistika usiluje o dodání správných výrobků, na správné místo, ve správném čase, ve správné kvalitě a se správnými dodacími podmínkami, ve správném množství a za správnou cenu.“*

2.2 Nákupní, zásobovací a výrobní logistika

Logistické procesy hrají významnou roli v efektivitě dodavatelského řetězce a konkurenceschopnosti podniku. Dělí se na nákupní, zásobovací a výrobní logistiku. Všechny tři oblasti jsou vzájemně provázané a starají se o plynulý tok materiálů, informací a zboží od dodavatele až po zákazníka. Nákupní logistika se zabývá zajištěním potřebných vstupních materiálů prostřednictvím výběru dodavatelů a plánování dodávek. Zásobovací logistika sleduje správu zásob tak, aby byly dostupné ve správný čas, množství a kvalitě při minimalizaci nákladů. Výrobní logistika se stará o tok materiálů během výroby a organizuje

výrobní operace s cílem dosáhnout co nejvyšší efektivity. Jejich správné řízení zajišťuje plynulost výroby, snižuje náklady a zvyšuje celkovou výkonnost podniku (Dupař, 2018).

Mezi konkrétní činnosti nákupní logistiky se řadí tedy ty skupiny činností, které jsou spojeny s trhem. Jedná se o nekončící průzkum trhu, který musí mít podnik dokonale zmapovaný. Je nutné, aby bylo známo, jaké zboží dodavatelé nabízí a jaké jsou jejich nejen ceny, ale také i kvalita materiálu, který nabízí. K nákupní logistice spadají veškeré administrativní činnosti, které jsou s nákupem spojeny. Zásobovací logistika se zabývá činnostmi souvisejícími s přesuny materiálu napříč společnostmi. Jsou to činnosti jako skladování, manipulace, kontrola a činnosti spojené s příjmem materiálu od dodavatele. Trendem ve světě je tyto činnosti spojovat do jednoho oboru činností, jehož cílem je zabezpečit všechny důležité aspekty zásobování včetně marketingu, toku informací i legislativy (Dupař, 2018).

Podle Dupaře (2018), zahrnuje výrobní logistika procesy k zajištění plynulého toku materiálů a informací uvnitř společnosti s cílem optimalizovat výrobní operace, minimalizovat prostoje a efektivně řídit zásoby. Orientuje se na sjednocení dodávek surového materiálu, polotovarů a dokončených výrobků tak, aby byla výroba co nejefektivnější a zároveň schopna reagovat na změny v požadavcích zákazníků.

2.3 Princip tahu a tlaku

V odvětví zabývající se managementem materiálových toků rozeznáváme dva základní přístupy – tahu a tlaku. Rozeznávají se podle toho, jakým způsobem jsou jednotlivé systémy řízeny. Přesněji se jedná o moment, který spouští procesy v dodavatelském řetězci. Každý z těchto principů má své klady i zápory a nelze na první pohled přesně říci, který z nich je lepší, protože každý z nich je vhodný použít v jiné situaci a častokrát dochází k jejich kombinování za cílem maximální efektivity (Macurová et al., 2018).

Princip tlaku se vyznačuje tím, že poptávka je pouze jakýsi odhad trhu. Tento odhad musí být, pokud možno co nejpřesnější, protože do velké míry ovlivňuje výsledky společnosti a efektivní využití dostupných zdrojů. Při využití tohoto principu se počítá s většími dávkami výroby, které se vyrábí na sklad. Velké výrobní dávky zabezpečují dobré využití strojů. Nevýhodou tohoto principu je velký objem rozpracované výroby mezi jednotlivými pracovišti, který se „tlačí“ do další technologické operace. Dalším záporem je potřeba poměrně velkých skladových ploch pro finální produkty a na nich vázaný velký objem skladových zásob ve finančních jednotkách. U principu tahu se na celou problematiku

nahlíží úplně z opačné perspektivy. Podniky nevyrábí to, co by nebylo objednáno zákazníkem. Vyrábí se v menších dávkách a přesně to, co je potřeba. Je tak velmi důležité u tohoto principu vyladit celkový tok objednávky a zajistit jeho plynulost mezi operacemi. Logicky zde dochází k menšímu využití jednotlivých výrobních zařízení, výhodou je ale pak firmám minimum financí vázaných v hotových produktech na skladě a také minimum vstupního materiálu. Podniky využívající princip tahu musí být schopny pružně reagovat na požadavky zákazníků (Macurová et al., 2018).

Podle Macurové et al. (2018) v praxi často dochází k případům, kdy využití pouze jednoho nebo druhého principu není pro podniky zcela ideální a dochází tak k jejich propojení a nastavení principu, který dokonale vyhovuje potřebám dané společnosti. V souvislosti s touto problematikou je spojován takzvaný bod rozpojení objednávky zákazníka. Znamená to, že do určité operace se pracuje s principem tlaku na základě odhadu poptávky, protože řízení takového toku by bylo příliš nákladné pomocí principu tahu a od tohoto bodu je již systém řízen konečnou objednávkou zákazníka. Dojde tak k ideálnímu využití obou principů přímo na míru dané společnosti.

2.4 Skladování

Podle Macurové et al. (2018) je nedílnou součástí logistiky také skladování. Právě skladování patří mezi ty nejdůležitější problematiky v dodavatelském řetězci, jehož úkolem je plynulý tok materiálů a hotových výrobků. Hlavním cílem je ve skladování správa zásob, minimalizace nákladů a optimalizace dostupnosti zboží ve správný čas, množství a kvalitě. Ideálně vyladěný systém skladování zapřičiňuje vyšší pružnost podniku na požadavky zákazníků a zkracuje dodací lhůty. Tato kapitola se zaměří na různé typy skladů, jejich funkce, moderní technologie a metody řízení skladových procesů.

Jurová (2016) rozeznává dva základní prvky ve skladování. Jedná se o prvky aktivní a pasivní. Aktivní prvky slouží k přesouvání prvků pasivních. Konkrétně se v praxi jedná o jeřáby, vysokozdvížné vozíky nebo nákladní automobily nebo vlaky. Mezi pasivní prvky se řadí ty předměty, se kterými se pohybuje. Například surový materiál, přepravky, odpad nebo obalový materiál.

2.4.1 Teorie skladování

Jak je uvedeno v článku Zásoby v účetnictví: vymezení a členění zásob a základy oceňování – 1. díl (© 2025), je nejprve nutné definovat co je vlastně předmětem skladování. Předmětem skladování jsou zásoby a jejich druhy budou nyní popsány. V účetnictví rozeznáváme tyto druhy zásob:

- a) **Materiál** – například surový materiál, náhradní díly pro stroje, obalový materiál nebo jiné fyzické věci, které se spotřebují do jednoho roku.
- b) **Zboží** – tento druh zásob je nakupován za účelem prodeje.
- c) **Nedokončená výroba** – Produkty, na kterých se již začalo pracovat, ještě ale nebyly dokončeny všechny operace, a tak nejsou prodejné.
- d) **Polotovary vlastní výroby** – produkty sloužící jako vstupy do dalších operací, jsou prodejné.
- e) **Produkty** – dokončené výrobky sloužící k prodeji (Zásoby v účetnictví: vymezení a členění zásob a základy oceňování – 1. díl, © 2025).

Podle Taušla (2018), je nutné k efektivnímu řízení zásob správně definovat cyklus dodávek, ve kterém se řeší, jak často je daný materiál potřeba dovážet. Další hodnota, která se v řízení zásob stanovuje, je objem nakupovaného materiálu a jak dlouho trvá dodání materiálu od přijetí objednávky dodavatelem po dodávku do firmy. Tyto 3 hodnoty je nutné mít správně definované, protože se pak odráží na plynulosti zásobování. Z hlediska povahy jednotlivých zásob pak rozeznáváme ještě tyto druhy:

- a) **Zásoba běžné spotřeby** – objem zásob, který je spotřebován mezi dvěma dodávkami.
- b) **Zásoba pojistná** – jejím úkolem je vyrovnat změny ve spotřebě nebo v dodávkách.
- c) **Zásoba technická** – slouží k vykrytí času potřebného pro další technologické operace (například sušení barvy).
- d) **Zásoba spekulativní** – využívá se v případech, kdy jsou očekávány výkyvy v cenách materiálu.
- e) **Zásoba sezónní** – zabezpečení potřeby u sezónních materiálů po celý rok.
- f) **Zásoba havarijní** – využívá se v případech, kdy by z důvodu nedostatku vstupního materiálu mohlo dojít k haváriím výrobních zařízení (Taušl, 2018).

Stehlík a Kapoun (2008) uvádí jako hlavní funkce problematiky skladování vyrovnávací, zabezpečovací, komplementační, spekulativní a zušlechťovací. Vyrovnávací funkce se stará o vyrovnávání nesouvislostí v čase a množství. V praxi to znamená, že sklad má za úkol vyrovnat nepoměr například při sezónním chování zákazníků nebo jejich náhlých změnách v objednávkách. Zabezpečovací funkce znamená, že sklad má za úkol poskytnout jakýsi bezpečnostní faktor pro případy, kdy dojde k narušení dodávek. V praxi se setkáváme s pojmem bezpečnostní zásoba. V komplementační funkci jde o to, vytvořit takový sortiment, který zákazník žádá. Spekulativní funkcí jsou myšleny případy, kdy se uskladní určitý typ výrobků na danou dobu, protože se očekává růst jeho ceny v budoucnu, kdy se prodá za více peněz. Uskladnění může mít také funkci zušlechťovací. Jedná se o případy, kdy výrobek zvyšuje svoji kvalitu postupem času (např. zrání nebo kvašení).

Podle Macurové et al. (2018), se ve skladech provádějí dva typy činností, které jdou spolu ruku v ruce. Prvním typem činností je fyzické přemísťování zboží z jednoho bodu do druhého. Může se jednat například o přesun surového materiálu do výroby. Druhým typem činností je zaznamenávání fyzického pohybu v dokumentech skladu. Dnes se již tyto pohyby zaznamenávají téměř ve všech firmách pomocí informačního systému. Pro plynulý systém zásobování je vhodné dodavatelům vymezit požadavky na zásoby. Tím je myšleno jejich balení nebo označení. Na začátku otázky ohledně skladování se musí definovat, jak velký sklad je potřeba. Dále jestli se vůbec vlastní skladovací prostory vyplatí nebo je lepší si je pronajmout a také jaká by měla být efektivní lokace skladu. Otázky k řešení skladové politiky se také zajímají o to, jakým stylem je sklad řízen. Ve skladové politice se stejně jako v jiných útvarech podniku vyhodnocují různé ukazatele. Mezi tyto ukazatele patří naplněnost skladu, doba vychystání položky ze skladu, náklady pro skladování nebo třeba i škody způsobené na zásobách.

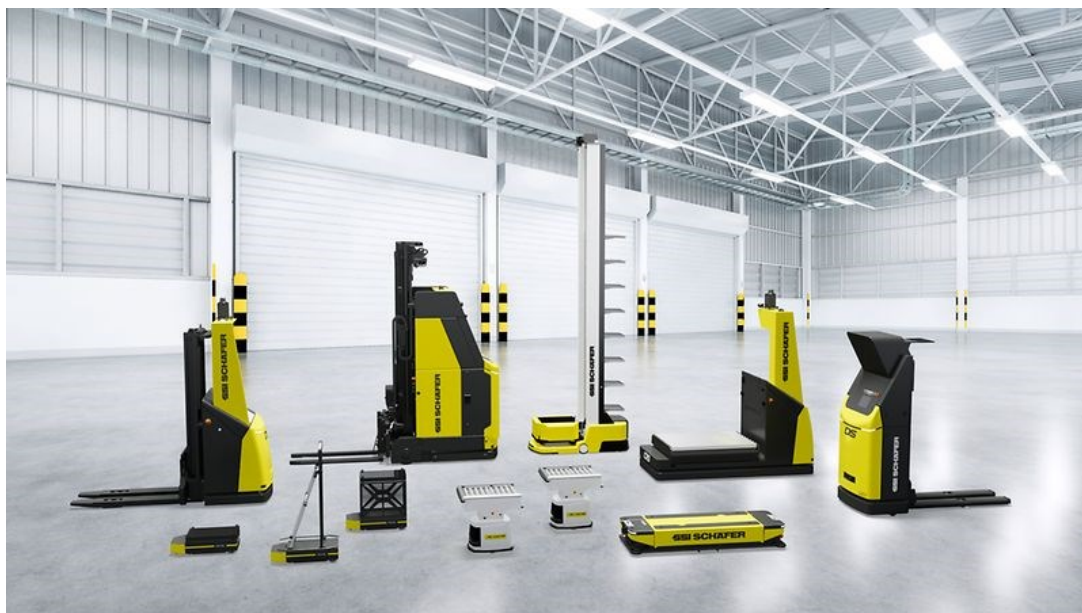
2.4.2 Moderní přístupy ke skladování a řízení toku materiálu

Technologie mění život každého člověka a téměř všechny firmy se nyní snaží o digitalizaci. To platí i pro logistiku. Úspěšné firmy v logistice v budoucnosti budou ty, které dokážou využít nové technologické vlny. Společnosti, které neprovedou digitalizaci svých logistických procesů, riskují zastarání. Vzhledem k širokému spektru konkurenčních technologií je nezbytné definovat jasnou digitální strategii, která bude sladěna s celkovou podnikovou strategií. Existuje pět klíčových technologií, které přinášejí konkurenční výhodu v dodavatelských řetězcích: IoT, blockchain, umělá inteligence, automatizace a 3D tisk. Přesto logistický průmysl zatím zaostává v přijetí těchto inovací. Znalost technologií

samotných není pro vedoucí pracovníky logistických firem klíčová, mnohem důležitější je pochopit, kde a jak je efektivně aplikovat. Tato kapitola bude proto zaměřena na využití logistických technologií. Klíčové oblasti zahrnují analýzu, plánování, monitorování, provádění úkolů, spolupráci, bezpečnost, ochranu a dodržování předpisů (Tarantino, 2022).

Již jsou známe vlastnosti moderního skladu, nyní budou popsány konkrétní příklady ve skladování a řízení materiálového toku. Scullin (2025) popisuje ve svém článku následujících 7 trendů takzvaného chytrého skladu:

1. **Nástroje pro automatizované vychystávání** – Dříve v oblasti vychystávání docházelo často k chybám, nyní mohou sklady těžit z téměř dokonalého a rychlého vychystávání.
2. **Automaticky naváděné vozíky (AGV)** – Neexistuje lepší způsob, jak zrychlit skladovací a vyskladňovací procesy než integrace AGV vozíků. Mezi jejich nejdůležitější funkce patří skladování palet, regálů a jiných kontejnerů, a dokonce i funkce, které řídí a automatizují celý proces příjmu. Ukázku vozíků můžete vidět na dalším obrázku č. 4.



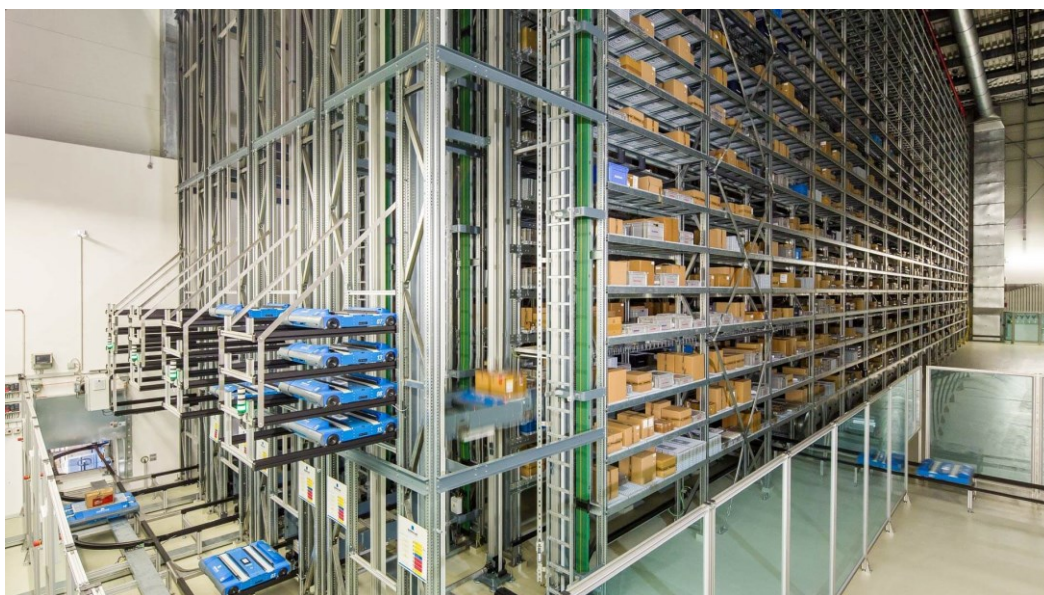
Obrázek 4 – Ukázka AGV vozíků

(Zdroj: AGV – Automaticky řízené vozíky)

- 3) **Automatizované systémy řízení zásob** – Při použití ve spojení s několika dalšími technologickými pilíři, jako jsou štítky s kódy, se zavádějí automatizované platformy pro kontrolu zásob, které zbavují tradiční kontrolu zásob. Většina těchto platform

je vytvořena tak, aby automaticky počítala zásoby a vytvářela přesné výkazy zásob v reálném čase.

- 4) **Automatizované systémy řízení skladu** – Systémy řízení skladu, jsou komplexní softwarové systémy, které shromažďují všechna důležitá data do jedné platformy.
- 5) **Internet věcí (IoT)** – Je spíše zastřešující koncept než jednotlivá technologie, ale je pravidelně zaváděn v nejefektivnějších chytrých skladech na světě. Když se IoT využívá k řízení množství pohyblivých částí, a to jak automatizovaných, tak manuálních, může optimalizovat všechny procesy tak, aby jejich data žila v jedné, snadno dostupné síti.
- 6) **Autonomní roboti** – Stále více skladů zavádí kolaborativní roboty, autonomní prvky, které jsou postaveny tak, aby spolupracovaly se stávajícími spolupracovníky, nikoliv bez nich.
- 7) **Automatizované uskladňovací a vyhledávací systémy** – Tyto systémy způsobují snížení nákladů na pracovní sílu, zvýšení modulární možnosti a samozřejmě vyšší přesnost. Na obrázku č. 5 můžete vidět, jak vypadá takový automatizovaný skladovací systém (Scullin, 2025).



Obrázek 5 – Automatizovaný sklad

(Zdroj: Technology)

3 SYSTÉMY ŘÍZENÍ A PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Plánování výroby je obor, který přímo ovlivňuje různé výkonnostní ukazatele a je předmětem této diplomové práce. Tato třetí kapitola se bude nejprve zabývat definicí systémů obecně a následně se zaměří přímo na plánovací systémy a další nástroje, které pomáhají optimalizovat výrobu, zlepšit kvalitu produktů a zvýšit celkovou efektivitu. V následujících podkapitolách se podrobněji podíváme na jednotlivé systémy, jejich výhody, nevýhody a využití ve výrobních podnicích.

3.1 Základy systémů a jejich řízení

Podle Tučka a Bobáka (2006) je systém komplexní soubor vzájemně propojených částí, které spolupracují za účelem dosažení určitého cíle. Tyto části mohou být různých typů, zahrnující jak lidské faktory (například pracovní síla), tak technické prvky (stroje, technologie) nebo přírodní faktory (zdroje, prostředí). Systémy mohou být jednoduché, jako například mechanické zařízení nebo složité, jako například organizace nebo informační sítě. V podstatě se systém skládá z jednotlivých komponentů, které na sebe vzájemně působí a jsou na sobě závislé. Tato vzájemná interakce a propojení jednotlivých částí vytváří celek, který funguje jako systém o daných vlastnostech.

3.1.1 Informační systém

Informační systémy jsou v dnešní době neodmyslitelnou součástí moderních organizací a jsou důležité při správě, zpracování a využívání dat. Wallace (2015) je definuje jako propojené soubory technologických, datových, procesních a lidských prvků, které společně podporují rozhodovací procesy a pomáhají zlepšit podnikové operace. Díky informačním systémům mohou firmy zlepšit své řízení, zlepšit interní komunikaci a získat výhodu na trhu oproti svým konkurentům. S rostoucím množstvím dat a potřebou jejich rychlého zpracování se informační systémy stávají nezbytným nástrojem nejen ve velkých korporacích, ale i v menších firmách a veřejných institucích. Klíčové složky informačních systémů zahrnují:

- **hardware** – počítače, servery a síťová infrastruktura;
- **software** – aplikační a systémové programy;
- **data** – surové informace, které se zpracovávají a analyzují pro rozhodování;
- **lidé** – uživatelé a správci systémů;
- **procesy** – postupy a operace, které umožňují efektivní využití IS v organizacích.

Druhy informačních systémů podle Wallace (2015):

- **transakční systémy (TPS)** – zpracovávají rutinní operace, jako jsou objednávky a fakturace;
- **systémy pro podporu rozhodování (DSS)** – pomáhají manažerům analyzovat data a formulovat rozhodnutí;
- **podnikové informační systémy (ERP)** – integrují různé podnikové procesy do jednoho systému;
- **systémy řízení vztahů se zákazníky (CRM)** – podporují řízení interakcí se zákazníky;
- **Business Intelligence (BI)** – analyzují data a poskytují podklady pro strategické rozhodování.

Wallace (2015) zdůrazňuje, že informační systémy výrazně ovlivňují konkurenceschopnost podniků. Mezi hlavní strategické přínosy patří zvýšení efektivity, automatizace procesů, lepší rozhodování díky přesným a aktuálním datům, zlepšení zákaznické spokojenosti a získání konkurenční výhody prostřednictvím inovací a využití dat pro strategické plánování. Na druhou stranu upozorňuje na výzvy a rizika spojená s implementací informačních systémů, včetně vysokých nákladů na zavedení a údržbu, bezpečnostních hrozeb a problémům s propojením s jinými systémy. Řádné školení zaměstnanců a zabezpečení dat jsou proto klíčem pro bezpečné a úspěšné používání informačních systémů.

3.1.2 ERP systémy

ERP (Enterprise Resource Planning) systémy jsou integrované softwarové nástroje, které organizacím umožňují efektivně řídit a automatizovat podnikové činnosti. Tyto systémy vznikly jako rozšíření původních MRP systémů, které jsou více popsány ve druhé části třetí kapitoly. Tento pojem se začal používat v 90. letech 20. století, kdy došlo k rozvoji technologií, konkrétně softwarových aplikací, které umožnily integraci různých podnikových funkcí do jednoho uceleného systému. Tento posun vedl k širšímu přijetí ERP systémů napříč různými odvětvími, což umožnilo firmám lépe reagovat na měnící se trh a zefektivnit své operace. Dnešní ERP systémy pokrývají široké spektrum funkcí, jako jsou finance, lidské zdroje, výroba, logistika a prodej. Je tedy jasné, že systémy vycházejí z komplexního přístupu k řízení podnikových procesů, který spočívá v integraci všech

interních činností na úrovni celé organizace, od každodenní operativy až po strategické rozhodování. Tyto systémy jsou poskytovány jako soubor aplikací, které jsou následně upravovány podle specifických potřeb dané firmy. Cílem ERP je zjednodušení a automatizace složitých procesů, což vede k lepšímu řízení a efektivitě organizace. ERP systémy fungují jako centrální propojení mezi jednotlivými odděleními firmy, umožňují sdílení informací v reálném čase a zajišťují jednotný pohled na podnikové operace. Tento přístup snižuje riziko chyb, které mohou vzniknout při nesouladu dat mezi jednotlivými odděleními (Vollmann, 2005).

Podle Vollmanna (2005), implementace ERP systému vyžaduje pečlivé vyhodnocení potřeb organizace. Mezi požadavky na tyto systémy patří:

- **integrace**, která znamená schopnost spojit různé procesy a oddělení v podniku;
- **flexibilita**, což je možnost přizpůsobit systém na míru dané organizaci;
- **škálovatelnost**, znázorňující schopnost systému růst s organizací a přizpůsobovat se měnícím se podmínkám na trhu;
- **standardizace** znamenající sjednocení postupu práce s daty uvnitř společnosti.

Webový článek Srovnání ERP systémů (2024) srovnává ty nejznámější ERP systémy. Mezi neznámější systémy patří SAP, Helios, Oracle, Creatio a Microsoft Dynamics. Jejich srovnání naleznete níže. Každý ERP systém má své specifické výhody a nevýhody. Při výběru systému je důležité zvážit velikost a specifické potřeby organizace, jakož i dostupné zdroje pro implementaci a údržbu. Oracle a SAP jsou vhodné pro velké organizace s komplexními potřebami, zatímco Microsoft Dynamics a Helios mohou být výhodnější pro menší a střední podniky. Creatio je ideální pro firmy zaměřené na automatizaci a rychlou implementaci.

Oracle ERP je komplexní řešení pro efektivní řízení podnikových procesů, integrující finance, lidské zdroje, výrobu a dodavatelský řetězec. Vyniká pokročilými analytickými nástroji a škálovatelností (Srovnání ERP systémů, 2024).

SAP ERP globálně uznávané řešení pro řízení podnikových procesů, integrující finance, logistiku, výrobu, lidské zdroje a zákaznické vztahy. Je známý svou robustností a flexibilitou (Srovnání ERP systémů, 2024).

Microsoft Dynamics poskytuje komplexní funkcionality pro efektivní řízení podnikových procesů s možností přizpůsobení podle specifických potřeb a odvětví. Vyniká integrací s dalšími produkty Microsoftu (Srovnání ERP systémů, 2024).

Helios nabízí širokou škálu funkcí pro správu financí, výroby, obchodu a lidských zdrojů s uživatelsky přívětivým rozhraním. Je modulární a přizpůsobitelný (Srovnání ERP systémů, 2024).

Creatio je moderní řešení zaměřené na automatizaci podnikových procesů, integrující řízení prodeje, marketingu a služeb. Vyniká intuitivním uživatelským rozhraním a rychlou implementací (Srovnání ERP systémů, 2024).

ERP systémy přinášejí řadu výhod, včetně sjednocení podnikových procesů, pokročilých analytických funkcí a schopnosti přizpůsobit se potřebám organizace. Tyto systémy zlepšují rozhodování a zvyšují efektivitu provozu. Nevýhodou pak u těchto systémů může být, že jejich zavedení bývá ekonomicky nákladné, vyžadující odborné znalosti a školení personálu. Některé systémy, jako Helios a Creatio, mohou mít omezené možnosti integrace nebo být závislé na konkrétním dodavateli, zatímco cloudová řešení, jako je Creatio, mohou mít omezené funkce při práci offline (Srovnání ERP systémů, 2024).

3.2 Teoretické základy procesu plánování výroby

Plánování výroby je opravdu důležitým procesem ve výrobních firmách, stará se o efektivní využití zdrojů, plynulost výrobního procesu a splnění požadavků zákazníků. Jeho cílem je co nejlepší využití dostupných kapacit, toků uvnitř firmy a harmonogramů výroby s ohledem na dostupné vstupní materiály, pracovní sílu a technologie, kterými podnik disponuje. Správné plánování minimalizuje prostoje, snižuje náklady a zvyšuje celkovou produktivitu. Tato kapitola se zaměřuje na jednotlivé úrovně plánování výroby, metody a nástroje využívané v praxi a vliv moderních přístupů na celý proces (Macurová et al., 2018).

3.2.1 Úvod do plánování a řízení výroby

Podle Macurové et al. (2018) je možné výrobní plány rozdělit podle časového období na:

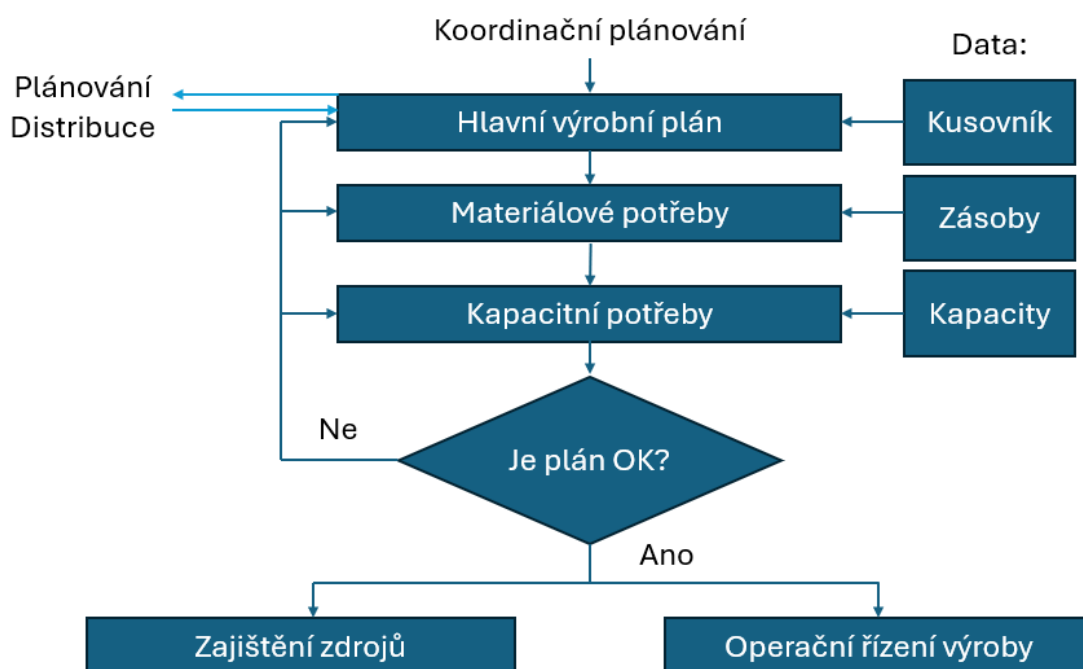
- dlouhodobé, ve kterých se řeší otázky kapacit a investic;
- střednědobé, zabývající výrobním programem;
- operativní, které se zabývá plánováním jednotlivých směn.

Plánování výroby v dnešní době nabývá na stále větší důležitosti, protože na trhu existuje nespočet různých výrobků a konkurentů v jejich výrobě. Soutěž o získání jednotlivých zákazníků zkracuje dodací lhůty a snižuje ceny. Jednotlivé podniky pak musí z důvodu snižování cen dbát na to, aby jejich výroba byla maximálně efektivní. O maximální efektivitu ve výrobním plánu se stará plánování a řízení výroby jakožto součást výrobní logistiky. Konkrétně se plánování výroby zabývá sledováním objednávek zákazníků. Dalším důležitým faktorem je stanovení termínu výroby. Termín výroby také dost ovlivňuje náklady a jeho správné určení může být komplikované. Pokud by byl termín výroby příliš brzo, produkty by vázaly na skladě nemalé náklady. Na druhou stranu příliš pozdní termín výroby je riskantní vůči splnění termínu objednávky. V každé výrobě může dojít k problémům jako jsou poruchy strojů nebo jiné neovlivnitelné prostoje, které mohou ovlivnit splnění termínu a je tak vhodné počítat s nějakým časem navíc. V případě nesplnění termínu objednávky hrozí firmám nemalé dodatečné náklady. Dalším faktorem, který ovlivňuje termín výroby, je také aktuální vytížení výrobních zařízení. V procesu plánování výroby se také rozhoduje o tom, na jakém výrobním zařízení nebo kterým pracovníkem bude výroba vykonána. Práce plánování výroby je také rozhodnout o přiřazení zdrojů, tedy jejich objemu. Jako výstup tohoto procesu se označuje hlavní výrobní plán, ve kterém jsou zodpovězeny všechny tyto otázky (Dupař, 2018).

Hlavní výrobní plán je konkrétní plán daných výrobků, objemů i termínů. V čase se může měnit a určuje se na stanovené období, které se odvozuje od typologie výroby. V momentě, kdy je vytvořen hlavní výrobní plán, tak díky kusovníkům získáme požadované objemy vstupního materiálu, které se v následující části porovnají s tím, jaké jsou dostupné zásoby. V momentě, kdy máme dostatek zásob přichází na řadu poslední část tvorby výrobního plánu, a to je plánování kapacit a jejich porovnání s kapacitami dostupnými. V případě, že je již plán v pořádku a nejsou potřeba žádné další korekce, přichází na řadu rozvrhování výroby, které znamená přiřazení jednotlivých výrobních zakázek na dané stroje nebo konkrétnímu zaměstnanci. Je důležité brát v potaz kritéria jako jsou minimalizace

průběžné doby výroby a také co nejvíc zredukovat rozpracovanou výrobu. Je zde také snaha minimalizovat celkové zpoždění objednávek, výrobní náklady a celkové prostoje. V každé firmě se mohou veškeré výše popsané skutečnosti lišit, protože existuje obrovská diferenciace produktů, firem a typologií výrob (Dupal', 2018).

Při procesu tvorby výrobního plánu se nejprve zabýváme tím, kolik a jakých výrobků má zákazník objednaných za časové období. Je zde sledováno to, jestli si zákazník po celé období objednává stabilní množství nebo jestli se zde vyskytují nějaké, například sezónní, odchylky. V těchto případech je pak nutné dále analyzovat, jestli je potřeba vyrábět dopředu na sklad nebo jestli kapacity stačí na to, aby byly objednávky splněny přímo v období, kdy k nim dojde. Zjednodušeně lze říct, že v první fázi jde o porovnání zákaznických objednávek a dostupných kapacit. Pro detailnější znázornění procesu plánování výroby můžete na obrázku č. 6 vidět vývojový diagram ve kterém jsou znázorněny posloupnosti tohoto procesu (Dupal', 2018).



Obrázek 6 – Plánovací diagram

(Zdroj: Dupal', 2018, 63 s.)

Sule (2008) popisuje rozdíly v tvorbě hlavních výrobních plánů podle různých strategií výroby, protože jedním z jejich základů úspěchu je správné zvolení produktů, pro které hlavní výrobní plány sestavovat. V případě, že firma vyrábí na sklad a zákazníci se rozhodují sami, jestli pak produkt koupí nebo ne, stanovují se výrobní plány pro veškeré konečné produkty. Pokud firma montuje na zakázku několik různých finálních produktů, musí mít včas skladem dostatek vstupních komponentů a hlavní výrobní plány je tak nutné stanovit pro tyto vstupní komponenty. Jestliže firma vyrábí na zakázku podle specifikací zákazníků, tak se hlavní výrobní plány stanovují až na úrovni surových materiálů.

Macurová et al. (2018) uvádí, že plánování výroby má definované podklady, které usnadňují činnosti procesu plánování výroby. Prvním podkladem jsou kmenová data, která nesou informace o tom, jaké materiály jsou pro výrobu potřeba nebo na kterých výrobních zařízeních se dá produkt vyrobit. Jedná se o kusovníky a technologické postupy. V kmenových datech najdeme také informace o kvalitě, kontrolách a normách. Jako další podklady pro plánování výroby se v literatuře označují informace o předchozích zakázkách a také o těch probíhajících.

Rozvrh výroby je postup, ve kterém jednotlivé balíčky práce přicházejí na řadu na daných pracovištích. Jeho základem je soubor všech výrobních zakázek, kdy se zváží jejich důležitost, náročnost, doba dodání a jiné aspekty a na jejich základě dojde k jejich uspořádání na jednotlivých pracovištích. V tomto procesu dochází k tomu, že některé úkoly je potřeba vykonat dříve, další zase později nebo je vhodné je například rozdělit a o to je předmětem rozvrhování výroby (Macurová et al., 2018).

Macurová et al. (2018) popisuje tyto dva druhy rozvrhování výroby:

- přesné, které na základě sestavení modelu a složitých výpočtů stanoví optimální rozvrh výroby;
- heuristické, které jsou založeny na zkušenostech, myšlenkách a úvahách daného člověka tvořícího výrobní rozvrh. Jsou jednodušší, ale nejsou tak přesné (mezi tyto patří například Johnsova metoda, metoda podle priorit nebo CDS).

Macurová et al. (2018), definuje proces řízení výroby pomocí dvou činností. Předání výrobních zakázek z výrobního plánu přímo do výroby včetně veškeré potřebné dokumentace a koordinace plnění a případné korekce výrobních zakázek.

3.2.2 Velikost výrobní dávky

Stanovení velikosti výrobní dávky je stěžejním procesem v každé výrobní firmě, ve které dochází k sériové výrobě. Metoda stanovení této dávky bývá z pravidla předmětem rozhodnutí vrcholného managementu výrobních společností, a to z toho důvodu, že právě velikost dávky spojuje cíle více útvarů do jednoho. Dávkou je myšlen počet produktů vyrobených na jednu přípravu a ukončení výrobní zakázky. V momentě, kdy firma zvolí výrobu malých dávek, bude čelit častému seřizování, manipulaci a náklady s nimi spojenými. Výhodou pak pro tuto firmu bude nízký objem skladových zásob a také dojde k redukci rozpracované výroby. Pokud by se ale firma rozhodla jít cestou velkých dávek, bude těžit z minimálního seřizování a dobrého využití výrobních zařízení. Sníží se tak objem práce seřizovačů a údržbářů. Nevýhodou bude nutnost větších skladových prostor, ve kterých budou vázány náklady na hotové výrobky i rozpracovanou výrobu. Najít tak optimální způsob stanovení dávky je velmi důležitý jak pro plynulost výroby, tak i náklady (Macurová et al., 2018).

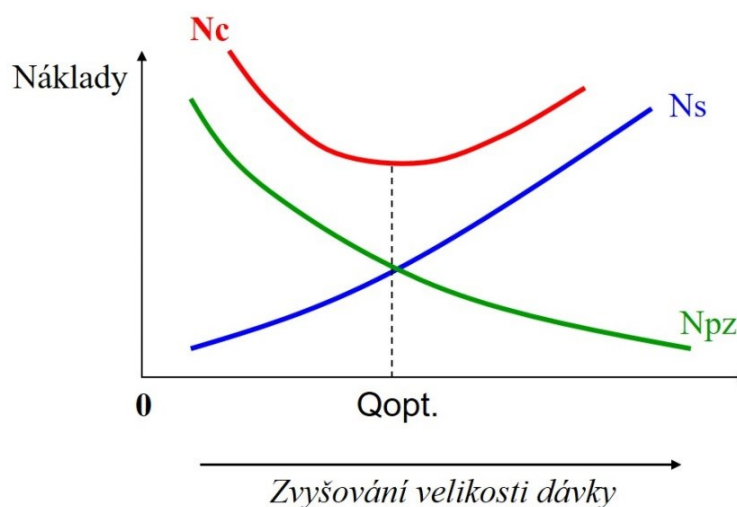
Macurová et al. (2018) popisuje celkem čtyři přístupy, podle kterých se stanovují velikosti výrobních dávek. V oblasti nákupu a rozhodování o velikosti nakupované dávky se dají aplikovat totožné přístupy. Mezi tyto přístupy patří:

- **Individuální stanovení velikosti výrobní dávky** – tento přístup je nejflexibilnějším. Vychází z aktuální objednávky zákazníka, která se rovná výrobní dávce. Občas je možné sloučit několik dávek dohromady v případě větší frekvence dodávek. Tato metoda je využívána tam, kde se používá just-in-time systém.
- **Kalendářní velikost výrobní dávky** – patří mezi ty nejjednodušší. Využití je možné tam, kde je úzký sortiment, který se často opakuje a spočívá v tom, že dávka se vyrábí například jednou za týden nebo za měsíc.
- **Minimální velikost dávky** – tento přístup vychází z toho, aby došlo k co nejlepšímu využití výrobních zařízení z důvodu minimalizace času pro seřízení. Firma si stanoví přípustné procento z celkového disponibilního času strávené seřizováním a podle tohoto koeficientu potom vypočte, jaká je minimální přípustná velikost dávky.

- **Optimální velikost výrobní dávky (EOQ)** – výpočet výrobní dávky podle ekonomického optima je nejnáročnější na výpočet z výše uvedených. Spočívá v tom, že se hledá průsečík ve vývoji nákladů na držení zásob a náklady, které vyvolává seřízení výroby. V takovém bodě jsou celkové náklady minimální viz obrázek níže. Je nutné podotknout, že použití modelu limituje několik dalších hledisek. Do modelu nejsou provázány další náklady, například životnost zařízení nebo kapacity. Použít lze tento model jen tam, kde přesně známe objednávky zákazníků a je také vhodné vzít v úvahu to, že pro každý jeden výrobek by musel být tento výpočet proveden zvlášť. Výpočet tak slouží spíše jako podklad pro rozhodování o velikosti výrobní dávky (Macurová et al., 2018).

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * \text{množství produktů celkem} * \text{seřizovací náklady}}{\text{průměrná zásoba} * \text{náklady na skladování}}}$$

(Zdroj: Macurová et al., 2018, 79 s.)



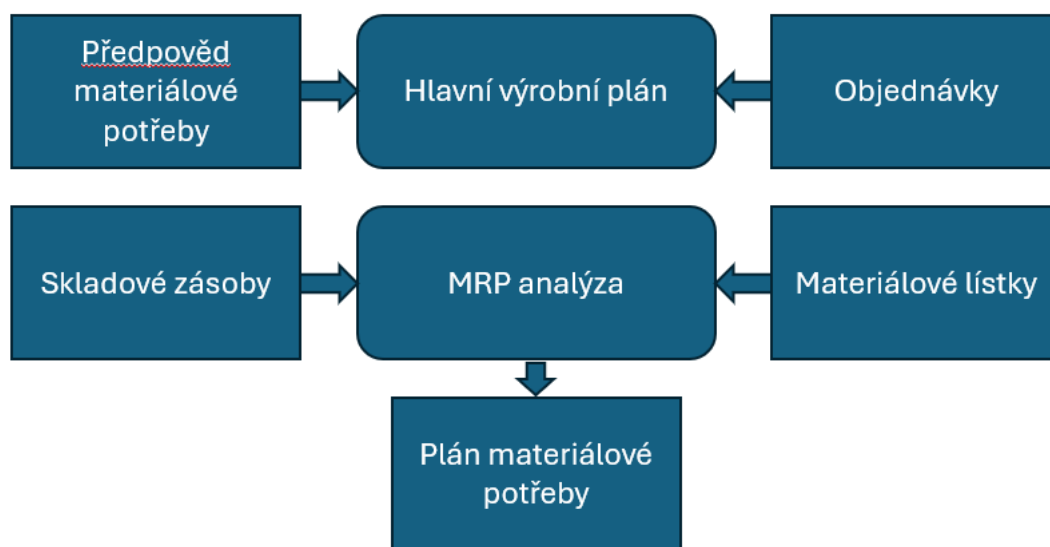
Obrázek 7 – EOQ graf

(Zdroj: Problematika velikosti dávky)

3.2.3 Systémy plánování výroby

MRP neboli Material Requirement Planning v překladu znamená plánování materiálových požadavků. Jak už z názvu vypovídá, tento systém se zabývá plánováním materiálu. Dříve systém sloužil pro kontrolu nakupovaného materiálu potřebného pro výrobní zakázku. Dnes již využíván prakticky není, popsat je ho ale stále důležité, protože z něj vychází MRP II.

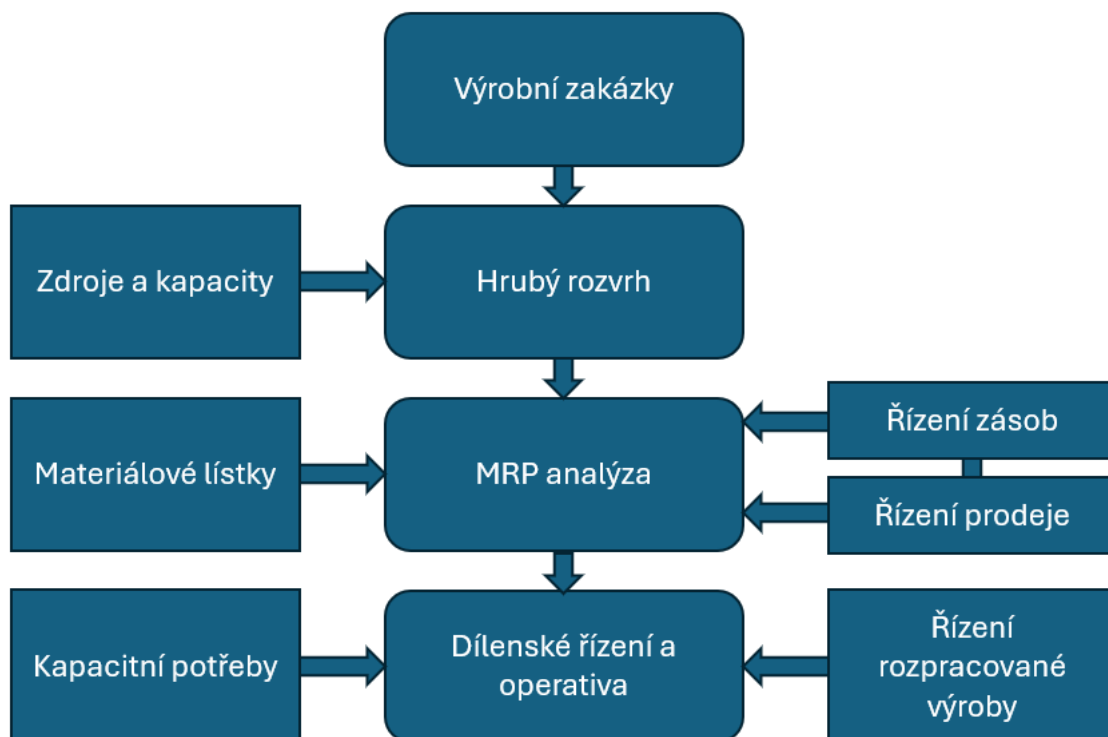
Systém spočívá v tom, že je na základě výrobní zakázky vypočtena plánovaná spotřeba materiálu, která je pak porovnávána se skladovými zásobami a na základě toho vznikne doporučení pro objednání materiálu. Vstupy do systému MRP jsou kusovníky, výrobní plány, objemy skladů a informace o výrobních zakázkách. Výstupem jsou informace o objednávkách materiálu a podklad pro kapacitní plánování. Mezi výhody patří nízký objem rozpracované výroby. Hlavní nevýhodou systému pak je to, že nedokáže brát v úvahu souvislosti a čerpá pouze z vývoje dat v minulosti. Schéma MRP můžete vidět na dalším obrázku č. 8 (Vollmann, 2005).



Obrázek 8 – Schéma MRP analýzy

(Zdroj: Tuček a Bobák, 2006, 66 s.)

MRP II je rozšířením MRP I. Je to komplexní nástroj pro efektivní řízení výroby a podnikových procesů. Systém umožňuje plánování výroby, řízení zásob, správu pracovních sil a strojů a integraci s finančními a nákupními procesy. Pomáhá optimalizovat výrobu tím, že zajistí potřebné materiály na správném místě a čase, a zároveň zajišťuje efektivní využití kapacit. MRP II také podporuje strategické rozhodování díky přesným datům o výrobních procesech a nákladech. To vede k lepšímu plánování nákupů, produkce a dodávek, což snižuje náklady a zvyšuje efektivitu výroby. Hlavní nevýhodou jsou vysoké počáteční náklady na implementaci a také to, že v momentě zavedení se v něm již těžce provádí systémové změny a optimalizace. Tento systém bývá součástí moderních a robustních ERP systémů. Jeho schéma je možné vidět na dalším obrázku č. 9. V porovnání s obrázkem č. 8 zde můžeme vidět značné rozšíření (Tuček a Bobák, 2006).



Obrázek 9 – Schéma MRP II analýzy

(Zdroj: Tuček a Bobák, 2006, 67 s.)

Pro lepší porovnání a pochopení rozdílů mezi MRP I a MRP II bylo vytvořeno přehledné srovnání, které je možné sledovat na obrázku č. 10, podle informací z knihy od Tučka a Bobáka (2006). Již na první pohled lze pozorovat, že MRP I má dost omezenou funkčnost a je tak jasné proč se dnes již nevyužívá.

Funkce:	MRP I	MRP II
Plánování materiálů	✓	✓
Kapacitní plánování	✗	✓
Řízení lidských zdrojů	✗	✓
Finanční plánování	✗	✓
Integrace s jinými systémy	✗	✓

Obrázek 10 – Srovnání MRP I a MRP II

(Zdroj: vlastní podle Tučka a Bobáka, 2006)

Just in Time (JIT) představuje velmi efektivní způsob řízení výroby a zásobování, který je specializován na minimální plýtvání a optimalizaci využití zdrojů. Tento přístup spočívá v dodání potřebných materiálů, polotovarů a hotových výrobků přesně v ten moment, kdy jsou zapotřebí, což pomáhá snížit náklady na skladování a redukovat zásoby. Základem této metody je kontinuální výrobní tok. Tento tok odpovídá aktuální poptávce a přispívá ke zkrácení průběžné doby výroby. Základním faktorem provozování této metody je úzká spolupráce s dodavateli, velmi vyladěné plánování a schopnost přizpůsobit se změnám v požadavcích zákazníků. Významným přínosem může být také zvýšení kvality, jelikož omezuje riziko nadprodukce a umožňuje rychle identifikovat a ohraničit vzniklé neshody ve výrobě. Tato metoda nachází široké uplatnění zejména v automobilovém průmyslu, ale její principy jsou využívány i v dalších odvětvích, jako je elektrotechnika nebo strojírenství. I když tento přístup přináší řadu výhod, jeho implementace vyžaduje pečlivou organizaci a odolnost vůči možným narušením dodavatelského řetězce, jelikož jakékoli zpoždění může negativně ovlivnit plynulost výroby (Vollmann, 2005).

Kanban lze chápat jako systém just-in-time ve výrobě k řízení jednotlivých kroků technologického postupu. Řídí se podle něj materiálový tok mezi jednotlivými pracovišti. Spočívá v tom, že se do daného pracoviště dodá vstupní materiál jen v případě, že si ho pracoviště vyžádá. Nejčastěji se toto signalizuje podle kanban karet. Na těchto kartách je vyznačeno to, co dané pracoviště požaduje, kde a kdo ho potřebuje a také kolik ho potřebuje. Používá se zde tažný systém. Hlavní výhodou je usnadnění plánování výroby, zlepšení plynulosti ve výrobě a také zajištění přehledu o procesu, zásobách a jeho pohybu (Tuček a Bobák, 2006).

Teorie omezení (TOC) je systémem, který patřil k jednomu z hlavních směrů 80. až 90. let minulého století. Jeho využití je mnohem širší než jen výrobní systémy, jelikož je použitelný také například v bankovníctví. Tento systém je v dnešní době již aplikován do systému MRP II. Snaží se o co nejlepší využití úzkého místa procesu. Tato metoda sestává z pěti poměrně jednoduchých kroků. Nejprve je nutné odhalit, které místo v procesu je pro nás tím úzkým místem a vymyslet, jak nejlépe ho využít. Celý proces pak musí být tomuto místu podřízen a v posledním kroku je pak snaha o optimalizaci samotného úzkého místa, kdy se následně tyto kroky neustále opakují do té doby, kdy celý proces disponuje dostatečnou kapacitou vzhledem k objednávkám zákazníků (Tuček a Bobák, 2006).

Podle Tučka a Bobáka (2006), je součástí teorie omezení princip **Drum-Buffer-Rope** (DBR), který představuje přístup k plánování a řízení výroby zaměřený na efektivní využití úzkých míst ve výrobním procesu. Jejím základem jsou tři prvky. Buben (drum), který stanovuje tempo výroby na základě kapacity nejvytíženějšího stroje. Zásobník (buffer), který slouží jako časová rezerva před úzkým místem a minimalizuje riziko jeho neaktivity v důsledku výkyvů v toku výroby a lano (rope), které řídí uvolňování vstupních materiálů do procesu tak, aby nedocházelo k nadměrné kumulaci zásob a aby byl tok výroby sladěn s kapacitními omezeními. Aplikace této metody vede ke snížení množství rozpracované výroby, optimalizaci průběhu výrobního procesu a zvýšení schopnosti dodržovat termíny dodání.

Vytěžovací řízení (BOA) je metoda řízení výroby, která se zaměřuje na uvolňování zakázek do výroby na základě aktuálního zatížení výrobních kapacit. Hlavním cílem je zajistit plynulý tok výroby, minimalizovat přetížení více vytížených pracovišť a také zkrátit dobu výroby. Tato metoda tedy pracuje s principem řízení uvolňování zakázek podle dostupnosti kapacit na kritických pracovištích. Místo pevně daného harmonogramu se výroba dynamicky přizpůsobuje aktuální vytíženosti jednotlivých úseků. Pokud je kapacita dostatečná, zakázka se uvolní do výroby, pokud ne, je dočasně pozastavena, aby se zabránilo zahlcení. Tento přístup zvyšuje efektivitu výroby, snižuje průběžné časy a umožňuje pružně reagovat na změny v poptávce (Dupal, 2018).

4 POUŽITÉ NÁSTROJE OPTIMALIZACE PROCESŮ

Tato kapitola se zaměřuje na přístupy a strategie k optimalizaci výrobních procesů. Optimalizace výrobních procesů je v dnešní společnosti základním prvkem moderního průmyslu, který umožňuje zvýšení efektivity, snížení nákladů a zlepšení kvality. Vzhledem k rostoucím požadavkům na konkurenceschopnost a udržitelnost podniky tyto metody využívají stále ve větší míře. Cílem je poskytnout teoretický podklad pro konkrétní metody, které byly využity v praktické části této diplomové práce.

4.1 Workshopy pro optimalizaci procesů

Vytlačil a Mašín (1999) ve své knize definují workshop jako shromážděním odborníků z různých oddělení (obvykle 6-10 osob) za účelem analyzování vybraného procesu a vytvoření návrhu na odstranění příčiny určitého typu plýtvání. Workshop by měl trvat jeden až tři dny pro zajištění jeho efektivity. Zaměřovat by se měly na ty druhy plýtvání, které jsou ovlivnitelné v reálném čase za potřeby minimální investice. Výstupem z takového workshopu je katalog opatření, který následně schvaluje vedení společnosti. Provedení jednotlivých kroků vedoucích k zavedení opatření probíhají v rámci akčního plánu po skončení samotného workshopu. Workshopy se zaměřují na všeobecně známé druhy plýtvání, mezi které patří nadvýroba, prostoje způsobené čekáním, nadbytečnou manipulací, zásobami a pohybem. Jako další zdroje plýtvání se uvádí zmetky, špatný technologické postup a také nevyužití lidského potenciálu.

Vytlačil a Mašín (1999) definují postup, jak by správně měl workshop probíhat. Jsou to tyto kroky:

1. Zadání a příprava workshopu.
2. Zvolení členů týmu.
3. Analýza problému.
4. Řešení daného problému.
5. Zhodnocení rentability jednotlivých návrhů a výběr toho nejvhodnějšího.
6. Zavedení zvoleného návrhu.
7. Prezentace úspěšnosti zavedeného řešení (Vytlačil a Mašín, 1999).

V rámci workshopů, které mají za cíl zlepšovateľské hnutí uvnitř společností je možné se setkat s několika přístupy a nástroji, které jsou úplným základem oboru průmyslové inženýrství. Těmto metodikám jsou věnovány následující tři podkapitoly (Vytlačil a Mašin, 1999).

4.1.1 Kaizen

Japonská filozofie, která se zaměřuje na průběžné, drobné inovace vedoucí k dlouhodobému zvyšování efektivity, kvality a produktivity jak výrobních procesů, tak produktů samotných. V češtině se tento pojem často označuje jako neustálé zlepšování. Tento přístup vznikl v japonském průmyslu po druhé světové válce a proslavil se zejména díky firmám jako Toyota, které jej integrovaly do svého výrobního systému. Základním principem je proaktivní zapojení všech zaměstnanců společnosti na všech úrovních, čímž se podporuje týmová spolupráce a sdílení nápadů. Cílem je eliminace plýtvání, což představuje odstranění zbytečných kroků, nadbytečných zásob, chybovosti či neefektivních procesů. Tento přístup klade důraz na standardizaci osvědčených postupů a jejich neustálé vylepšování, přičemž se vždy hledají a odstraňují skutečné příčiny problémů namísto pouhého řešení jejich následků. Tento přístup není omezen pouze na výrobu, ale nachází uplatnění také v administrativě, službách, zdravotnictví či osobním rozvoji, kde pomáhá jednotlivcům i organizacím dosahovat trvalého pokroku (Tuček a Bobák, 2006).

4.1.2 PDCA cyklus

Tento cyklus, známý také jako Demingův, je metoda podporující kontinuální zlepšování procesů, která se využívá v řízení kvality, optimalizaci podnikových procesů, projektovém managementu, zdravotnictví nebo vzdělávání. Tento proces se skládá ze čtyř opakujících se částí. První fází je plánování (Plan), během kterého se analyzuje současný stav, dochází k identifikaci problémů a stanoví se strategie pro jejich řešení. Poté následuje realizace (Do), kdy se navržené kroky provedou, často nejprve na menším vzorku, aby se minimalizovala rizika a náklady. Třetí fází je kontrola (Check), která zahrnuje vyhodnocení dosažených výsledků a porovnání s očekáváními, což umožňuje určit úspěšnost provedených opatření. Nakonec přichází jednání (Act), kdy se úspěšné změny zavádějí do standardu procesů, zatímco případné nedostatky vedou k úpravám a opětovnému zahájení cyklu (Tuček a Bobák, 2006).

4.2 Charakteristika vybraných prvků filozofie Lean

Podle Altmana (2017), má lean původ v japonské společnosti Toyota, kde byl po mnoha let zdokonalován. V překladu toto slovo znamená štíhlý a jak již tento název napovídá, jedná se princip, jehož cílem je použít co nejméně zdrojů. Tato metoda se zabývá minimalizací všech druhů plýtvání a tím pádem dochází ke snížení nákladů, času potřebného pro splnění zakázky a také spokojenosti zákazníků. V dnešní době je tato metoda základem pro ty nejlepší společnosti na trhu. Zavádění této metody sebou však nese různá úskalí. Problém je v tom, že firmy tento pojem často chápou jako soubor nástrojů a setkávají se s neúspěšností, protože základ této metody je spíše filozofie a ztotožnění se s ní. Mezi nástroje, které k leanu patří se řadí metody 5S, Poka-Yoke, TPM, SMED, Kanban, Kaizen apod.

Obecný postup zavádění této filozofie se skládá z pěti kroků. Nejprve je nutné stanovit hodnotu, kterou zákazník skutečně chce a za kterou je ochoten zaplatit. Druhým krokem je pak mapování toku hodnoty, která byla identifikována v předchozím kroku. Jedná se o vizualizaci fyzického toku produktu a identifikace možných plýtvání. Po odhalení nadbytečných činností, kdy zůstaly pouze ty, které přináší hodnotu přichází na řadu jejich odladění. Toto odladění má za následek rapidní zlepšení času dodání produktu zákazníkovi. Předposledním krokem je zavedení tažného systému, kdy se budou vyrábět jen takové produkty a jejich množství, které zákazník požaduje. Posledním krokem je návrat na začátek, kdy je snaha o další zlepšení (Altman, 2017).

Altman (2017) také uvádí, že vytvoření štíhlého podniku je nesmírně složitý proces, avšak výhody plynoucí z takového podniku jsou nesporné. Mezi hlavní výhody takové firmy patří podpora v efektivitě různých rozhodnutí nebo dokonalé pochopení zákaznických potřeb. Dochází také k optimalizaci finančních ukazatelů, například toku peněz nebo celkových výrobních nákladů, protože došlo k eliminaci činností, které byly plýtváním zdroji. Zlepšení lze sledovat také v komunikaci uvnitř i navenek firmy.

4.3 Nástroje pro optimalizaci pohybu a výrobního toku

Optimalizace pohybu materiálu či pracovníků a toku samotné výroby hraje zásadní roli při zajištění efektivity výrobních procesů, snižování nákladů a zvyšování produktivity. V praxi se proto využívají různé přístupy, které pomáhají eliminovat zbytečné pohyby s cílem omezit plýtvání a zajistit plynulý tok výroby. Tyto metody jsou často založeny na principech štíhlé výroby a dalších osvědčených postupech, jako je Kaizen nebo analýza hodnotového toku. Tato kapitola se zaměřuje na představení použitých metod, které slouží k vyladění

procesního toku nebo pohybu samotných pracovníků. V rámci pohybu pracovníků je v kapitole 4.4.1 popsán spaghetti diagram a pro vyladění výrobního procesu se v kapitole 4.4.2 nachází teorie k simulaci procesů.

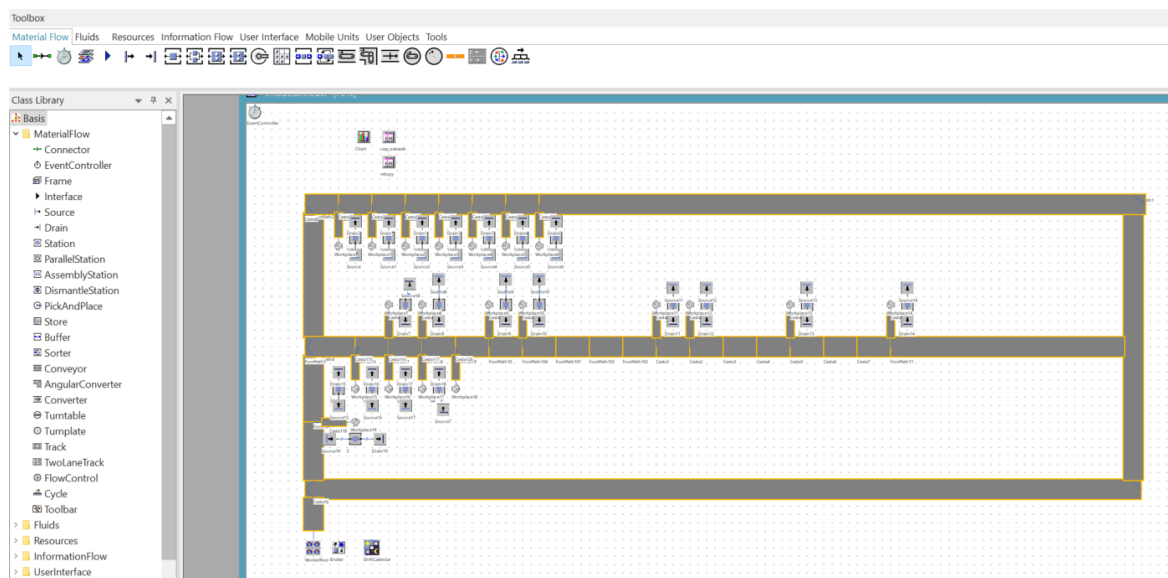
4.3.1 Spaghetti diagram

Hessing (2017) zařazuje spaghetti diagram mezi ty nejjednodušší vizualizační nástroje, sloužící k analýze pohybů materiálů, pracovníků nebo nástrojů v prostředí nejčastěji výrobních prostorů. Tento diagram pomáhá odhalit plýtvání. Přesněji se může jednat o neefektivní pohyby, nadbytečné přesuny a zbytečné křížení tras, které způsobují zbytečné prostoje a zvyšují tak náklady. Název této metoda vychází od jejího vzhledu. Čáry znázorňující pohyby vytvářejí dojem spletených špaget. Cílem je optimalizovat a zjednodušit trasy, kterými lidé a věci prochází a zredukovat tak neproduktivní čas. Spaghetti diagram se často používá v rámci štíhlé výroby, ale uplatňuje se i v jiných oblastech, jako je logistika, zdravotnictví či kancelářské procesy. Pro jeho vytvoření se zaznamenává skutečný pohyb v prostoru a na základě analýzy se navrhuje změny, které pomohou zkrátit vzdálenosti, eliminovat zbytečné kroky a zlepšit plynulost pracovních procesů.

4.3.2 Simulace výrobních procesů

Simulace výrobních procesů je moderní nástroj, který slouží ke snížení času, a tedy i nákladů, které by byly potřeba pro fyzické testování výrobního systému v reálném čase. Díky simulačnímu softwaru mohou výrobci předpovědět výkonnost plánovaného výrobního systému a porovnat různá řešení včetně eliminace jejich problémů. Tento přístup zvyšuje konkurenceschopnost a umožňuje výrobním firmám testovat různé scénáře před tím, než investují do nástrojů, kapacit nebo jiných nákladných výrobních zdrojů. Simulace jako taková napomáhá předcházet problémům, redukovat zmetky a minimalizovat nutnost předělávek tím, že určuje klíčové atributy výrobního procesu. Simulaci lze aplikovat jak na nové procesy a produkty, tak i na ty již existující, které je zapotřebí optimalizovat. Pomocí digitálních modelů lze přesně předvídat výkonnost výroby v různých situacích, což umožňuje optimalizaci přidělování zdrojů a zefektivnění procesů pro dosažení vyšší efektivity. Modelování pohybu materiálů a zdrojů během výroby pomáhá identifikovat problémová místa, zlepšit pracovní postupy a optimalizovat zásoby. Tento fakt vede ke zvýšení efektivity a hospodárnosti. Výhodou je také lepší využití prostoru a minimalizace manipulace (Simulace výroby, © 2025).

Na dalším obrázku č. 11 je pro ukázkou layout z prostředí softwaru Plant Simulation, který byl použit pro tuto diplomovou práci. Je zde překreslena výrobní hala v měřítku 1:1 s vybranými vstřikolisy, které byly předmětem analýzy.



Obrázek 11 – Layout Plant simulation

(Zdroj: vlastní)

Mezi nejpoužívanější softwary pro simulaci procesů patří Plant Simulation od společnosti Siemens. Tento sofistikovaný software slouží k modelování a analýze výrobních procesů, logistických toků a celkově systémů. Umožňuje tvorbu modelů výrobních závodů, kde lze simulovat různé scénáře a testovat změny včetně jejich reakcí v uspořádání výrobních linek a procesů, aniž by bylo nutné provádět nákladné a zdlouhavé pokusy v provozu v reálném čase. Tento nástroj nabízí funkce pro analýzu efektivity, optimalizaci výrobního toku, identifikaci úzkých míst a ověřování různých konfigurací, než budou zavedeny do skutečné výroby. Plant Simulation také napomáhá v předpovědi výkonu procesu, optimalizaci uspořádání zařízení, řízení zásob a plánování kapacit. Díky svým analytickým a vizualizačním schopnostem je cenným nástrojem pro zvýšení efektivity, snížení nákladů a zajištění hladkého průběhu výrobního procesu (Plant simulation, © 2025).

5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

Projekt je taková činnost, která je prováděna pouze jednou, to je jeden z hlavních rozdílů oproti podnikovým procesům. Projekty a procesy jsou však provázané, protože projekty jsou soubory činností, které mají za cíl procesy měnit. V praxi se může jednat například o různé vytváření nebo optimalizaci procesů a produktů. Projektem také může být výstavba nové haly. Každý projekt má dopředu stanovený cíl, který má danou firmu někam posunout. Z důvodu velmi vysoce konkurenčního prostředí jsou společnosti nuceny projekty řídit a zajímat se o jejich efektivní průběh. Z tohoto důvodu je v dnešní době již naprostá nutnost se projektovým řízením zabývat (Jurová, 2016).

5.1 definice projektu, projektového řízení a role projektového manažera

Projekt pro společnosti představuje časově limitovanou činnost, jejímž úkolem je tvorba specifického produktu, služby nebo procesu. Má přesně definovaný start i konec, pracuje s omezenými, předem stanovenými zdroji a vyžaduje důkladné plánování i řízení. Mezi jeho klíčové charakteristiky patří jedinečnost, dočasná povaha a potřeba efektivní koordinace jednotlivých aktivit (Definice projektu).

Podle Jurové (2016) je hlavní vlastností projektu jeho jedinečnost. Projektové řízení není ale ve společnosti žádnou novinkou a je rozšířeno po celém světě. Z tohoto důvodu je jasné, že již bylo vykonáno nespočetné množství různých projektů a některé se tak mohou podobat těm již dokončeným. Díky zkušenostem z řízení projektů vznikly po celém světě rozšířené, standardizované metriky pro řízení projektů. Mezi ty neznámější patří PRINCE2, IPM nebo IPMA.

Jurová (2016) uvádí, že v projektech je nutné řídit těchto šest atributů, které ovlivňují výkonost projektu:

- čas, který ovlivňuje dobu trvání projektu;
- dodržování předem stanoveného odhadu nákladů;
- kontrola dodržování toho, aby se řešil pouze předmět projektu;
- kvalita vnímaná zákazníkem při používání projektu;
- snažit se aktivně vyvarovat rizikům;
- zajistit, aby měl projekt takový přínos, jaký byl stanoven na začátku.

Metodika řízení projektů PRINCE2 definuje několik základních principů, které by měly zajistit hladký průběh projektu. Prvním principem, je neustále klást otázku: „Proč?“ aby byl projekt neustále odůvodňován. Dalším důležitým principem je se neustále učit a nasávat zkušenosti plynoucí z řešení projektů. V projektovém řízení je také velmi důležité, aby byly správně definované role a odpovědnosti. Principem, který usnadňuje projektové řízení, je rozdělení celého projektu na menší, snáze dosažitelné etapy. V projektovém řízení se manažer neobejde bez delegování práce. Správná delegace dokáže ušetřit spoustu času, můžou se ale objevit případy, kdy delegovaný nemá dostatečné informace nebo znalosti a v těchto případech je nutné jeho delegovanou práci eskalovat na výše postavené pracovníky. Předposlední princip připomíná to, že v se v projektovém řízení požaduje, aby všechno bylo orientované na to, proč se projekt provádí, tedy na jeho předmět. Posledním principem je pak přizpůsobení se prostředí, ve kterém se projekt vykonává (Jurová, 2016).

Horine (2017) definuje projektového manažera jako člověka, který zodpovídá za dovedení projektu do úspěšného cíle. Po celou dobu projektu musí korigovat činnosti celého týmu směrem vpřed a má za úkol aktivně předcházet rizikům. Toto jsou jeho role:

- je plánovač všech činností celého týmu a zároveň zajišťuje, že jsou přítomny všechny zainteresované strany;
- organizuje kdo, co a za kolik pomocí rozpadu jednotlivých činností;
- je osobou, přes kterou jde veškerá komunikace;
- zajišťuje zdroje, prostory a potřebné materiály pro projekt;
- musí zajistit, aby se všichni kolegové navzájem chápali a dokázali spolupracovat;
- musí být schopen přesvědčit akcionáře a projektový tým ve prospěch projektu;
- zajišťuje odhalení problému a jeho řešení;
- odděluje projektový tým od politiky akcionářů, aby mohli zůstat soustředění na své úkoly;
- komunikuje s jednotlivými členy týmu a zajišťuje jejich motivaci k dosažení cíle;
- zajišťuje, aby byly dosaženo nasmlouvaných závazků;
- řídí informační tok projektu;
- proaktivně pracuje na odhalení možných problémů;

- sleduje měřitelné metriky a v případě odchylek provádí korektivní činnosti;
- musí být schopen projekt prodat akcionářům nebo jiným zainteresovaným stranám.

5.2 Projektový plán

Nejdůležitějším úkolem projektového manažera je plánování projektových kroků a zajištění jejich plnění. V projektovém řízení lze plánování popsat jako stanovení postupů, metod a politiky k dosažení vytyčeného cíle. Samotný cíl by měl stanoven podle metodiky SMART. To znamená, že by měl být konkrétní, měřitelný, proveditelný, realistický a časově ohraničený. Často se používá strategie takzvaných milníků, což jsou soubory činností, které je potřeba vykonat před posunem k milníku dalšímu. Velmi důležitým prvkem v řízení projektů, je detailní popis jednotlivých činností, protože pracovník provádějící daný úkol musí tento úkol dokonale pochopit, aby byl schopen jej správně realizovat (Kerzner, 2013).

Kerzner (2013) také uvádí, že se v projektovém plánování používá takzvaná Work Breakdown Structure (WBS). Je to technika, která pomáhá rozdělit projekt na menší a lépe tak zpracovatelné části projektu. Má stromovou, hierarchickou podobu, kde je celý projekt postupně dělen do menších úrovní až na konkrétní úkoly. Každý blok této hierarchie představuje samostatný výstup a měl by být co nejméně závislý na ostatních, což usnadňuje plánování a řízení, protože se může provádět více nezávislých úkolů v jeden moment. Struktura obvykle zahrnuje hlavní cíl, klíčové fáze, dílčí úkoly a konkrétní činnosti. Mezi hlavní benefity metody WBS patří výrazné zlepšení přehledu, přesnější odhadování času a potřebných financí a velmi jasné rozdělení odpovědností. Využívá se v široké škále odvětví, například ve stavebnictví či průmyslu.

Nástroje pro plánování a řízení projektů podle Maaytové (2015):

- **Ganttův diagram**, který slouží k vizualizaci jednotlivých milníků projektu v čase;
- **Metoda kritické cesty** neboli CPM zobrazující tu nejdéle trvající posloupnost kroků, které jsou na sobě závislé;
- metoda **PERT**, která je využívána tam, kde jsou složité projekty jejichž míra nejistoty je vysoká;
- softwary pro podporu projektů, například MS project, Jira nebo Primavera.

5.3 Projektové náklady

Horine (2017) uvádí, že dalším z nejdůležitějších aspektů projektového managementu je správné stanovení očekávaných nákladů a jejich dodržení. Tato charakteristika má nesporný vliv na úspěšnost projektu. Strategie odhadu nákladů je zásadní již v předprojektové fázi, kdy se rozhoduje o tom, zda bude projekt rentabilní a jeho start dostane zelenou. Existuje několik dalších zásadních důvodů, proč je právě stanovení projektových nákladů důležité. Mezi tyto důvody spadá například to, že rozpočet projektu může sloužit jako dobrá kontrola projektového plánu, protože by měly tyto dvě věci spolu korespondovat. Rozpočet také slouží k měření výkonnosti v projektu. Dále je možné díky rozpočtu již na první pohled říct, co se od projektu očekává, například podle hodnoty celkové investice. Také peněžní tok je jeden z aspektů, který je projektovým rozpočtem silně ovlivňován. Je tedy zřejmé, že rozpočet projektu hraje jednu z hlavních rolí.

Principy stanovení efektivního rozpočtu podle Horineho (2017):

- stanovení projektového rozpočtu by měl být cyklický proces, kdy s každým dalším cyklem je rozpočet přiblížen realitě;
- v projektovém rozpočtu by měl být zahrnut celý životní cyklus;
- je nutné rozfázovat, kdy dojde k vynaložení jednotlivých nákladů k zajištění stabilního toku peněz;
- všechny druhy nákladů musí být v rozpočtu zohledněny;
- v rozpočtu by se mělo počítat s rezervou na nepředvídatelné náklady.

Již víme, co projektový rozpočet znamená a jakým způsobem je nutné k jeho tvorbě přistupovat, nyní budou popsány jeho jednotlivé komponenty. V rozpočtu projektu je zahrnuto veškeré potřebné vybavení a nástroje. Dále se jedná o materiály, licence a poplatky, školení členů týmu, cestovní náklady a pak náklady, které jsou spojeny s údržbou nebo různými změnami ke kterým dojde v průběhu projektu (Horine, 2017).

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost, ve které byla vypracována tato diplomová práce, sídlí v srdci Valašska. Zabývá se zejména výrobou vstřikolisovaných konektorů a montováním jejich sestav na automatických linkách. Od roku 2002 je součástí korporátu, který nazveme skrze ochranu informací a dat HS s.r.o. Tento rakouský korporát dodává kabelové svazky zejména pro německé automobilky, ale samozřejmě i jiné zákazníky po celém světě.



Obrázek 12 – Výrobní hala

(Zdroj: This Is Where Your Future Products Are Created, © 2025)

V české republice se vyrábí konektory pro tyto kabelové svazky, které se zde v minulosti vyráběly také, ale postupem času byla tato převážně manuální práce relokována a zůstala zde lisovna na konektory. Česká pobočka má dvě výrobní haly umístěny v těsné blízkosti, logistika mezi nimi je tak poměrně jednoduchá. Starší, původní budova je domovem nástrojárny, která vyrábí díly nejen do forem sloužících ke vstřikolisování, ale zabývá se také vývojem a výrobou automatických montážních linek. Z důvodu nedostatku místa na novější hale se zde v posledních letech zvyšuje i počet vstřikolisů. Novější hala je navržena podle nejmodernějších trendů, největší část tvoří vstřikolisovna, kde se nachází kolem devadesáti vstřikolisů. Další výrobní prostory vyplňují montážní stroje, kterých je zde 12. Součástí nové haly jsou pak kancelářské prostory a údržba strojů a forem. Celkem zde

pracuje přes 400 pracovníků. Zajímavostí je, že téměř všechny stroje jsou napojeny na automatizovaný skladovací systém, který je takovým srdcem celé výroby. Podíl manuálních prací je tak poměrně malý. Klade se zde velký důraz na automatizaci a digitalizaci.

Korporát jako takový vznikl v roce 1959, kdy se zabýval výrobou antén, vysílačů a přijímačů. Postupně přešel k výrobě konektorů pro automobilový průmysl. Dnes tato firma zaměstnává dohromady přes 7000 zaměstnanců napříč všemi kontinenty. Nejnovější strategií bylo vytvoření divize E-JOYN zaměřující se na robotiku, autonomní řízení a e-mobilitu. Celkem má korporát 12 poboček po celém světě a tvoří kompletní dodavatelský řetězec kabelových svazků nejen pro automobily, ale například i elektrokola nebo jiné elektricky poháněné dopravní prostředky. Plánování je zde tedy velmi důležité, jelikož výstupy jedné pobočky jsou vstupy pro pobočku druhou. Tento vysoce zákaznický orientovaný korporát patří mezi špičku v oboru a zakládá si na inovacích, vysoké agilitě vůči požadavkům zákazníka a kreativité v jejich řešeních. Firma také investuje nemalé prostředky do udržitelné budoucnosti, snaží se využívat obnovitelné zdroje, investuje do fotovoltaických elektráren a snaží se neustále inovovat dosavadní principy, aby se neustále zvyšovala její konkurenceschopnost, protože udržet krok s konkurencí nebo být dokonce před ní, je pro firmu velmi důležité (Reasons why, © 2025).



Obrázek 13 – Ukázka produktů společnosti

(Zdroj: vlastní podle Automotive, © 2025)

Do portfolia výrobků společnosti spadají konektory, které mají široké využití. Je možné je využít jak v interiéru automobilů, tak i v prostorech motoru, jelikož jsou odolné vodě, prachu i vibracím. Dále spadají do portfolia vysokonapěťová řešení pro hybridní a elektrická vozidla a lisované kovové piny, které jsou součástí konektorů. Dále různé snímače, například se jedná o plyn na motocyklech či elektrických koloběžkách. V neposlední řadě také firma nabízí kompletní kabelové svazky. V posledních letech se firma zabývá i výrobou komponentů pro elektrokola. Jednotlivé ukázky produktů můžete vidět na obrázku č. 13 a níže na obrázku č. 14 je pak ukázka závodu (Automotive, © 2025).



Obrázek 14 – Ukázka závodu

(Zdroj: Automotive, © 2025)

7 CHARAKTERISTIKA PROCESU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Na začátku každé náročnější činnosti je nesmírně důležité mít přehled o tom, co je vlastně nutné udělat, vědět proč se to dělá a co je k tomu potřeba. Jinak tomu není ani zde, v diplomové práci. Tato kapitola se zabývá představením základních principů při plánování výroby a popsáním plánu činností, které je nutné vykonat, aby bylo dosaženo cíle tohoto projektu. Je také velmi důležité, aby na začátku bylo definováno, s jakými náklady se bude projekt potýkat.

7.1 Základní principy plánování výroby

Plánování výroby je činnost, která připravuje podklad pro ostatní oddělení ve firmě. Podle tohoto podkladu pracují ostatní zaměstnanci. Cílem této činnosti, je vytvořit takový plán výroby, který zajistí, aby bylo vše vyrobeno dostatečně dopředu a aby byla zajištěna plynulost dodavatelského řetězce. Není to ovšem jediným cílem. Plánování výroby se stará i o to, aby bylo dosahováno stabilního využití výrobních zařízení a snaží se o minimalizaci přestaveb výrobních zařízení. Posledním cílem plánování výroby je optimalizace hladiny skladových zásob, protože právě tyto zásoby na sebe navazují vysoké náklady a ovlivňují výsledek hospodaření společnosti.

Cíl plánování výroby jde ruku v ruce s jejím účelem. A ten je nutné si v projektové části také definovat. Účelem plánování výroby rozumíme důvod, proč se tato činnost vykonává. Hlavním účelem je, že je firma díky tomu schopna dopředu vědět, zda daný objem zakázek stíhá a také jaké vytížení výrobních zařízení se dá očekávat. Na základě těchto informací je pak firma schopna rozvrhnout své zdroje a má přehled o tom, zda jich má dostatek nebo naopak přebytek.

Vstupy do procesu plánování výroby jsou:

- objednávky zákazníků;
- výrobní kapacity;
- materiálové zdroje;
- zkušenosti z historie.

Výstupy z tohoto procesu pak jsou:

- výrobní plány;
- plán kapacit;
- požadavky na zdroje a jejich rozvržení;
- plány pro expedici kvůli zajištění dopravy.

V poslední řadě je nutné specifikovat jednotlivé činnosti, které plánování výroby obsahuje. Jedná se nejen o tvoření plánu výroby a materiálových potřeb pro ni, ale jde také o rozvržení kapacit a zdrojů v čase. Tyto plány je nutné korigovat s ostatními odděleními a promítat jejich potřeby do reálného plánu výroby. Plánování výroby zahrnuje také monitoring a reporting.

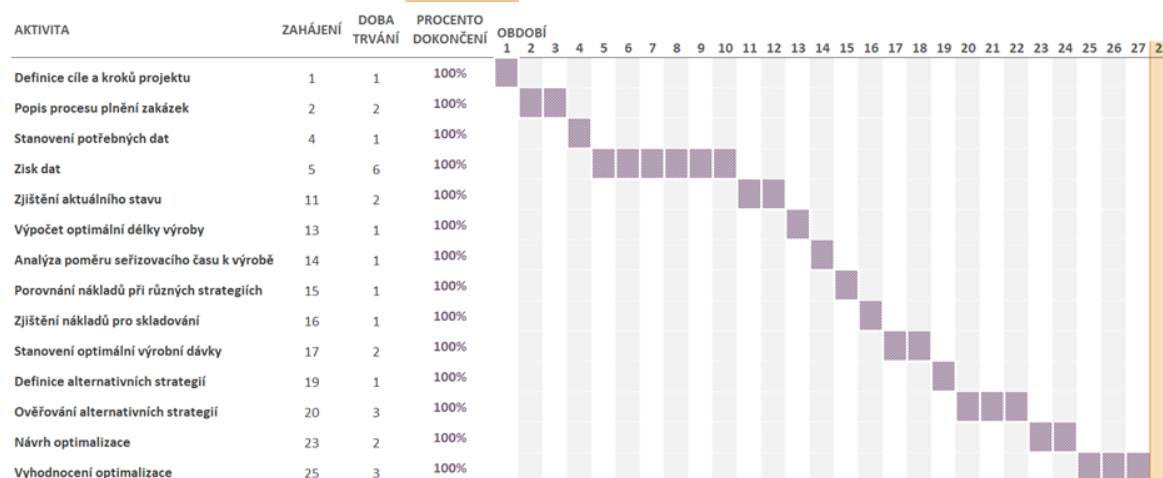
7.2 Projektový plán

Optimalizace procesu plánování nemůže začít jinak než naplánováním potřebných činností k dosažení optimalizace. Na obrázku č. 15 níže se nachází popis projektového plánu, kde v řádcích jsou popsány jednotlivé kroky, které tato diplomová práce bude obsahovat a ve sloupcích je pak trvání projektu ve dnech. Celkem se jedná o 14 činností navazujících na sebe plněné jedním člověkem, proto se nepřekrývají, trvajících celkem 27 dní. Každý den reprezentuje jednu směnu, tedy 8 hodin práce.

Projekt: Optimalizace procesu plánování výroby

Rostislav Zrník

Aktuální období: 28



Obrázek 15 – Ganttův diagram

(Zdroj: vlastní)

8 CESTA VÝROBNÍ ZAKÁZKY

Cílem této kapitoly je analyzovat jednotlivé kroky, které jsou nutné ke splnění objednávky zákazníka. Jelikož na první pohled tento proces vypadá poměrně jasné a má přesně stanovené kroky, často nám mohou unikat souvislosti mezi nimi a není úplně přesně vidět kde a jaké náklady vznikají. Postupné kroky nutné ke splnění objednávky budou proto v této kapitole popsány a jednotlivé činnosti v nich podrobně rozebrány. Kroky vedoucí ke splnění objednávky jsou znázorněny na obrázku č. 16.



Obrázek 16 – Schéma plnění objednávek zákazníka

(Zdroj: vlastní)

Impulsem pro výrobu je objednávka od zákazníka. Tato objednávka může být dvojího typu. Buď je to objednávka od přímého zákazníka, který si objednáva konektory jako vstupní materiál pro svou výrobu nebo přeprodává tyto konektory dále svým zákazníkům. Dalším typem objednávky, jsou objednávky od ostatních závodů, které jsou součástí korporátu. Všechny ostatní závody používají stejný informační systém, tento systém pak na základě dat, které do něj vstupují generuje dodací plány, které jsou potom korigovány plánovači materiálů. Velkou výhodou použití stejného informačního systému je, že můžeme nahlédnout do objednávek, které mají ostatní závody a pomůže to tak lépe pochopit jejich aktuální potřeby a s předstihem tak odhalit blížící se problémy a případně je proaktivně řešit. Zadání objednávky do systému vygeneruje automaticky takzvané LA, což je, automaticky generovaná objednávka výroby. Tato objednávka sama od sebe však nemůže být použita k výrobě. Je generována z důvodu zobrazení potřeby výroby z důvodu ulehčení plánování, jelikož tato firma vyrábí téměř 2000 různých konektorů. Bylo by tak velmi složité udržet přehled o tom, co a kdy je potřeba vyrobit. Dalším důvodem, je krátkodobé až střednědobé zobrazení plánovaných kapacit ve výrobě a také proto, abychom mohli dopředu zajistit dostatek vstupního materiálu. Když ve vývojovém diagramu odbočíme od hlavní linie, dostaneme se k popisu zajištění vstupního materiálu pro výrobu, zejména granulátu.

Systémová objednávka výroby popisovaná výše, automaticky vygeneruje požadavek na objednání materiálu. Tyto objednávky potom koriguje materiálový plánovač, aby nedocházelo k tomu, že bude na skladě materiálu příliš mnoho nebo naopak nedostatek. Materiál je objednáván dostatečně dopředu, aby nedocházelo k prostožům a výroba tak mohla plynule jet. Veškeré kroky potřebné k zajištění materiálu, běží paralelně s kroky, které jsou potřebné k přípravě výroby a ty budou nyní popsány.

Jelikož systémová objednávka jako taková nemůže být použita k výrobě, přichází náplň práce plánovačů výroby. Ti mají za úkol kontrolovat systémové objednávky a ty, které je nutné vyrobit, upraví na několikátýdenní pokrytí objednávek. Pokrytí objednávek výrobní zakázkou je pojem, který se v této diplomové práci bude vyskytovat velmi často, jelikož jedním z dílčích cílů této práce, je právě stanovení optimálního pokrytí (optimální velikosti dávky). Pokrytí se bude zobrazovat v týdnech a jinými slovy znamená, jaký časový úsek pokryje jedna výrobní dávka. O tom, kolik týdnů má výrobní dávka pokrýt, nyní rozhoduje management firmy na základě aktuální situace trhu. Plánovač výroby tedy systémovou zakázku přizpůsobí, zařadí ji na vhodný stroj v dané výrobní lince a změní její status. Ani po změně statusu však zakázka není použitelná pro výrobu. Z těchto zakázek se skládá

výrobní plán na 3-5 týdnů dopředu, který se však ještě upřesňuje. Konkrétní plánovač výroby v posledním kroku musí ještě jednou změnit status zakázky na „Released“. Taková zakázka už je potom napevno přiřazená k danému stroji a na úrovni ERP systému SAP už se s ní dále nemanipuluje. Pro lepší znázornění rozdílů mezi jednotlivými statusy výrobní zakázky, můžeme na obrázku č. 17 níže vidět, jak jsou od sebe graficky rozlišené. Žlutě se zobrazují systémové objednávky, modře potom výrobní zakázky a modře se žlutým páskem zakázky se statutem „Released“. Úplně posledním krokem, který se musí provést na úrovni výrobní zakázky, je uvolnění zakázky do MES systému. Až nyní je zakázka připravena ke spuštění a zároveň již máme zajištěný vstupní materiál. V poslední části přípravy výroby musí plánovač zadat požadavek na přípravu formy pro nástrojárnu, tento požadavek je vytvořen po skončení předchozí výroby na dané formě. Doted' byly popisovány činnosti, které provádějí THP pracovníci, z pohledu nákladů se tak jedná o režijní náklady, kterými se tato diplomová práce zabývat nebude.



Obrázek 17 – Ukázka výrobních zakázek v systému

(Zdroj: vlastní)

Příprava formy pro výrobu začíná přijetím požadavku na přípravu formy v ERP systému SAP. Tato příprava může zahrnovat velmi široké portfolio činností a ty budou nyní popsány. Nejjednodušší možností je pouze vizuální kontrola dílů, případně kontrola dílů z formy pod mikroskopem a manuální čištění hadrem namočeném v lihu nebo kartáčem. Příprava formy však většinou bývá o dost složitější. Pro zjednodušení můžeme činnosti rozdělit na 2 části. Vyčištění formy a příprava formy. Po téměř každé výrobní zakázce je nutné provést čištění. Toto čištění může být provedeno rovnou po předchozí zakázce nebo v případě menšího vytížení formy (například jednou za dva měsíce), je pak prováděno až před další výrobní zakázkou včetně přípravy. Formy se mohou čistit těmito způsoby:

- manuálně lihem a kartáčem;
- pískováním jemným pískem;
- ultrazvukem.

Samotné čištění je pak možné rozdělit ještě na 2 skupiny. Přesněji čištění a kompletní čištění. Čištění je většinou jen manuální pomocí hadru a lihu nebo kartáče. K tomuto čištění dochází právě tehdy, kdy forma vyrobila například jen 10 % své celkové kapacity. Kompletní čištění se provádí tehdy, když forma vyrábí alespoň 50 % svojí kapacity a je jím myšleno rozebrání formy na díly a vyčištění všech nečistot i v útrokách formy a samotné díly se pískují, anebo pokud je to potřeba, čistí se ultrazvukem.



Obrázek 18 – Ukázka forem

(Zdroj: vlastní)

Po vyčištění formy přichází na řadu příprava formy pro další výrobu. Příprava formy může mít také několik podob. Ta závisí na tom, zda se na formě vyrábí jen jeden index nebo je jich více. Změna indexu na formě může mít několik druhů. Těmi nejjednoduššími změnami jsou případy, kdy se mění pouze barva výrobku nebo požadované balení, protože každý zákazník může požadovat specifické balení. Příprava formy se liší tehdy, kdy zákazník například požaduje na výrobku své logo, každý index pak reprezentuje logo vložené do formy, které je pak vylisované na výrobku. Složitějším případem přípravy formy je kompletní přestavba, kdy se mění celkový vzhled nebo rozměry produktu. Po vyměnění a přesnému ustavení dílů je forma připravena do výroby, kde si ji předák převezme a doveze k určenému stroji. Na obrázku č. 18 můžete vidět, jak vypadají tyto formy. Toto jsou formy připravené ve skladu na převzetí do výroby.

Pro každou novou výrobní zakázku se musí stroj řádně připravit. Ukázku stroje můžete vidět na obrázku č. 19, nachází se zde jeden z největších vstřikolisů značky Engel. Tato příprava zahrnuje nejprve chlazení předchozí formy pomocí vodního okruhu, který je součástí formy. Ten by měl zchladit formu na zhruba 40 °C. Poté dojde k jejímu odpojení a odmagnetování a následně vytažení ze stroje pomocí jeřábu. Dalším nezbytným krokem v přípravě na další výrobu je kompletní vyčištění stroje od všech nečistot, které ve stroji vznikly při předchozí výrobě. Potrubí s materiálem musí být skrz vyhnutí se barevné kontaminaci naprázdno pročištěny tlakem vzduchu. O odvezení předchozí formy od stroje a přivezení formy další se stará předák směny.



Obrázek 19 – Ukázka vstřikolisu

(Zdroj: vlastní)

Připravená forma, kterou předák přivezl k danému stroji spolu s dokumentací nutnou pro rozjezd, se pomocí jeřábu přimagnetuje k desce stroje, následně se zapojí veškeré kabely, vodní okruh a trubky s materiálem. Jakmile je vše zapojeno, je potřebné formu nahřát na provozní teplotu a následně dojde k prvnímu zastříknutí materiálu do formy.

Toto zastříknutí je zhruba ze 75 % objemu materiálu, protože kdyby se hned v prvním cyklu použilo 100 % materiálu, kusy by zůstaly zaseknuty ve formě a ta by pak musela na opravu zpět do nástrojárny. Proto se začíná nejprve zhruba na 75 % objemu materiálu nutnému pro zástřik. Každým dalším cyklem se přidává materiál a postupně se zapínají i přídatné dotlaky až do doby, kdy dojde k plnému zastříknutí a výrobek vypadá přesně tak,

jak by měl. V tento moment má seřizovač za úkol kalibraci kamery pro počítání kusů. To probíhá tak, že vyrobí určitý počet kusů, například 50, a ty následně vyskládá na pás a kamera pak musí napočítat přesný počet kusů. Po kalibraci kamery přichází na řadu finální kontroly kvality výrobků. Ve firmě je zaveden takzvaný systém 6 očí. Prvním krokem jsou 2 oči, to znamená kontrolu kvality ze strany seřizovače. Následují 4 oči, kdy seřizovač odnese vyrobené kusy na kontrolu na oddělení kvality a konečně finální krok 6 očí symbolizuje poslední kontrolu kvality výrobků ze strany předáka směny. V tento moment můžeme rozjezd sériové výroby označit jako úspěšný.

Po úspěšném rozjezdu výroby, se může vyrábět v rozmezí páru hodin až jednotek dnů. Vždy závisí na specifikaci konkrétního výrobku, protože každý výrobek má rozdílnou dobu vstřikování, jeho forma pak může mít dvě až 32 hnízd. Samozřejmě každý výrobek pak má jiný odbyt. Více o specifikaci jednotlivých zakázek se dozvíte v kapitole 10.1. Důležitou roli v průběhu výroby každé zakázky je kontrolní interval. V průběhu výroby může docházet k opotřebením materiálu formy a jeho lámání. Kvůli zachyceným nečistotám mohou vznikat spáleniny nebo nedostříky a přetoky. Nejmenší kontrolní interval je 2 hodiny, dále to potom mohou být 4 hodiny, 6 hodin, nebo 8 hodin. Význam tohoto kontrolního intervalu spočívá v tom, že při kvalitativním problému výrobku dojde co nejdříve k zastavení výroby a jsou pak minimalizovány náklady na šrotaci nebo třízení špatně vyrobených kusů. O velikosti kontrolního intervalu rozhoduje oddělení kvality na základě zkušeností s předchozí výrobou. Forma, je po dokončení výroby sundána a odvezena do nástrojárny, kde se buď uskladní nebo se připravuje pro další výrobu.

Většina výrobních linek, včetně analyzované linky C, jsou napojeny na automatický skladovací systém. To znamená, že výrobky se samy sypou ze stroje pomocí dopravníků do krabic, které jsou pomocí dalších dopravníků dopraveny do skladu, kde dochází k jejich zaskladnění. Je důležité hlídat hladinu zásob ve skladě, protože v momentě, kdy by došlo k jeho naplnění, výroba se zastaví. V momentě, kdy jsou krabice zaskladněny a kontrola uvolní krabice vyrobené v posledním intervalu, jsou nahlášeny na sklad a krabice jsou připraveny pro expedici. V tomto momentě oddělení expedice vystaví dodací list se všemi objednanými výrobky pro daného zákazníka. Na základě dodacího listu, potom dojde k přivolání krabic z automatického skladovacího systému do expedice, kde jsou krabice přemístěny na palety. Tyto palety jsou pak zabalené z důvodu bezpečnosti při převozu a naloženy na kamion. Tímto dojde ke splnění objednávky zákazníka a celý koloběh se neustále opakuje dokola pro veškeré výrobky této společnosti.

9 SBĚR DAT PRO OPTIMALIZACI PROCESU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Z důvodu ochrany dat, byla veškerá data vynásobena koeficientem, uvedené hodnoty tak neodpovídají skutečnosti, jejich poměry jsou ale zachovány pro reálnost dosažených výsledků. Celkem je výroba na vstřikolisech rozdělena do 13 výrobních linek, které disponují od jednoho stroje až po dvacet. Jsou rozděleny podle značek (Ferromatik, Engel a Arburg), podle velikosti nebo podle umístění strojů, jelikož se tyto stroje nachází na obou výrobních halách. Pro tuto diplomovou práci s cílem optimalizovat způsob plánování výroby byla vybrána linka C, a to z důvodu své velikosti a různorodosti. Disponuje dvaceti stroji značky Ferromatik a vyskytuje se na ní velké portfolio forem. Tyto formy mají největší rozdíly ve velikosti výrobních dávek a také tedy v jejich dobách výroby. Časté jsou zde zakázky na pár jednotek hodin, které vyrábějí i třeba pouze jeden balík, a naopak je zde také velké množství zakázek, které trvají více než 5 dní. Výsledný efekt případné optimalizace zde tedy dává největší smysl a může přinést největší úsporu. V této kapitole dojde ke zjištění a výpočtu všech ukazatelů, které budou dále použity pro optimalizaci.

9.1 Výpočet času a nákladů výměny formy

Jedním z nejdůležitějších údajů pro tuto diplomovou práci, je doba, která je potřebná k výměně nástrojů pro vstřikolisování. Průběh tohoto procesu je popsán v přechozí kapitole a je důležitý z toho důvodu, že plánováním výroby můžeme přímo ovlivnit počet těchto výměn za rok. Ovlivnit to lze volbou té neoptimálnější velikosti dávky (velikost dávky ovlivňuje kolikrát za rok se bude daný produkt vyrábět a ovlivňuje tedy i náklady pro tyto činnosti). Abychom zjistili, do jaké míry tyto časy ovlivňují celkové náklady, je nutné nejprve zjistit průměrný čas potřebný pro výměnu formy. Z důvodu vysoce digitalizovaných procesů, byl tento proces sběru dat velmi jednoduchý, jelikož se všechny operace a jejich časy digitálně zaznamenávají. Toto zaznamenávání provádí předáči směn. Výstup je pak zobrazen v excelové tabulce viz obrázek č. 20.

1. Vybrat 20 strojů z Linky C 2. Vybrat období 01-08/2024 3. Vybrat událost "příprava" 4. Celkový počet hodin za dané období 5. Hodiny / počet výměn = průměrná doba výměny v dané lince

	A	B	E	H	J	K	M	N	O	R	S	T	U
		Colony	stroj	výrobek	datum1	di	datum2	do	intenz	udalost	plán	skartaz	poznámka
13	13	Ferro 17	705-749-0101	705-749-511	26.08.24	20:30	26.08.24	22:40	2:10	příprava	výprava plán		Výměna formy
14	14	Ferro 35	705-859-0101	705-859-501	26.08.24	20:30	26.08.24	23:40	3:10	příprava	výprava plán		Výměna formy
15	15	Ferro 12	706-232-0301	706-232-031	27.08.24	00:15	27.08.24	05:20	5:05	příprava	výprava plán		Výměna formy
16	16	Ferro 29	706-613-0301	706-613-031	27.08.24	00:15	27.08.24	02:30	2:15	příprava	výprava plán		Výměna formy
17	17	Ferro 05	706-671-0101	706-671-011	28.08.24	21:05	28.08.24	23:30	2:25	příprava	výprava plán		Výměna formy
18	18	Ferro 37	706-880-0301	706-880-031	27.08.24	11:00	27.08.24	12:20	1:20	příprava	výprava plán		Výměna formy
19	19	Ferro 40	706-496-0101	706-496-011	27.08.24	23:00	28.08.24	00:30	1:30	příprava	výprava plán		Výměna formy
20	20	Ferro 05	705-165-0401	705-165-512	28.08.24	01:00	28.08.24	03:30	2:30	příprava	výprava plán		Výměna formy
21	21	Ferro 36	706-195-0101	706-195-011	28.08.24	12:15	28.08.24	14:25	2:10	příprava	výprava plán		Výměna formy
22	22	Ferro 37	706-004-0101	706-004-011	28.08.24	13:45	28.08.24	16:20	2:35	příprava	výprava plán		Výměna formy / V-706-004-0101/001
23	23	Ferro 19	706-675-0101	706-675-011	28.08.24	16:05	28.08.24	17:40	1:35	příprava	výprava plán		Výměna formy
24	24	Ferro 19	706-675-0101	706-675-011	28.08.24	17:40	28.08.24	21:00	3:20	příprava	výprava plán		Výměna formy
25	25	Ferro 05	706-668-0301	706-668-511	29.08.24	00:45	29.08.24	02:10	1:25	příprava	výprava plán		Výměna formy
26	26	Ferro 17	705-881-0301	705-881-031	28.08.24	21:55	28.08.24	23:55	2:00	příprava	výprava plán		Výměna formy
27	27	Ferro 29	705-240-0101	705-240-011	28.08.24	19:40	28.08.24	21:30	1:50	příprava	výprava plán		Výměna formy
28	28	Ferro 28	705-481-0301	705-481-031	29.08.24	0:10	29.08.24	2:25	2:15	příprava	výprava plán		Výměna formy
29	29	Ferro 12	705-098-0301	705-098-031	29.08.24	6:40	29.08.24	09:00	2:20	příprava	výprava plán		Výměna formy
30	30	Ferro 36	705-338-0301	705-338-031	29.08.24	7:30	29.08.24	10:00	2:30	příprava	výprava plán		Výměna formy
31	31	Ferro 03	705-184-0401	705-184-041	29.08.24	13:00	29.08.24	14:30	1:30	příprava	výprava plán		Výměna formy
32	32	Ferro 31	707-417-0101	707-417-011	30.08.24	06:35	30.08.24	08:15	1:40	příprava	výprava plán		Výměna formy
33	33	Ferro 12	705-459-0101	705-459-011	30.08.24	18:30	30.08.24	21:46	3:16	příprava	výprava plán		Výměna formy
34	34	Ferro 40	705-875-0101	705-875-011	30.08.24	18:45	30.08.24	20:20	1:35	příprava	výprava plán		Výměna formy
35	35	Ferro 18	705-578-0101	705-578-011	30.08.24	19:20	31.08.24	02:34	3:14	příprava	výprava plán		Výměna formy
36	36	Ferro 09	705-403-0301	705-403-031	30.08.24	19:35	30.08.24	23:35	4:00	příprava	výprava plán		Výměna formy
37	37	Ferro 17	705-236-0301	705-236-031	31.08.24	2:10	31.08.24	03:40	1:30	příprava	výprava plán		Výměna formy
38	38	Ferro 29	705-165-0301	705-165-031	31.08.24	07:15	31.08.24	09:35	2:20	příprava	výprava plán		Výměna formy
39	39	Ferro 25	707-321-0101	707-321-011	31.08.24	06:40	31.08.24	08:10	1:30	příprava	výprava plán		Výměna formy
40	40	Ferro 05	705-098-0301	705-098-031	31.08.24	07:00	31.08.24	08:15	1:15	příprava	výprava plán		Výměna formy
41	41	Ferro 28	772-350-0104	772-350-501	31.08.24	12:40	31.08.24	15:20	2:40	příprava	výprava plán		Výměna formy
42	42	Ferro 33	706-668-0101	706-668-011	31.08.24	17:30	31.08.24	17:40	0:10	příprava	výprava plán		Výměna formy
43	43	Ferro 31	705-668-0101	705-668-011	31.08.24	17:40	31.08.24	21:29	3:49	příprava	výprava plán		Výměna formy
44	44	Ferro 12	705-188-0301	705-188-031	31.08.24	21:05	31.08.24	22:06	1:01	příprava	výprava plán		Výměna formy

Obrázek 20 – Zjištění času výměn forem

(Zdroj: vlastní)

Pro zjištění průměrného času potřebného k výměně formy je nutné vyznat se v daném rozhraní. Nejprve bylo nutné v sloupci B vybrat pouze ty stroje, které náleží analyzované výrobní lince C, přesněji 20 strojů značky Ferromatik. Dále bylo nutné ohraničit období. Pro tuto analýzu bylo vybráno období leden až srpen roku 2024. Posledním výběrem v této excelové tabulce bylo vybrání takzvané "události". Tato událost reprezentuje přednastavené možnosti činností, které mohou ve výrobě nastat. Mezi tyto činnosti spadají plánované odstávky strojů a nástrojů, odstávka z důvodu kvalitativních problémů, odstávky kvůli nedostatku zdrojů (například zaneprázdnění seřizovači), dále samotná výroba a vzorování nových forem a programů. Poslední možností, pro tuto diplomovou práci klíčovou, je příprava, do které spadá výměna nástroje. Při celkovém přehledu procentuálního zastoupení jednotlivých událostí právě příprava zabírá zhruba 4 % celkového disponibilního času.

Po zadání těchto parametrů, systém sám vypočítal celkový počet hodin náležících výměnám forem v dané lince, za dané období. Celkem se jedná o 5005 hodin. Abychom zjistili, kolik hodin připadá průměrně na jednu výměnu, je nutné znát, kolik výměn v daném období proběhlo. Jelikož jeden řádek odpovídá jedné výměně, stačí spočítat řádky ve výběru pomocí některé z funkcí. Celkem za dané období proběhlo 1964 výměn nástrojů.

Tabulka 1 – Výpočet času výměny formy

Čas strávený výměnami forem (hod)	Počet výměn forem	Počet hodin připadající na 1 výměnu formy
5005	1964	2,55 (2:33)

(Zdroj: vlastní)

Při vydělení získaných hodnot zjistíme, že v lince C trvá výměna nástroje průměrně 2 hodiny a 33 minut, což je možné vidět v tabulce č. 1.

Abychom byli v další části této práce schopni správně porovnat významnost přípravných prací vůči nákladům na samotnou výrobu, musíme znát hodinou sazbu stroje a hodinovou mzdu seřizovače. Problémem je, že mzda seřizovačů, operátorů a předáků jednotlivých směn spadají pod jedno nákladové středisko a rozkládají se do hodinové sazby strojů. Tato sazba činí pro vybranou výrobní linku 4C 503,5 Kč/hod. Jelikož je tato částka včetně nákladů na mzdy seřizovače, je nutné tuto sazbu očistit právě o náklad na seřizovače. Nejprve bylo nutné zjistit průměrnou mzdu seřizovačů, která činí 280 korun na hodinu. Abychom byli správně schopni očistit celkovou sazbu od práce seřizovače, bylo nutné zjistit, kolik procent z této částky připadá na výměnu forem. Z evidence výroby, která byla použita i pro zjištění času na výměnu formy, bylo zjištěno, že za období leden až srpen 2024 se v dané lince vyrábělo 59489 hodin a formy se vyměňovaly 5005 hodin. To znamená, že 6 % z celkové sazby 503,5 Kč připadá na výměnu forem. Očištěná sazba stroje od práce seřizovače činí 473,3 Korun. Vzorec, který byl pro tento výpočet vytvořen můžete vidět níže.

$$\text{čistá sazba} = \left(\text{celková sazba stroje} * \frac{\text{počet hodin výroby}}{\text{počet hodin výměn forem}} \right) * \text{prům. mzda}$$

(Zdroj: vlastní)

Použitá data jsou pro lepší přehled znázorněny v tabulce č. 2.

Tabulka 2 – Výpočet sazby stroje

Výpočet čisté hodinové sazby stroje Ferromatik 85T	
Hodinová práce seřizovače	280 Kč/hod
Hodinová sazba stroje včetně obsluhy	503,5 Kč/hod
Počet hodin pro výměnu forem	5005
Počet hodin pro výrobu	89489
Podíl práce seřizovače vůči výrobě v lince 4C	6 %
Čistá hodinová sazba stroje	473,3 Kč/hod

(Zdroj: vlastní)

9.2 Výpočet času pro přípravu formy

Další část nákladů, které se vztahují ke každé výrobní zakázce a jejich hodnota se mění s počtem zakázek za rok, jsou náklady na přípravu a čištění forem. Zjistit hodinovou mzdu bylo jednoduché, je to přímo stanovená hodnota na hodinu práci seřizovače v kmenových datech systému. Tato sazba činí 665 Kč/hod. Složitější částí pro získání dat, je zjištění průměrného času pro přípravu a čištění formy, a to z toho důvodu, že některé formy vyrábí pouze jeden index a některé jich můžou vyrábět více jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole. Liší se pak náklady na přípravu těchto forem. Pro co největší zpřesnění, byl vytvořen seznam všech forem v dané lince, tyto formy pak byly analyzovány z hlediska typu výroby. Konkrétně aktivita, protože ne všechny formy mají požadavky na výrobu. Dalším parametrem je údaj o tom, zda se forma přestavuje na jiné indexy nebo vyrábí pouze jeden. Třetím údajem na základě, kterého je nutné formy rozdělit, je počet kavit, který může být od jedné do třiceti dvou. Z toho důvodu, že každá forma je trochu jiná a pokaždé trvají jednotlivé úkony na nich trochu jinou dobu, tak neexistuje žádný normativ ani dostupná databáze, ze které by šly data automaticky stáhnout. Bylo tak ke stanovení průměrných nákladů na přípravu formy nutné projít jednotlivé karty nástroje a manuálně z nich vytáhnout reálně vykázané hodiny na jednotlivé úkony spadající k přípravě a čištění formy, tedy ke každé aktivní formě přiřadit časové údaje a z nich potom vypočítat průměrnou sazbu na přípravu a čištění jedné formy připadající na jednu výrobní zakázku. Na dalším obrázku č. 21 můžete vidět tabulku použitou pro zápis dat o jednotlivých formách včetně výpočtu

průměrných hodnot. Celkem se v analyzované výrobní lince nachází 137 aktivních forem, z nich u celkem 44 forem se při každé výrobní zakázce provádí přestavba indexu. Můžeme vidět, že v průměru připadá na přípravu jedné formy 3,48 hodin a jelikož už známe hodinovou sazbu na práci nástrojáře, můžeme lehce zjistit, že sazba na přípravu jedné formy pro jednu výrobní zakázku, je 2314 Kč.

				(hod)	(Kč)
			průměr =	3,48	2314
číslo formy	aktivita	přestavba	kavity	příprava formy (hod)	příprava formy (Kč)
W-70000A0401	ano	ano	2	3,1	2061,5
W-70000A0403	ano	ano	4	3	1995
W-7050590301	ano	ano	8	3	1995
W-7050760101	ano	ne	4	4	2660
W-7050850301	ano	ne	4	4	2660
W-7050860201	ano	ano	8	2,4	1596
W-7050970301	ano	ne	4	4,2	2793
W-7050980301	ano	ano	8	3,8	2527
W-7051370301	ano	ano	4	4	2660
W-7051650101	ano	ano	4	3	1995
W-7051650301	ano	ano	8	4,2	2793
W-7051650401	ano	ano	8	3,4	2261
W-7051810101	ano	ne	8	5	3325
W-7051840401	ano	ano	8	5	3325
W-7051880201	ano	ne	4	1,75	1163,75
W-7052080201	ano	ne	8	4,4	2926

Obrázek 21 – Výpočet času pro přípravu formy

(Zdroj: vlastní)

9.3 Layout výrobní haly

Na obrázku č. 22 je zjednodušený layout výrobní haly. Na tomto layoutu se nachází vstříkolisy od třech různých výrobců ve čtyřech řadách seřazených podle velikosti a typu. Celkem je v hale 93 strojů. Na layoutu je žlutě vyznačených dvacet vstříkolisů. Těchto dvacet strojů je součástí analyzované linky 4C a bude sloužit jako podklad k dalším analýzám, konkrétně pro spaghetti diagram, kterým slouží k zobrazení pohybu seřizovačů a také pro vytvoření co nejreálnější simulace tohoto výrobního procesu.



Obrázek 22 – Zjednodušený layout výrobní haly

(Zdroj: vlastní)

9.4 Výpočet nákladů pro skladování

Posledním údajem, který bude nutné znát pro správné určení té neoptimálnější strategie stanovení délky výrobní zakázky, jsou náklady na skladování v automatickém skladovacím systému. Pro získání tohoto údaje bylo nutné zjistit, jaké byly vstupní investice tohoto systému a jaké jsou jeho provozní náklady. Nejprve bylo nutné určit, kolik místa tento systém zabírá ve výrobní hale a poměrově pak vyčíslit z ročního odpisu kolik připadá na tento systém. Další vstupní informací je cena, kterou stál samotný systém, z důvodu ochrany údajů firmy nebude zmíněno kolik jednotlivé položky představují. Pro představu ale zmíním, že jen samotný automatický sklad stál zhruba 150 milionů korun. Další náklady, které je nutné do tohoto výpočtu zahrnout, jsou náklady na údržbu a spotřeba elektřiny. Jelikož se jedná o automatizovaný systém, neuvažují se personální náklady.

Tabulka 3 – Výpočet nákladů pro skladování

Položka:	Kč
Celkové roční náklady	19 867 680
Počet pozic ve skladu	30 240
Náklady na 1 pozici / rok	657
Náklady na 1 pozici / den	1,8

(Zdroj: vlastní)

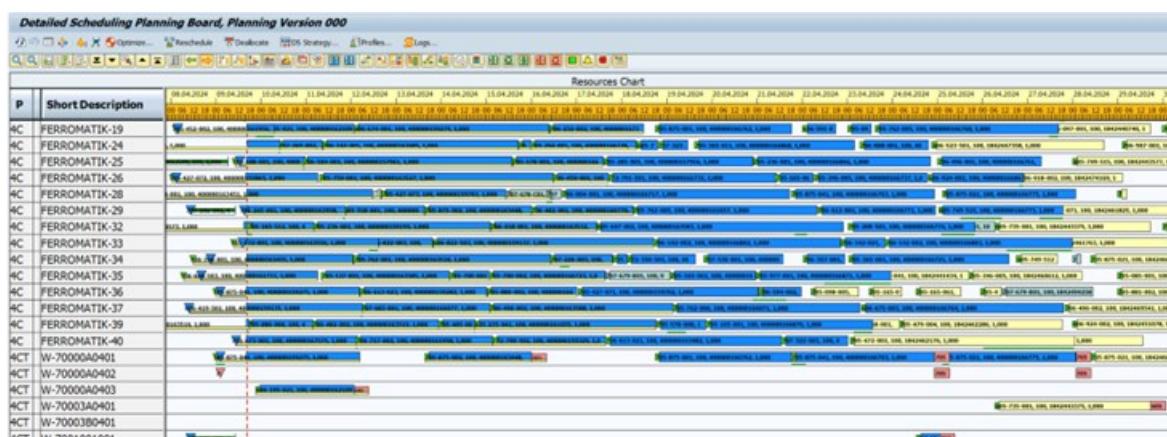
V tabulce č. 3 můžete vidět zjednodušený postup výpočtu nákladů pro skladování v automatizovaném systému. Tyto data jsou opět pozměněny pomocí indexu, kterým byla vynásobena všechny vstupní data. Můžeme vidět, že celkové roční náklady na skladování, ve kterém jsou zohledněny všechny druhy nákladů, dosahují téměř dvaceti milionům korun ročně. Je tak na první pohled zcela jasné, že tyto náklady hrají velkou roli v rozhodování ohledně toho, kolik se toho má vyrábět, a tedy i skladovat. Konečný údaj, který je nutné znát pro vyhodnocení analýzy je, že jedna položka ve skladu stojí **1,8 korun za den**.

10 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROCESU A STANOVENÍ OPTIMÁLNÍ VELIKOSTI VÝROBNÍ DÁVKY

Tato kapitola se zabývá analýzou plánování výroby ve vybrané společnosti. Navazuje na předchozí kapitolu, kde bylo popsáno to, jak se jednotlivá data získala a nyní dojde k jejich využití. Nejprve je nutné představit systém jako celek a poté se podívat přímo na jednotlivé aspekty, které je nutné zvážit při tvorbě výrobního plánu. Cílem této kapitoly je poukázat na to, jak se mění náklady ovlivnitelné volbou různých velikostí výrobních dávek. Po provedení jednotlivých analýz by mělo být možné určit to, na jaké pokrytí by se mělo optimálně vyrábět tak, aby byly minimalizovány náklady, které lze ovlivnit. Cílem této kapitoly je stanovit, kolikrát za rok se bude daný výrobek vyrábět, a tedy kolikrát dojde k přípravě výroby. Tato kapitola se bude soustředit na náklady na přípravu a údržbu forem, výměnu a najíždění výroby a náklady pro skladování výrobků. Ve finále by se tyto náklady měly protnout a vytvořit optimum.

10.1 Aktuální stav zakázek a jejich specifikace

Aby bylo možné pracovat na optimalizaci jakéhokoli procesu, jednou z nejdůležitějších částí je vždy zhodnocení aktuálního stavu, protože až po tom, co dojde ke zjištění, kde právě daný proces stojí, je možné jej nasměrovat k jeho zlepšení.



Obrázek 23 – Ukázka plánovacího systému

(Zdroj: vlastní)

V analyzované výrobní lince 4C, se nachází dvacet strojů. Na těchto dvacet strojů je navázaných přes tři stovky vstřikolisovacích forem. Z tohoto celkového počtu se na zhruba polovině z nich aktivně vyrábí. Ostatní formy jsou například pro výrobu náhradních dílů nebo je u nich ohlášen konec výroby. Tento objem forem zajišťuje, že se zde vyrábí široké

portfolio výrobků, kdy každý z nich má jiné objednávky, a to je pak důvodem velké různorodosti v délce výrobních zakázek co se objemu hodin týče. Případná optimalizace tak zde má největší smysl, protože nízký objem výrobních hodin ve výrobní zakázce pro méně obrátkové výrobky způsobuje neefektivitu a prostoje z důvodů častých výměn forem. Tento jev pak přidává práce nejen seřizovačům, ale také nástrojárně, protože musí připravovat a čistit více forem. Ukázku plánování výrobních zakázek můžete vidět na obrázku č. 23, kde je zobrazena plánovací tabule vybrané výrobní linky. V levém sloupci jsou názvy strojů a modré obdélníky pak zobrazují výrobní zakázky k nim přiřazené v daný reálný čas.

Výrobní zakázky je možné rozdělit do třech skupin:

1. Vysoko-obrátkové výrobky
2. Středně-obrátkové výrobky
3. Nízko-obrátkové výrobky

Vysoko-obrátkové výrobky jsou tou nejlepší možností. Vyrábí se vždy na plnou kapacitu, v některých případech i několikrát za měsíc. Plná kapacita znamená, že každá taková výrobní zakázka trvá několik dní a taková zakázka je vždy tou nejefektivnější možnou. Způsobuje dobré vytížení výrobního zařízení. U těchto výrobků optimalizace nemá význam, protože každá taková výroba je efektivní.

Další skupinou jsou středně-obrátkové výrobky. Jedná se o výrobky, které nemají tak velké požadavky pro výrobu jako ty vysoko-obrátkové, stále však tvoří podstatný objem prodeje firmy. Oproti vysoko-obrátkovým výrobkům je hlavní rozdíl v tom, že se tyto výrobky nevyrábí na plnou kapacitu formy. V praxi to znamená, že je pro tyto výrobky stanovena hranice pokrytí objednávek v týdnech a podle ní se stanovuje velikost zakázky (V případě, že je tato hranice například 4 týdny, naplánuje se výrobní zakázka, která bude pokrývat období 4 týdnů od výroby a po uplynutí této doby se vyrábí opět další dávka na pokrytí dalších 4 týdnů). Stanovit právě toto optimální pokrytí je jedním z dílčích cílů této diplomové práce. Mezi tyto středně-obrátkové výrobky spadá odhadem 60-70 % z celkového portfolia. Můžeme tak říct, že je zde potenciál pro výraznou optimalizaci plánování výroby. Aktuálně není stanovení těchto dávek podloženo žádnými daty a odhaduje se podle toho, jaká je zrovna situace na trhu.

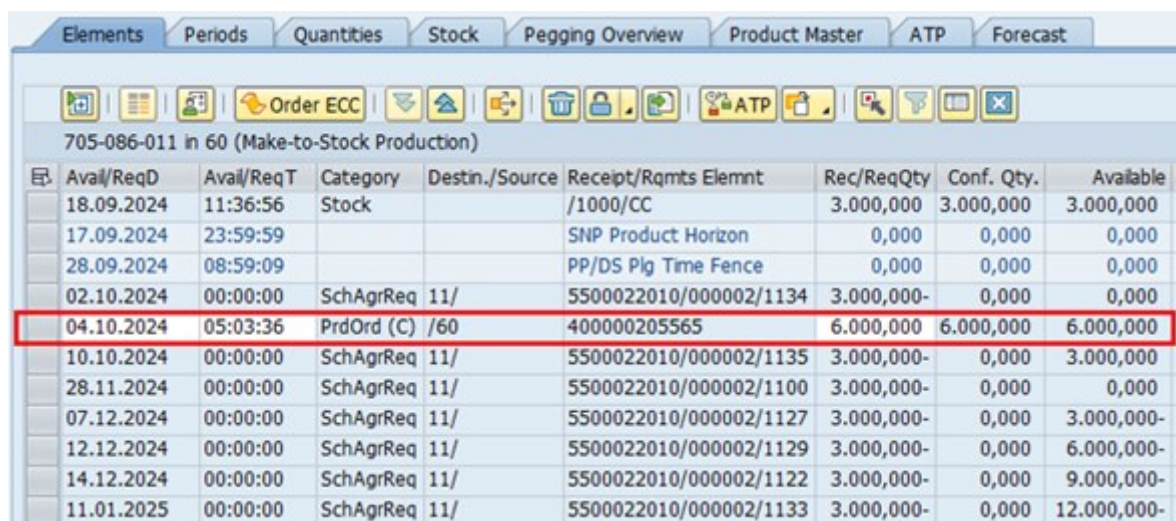
Aval/ReqD	Aval/ReqT	Category	Destin./Source	Receipt/Rqmts Elemnt	Rec/ReqQty	Conf. Qty.	Available
18.09.2024	11:17:06	Stock		/1000/CC	60.000,000	60.000,000	60.000,000
17.09.2024	23:59:59			SNP Product Horizon	0,000	0,000	0,000
28.09.2024	11:17:05			PP/DS Plg Time Fence	0,000	0,000	0,000
03.10.2024	01:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1700	30.000,000-	0,000	30.000,000
09.10.2024	09:10:00	PrdOrd (C)	/60	400000205135	100.000,000	100.000,000	130.000,000
10.10.2024	01:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1445	20.000,000-	0,000	110.000,000
17.10.2024	01:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1716	40.000,000-	0,000	70.000,000
31.10.2024	00:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1708	50.000,000-	0,000	20.000,000
07.11.2024	00:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1709	20.000,000-	0,000	0,000
14.11.2024	00:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1693	10.000,000-	0,000	10.000,000-
21.11.2024	00:00:00	SchAgrReq	80/	5500021989/000003/1613	20.000,000-	0,000	30.000,000-

Obrázek 24 – Plánování středně-obrátkového výrobku

(Zdroj: vlastní)

Pro lepší pochopení problematiky můžete na obrázku č. 24 výše vidět plánování středně-obrátkového materiálu. Červeně je vyznačena výrobní zakázka. Skladová zásoba je pak vidět v posledním sloupci. Můžeme zde sledovat plánování na základě datumů, kdy je výrobní zakázka zaplánována na 9.10.2024, což je 7-10 dní před potřebou nových výrobků a pokrývá objednávky na zhruba 4 týdny. Vyrábí se 100 000 kusů což není plná kapacita formy. Ta je 180 000 kusů na jednu výrobní zakázku, nejedná se tedy o vysoko-obrátkový produkt. Díky stanovení optimálního pokrytí výrobní zakázky jsme schopni ovlivnit kolikrát za rok se bude daná zakázka vyrábět, což přímo ovlivňuje náklady na přípravu formy pro výrobní zakázku a následnou výměnu formy a rozjezd výroby.

Poslední a nejméně efektivní skupinou produktů jsou nízko-obrátkové výrobky a náhradní díly. Zde je nejtěžší odhadnout optimální výrobní dávku, a to z toho důvodu, že vyrábět velké dávky vyvolá pokrytí objednávek na několik měsíců, což vyvolává náklady na skladování a může se stát, že tím, jak je automobilový průmysl nestabilní, nakonec se výrobky ani neprodají a zůstanou na skladě velmi dlouho nebo se vůbec neprodají a bude nutné je po čase sešrotovat. Na druhou stranu je také problém to, že v případě výroby například jedné krabice, vzniká vysoká neefektivita ve výrobě.



Avail/ReqD	Avail/ReqT	Category	Destin./Source	Receipt/Rqmts Elemnt	Rec/ReqQty	Conf. Qty.	Available
18.09.2024	11:36:56	Stock		/1000/CC	3.000,000	3.000,000	3.000,000
17.09.2024	23:59:59			SNP Product Horizon	0,000	0,000	0,000
28.09.2024	08:59:09			PP/DS Plg Time Fence	0,000	0,000	0,000
02.10.2024	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1134	3.000,000-	0,000	0,000
04.10.2024	05:03:36	PrdOrd (C)	/60	400000205565	6.000,000	6.000,000	6.000,000
10.10.2024	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1135	3.000,000-	0,000	3.000,000
28.11.2024	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1100	3.000,000-	0,000	0,000
07.12.2024	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1127	3.000,000-	0,000	3.000,000-
12.12.2024	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1129	3.000,000-	0,000	6.000,000-
14.12.2024	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1122	3.000,000-	0,000	9.000,000-
11.01.2025	00:00:00	SchAgrReq	11/	5500022010/000002/1133	3.000,000-	0,000	12.000,000-

Obrázek 25 – Plánování nízko-obrátkového výrobku

(Zdroj: vlastní)

Pro vysvětlení nízko-obrátkových produktů můžete na obrázku č. 25 vidět, že plánovaná výrobní zakázka má skončit zhruba 7-10 dnů před potřebou nových výrobků. Tato výrobní dávka pokryje objednávky na 2 měsíce. Celková kapacita této formy je 90 000 ks a plánovaná dávka je pouze 6 000 ks. Výroba je tak velmi krátká a tato zakázka bude tedy vysoce neefektivní, pravděpodobně bude její celá doba výroby kratší než čas potřebný pro její přípravu. Otázkou pro tuto diplomovou práci u této skupiny je, zda jdou tyto zakázky pro nízko-obrátkové produkty nějakým způsobem přiblížit efektivnosti nebo je výroba na delší pokrytí natolik riskantní skrz neodebrání výrobků a také skrz vytvoření vysokých skladovacích nákladů.

Analýza současného stavu odhalila, že je u středně a nízko-obrátkových materiálů potenciál pro nalezení optimalizačního návrhu na stanovení velikosti výrobní dávky. Aby bylo však možné stanovit optimální velikost dávky, bude nyní nutností využít data z přechozí kapitoly a analyzovat to, jak se mění náklady na výměnu forem, přípravu forem a náklady na skladování u těchto dvou skupin s měnícím se pokrytí objednávek výrobní dávkou v týdnech, tedy kolikrát do roka se bude daný produkt vyrábět. Pro porovnání přístupů ke stanovení optimální velikosti výrobní dávky bude také použit standardizovaný výpočet podle EOQ. Tato kapitola má za cíl zajistit, aby stanovení velikosti dávky bylo podloženo reálnými daty.

10.2 Výpočet optimální výrobní dávky podle EOQ

V teoretické části, v kapitole 3.2.2, již byly popsány jednotlivé možnosti, jak stanovit optimální výrobní dávku podle již zavedených postupů. Pro tento výpočet byl zvolen postup podle ukazatele výpočtu ekonomické velikosti dávky (Economic Order Quantity). Pro výpočet optimální výrobní dávky byly zvoleny dva reprezentativní výrobky. Jeden středně-obrátkový s objednávkami 10 krabic týdně a druhý nízko-obrátkový s objednávkami na dvě krabice týdně. Nejprve bude vypočtena optimální výrobní dávka pro středně-obrátkový.

1. Optimální výrobní dávka – středně-obrátkový produkt

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 * 520 * 3028}{1,8 * 365}} = \sqrt{\frac{3149120}{657}} = 70 \text{ krabic}$$

Za D bylo dosazeno 520 objednaných krabic ročně. Tento počet vychází z 10 krabic objednávaných 52 týdnů. 3028 reprezentuje náklady na přípravu formy v nástrojárně a výměnu formy na stroji. 1,8 je cena skladování jedné krabice za den. Výpočet určil, že by se mělo vyrábět 70 krabic v jedné dávce, to znamená pokrytí objednávek na 7 týdnů.

2. Optimální výrobní dávka – nízko-obrátkový produkt

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 * 104 * 3028}{1,8 * 365}} = \sqrt{\frac{629824}{657}} = 31 \text{ krabic}$$

Stejným způsobem bylo s jediným rozdílem vypočítáno optimum i pro nízko-obrátkový výrobek. Jediný rozdíl byl v právě objednaných krabicích za rok, těch bylo celkem 104. Optimální výrobní dávka by měla být 31 krabic, to je při odběru 2 krabic týdně pokrytí na 16 týdnů. Tyto optima budou v dalších kapitolách použity pro srovnání s hodnotami získanými detailnější analýzou specifikovanou pro daný typ výroby.

10.3 Výpočet poměru času seřízení k celkové době výroby

Cílem této analýzy, je stanovit hranici efektivnosti výrobní zakázky z hlediska naplánované doby výroby. Díky datům získaným v předchozí kapitole můžeme přesně vyjádřit, jak se mění poměr nákladů na výměnu formy vzhledem k celkovým nákladům na výrobu. Tento vývoj můžete vidět v tabulce č. 4. V prvním sloupci je počet hodin, které trvá vyrobit danou výrobní zakázku, tyto hodiny jsou pouze pomocné k zobrazení vývoje nákladů a nepředstavují reálné zakázky. V dalších sloupcích jsou potom náklady na výrobu a výměnu forem. V posledním sloupci můžete vidět procentuální vývoj poměru těchto nákladů s rostoucím časem výroby. Je zřejmé, že čím delší dobu trvá výrobní zakázka, tím je efektivnější s ohledem na čas přípravy výroby. Ideální by bylo plánovat zakázky co nejdelší, aby procento, které je možné vidět v posledním sloupci tabulky bylo co nejmenší. Typ výroby nám to však nedovolí. Pod jedno procento bychom se dostali až u 140 hodin výroby a takovéto zakázky jsou velmi ojedinělé.

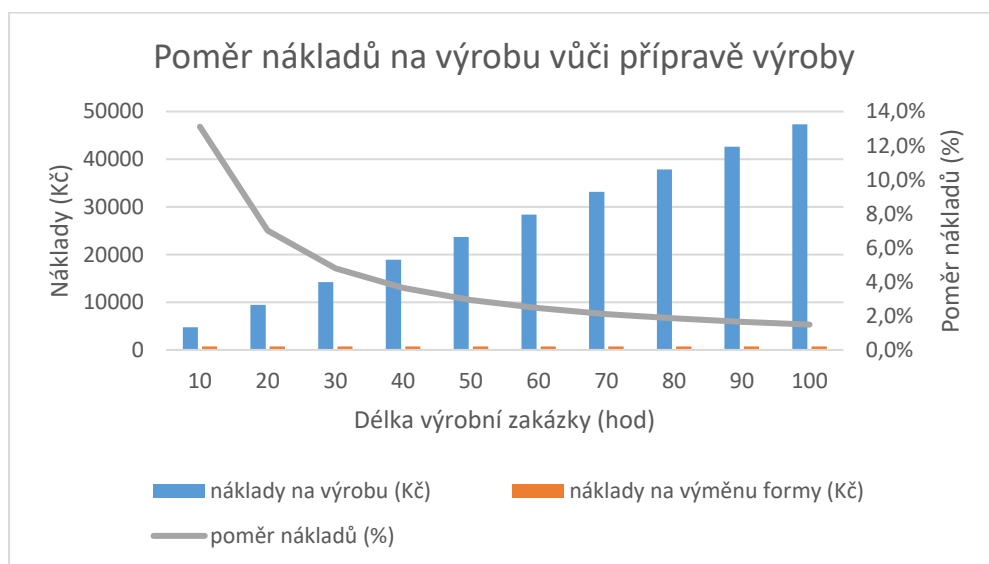
Tabulka 4 – Vývoj poměru nákladů na výměnu formy vůči výrobě s rostoucí dobou výroby

Počet hodin trvání výroby dané dávky	Náklady na výrobu (Kč)	Náklady na výměnu formy (Kč)	Poměr nákladů (%)
10	4733	714	12,1
20	9466	714	6,4
30	14199	714	4,4
40	18932	714	3,3
50	23665	714	2,7
60	28398	714	2,2
70	33131	714	1,9
80	37864	714	1,7
90	42597	714	1,5
100	47330	714	1,4

(Zdroj: vlastní)

Vzhledem k tomu, že se zde většinou jedná o zakázky s výrobní dobou do 100 hodin, je nutné stanovit hranici efektivnosti výroby výrazně výše než 1 % nákladů na výrobu a výměnu forem. Po konzultaci se zaměstnanci dané firmy bylo rozhodnuto, že bude tato hranice stanovena na úroveň 5 % z důvodu povahy výroby a různorodosti výrobních zakázek, která byla již popsána. Uvedený podíl nákladů je pro firmu přijatelný a tato hranice tak bude dále sloužit jako měřítko pro **rozdělení na efektivní a neefektivní výrobní zakázky**.

Na obrázku č. 26 můžete vidět graf vytvořený ze zjištěných dat. Je zde znázorněn vývoj nákladů od 10 hodin výroby až po 100 hodin. Důležitá je zde zejména šedá křivka, která znázorňuje vývoj poměru nákladů na výměnu formy na stroji v porovnání s náklady celkovými. Hranice efektivnosti výrobní zakázky je 5 %. Pokud bychom hranici efektivnosti snížili pod 5 %, spadlo by pod tuto hodnotu velké množství zakázek, které by byly automaticky označeny za neefektivní. To by výrazně zkomplikovalo další kroky. Místo toho je vhodnější zaměřit se na úpravu plánování u skutečně nejvíce neefektivních zakázek. Při opačném přepočtu, jehož cílem bylo zjistit kolik hodin výroby odpovídá 5 % poměr nákladů odpovídá 26 hodinám výroby. Tato hodnota bude dále využita v další kapitole, kdy bude sloužit jako měřítko pro rozdělení zakázek.



Obrázek 26 – Poměr nákladů na výrobu vůči přípravě výroby

(Zdroj: vlastní)

10.4 Porovnání nákladů na přípravu výroby při různých strategiích

Každá zakázka na sebe váže náklady v nástrojárně na přípravu a čištění formy a poté na práci seřizovačů. Při plánování na pokrytí objednávek různého počtu týdnů se mění počet zakázek za rok. S měnícím se počtem zakázek za rok se mění i počet příprav a výměn forem, a to přímo ovlivňuje náklady. Bude se zde počítat se strategií, kdy by měla výroba končit týden před objednávkou a pokrývat objednávky na další 3 až 7 týdnů, těmto strategiím odpovídají sloupce v tabulce níže 3, 4, 5, 6 a 7. V následující tabulce č. 5 můžete vidět, jak se náklady na spuštění výroby mění. Do výpočtu nejsou zahrnuty samotné náklady na výrobu z toho důvodu, že čas výroby celkového objemu na 1 rok se bude vyrábět stále stejně dlouho a je tak pro nás v této analýze irelevantní, zde je rozpočítáno na kolik dávek se bude celkový roční objem objednaného výrobku vyrábět.

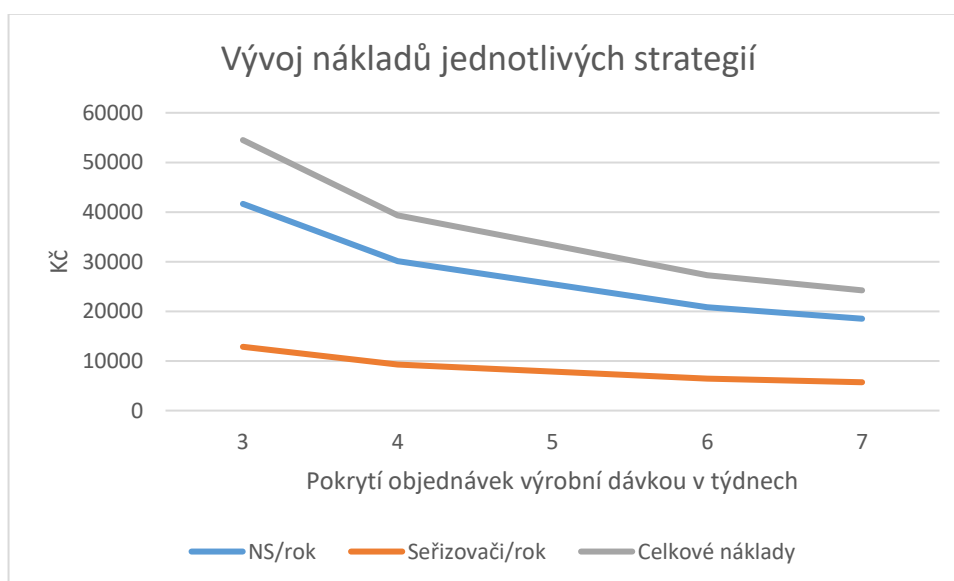
V tabulce č. 5 můžeme sledovat vývoj jak jednotlivých, tak i celkových nákladů připadajících k jednotlivým strategiím. Každá strategie tedy reprezentuje počet týdnů, které pokryje jedna výrobní dávka. Nejprve bylo nutné zjistit, kolik výrobních zakázek se musí při jednotlivých strategiích vyrobit za rok. Je možné vidět, že při strategii pokrytí na 3 týdny by se muselo vyrobit 18 výrobních zakázek za rok, kdežto při pokrytí na 7 týdnů by to bylo o více než polovinu zakázek méně. V dalších řádcích jsou potom v korunách vypsány náklady na jednotlivé úkony spadající k činnostem nástrojárny a seřizovačů. Nejvíce vypovídajícím řádkem v tabulce je ten poslední. Bylo zde stanoveno, že strategie na 3 týdny odpovídá maximálním, tedy 100 % nákladům. Další strategie jsou pak vztaženy vůči této strategii na pokrytí 3 týdnů. Můžeme tak sledovat, jak se náklady procentuálně mění. Největší rozdíl je viditelný mezi strategií pokrytí na 3 a na 4 týdny. Rozdíl je zde až o 28 %, což v peněžních jednotkách znamená, že pokud přejdeme ze strategie pokrytí třech týdnů na čtyři, tak tato změna dokáže ušetřit až 15 140 Kč za rok pro jeden výrobek. Další 2 strategie na pokrytí pěti a šesti týdnů se mění proporciálně. Je to způsobeno tím, že strategie na pokrytí pěti týdnů ušetří 2 zakázky za rok, stejně tak strategie na pokrytí šesti týdnů ušetří 2 výrobní zakázky za rok oproti pokrytí na 5 týdnů. Rozdíly mezi náklady na tyto strategie jsou shodně 11 %. Náklady strategie na pokrytí 7 týdnů zakázek se pak vyvíjí podproporciálně a oproti předchozí strategii ušetří jen 6 %.

Tabulka 5 – Náklady na přípravu výroby při různých velikostech dávky

	3	4	5	6	7
Počet zakázek za rok	18	13	11	9	8
Nástrojárna / zakázka (Kč)	2314	2314	2314	2314	2314
Nástrojárna / rok (Kč)	41652	30082	25454	20826	18512
Seřizovači / zakázka (Kč)	714	714	714	714	714
Seřizovači / rok (Kč)	12852	9282	7854	6426	5712
Celkové náklady (Kč)	54504	39364	33308	27252	24224
Rozdíl v %	100	72	61	50	44

(Zdroj: vlastní)

Pro lepší znázornění vývoje jednotlivých nákladů byl sestaven graf, který je možné sledovat na dalším obrázku č. 27. Již na první pohled je možné říct, že nejvýraznější úspory je možné dosáhnout při rozhodování se mezi strategiemi na pokrytí 4, 5 a 6 týdnů. Aby bylo možné zvolit strategii, která povede k minimalizaci nákladů a maximální efektivitě plánování výrobních dávek, je třeba podívat se na problematiku i z opačné perspektivy. Tou perspektivou jsou myšleny náklady na skladování výrobků. Tyto budou vyčísleny v následující podkapitole 10.5.



Obrázek 27 – Graf vývoje nákladů při různých velikostech dávky

(Zdroj: vlastní)

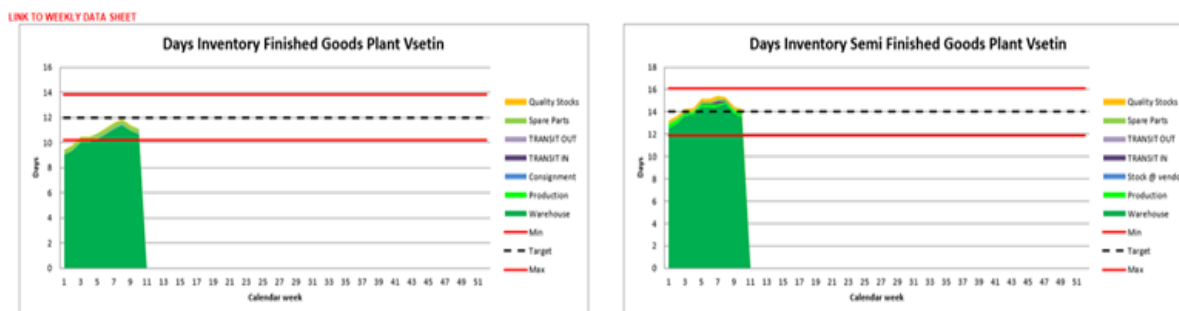
10.5 Objem skladových zásob

Dalším parametrem, který je nutné zvážit při stanovení velikosti zakázky, jsou skladové zásoby. Skladovací náklady jsou jakýmsi protichůdcem nákladů na přípravu forem a práci seřizovačů. Je tomu tak z toho důvodu, že náklady na skladování s rostoucím pokrytím objednávek rostou, kdežto náklady na přípravu a rozjezd výroby naopak s rostoucím pokrytím klesají. Při stanovení optimální velikosti zakázky tak musíme zvážit tuto další proměnnou, které je věnována tato podkapitola.

10.5.1 Způsoby hlídání hladiny skladových zásob

Firma má k dispozici automatický skladovací systém se 32 000 položkami. Všechny stroje, které jsou umístěny na této hale, jsou napojeny na dopravníkový systém, pomocí kterého jsou krabice přemísťovány přímo od stroje do skladu. Tento sklad je tvořen regály, mezi kterými jezdí automaticky naváděné vozíky, které se starají o zaskladnění nově vyrobených krabic, a naopak vyskladnění krabic do expedice nebo pro další zpracování. Kdyby došlo k naplnění skladu, výroba by se zastavila, protože by nebylo možné zaskladnit nově vyrobené krabice. Je proto nutné hlídat hladinu stavu zásob nejen proto, že skladovací prostory jsou limitované, ale také proto, že na sebe vážou velký objem peněz. Tento sklad je plně digitalizovaný a je tak možné v reálném čase vidět, kolik se v něm aktuálně nachází obsazených pozic. Na základě předpokládaných objemů výroby a prodeje se sestavuje plán využití skladu na tři měsíce dopředu.

Jakožto každý proces ve firmě, tak i plánování výroby musí být kontrolováno. Výkony jsou kontrolovány několika způsoby. Nejpoužívanějším způsobem kontroly plánování je sledování stavu zásob vzhledem k plánovaným prodejům. Pro tuto metodu jsou sbírány automaticky data, která jsou pak vyhodnocována pomocí kontrolního diagramu. Tyto data jsou vyhodnocována na základě metodiky DIFC z anglického „days inventory on forecast“. Zjednodušeně tato metodika vyjadřuje, na kolik dnů jsou pokryté objednávky. Vypočítá se jako podíl hodnoty skladu ve finančních jednotkách a předpokládaných prodejů na 90 dnů ve finančních jednotkách. Pro jednotlivé druhy zásob jsou pak stanoveny cílové hodnoty vedením společnosti a cílem úseku logistiky je těchto cílů dosahovat.



Obrázek 28 – Ukázka kontroly hladiny skladových zásob

(Zdroj: vlastní)

V obrázku č. 28 výše můžete vidět 2 kontrolní diagramy, které jsou výstupem této kontrolní metody sledování stavu zásob. V diagramech můžeme vidět požadovanou hodnotu skladových zásob, ale i horní či dolní mez. Ideální je mít zásob tak akorát, protože i když málo zásob může znít lákavě, pravděpodobně je někde něco špatně a vzniká riziko v plnění objednávek. Pokud by se hladina blížila k horní hranici, musí se podniknout opatření k zastavení trendu. Mezi tyto opatření patří nejčastěji zkrácení pokrytí objednávek pomocí zkrácení výrobních dávek například o jeden týden pokrytí. Radikálnějším řešením, které je však ekonomicky výhodnější, je odstávka.

10.5.2 Výpočet skladovacích nákladů

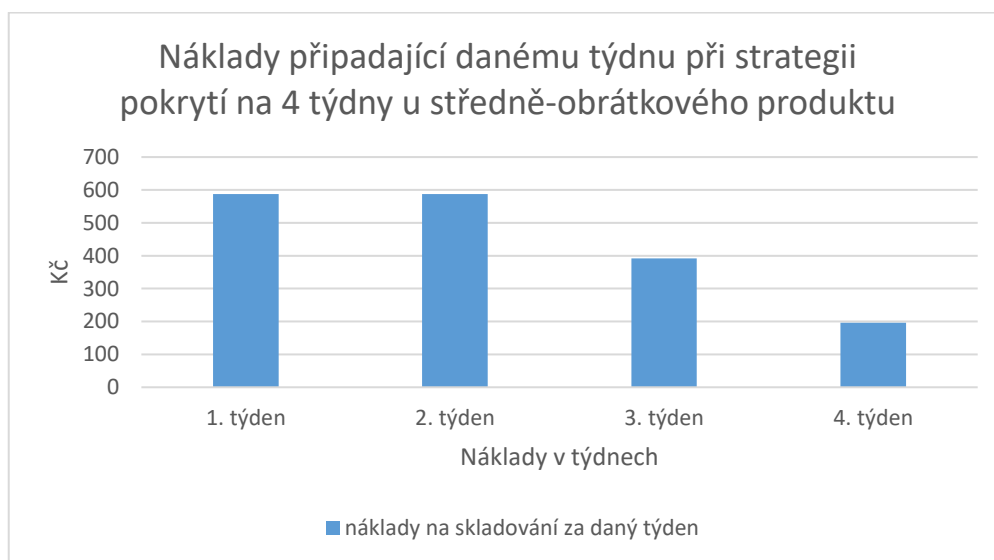
Jelikož je známo, kolik stojí skladování v automatizovaném skladovacím systému za den, je možné vyčíslit náklady, které jsou způsobeny zvolením různých strategií. Strategií je zde myšleno, na kolik týdnů budou pokryty objednávky zákazníka vyrobením jedné výrobní dávky. Problém je v tom, že každý výrobek je objednáván v jiných množstvích. Pro zobrazení nákladů jsou tedy myšleny dva výrobky. Jeden středně-obrátkový, který je objednáván v počtu 10 krabic týdně. Druhý je nízko-obrátkový a zákazník si bere dvě krabice každý týden. Pro každou strategii bylo vypočteno, kolik nákladů na skladování způsobí. K těmto nákladům vztahujícím se k jedné výrobní zakázce bylo přiřazeno kolikrát za rok se bude muset při dané strategii vyrábět a tyto hodnoty byly vynásobeny. Byly tak získány roční náklady pro jednotlivé strategie.

Pro lepší pochopení principu výpočtu byl vytvořen graf vývoje nákladů pro skladování při strategii pokrytí na 4 týdny u středně-obrátkového materiálu. Tento graf je možné vidět na obrázku č. 29. Vychází z toho, že se vyrábí týden před potřebou, proto první dva týdny jsou sloupce reprezentující náklady stejné, jelikož na skladě je stále stejný objem výrobků. Každý sloupec byl vypočítán následovně:

$$\text{Týdenní skladovací náklady} = \text{denní sazba} * 7 * \text{počet krabic na skladě}$$

(Zdroj: vlastní)

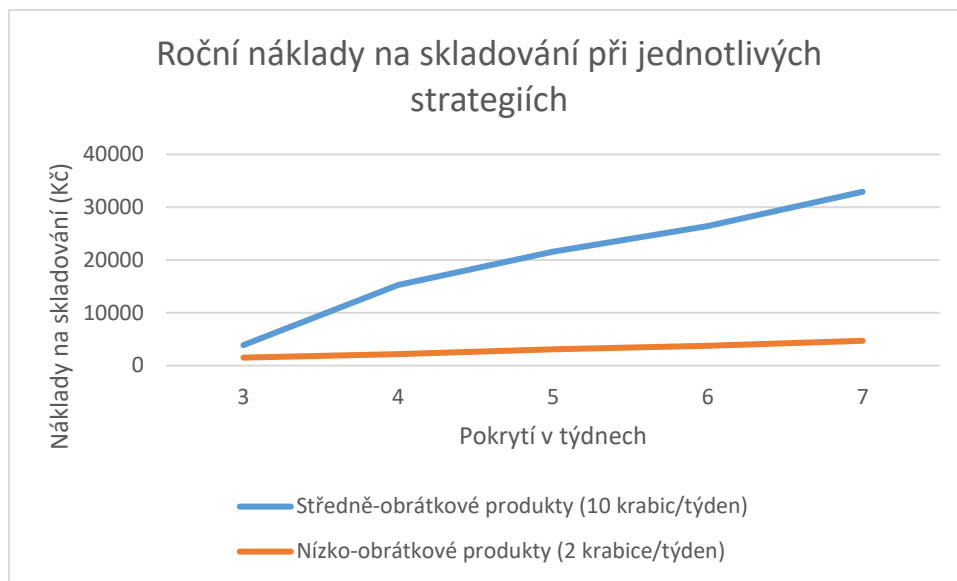
Skladovací náklady pro jednu výrobní dávku se vypočítají jako součet těchto sloupců. Roční náklady se pak vynásobí počtem zakázek za rok podle zvolené strategie.



Obrázek 29 – Graf skladovacích nákladů při strategii 4týdenní výrobní dávky

(zdroj: vlastní)

Na dalším obrázku č. 30 se nachází graf, kde jsou znázorněny roční náklady na skladování pro strategie od 3 do 7 týdnů. Z grafu je možné vyčíst, že náklady právě pro středně-obrátkové materiály jsou rostoucí a pohybují se od 5 do 35 tisíc Kč za rok. Pro nízko-obrátkové produkty je křivka znatelně plošší. Roční náklady na skladování se zde pohybují od 1500 do 5000 Kč.



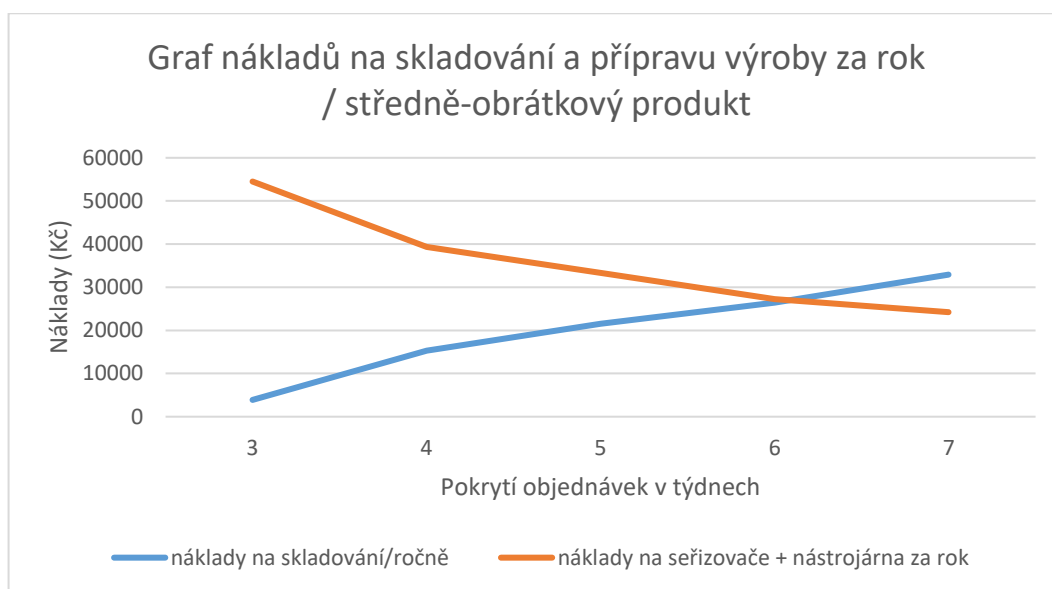
Obrázek 30 – Graf vývoje skladovacích nákladů

(Zdroj: vlastní)

10.6 Stanovení optimálního pokrytí objednávek výrobní dávkou

Doposud v této kapitole bylo postupně zjištěno, jakého typu se v analyzované lince vyrábějí produkty z pohledu jejich obrátkovosti. Vzhledem k výrazným rozdílům se zde nabízí prostor pro optimalizaci a zavedení jednotného standardu, který by zajistil co nejnižší celkové náklady. Prvním pohledem je, aby bylo co nejvíce zakázek bráno jako efektivních. Byly analyzovány časy výrobních zakázek a bylo stanoveno, že efektivní zakázka je ta, u které je poměr celkového času výroby a času pro seřízení menší než 5 procent, to znamená více než 26 hodinová výrobní dávka. Otázkou ale je, na jak velké pokrytí objednávek nastavit výrobní dávky, aby nedocházelo k tomu, že náklady pro skladování budou převyšovat náklady na přípravu a start výroby nebo naopak. Tyto náklady jsou již vyčísleny díky předchozím podkapitolám a je tak nyní možné je spojit a zjistit, ve kterém bodě (nejblíže které strategii) se protínají a vyjadřují tak rovnováhu mezi cíli jednotlivých oddělení ve firmě. Náklady pro skladování při jednotlivých strategiích se shodují s těmi, které byly vypočteny v kapitole 10.5 a náklady pro přípravu a výměnu forem byly vyčísleny v tabulce, která se nachází v kapitole 10.4. Tato podkapitola se tedy věnuje jejich spojení a stavení optima pro jednotlivé druhy výrobků podle obrátkovosti.

Pro potřeby analýzy této problematiky byly opět zvoleny dva reprezentativní výrobky. Nejprve středně-obrátkový produkt s odbytem 10 krabic týdně. Modře jsou znázorněny náklady pro skladování a oranžově je znázorněna křivka nákladů na seřizování a přípravu formy. Aktuálně se pro tyto výrobky používá strategie na pokrytí čtyř až pěti týdnů podle situace a uvážení plánovače výroby. V obrázku č. 31 však můžeme na první pohled, že efektivní pro tyto produkty je výroba na pokrytí 6 týdnů objednávek. Je tak u těchto produktů velký prostor pro úsporu, protože středně-obrátkové produkty tvoří v analyzované výrobní lince největší zastoupení. Tento údaj je možné porovnat s vypočtenou hodnotu z kapitoly 10.2, kde vyšlo, že by se mělo vyrábět pokrytí na 7 týdnů, kdežto zde v grafu můžete vidět, že by náklady pro skladování převýšily náklady pro přípravu výroby. Je tak vhodnější použít tuto analýzu místo standardizovaného výpočtu EOQ.

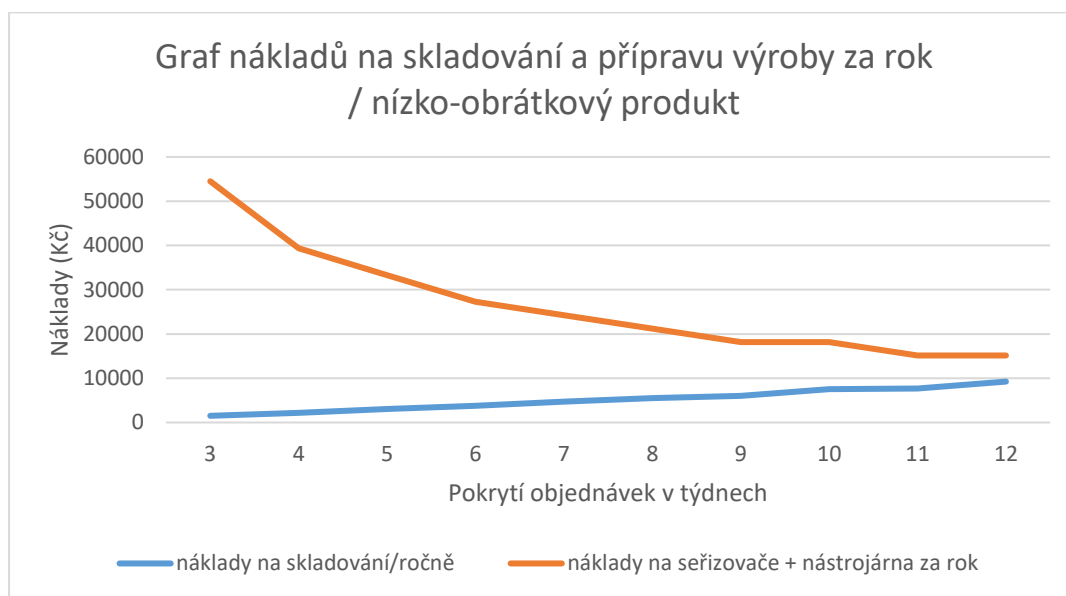


Obrázek 31 – Graf pro stanovení optimální dávky středně-obrátkového produktu

(Zdroj: vlastní)

Nyní nízko-obrátkové produkty. Bude zde opět uvažován produkt, který si zákazník objednává v počtu 2 krabic týdně. Nízko-obrátkové výrobky se aktuálně plánují na pokrytí 6-8 týdnů. Když tuto strategii srovnáme s tím, co je možné vidět v dalším grafu na obrázku č. 32, ve kterém jsou náklady na přípravu výroby a skladování přehledně zobrazeny, je možné říct, že by se měly nízko-obrátkové výrobky plánovat na pokrytí kolem 3 měsíců, aby bylo dosaženo alespoň téměř efektivní výroby. Plánovat výrobu na větší pokrytí je pak velmi riskantní, protože už 3 měsíce jsou v prostředí automobilového průmyslu velmi dlouhá doba a objednávky se za tu dobu mohou změnit a může se stát, že v průběhu tohoto období si zákazník objednávku zruší a ve skladě pak budou výrobky ležet velmi dlouhou dobu a vázat

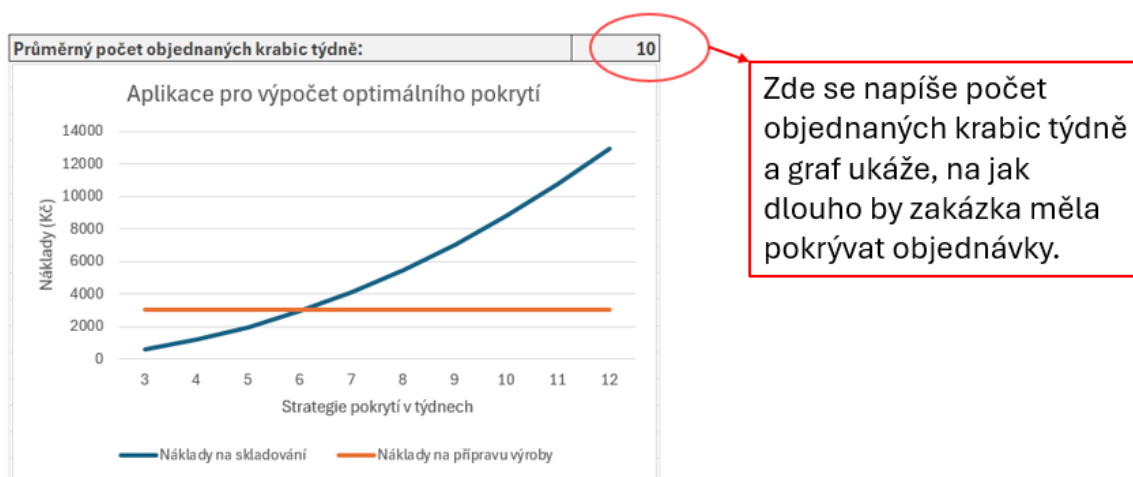
na sebe náklady. Na první pohled lze ale sledovat, že aktuální strategie na pokrytí objednávek u tohoto typu výrobků na 8 týdnů je velmi neefektivní a měla by se pohybovat spíše v rozmezí 8-12 týdnů. V kapitole 10.2 bylo vypočítáno, že by se u stejného výrobku mělo vyrábět na pokrytí až 16 týdnů, což je ještě o měsíc výše, než stanovila tato analýza s propojením se zkušenostmi o chování trhu. I zde je tak lepší využít analýzu vytvořenou na míru danému typu výroby. Výhodou je také i zobrazení průběhu vývoje jednotlivých nákladů.



Obrázek 32 - Graf pro stanovení optimální dávky nízko-obrátkového produktu

(Zdroj: vlastní)

Problém je v tom, že každý výrobek má jiné objednávky. Vzhledem k tomu, že samotná standardizace na základě předchozích poznatků neumožňuje stanovit optimum pro každý konkrétní výrobek, byla vytvořena jednoduchá aplikace z dostupných dat v Excelu, kde stačí napsat do kolonky „Průměrný počet objednaných krabic týdně:“ kolik si zákazník odebírá týdně krabic daného výrobku a v grafu se pak ukáže, průsečík u té nejefektivnější možné strategie. Tuto aplikaci můžete vidět na dalším obrázku č. 33. Oranžová přímka je oproti minulým grafům přímkou proto, že se jedná o náklady pouze na jednu výrobní zakázku, kde jsou náklady pro výměnu a přípravu forem fixní.



Obrázek 33 – Aplikace pro výpočet optimální dávky

(Zdroj: vlastní)

Poznatky vycházející z této kapitoly říkají, že by se pokrytí objednávek výrobní dávkou měly navýšit oproti aktuálnímu stavu. Pokud dojde k navýšení výrobních zakázek, dojde proporciálně k jejich prodloužení. Prodloužení výrobních zakázek způsobí méně výměn nástrojů. Méně výměn nástrojů pak způsobí zvýšení využití výrobní linky a snížení prostojů. Tato skutečnost jde i ruku v ruce se snížením příprav nástrojů a jejich čištění, které musí provádět nástrojárna. To znamená, že opět dojde ke snížení nákladů. Zakázky ovšem nejde navyšovat do maximální kapacity vstřikolisovacích forem, ale pouze do té úrovně, kdy skladovací náklady nepřesáhnou ty na přípravu a výměnu forem.

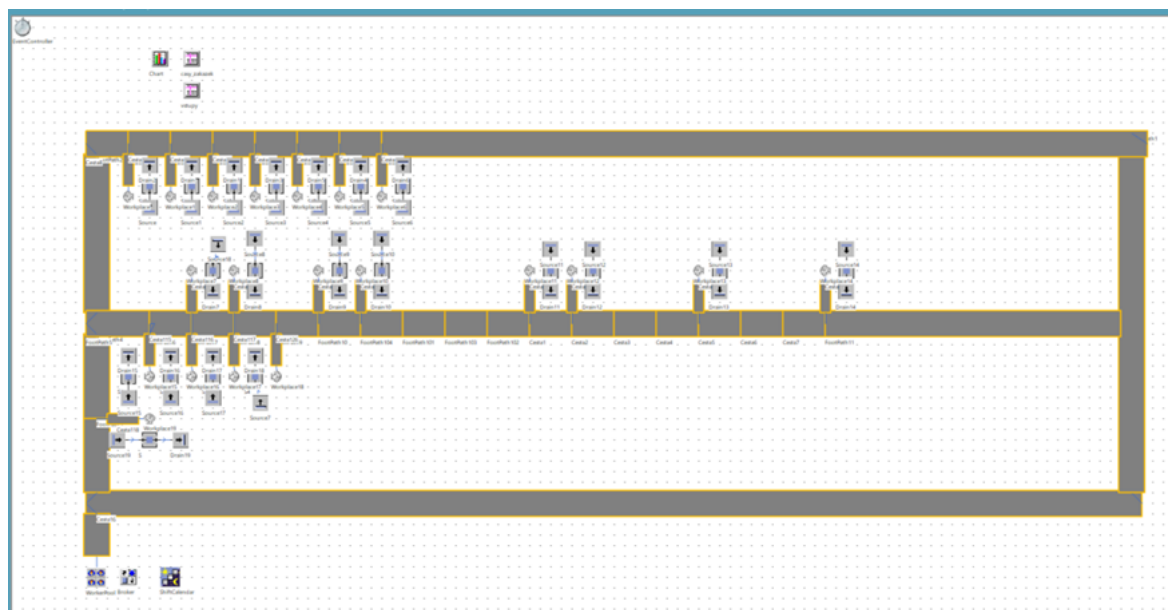
Po odzkoušení stanovení velikosti výrobní dávky v reálné výrobě pomocí této metodiky a zjištění její úspěšnosti přichází v úvahu tento výpočet aplikovat přímo do ERP systému SAP na úrovni tvorby systémových objednávek na výrobu, kde by byl už dopředu stanoven objem výrobků, který se má vyrobit pro maximální efektivitu.

11 OPTIMALIZACE STRATEGIE PLÁNOVÁNÍ VÝROBNÍCH ZAKÁZEK

Veškeré zakázky v dané výrobní lince byly přeplánovány podle zjištěných skutečností v kapitole 10. Tyto zakázky je ovšem nutné v plánovací tabuli uspořádat a přiřadit je k jednotlivým strojům v daný čas. Tato kapitola se bude právě touto problematikou zabývat. Cílem této kapitoly je zjistit, jestli je možné při zvolení správné strategie rozložení těchto zakázek ovlivňovat celkové vytížení dané výrobní linky.

Pokud by ale mělo dojít k testování různých strategií v reálné výrobě, trvalo by to několik měsíců a výsledky testování by mohly být ovlivněny prostoji způsobenými jinými vlivy než výměnami forem. Například neshodnou výrobou nebo technickými problémy. Skrze tuto skutečnost, byl pro testování jednotlivých strategií vybrán software Plant simulation, který zajistí přesné výsledky za jinak nezměněných podmínek. Bude tak možné pozorovat změny ve vytížení výrobní linky i kdyby se jednalo o změny v desetinách procent. Za jinak nezměněných podmínek znamená, že do simulace budou vstupovat stále stejné podmínky a jediné co se bude měnit, bude právě strategie uspořádání výrobních zakázek.

Nejprve byl layout výrobní haly, který je možné vidět na obrázku č. 22 se skutečnými vzdálenostmi vytvořen v simulačním softwaru. Tento layout je pro ukázkou na obrázku č. 34. Dále zde byly nastaveny veškeré reálné principy fungování výrobního systému. Tím je myšlena politika práce seřizovačů, která je popsána v kapitole „Cesta výrobní zakázky“. V analyzované výrobní lince je 20 strojů a obsluhují ji dva seřizovači. Před každou výrobní zakázkou musí být na stroji vyměněna forma a je nutné udělat nájezd sériové výroby. Tato činnost, jak bylo zjištěno v předchozích kapitolách trvá průměrně 2 hodiny a 33 minut. Tato doba je tedy v simulačním softwaru nastavená před každou výrobní zakázkou a musí ji u stroje strávit dostupný seřizovač. Po uplynutí této doby, začne výroba výrobní zakázky. Co ale ještě není definováno, protože to až do předchozí kapitoly nebylo možné, jsou již efektivní délky výrobních zakázek v časových jednotkách. Aby bylo zajištěno, že simulace bude co nejblíže skutečnosti, byla provedena dodatečná analýza délek výrobních zakázek.



Obrázek 34 – Layout výrobní haly v Plant Simulation

(Zdroj: vlastní)

Z firemního ERP systému byly zjištěny časy výrob všech v té době aktuálně naplánovaných zakázek, které již byly upraveny na základě předchozí kapitoly a tyto časy byly přepsány do excelové tabulky pro potřebu zjištění statistického rozdělení tohoto souboru hodnot a výpočet statistických charakteristik polohy. Nejprve bude provedena celková analýza všech získaných hodnot potřebná pro zjištění vytížení linky při aktuální strategii. Postup této analýzy je následující:

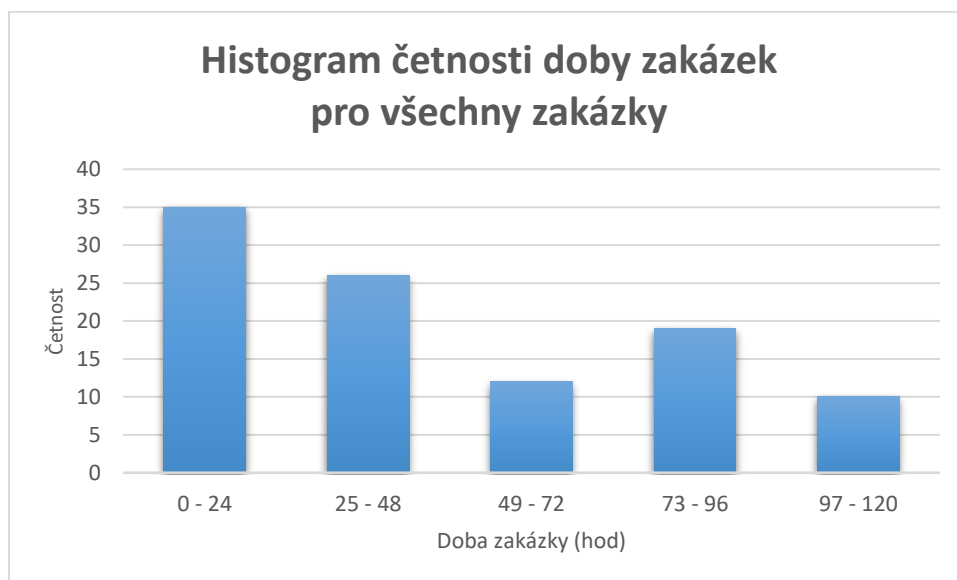
- 1) Zjištění trvání všech výrobních zakázek
- 2) Rozdělení statistického souboru do pěti intervalů následujícími třemi způsoby:
 - a) Celý statistický soubor
 - b) Pouze neefektivní zakázky
 - c) Pouze efektivní zakázky
- 3) Vytvoření histogramů pro lepší znázornění statistického souboru
- 4) Výpočet průměrů, odchylek, rozpětí, minimálních a maximálních hodnot, které budou použity do nastavení systému v softwaru Plant Simulation
- 5) Simulace různých strategií v SW Plant Simulation
- 6) Vyhodnocení simulací různých strategií
- 7) Výběr nejefektivnější strategie

Tabulka 6 – Četnosti dob výrobních zakázek (všechny zakázky)

Doba zakázky(hod):	Četnost výr. zakázek v daném intervalu:	Četnost v %:
0 – 24	35	34
25 – 48	26	25
49 – 72	12	12
73 – 96	19	19
97 – 120	10	10

(Zdroj: vlastní)

V tabulce č. 6 výše jsou uvedené četnosti jednotlivých délek zakázek celého získaného statistického souboru v hodinách. Již na první pohled je možné vidět, že nejvíce zakázek se nachází v intervalu od 0 do 24 hodin a pak od 25 do 48 hodin. Z četností v procentech lze dále jednoduše zjistit, že nejvíce zakázek má dobu výroby do 48 hodin. Je jich více než polovina z celkového počtu. Pro lepší přehled je možné tyto data vidět v následujícím histogramu na obrázku č. 35.



Obrázek 35 – Histogram četnosti délek zakázek pro všechny zakázky

(Zdroj: vlastní)

Z těchto získaných dat je nutné pro simulační software zjistit charakteristiky polohy (průměr, sm. Odchylka, rozptyl apod.) statistického souboru délek výrobních zakázek v hodinách, aby bylo zaručeno co nejpřesnější simulace. Tyto charakteristiky polohy jsou zobrazeny v následující tabulce č. 7.

Tabulka 7 - Charakteristiky polohy délek statistického souboru (všechny zakázky)

Charakteristiky polohy délek statistického souboru všech výrobních zakázek v hodinách	
Průměr (hod):	47,5
Směrodatná odchylka(hod):	33,1
Minimální hodnota (hod):	2
Maximální hodnota (hod):	120
Rozpětí (hod):	118

(Zdroj: vlastní)

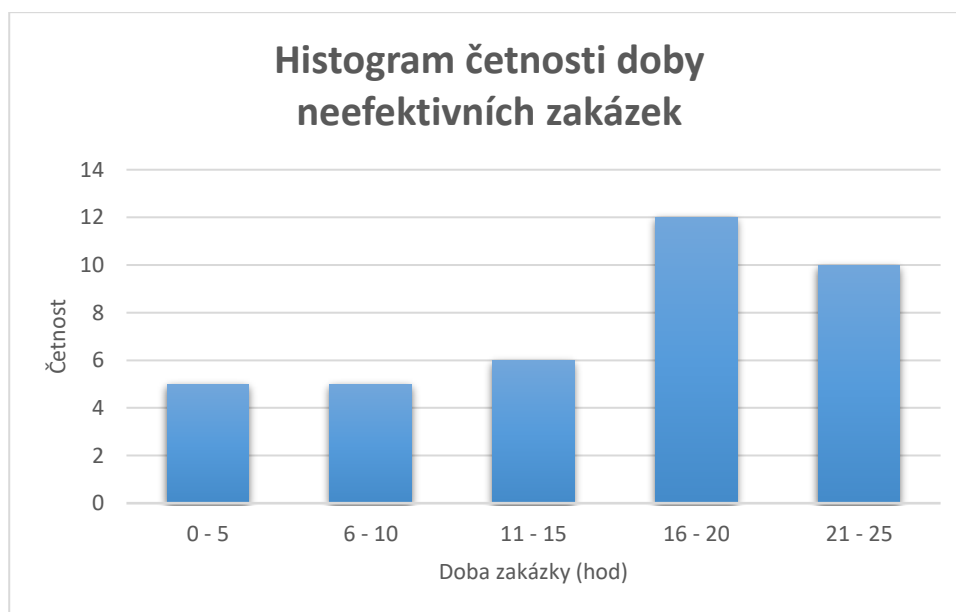
Pro další dvě analyzované strategie plánování výrobních zakázek je nutné rozdělit tento statistický soubor na dvě části. Rozdělit je ho nutné z toho důvodu, že ve strategiích, které budou porovnávány vzhledem k aktuální strategii, bude docházet k odlišnému přístupu pro právě tyto dvě skupiny výrobních zakázek. Měřítko, na základě kterého dojde k rozdělení analyzovaného statistického souboru, bylo již vytvořeno v předchozí kapitole, kde byl vyhodnocován poměr času výroby k času seřízení. Díky tomu je nyní možné rozdělit zakázky na efektivní a neefektivní podle plánované doby výroby dané zakázky. Hranice efektivnosti byla stanovena na 26 hodin výroby. Stejným způsobem jako pro celý statistický soubor byly analyzovány nově vzniklé dva soubory právě díky rozdělení na efektivní a neefektivní výrobní zakázky. Výsledky analýzy neefektivních zakázek můžete vidět níže.

Tabulka 8 - Četnosti délek výrobních zakázek (neefektivní zakázky)

Doba trvání výrobní zakázky (hod):	Četnost vyr. zakázek v daném intervalu:	Četnost v %:
0 – 5	5	20
6 – 10	5	20
11 – 15	6	24
16 – 20	12	48
21 – 25	10	40

(Zdroj: vlastní)

V tabulce č. 8 výše je možné sledovat, že nejvíce zakázek se nachází v intervalu od 16 do 20 hodin výroby. Nejméně jich je pak v intervalech od 0 do 5 hodin a od 6 do 10 hodin. V těchto případech se jedná opravdu o ty nejkratší zakázky, kdy například existuje objednávka pouze na jednu krabici daného výrobku a není tedy možné vyrábět více. I když je těchto zakázek poměrně málo, pravidelně se objevují a je nutné nad nimi přemýšlet jako nad extrémně neefektivními a snažit se o jejich zefektivnění, pokud je to alespoň trochu možné. Pro lepší přehlednost byl z těchto dat vytvořen histogram, který je možné vidět na obrázku č. 36.



Obrázek 36 - Histogram četnosti délek zakázek pro neefektivní zakázky

(Zdroj: vlastní)

Ze všech hodnot připadajících do skupiny neefektivní byly vypočítány charakteristiky polohy, které jsou nutné pro nastavení simulačního softwaru. Tyto charakteristiky polohy jsou zobrazeny v tabulce č. 9 níže.

Tabulka 9 - Charakteristiky polohy délek statistického souboru (neefektivní zakázky)

Charakteristiky polohy délek statistického souboru neefektivních výrobních zakázek v hodinách	
Průměr (hod):	15,9
Směrodatná odchylka(hod):	7
Minimální hodnota (hod):	2
Maximální hodnota (hod):	25
Rozpětí (hod):	23

(Zdroj: vlastní)

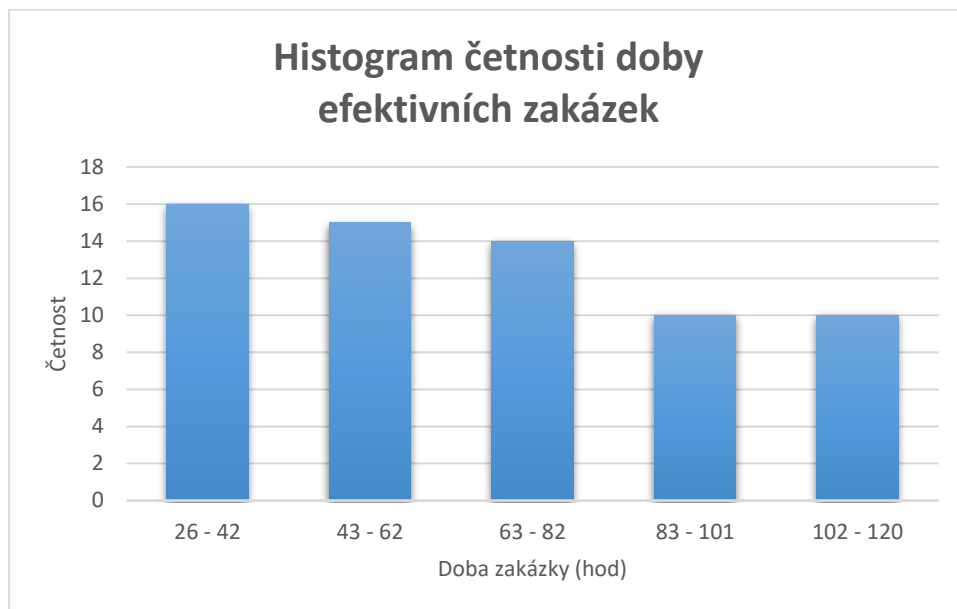
Nakonec je nutné se zaměřit na poslední skupinu, kterou jsou zakázky efektivní. Opět z toho důvodu, aby bylo zajištěno to, že se do simulačního programu nastaví ty nejpřesnější data. Analyzovaný soubor byl opět rozdělen na pět částí. Zastoupení jednotlivých skupin jsou zobrazena v následující tabulce č. 10.

Tabulka 10 - Četnosti dob výrobních zakázek (efektivní zakázky)

Doba zakázky (hod):	Četnost výr. zakázek v daném intervalu:	Četnost v %:
26 – 42	16	25
43 – 62	15	23
63 – 82	14	22
83 – 101	10	16
102 – 120	10	16

(Zdroj: vlastní)

Jak je možné sledovat v histogramu na obrázku č. 37 níže. Rozdělení efektivních zakázek jsou ze všech tří skupin nejrovnoměrněji rozvrženy. Největší zastoupení má skupina od 26 do 42 hodin výroby a nejméně zase dvě skupiny, které mají nejdelší dobu výroby.



Obrázek 37 - Histogram četnosti délek zakázek pro efektivní zakázky

(Zdroj: vlastní)

Níže můžete vidět v tabulce č. 11 opět vypočítané charakteristiky polohy ze statistického souboru obsahujícího časy efektivních zakázek pro simulační software.

Tabulka 11 - Charakteristiky polohy délek statistického souboru (efektivní zakázky)

Charakteristiky polohy délek statistického souboru efektivních výrobních zakázek v hodinách	
Průměr (hod):	66,2
Směrodatná odchylka(hod):	27,8
Minimální hodnota (hod):	26
Maximální hodnota (hod):	120
Rozpětí (hod):	94

(Zdroj: vlastní)

Nyní jsou již všechna data známá a je možné přejít k další části této kapitoly a tou jsou samotné simulace. Simulovat se budou tři různé strategie plánování výrobních zakázek, které vzešly z nápadů na schůzi s pracovníky organizace formou brainstormingu. První strategie reprezentuje aktuální stav, kdy jsou zakázky plánovány bez hlubšího systému uspořádání. Vytížení výrobní linky při tomto aktuálním stavu je cílem zlepšit. Další strategie je spojením dvou možných vylepšení v plánování. Prvním vylepšením, je plánovat neefektivní zakázky na jeden až dva stroje a tím obětovat jejich dobré vytížení na úkor téměř maximálního využití zbylých osmnácti strojů. Druhým vylepšením je, že tyto dva stroje by měly být co nejbližší nástrojárně a seřizovačům pro minimalizaci pohybu seřizovačů a přesunu forem. Pro zobrazení právě pohybu seřizovačů, bude ke každé strategii vypracován spaghetti diagram a analyzovat se bude vzdálenost, kterou seřizovači ujdou za 72 hodin. Poslední strategií, která se bude snažit být tou nejefektivnější, je střídání efektivních zakázek s těmi neefektivními. V praxi to znamená, že po každé efektivní zakázce, přijde zakázka neefektivní. Tento stav se pak bude neustále opakovat.

11.1 Aktuální strategie

Nejprve je nutné se zaměřit na aktuální stav, abychom později mohli právě tento aktuální postup plánování výroby porovnat s alternativními. Aktuální stav přiřazování jednotlivých výrobních zakázek na stroje v analyzované výrobní lince není nijak zvlášť standardizovaný. Je nutné připomenout, že se jedná o jednoduchou výrobu pouze na jednom stroji na jednu výrobní zakázku. Jako možnost zlepšení vytížení linky se používají pouze případy, kdy například jedna forma vyrábí více indexů, ale není třeba měnit žádné indexové díly ve formě. Mění se například jen barva, v tom případě se začíná od nejsvětlejší, aby nedošlo ke kontaminaci následující tmavší varianty, forma se však mezi zakázkami nesundává, nedochází tedy k její výměně mezi zakázkami. Další charakteristika aktuálního stavu plánování se dají již těžce specifikovat. Pro ukázkou můžete vidět obrázek výrobního plánu s aktuálním stavem.

P	Short Description	2024	30.10.2024	31.10.2024	01.11.2024	02.11.2024	03.11.2024	04.11.2024	05.11.2024	06.11.2024	07.11.2024
4C	FERROMATIK-04	705-285-001,100,400000209552,1,000				706-18	706-671	706-881	705-265-001,100,400000210617,1,000		
4C	FERROMATIK-05	705-262-005,100,400000209346,1,000				706-822-0	705-165-002,100,	706-076-001,100,40000020930			
4C	FERROMATIK-12	706-612-001,100,400000209342,1,000		707-323-0	706-142-021,10	705-427-001,100,400000210464,1,000					
4C	FERROMATIK-17	706-668-503,100,400000213018,1,0		705-165-001,100,40000	706-412-001,100,4000	706-822-503,100,400000210462,1,000					
4C	FERROMATIK-18	706-459-001,1	705	706-245-001,100,400000210474,1,000	706-142-002,100,400000209281,1,000						
4C	FERROMATIK-19	706-142-001,100,400000203340,1,000			705-184-022,100,400000210641,1,000						
4C	FERROMATIK-24	705-236-001,100,400000210369,1,000			706-557-003,1	706-482-002,100,400000210	706-924-002				
4C	FERROMATIK-25	705-365-011,100,400000209344,1,000			707-071-022,	705-558	706-822-503,100,400000201393,1,000				
4C	FERROMATIK-26	705-209-501,100,400000210476,1,000			706-675-003,100,400000210461,1,000		706-594-				
4C	FERROMATIK-28	705-165-066,100,4000002121	705	707-226	705-365-001,100,400000212424,1,000		705-137-001,100,4000				
4C	FERROMATIK-29	706-675-003,100,400000209135,1,000				705-977-001,100,400000212398,1,000					
4C	FERROMATIK-32	705-184-024,100,	707-323	70	706-473-001,10	705-647-002,100,400000205030,1,000		705-165-00			
4C	FERROMATIK-33	705-222-001,100,400000205139,1,000			707-226-001,	706-671-501,10	706-195-011,10	706-523-501,100,400000			
4C	FERROMATIK-34	705-262-001,100,400000209285,1,000			706-482-001,100,400000212	706-004-001,100,400000210615,					
4C	FERROMATIK-35	705-859-501,100,400000209236,1,000			705-165-02	705-867-001,100,40000	705-165-068,100,400000209				
4C	FERROMATIK-36	706-553-001,1	706-675-003,100,400000209136,1,000			702-350-501,1	705-427-073,100,4000				
4C	FERROMATIK-37	706-477-001,100,400000209232,1,000			706-613-024,100,400000210648,1,000		705-880-002,100				
4C	FERROMATIK-39	706-918-002,100,400000	707-530-001,100,40		705-875-001,100,400000212197,1,000		706-008-001,100	705-184-			
4C	FERROMATIK-40	706-195-021,10	705-875-021,100,400000210651,1,000		706-434-00	706-768-001,100,400000209239,1,000					

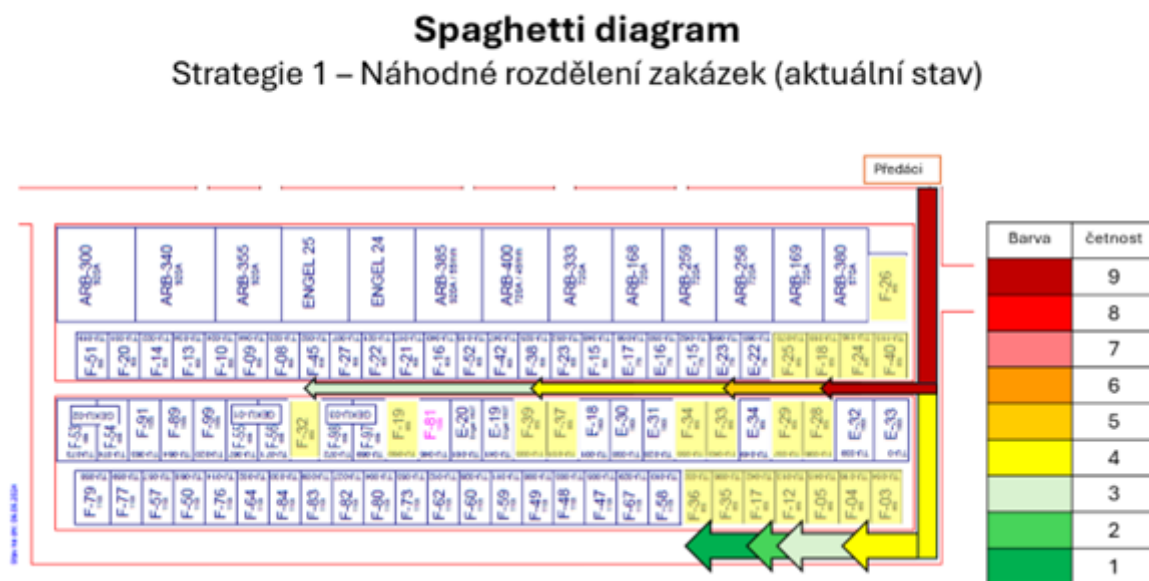
Obrázek 38 – Aktuální strategie plánování

(Zdroj: vlastní)

Na obrázku č. 38 můžete vidět výrobní plán analyzované výrobní linky s aktuální strategií. Jednotlivé řádky reprezentují stroje a na ně přiřazené jednotlivé výrobní zakázky. Zeleně vyznačené jsou dva případy, kdy po sobě následují dvě dlouhé, tedy efektivní zakázky a červeně vyznačené jsou naopak případy, kdy po sobě náhodně následují dvě krátké, tedy neefektivní zakázky. Můžeme tak říct, že přiřazení zakázky na stroj, není nijak standardizováno a je náhodné.

Následně byl tento reálný výrobní plán použit k vytvoření spaghetti diagramu pro tuto aktuální strategii, aby bylo možné vedle celkového vytížení výrobní linky analyzovat i pohyb seřizovačů, protože čím menší vzdálenost budou seřizovači nuceni přecházet mezi jednotlivými stroji, tím více času a energie mohou věnovat výměnám forem, což opět pozitivně ovlivní celkové vytížení výrobní linky.

Čas simulace: 72 hodin
30.10. 00:00 – 2.11. 00:00

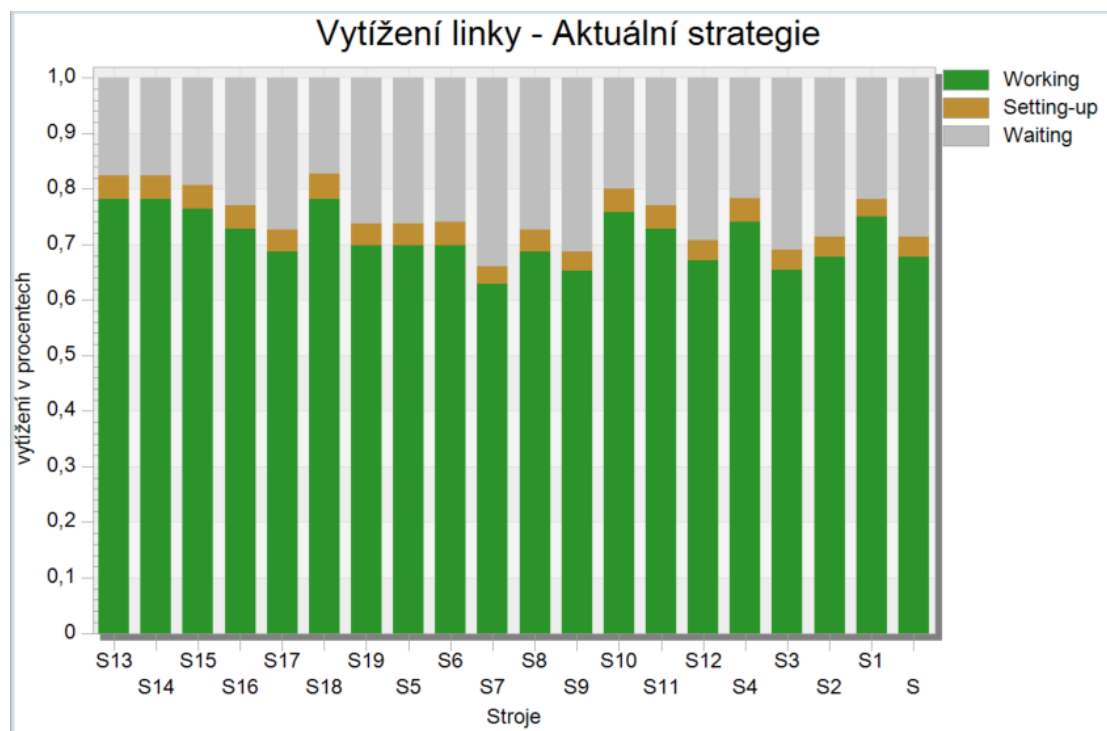


Obrázek 39 – Spaghetti diagram (Aktuální strategie)

(Zdroj: vlastní)

Ve vypracovaném spaghetti diagramu na obrázku č. 39 pro aktuální strategii můžeme sledovat layout se žlutě vyznačenými stroji, které náleží analyzované výrobní lince. Pro tuto analýzu bude standardizováno, že formu ke stroji připravuje jeden z předáků a seřizovač si chodí pro práci ke druhému předákovi do kanceláře. Dále můžeme sledovat již barevně vyznačené cesty, kdy každá barva reprezentuje, kolikrát daný úsek předák šel neboli kolik výměn v daném úseku šel provést. Můžeme již na první pohled říct, že nejfrekventovanější je úsek od předáků ke strojům F18 a F28, což by se dalo očekávat již na začátku analýzy. Problém však můžeme díky této analýze odhalit u stroje F32, kdy tato, na první pohled nejdelší cesta, byla seřizovačem absolvována celkem třikrát. Seřizovač při této strategii ujde celkem 1616 metrů za 72 hodin. Tento údaj bude také sloužit k porovnání jednotlivých strategií.

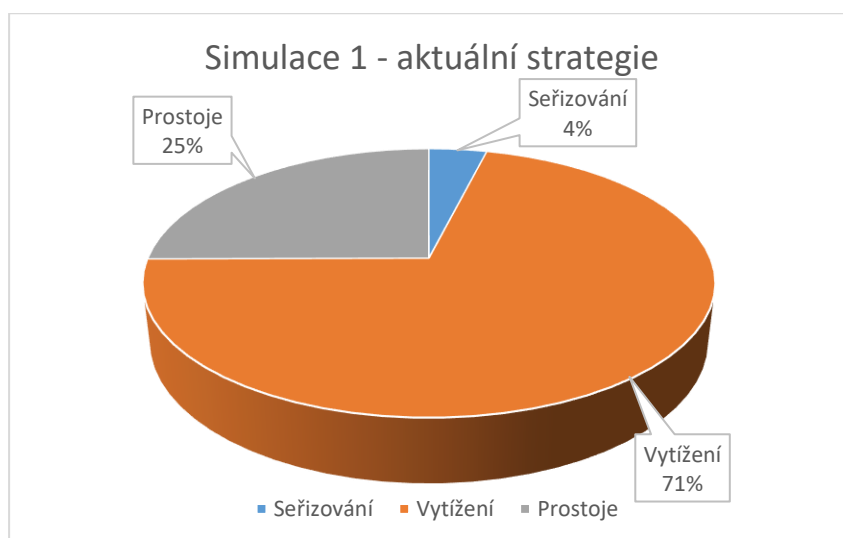
Po vyhodnocení pohybu seřizovače při aktuálním stavu plánování výrobních zakázek bylo nutné vyhodnotit pro tuto strategii i samotné vytížení výrobní linky. Jak již bylo zmíněno. Ve vytvořeném layoutu simulace byly nastaveny co nejpresnější specifiky fungování výrobní linky na základě získaným dat a informací a následně pak pro jednotlivé strategie byly změněny pouze časy zakázek. Na dalším obrázku č. 40 je možné sledovat vytížení jednotlivých strojů v analyzované lince při aktuální strategii. Pro zjednodušení byly zkoumány pouze tři skupiny časů a to výroba, seřizování a prostoje.



Obrázek 40 – Vytížení linky (Aktuální strategie)

(Zdroj: vlastní)

Pro přesnější vyhodnocení byl na obrázku č. 41 sestaven koláčový graf s celkovými hodnotami, který můžete vidět na dalším obrázku. Celkové vytížení linky pro simulaci, která běžela 90 dnů, je 71 %. Seřizování probíhalo 4 % z celkového času a prostoje pak byly 25 %. Na první pohled je již možné říct, že právě prostoje, které byly v této simulaci čtvrtinu času, by měly být optimalizovány.



Obrázek 41 – Celkové vytížení výrobní linky (Aktuální strategie)

(Zdroj: vlastní)

11.2 Strategie s přesunutím neefektivních zakázek na stroje nejbližše seřizovačům a nástrojárně

První alternativní strategií, která by měla vést ke zvýšení vytižení analyzované výrobní linky, je strategie, ve které se neefektivní zakázky budou plánovat pouze na 2 stroje. Vytižení těchto dvou vybraných strojů bude výrazně nižší, protože se na nich budou provádět výměny výrazně častěji. Ostatních osmnáct strojů, budou dosahovat téměř maximálního vytižení, jelikož se na nich budou provádět výměny jen jednou za několik dnů. Myšlenka této strategie je tedy taková, že se obětuje vytižení dvou strojů ze dvaceti k tomu, aby celkové vytižení linky bylo ve finále vyšší, než je tomu u strategie aktuální. Jestli tomu tak skutečně bude, to bude ověřeno simulací.

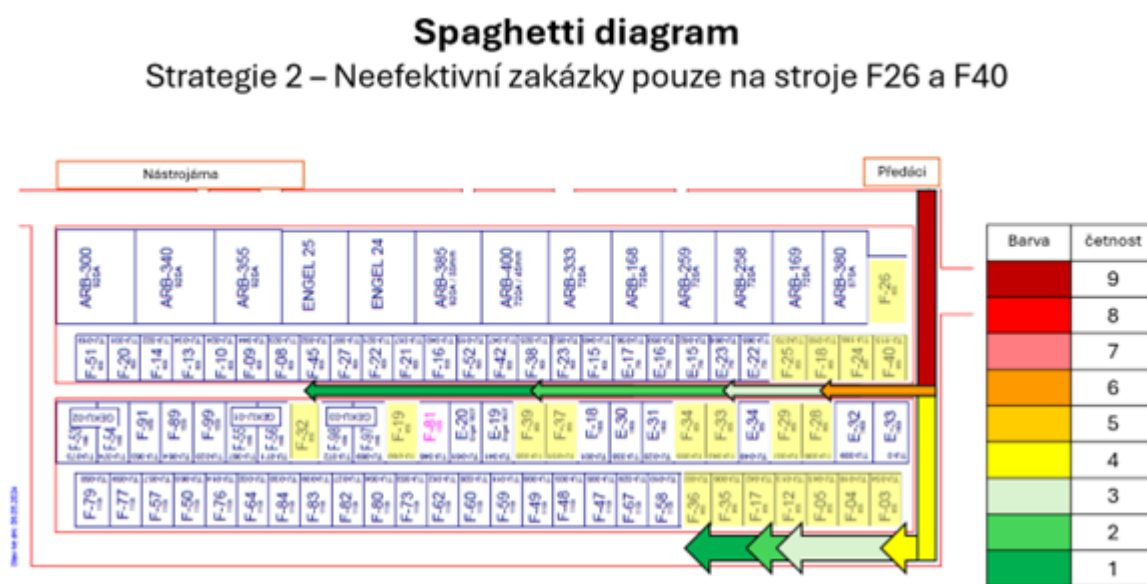
P	Short Description	2024	30.10.2024	31.10.2024	01.11.2024	02.11.2024	03.11.2024	04.11.2024	05.11.2024	06.11.2024	07.11.2024
4C	FERROMATIK-03	705-346-005, 100, 4000000210613, 1,000				705-805-001, 100, 4000000210614, 1			706-004-001, 100, 4000000210615, 1,000		
4C	FERROMATIK-04	705-285-001, 100, 4000000209552, 1,000				705-165-002, 100, 4000000210617, 1,000	705-265-001, 100, 4000000210617, 1,000			705-208-501, 100, 4000000210618, 1,000	
4C	FERROMATIK-05	705-262-005, 100, 4000000209346, 1,000						706-076-001, 100, 4000000209309, 1,000			
4C	FERROMATIK-12	706-612-001, 100, 4000000209347, 1,000				705-427-001, 100, 4000000210464, 1,000			806-675-003, 100, 4000000210461, 1,000		
4C	FERROMATIK-17	706-668-503, 100, 4000000213018, 1,000				705-165-001, 100, 4000000210460, 1,000	706-412-001, 100, 4000000210462, 1,000			806-822-503, 100, 4000000210462, 1,000	
4C	FERROMATIK-18	706-245-001, 100, 4000000210474, 1,000				706-142-002, 100, 4000000209281, 1,000				706-613-023, 100, 4000000210463, 1,000	
4C	FERROMATIK-19	706-142-001, 100, 4000000203340, 1,000					705-184-022, 100, 4000000210641, 1,000				
4C	FERROMATIK-24	705-236-001, 100, 4000000210369, 1,000				706-482-002, 100, 4000000210641, 1,000			806-822-503, 100, 4000000201393, 1,000		
4C	FERROMATIK-25	705-365-011, 100, 4000000209344, 1,000				705-209-501, 100, 4000000210476, 1,000			806-924-002, 100, 4000000210476, 1,000		
4C	FERROMATIK-26	706-671-001, 100, 4000000210476, 1,000	706-459-001, 100, 4000000210476, 1,000	705-165-51, 100, 4000000210476, 1,000	707-323-0, 100, 4000000210476, 1,000	706-18, 100, 4000000210476, 1,000	706-822-0, 100, 4000000210476, 1,000	706-881, 100, 4000000210476, 1,000	706-557-003, 1, 100, 4000000210476, 1,000	805-706-142-021, 10, 100, 4000000210476, 1,000	706-142-021, 10, 100, 4000000210476, 1,000
4C	FERROMATIK-28	705-165-066, 100, 40000002121, 1,000			705-137-001, 100, 4000000212424, 1,000					705-165-068, 100, 4000000212424, 1,000	
4C	FERROMATIK-29	806-675-003, 100, 4000000209135, 1,000					705-977-001, 100, 4000000212398, 1,000				
4C	FERROMATIK-32	705-184-024, 100, 4000000205030, 1,000						705-980-001, 100, 400000021239, 1,000		706-594-003, 1, 100, 400000021239, 1,000	
4C	FERROMATIK-33	705-722-001, 100, 4000000205139, 1,000				706-613-024, 100, 4000000210648, 1,000			705-875-001, 100, 40000002121, 1,000		
4C	FERROMATIK-34	705-762-001, 100, 4000000209285, 1,000					806-523-501, 100, 4000000210460, 1,000			705-880-002, 100, 4000000210460, 1,000	
4C	FERROMATIK-35	705-859-501, 100, 4000000209236, 1,000					705-165-068, 100, 4000000209553, 1,000			706-768-001, 100, 4000000209553, 1,000	
4C	FERROMATIK-36	707-530-001, 100, 400, 4000000209136, 1,000						705-875-021, 100, 4000000210651, 1,000			
4C	FERROMATIK-37	706-422-001, 100, 4000000209232, 1,000					705-867-001, 100, 4000000210651, 1,000			706-482-001, 100, 4000000210651, 1,000	706-008-001, 100, 4000000210651, 1,000
4C	FERROMATIK-39	706-818-002, 100, 400000020929, 1,000			705-427-073, 100, 400000020929, 1,000		705-184-021, 100, 4000000210640, 1,000				
4C	FERROMATIK-40	805-706-142-021, 10, 100, 4000000210476, 1,000	707-323-0, 100, 4000000210476, 1,000	705-165-02, 100, 4000000210476, 1,000	707-226-001, 100, 4000000210476, 1,000	707-226, 100, 4000000210476, 1,000	706-671-501, 10, 100, 4000000210476, 1,000	706-473-001, 10, 100, 4000000210476, 1,000	707-350-501, 1, 100, 4000000210476, 1,000	806-553-001, 100, 4000000210476, 1,000	

Obrázek 42 - Strategie s přesunutím neefektivních zakázek na stroje nejbližše seřizovačům a nástrojárně

(Zdroj: vlastní)

Výrobní plán při takové strategii je možné vidět na obrázku č. 42. Červeně jsou znázorněny dva stroje a zakázky k nim přiřazené. Již na první pohled je možné sledovat, že zakázky k nim přiřazené, jsou kratší než ostatní. Je tomu tak proto, že k nim byly přiřazené pouze zakázky neefektivní, tedy kratší než 26 hodin. To, že jsou tyto zakázky právě na strojích Ferromatik 26 a 40 není žádná náhoda. Tyto stroje jsou totiž v nejkratší vzdálenosti od seřizovačů a předáků směn. Lze to sledovat na dalším obrázku.

Čas simulace: 72 hodin
30.10. 00:00 – 2.11. 00:00

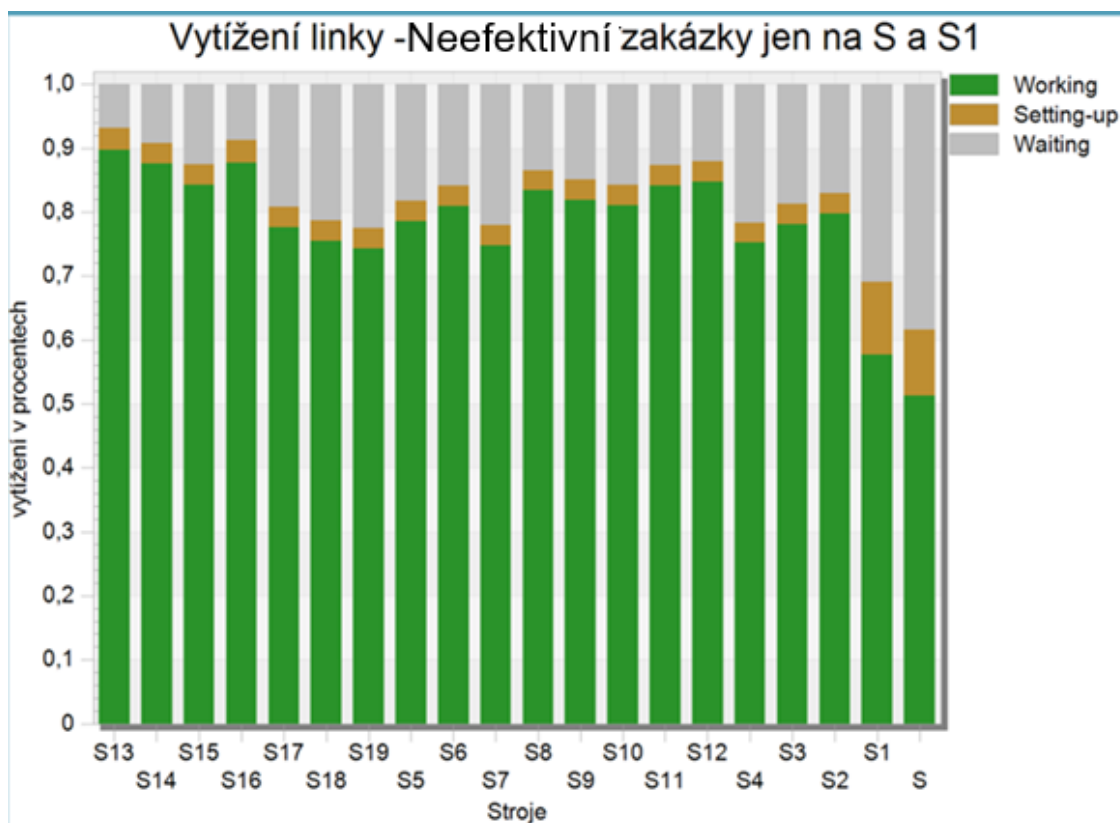


Obrázek 43 - Spaghetti diagram (Strategie F26/40)

(Zdroj: vlastní)

Na obrázku č. 43 se nachází spaghetti diagram pro první alternativní strategii. Při porovnání této první alternativní strategie plánování výroby a aktuálního stavu, je možné již na první pohled vidět, že došlo k výraznému snížení pohybu. K nejvzdálenějšímu stroji F32 šel seřizovač pouze jednou oproti třem cestám v aktuální strategii a také došlo ke snížení počtu cest ke strojům F18 a F28, kde v předchozí strategii šel seřizovač nejméně devětkrát a nyní pouze šestkrát. Celkově zde byla ušlá vzdálenost 1268 metrů za 72 hodin, což je o 348 metrů méně než v aktuální strategii, což znamená snížení pohybu seřizovače o 22 %. Zjednodušeně se dá pohyb seřizovače charakterizovat tak, že nejvíce času bude trávit kolem strojů vyčleněných pro neefektivní zakázky a občas pak půjde provést výměnu nástroje na jiný, vzdálenější stroj.

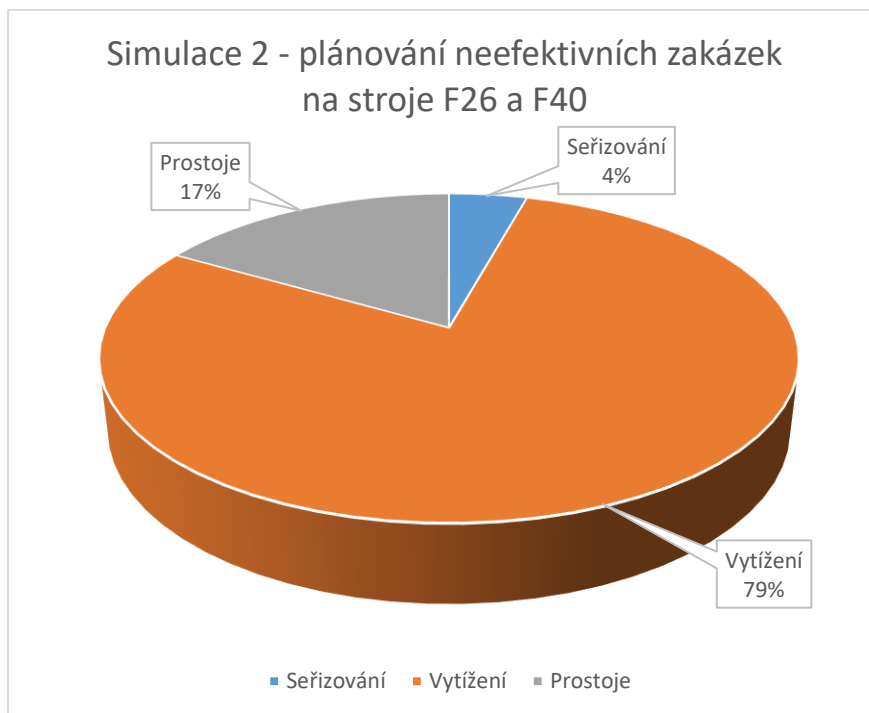
Simulace běžela opět 90 dnů. Zde došlo ke změnám v nastavení délky výrobní zakázek. Přesněji byly na 18 strojích vyráběny pouze zakázky delší než 26 hodin a bylo zde nastaveno rozdělení časů zakázek viz. Tabulka č. 11. Na stroje F26 a F40 pak naopak byly nastaveny zakázky pouze do délky 25 hodin viz rozdělení časů v tabulce č. 9. Bylo tak zajištěno, že simulace se bude co nejvíce chovat jako reálná výrobní linka plánovaná touto strategií. Výsledky z této simulace jsou zobrazeny v následujícím grafu na obrázku č. 44.



Obrázek 44 - Vytížení linky (Strategie F26/40)

(Zdroj: vlastní)

V koláčovém grafu na obrázku č. 45 je na první pohled patrné výrazné zlepšení vytížení výrobní linky. Toto vytížení se zlepšilo o 8 % na celkových 79 % z disponibilního času. Doba seřizování zůstala téměř nezměněná a zmenšil se čas prostojů. Tato strategie tak již na první pohled vykazuje zlepšení.



Obrázek 45 - Celkové vytížení výrobní linky (Strategie F26/40)

(Zdroj: vlastní)

11.3 Strategie střídání efektivních a neefektivních zakázek

Druhá a zároveň poslední strategie, která má za cíl zlepšit vytížení výrobní linky, je strategie, ve které se budou střídát efektivní a neefektivními zakázky. V praxi by to znamenalo, že po každé zakázce, která vyráběla několik dní, bude následovat taková, která bude kratší než 26 hodin. Myšlenka této strategie spočívá v tom, že všechny stroje budou dosahovat velmi podobného vytížení. Nebude se stávat, že jeden stroj vyrábí několik krátkých zakázek po sobě a dosahuje nízkého využití, a naopak stroj vedle bude vyrábět dvě pětidenní zakázky po sobě. Neefektivita krátkých zakázek se tak rozprostře na jednotlivé stroje v čase. Příklad takového plánování můžete vidět na dalším obrázku č. 46. Jsou zde vyznačeny červeně případy právě tohoto střídání efektivních a neefektivních zakázek.

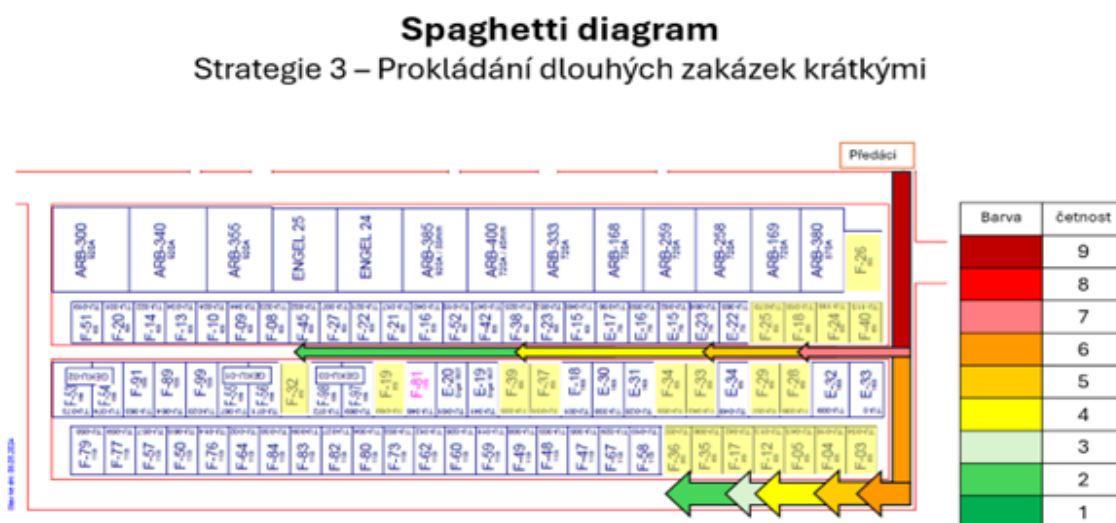
P	Short Description	2024	30.10.2024	31.10.2024	01.11.2024	02.11.2024	03.11.2024	04.11.2024	05.11.2024	06.11.2024	07.11		
		11	17	23	05	11	17	23	05	11	17	23	05
4C	FERROMATIK-03	705-346-005, 100, 400000210613, 1,000 706-671 705-005-001, 100, 400000210614, 1 605 705-208-501, 100, 4000002104											
4C	FERROMATIK-04	705-285-001, 100, 400000209552, 1,000 706-18 705-165-002, 100, 706-881 705-265-001, 100, 400000210617, 1,000											
4C	FERROMATIK-05	705-762-005, 100, 400000209346, 1,000 706-822-0 706-076-001, 100, 400000209309, 1,000											
4C	FERROMATIK-12	706-612-001, 100, 400000209347, 1,000 707-323-0 705-427-001, 100, 400000210464, 1,000 706-142-021, 10 706-613											
4C	FERROMATIK-17	706-668-503, 100, 400000213018, 1,0 705-165-001, 100, 40000 706-412-001, 100, 4000 606-822-503, 100, 400000210462, 1,000											
4C	FERROMATIK-18	706-245-001, 100, 400000210474, 1,000 706-459-001, 706-142-002, 100, 400000209281, 1,000 706-594											
4C	FERROMATIK-19	706-142-001, 100, 400000203340, 1,000 705-165-51 705-184-022, 100, 400000210641, 1,000											
4C	FERROMATIK-24	705-236-001, 100, 400000210369, 1,000 706-557-003, 1 706-482-002, 100, 4000000210 70 606-924-002, 10											
4C	FERROMATIK-25	705-365-011, 100, 400000209344, 1,000 605-558 606-822-503, 100, 400000201393, 1,000											
4C	FERROMATIK-26	705-209-501, 100, 400000210476, 1,000 707-071-022, 606-675-003, 100, 400000210461, 1,000											
4C	FERROMATIK-28	705-165-066, 100, 40000020121 605 705-137-001, 100, 4000 707-226 705-365-001, 100, 400000212424, 1,000 70											
4C	FERROMATIK-29	606-675-003, 100, 400000209135, 1,000 70 705-977-001, 100, 400000212398, 1,000											
4C	FERROMATIK-32	705-184-024, 100 707-323 605-647-002, 100, 400000205030, 1,000 706-473-001, 10 705-165-068, 100, 400											
4C	FERROMATIK-33	705-722-001, 100, 400000205130, 1,000 707-226-001 706-004-001, 100, 400000210615, 1,000											
4C	FERROMATIK-34	705-762-001, 100, 400000209285, 1,000 706-671-501, 10 606-523-501, 100, 400000210460, 1,000 70											
4C	FERROMATIK-35	705-859-501, 100, 400000209236, 1,000 705-165-02 705-165-068, 100, 400000209553, 1,000 705-867-0											
4C	FERROMATIK-36	707-530-001, 100, 40 707-350-501, 1 606-675-003, 100, 400000209136, 1,000 606-553-001, 1 705											
4C	FERROMATIK-37	706-477-001, 100, 400000209237, 1,000 606-195-011, 10 706-613-024, 100, 400000210648, 1,000											
4C	FERROMATIK-39	706-618-002, 100, 400000 606-195-021, 10 705-184-021, 100, 400000210640, 1,000 705-875-001, 10											
4C	FERROMATIK-40	705-875-021, 100, 400000210651, 1,000 606-434-00 706-768-001, 100, 400000209230, 1,000 706-008											

Obrázek 46 – Strategie střídání efektivních a neefektivních zakázek

(Zdroj: vlastní)

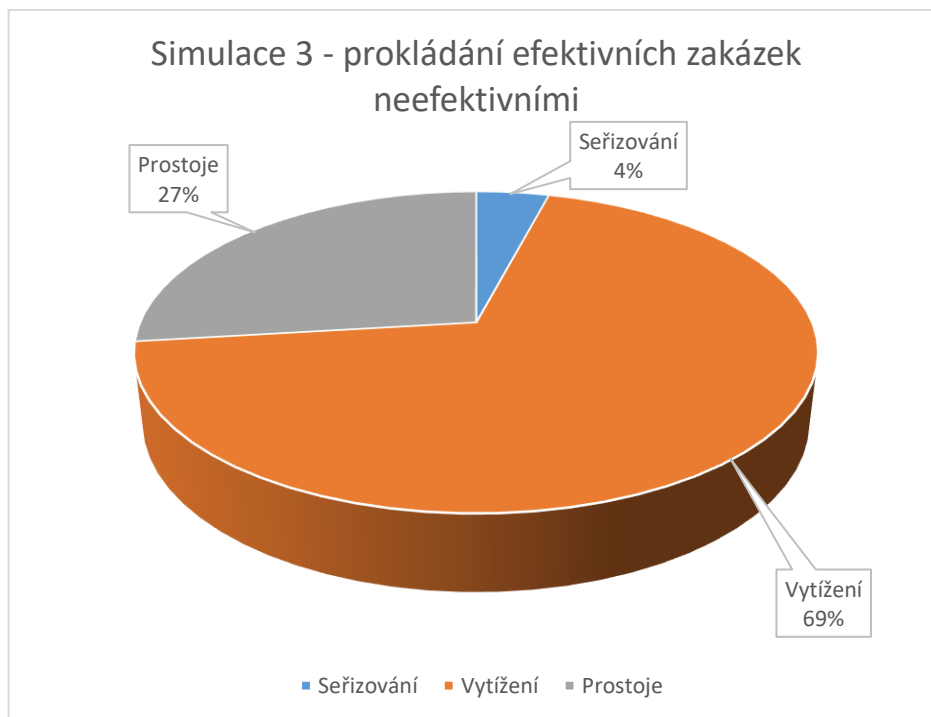
Tento výrobní plán byl následně použit pro analýzu pohybu seřizovače pomocí spaghetti diagramu. Tento spaghetti diagram se nachází na obrázku č. 47 níže. Celkem zde bylo nachozeno 2132 metrů, což je zhoršení oproti stávající strategii o 516 metrů, v procentech je to o 32 %.

Čas simulace: 72 hodin
30.10. 00:00 – 2.11. 00:00



Obrázek 47 - Spaghetti diagram (Střídání zakázek)

(Zdroj: vlastní)



Obrázek 49 - Celkové vytížení výrobní linky (Střídání zakázek)

(Zdroj: vlastní)

11.4 Vyhodnocení plánovacích strategií

Simulace jednotlivých strategií odhalila znatelné rozdíly mezi jednotlivými strategiemi. Ukázalo se to jako vhodný způsob ověření účinnosti možných strategií, jelikož bylo možné v krátkém čase získat důvěryhodné výsledky bez omezení běhu reálné výroby, a tedy i za minimální náklady. Aby však byly zhodnoceny všechny aspekty, které ovlivňuje proces plánování výroby, byla vytvořena tabulka č. 12, ve které jsou jednotlivé aspekty vyhodnoceny. Jednotlivé strategie pak byly hodnoceny od nejlepší (3 body) po nejhorší (1 bod).

Tabulka 12 – Vyhodnocení navržených strategií

Aktuální Strategie	Krátké zakázky na F26 a F40		Prokládání dlouhých zakázek
Pohyb	2	3	1
Vytížení	2	3	1
Prostoje	2	3	1
Seřizování	3	1	2
Flexibilita	3	2	1
Přehlednost	1	3	2
Celkem:	13	15	8

(Zdroj: vlastní)

Jako předměty hodnocení zde byly použity fakta z této kapitoly získané pomocí spaghetti diagramu a simulacemi v softwaru Plant simulation. Dalšími hodnotícími kritérii jsou flexibilita a přehlednost. Flexibilita znamená, že se výrobní zakázky můžou plánovat na všechny stroje a kdykoli. Ta se při použití obou alternativních strategií zmenšuje. Parametr přehlednost je zde z důvodu toho, jak moc je plánování na první pohled přehledné a standardizované. Tady je nejlepší strategie, kdy se krátké zakázky budou plánovat pouze na stroje F26 a F40. Na první pohled je jasné, že zbylých 18 strojů v lince bude dosahovat téměř dokonalého využití a budou se zde plánovat vysoko a středně obrátkové produkty. Nejlepší hodnocení nejen z hlediska využití strojů dosáhla alternativní strategie, kdy se neefektivní zakázky přesunou na stroje F26 a F40, které jsou nejbližší nástrojárně a seřizovačům.

12 NÁVRH A ZHODNOCENÍ OPTIMALIZACE

Veškeré analýzy provedené v této diplomové práci slouží jako podklad pro návrh standardu v procesu plánování výroby analyzované výrobní linky, který je uveden v této kapitole. Po tom, co bude navržen standard, bude tento budoucí stav porovnán s aktuálním a dojde k vyčíslení možné úspory plynoucí z jeho zavedení. Cílem je kvantifikovat možný přínos pro společnost, ve které byla tato diplomová práce vytvořena.

12.1 Návrh standardizace procesu plánování výroby

Návrh standardizace plánování výroby má dvě části. V první části je nutné zajistit maximální efektivitu jednotlivých výrobních zakázek. Jako podklad pro tuto část slouží podkapitola s názvem „Stanovení optimálního pokrytí objednávek výrobní dávkou“, kde byly srovnány náklady pro přípravu a rozjezd výroby a náklady pro skladování. Každá skupina výrobků, rozdělené podle odbytu, musí být standardizovaná zvlášť, protože pro každou znamená efektivnost něco jiného. Standardizace zakázek jednotlivých skupin výrobků je uvedena v následující tabulce č. 13

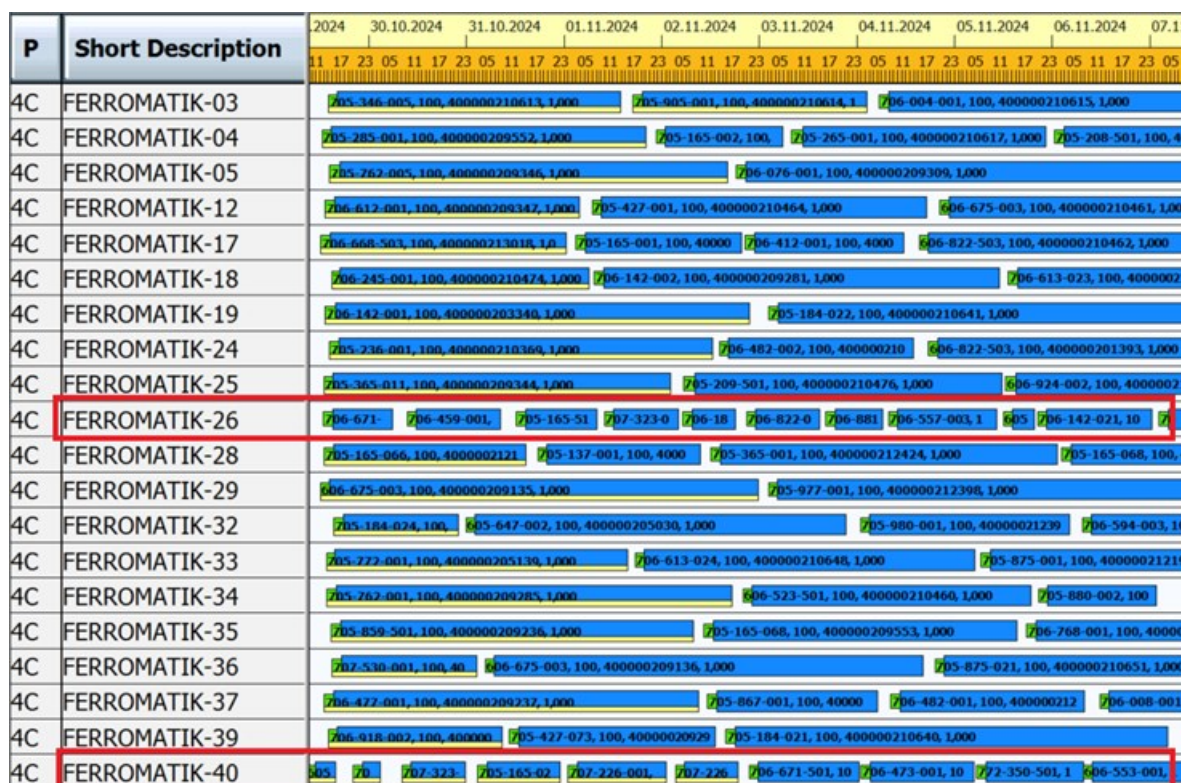
Tabulka 13 – Návrh standardizace výrobní dávky

Skupina výrobků:	Efektivní plánování:
Vysoko-obrátkové produkty	Max. kapacita formy
Středně-obrátkové produkty	6 týdnů pokrytí objednávek
Nízko-obrátkové produkty	8-12 týdnů pokrytí objednávek (rozhodování na základě aplikace v kap. 10.6)

(Zdroj: vlastní)

Vysoko-obrátkové produkty by se měly vyrábět na maximální kapacitu formy, aby bylo zajištěno co nejlepšího využití formy. Maximální kapacita formy zde pokrývá objednávky na dobu menší než 6 týdnů. Středně-obrátkové produkty, kde se vyrábí méně, než je maximální kapacita formy, by měly pokrývat 6 týdnů objednávek. Toto bylo zjištěno také výpočtem v kapitole 10.6. Zde nejde pro každou zakázku zjišťovat optimum pomocí aplikace, bylo to velmi časově náročné, tedy neefektivní z pohledu práce plánovače, protože těchto produktů je nejvíc, zhruba 80 %. Nízkoobrátkové výrobky by se měly vyrábět na pokrytí od 8 do 12 týdnů. Je tomu tak z důvodu, že náklady na přípravu forem a rozjezd výroby výrazně převyšují náklady pro skladování těchto produktů.

Druhá část standardizace vychází z toho, že jednotlivé zakázky již není možné více zefektivnit a jediná možná další optimalizace tak vychází z uspořádání jednotlivých zakázek na strojích. Tato standardizace vychází z podkapitoly „Vyhodnocení plánovacích strategií“. Jako nejefektivnější zde vyšla strategie, kdy neefektivní zakázky, tedy zakázky do 26 hodin výroby jsou plánovány pouze na dva stroje. Přesněji Ferromatik-26 a Ferromatik-40, které jsou nejbližše seřizovačům a nástrojárně. Pro připomenutí této strategie je na obrázku č. 50 znovu přiložen výstřižek zvolené plánovací strategie.



Obrázek 50 – Optimální plánovací strategie

(Zdroj: vlastní)

12.2 Zhodnocení navržené optimalizace

A co by taková standardizace mohla přinést? Tomu se věnuje tato podkapitola. Úspory je nutné opět rozdělit stejně jako tomu bylo v minulé podkapitole věnované standardizaci. Nejprve bude vyčíslena úspora ze standardizace velikosti samotných zakázek. Úspora v procentech je zobrazena v tabulce č. 14

Tabulka 14 – Úspora vedoucí ze standardizace výrobní dávky

Skupina výrobků:	Aktuální stav:	Po standardizaci:	Úspora za rok:
Vysoko-obrátkové produkty	Výrobní dávka dle max. kapacity formy	Výrobní dávka dle max. kapacity formy	-
Středně-obrátkové produkty	5 týdnů	6 týdnů	11 %
Nízko-obrátkové produkty	6-8 týdnů	9-12 týdnů	Min. 6 %

(Zdroj: vlastní)

Použity byly údaje z tabulky číslo 5, kde byl porovnán procentuální rozdíl v nákladech mezi uvedenými strategiemi. U vysoko-obrátkových produktů se neočekává žádné zlepšení. Vyrábět se bude i nadále maximální kapacita formy, protože neexistuje žádný jiný efektivnější způsob. U středně-obrátkových produktů dojde k prodloužení pokrytí objednávek z pěti na šest týdnů. Toto způsobí, že se u této skupiny produktů bude vyrábět devět zakázek za rok místo jedenácti. Celkové roční náklady na přípravu a rozjezd výroby pro tuto skupinu produktů se sníží o 11 % (dvě výměny). K přesnému vyčíslení možné úspory by bylo nutné zjistit kolik přesně produktů se v této skupině vyskytuje, toto číslo je těžce zjistitelné, protože se požadavky zákazníků mění a produkty můžou přecházet z jedné skupiny do druhé v průběhu roku z důvodu životního cyklu produktu. Dalším problémem ve vyčíslení úspory je fakt, že na jedné formě se může vyrábět několik výrobků spadajících do různých skupin podle odbytu. Náklady jdou alespoň odhadem určit na základě toho, do jaké skupiny spadají formy nyní.

- V lince se nachází zhruba 68 forem spadajících do skupiny středně-obrátkových. Přejít na 6 týdnů pokrytí uspoří 2 přípravy výroby za rok pro každou formu. Jedna příprava stojí 3028 Kč. Při vynásobení těchto hodnot získáme úsporu 411 808 Kč za středně-obrátkové výrobky.
- Při změně v plánování nízko-obrátkových výrobků uspoříme minimálně jednu přípravu výroby za rok a nachází se zde 49 takových forem. Odhadem je tedy možné uspořit 148 372 Kč za nízko-obrátkové výrobky.
- Celkem je odhadovaná roční úspora za standardizaci pokrytí objednávek výrobních zakázek **560 180 Kč**.

Další možnou úsporou je zlepšení vytížení výrobní linky pomocí standardizace plánování výrobních zakázek na stroje. Z předchozí kapitoly již víme, že rozdíl ve vytížení po zavedení standardizace může být až 8 %. V další tabulce č. 15 se nachází výpočet úspory za předpokladu, že by bylo dosaženo stejných podmínek jako v simulaci. Potenciál pro zlepšení je zde obrovský, protože by bylo možné uspořit celkem až 13 440 hodin ročně. To by přineslo úsporu více než 6,5 milionu korun.

Tabulka 15 – Výpočet úspory vedoucí ze standardizace plánování

Výpočet roční úspory:	
Počet pracovních dní:	350
Počet hodin výroby (nepřetržitý provoz):	8400
Počet strojů:	20
Celkový disponibilní čas:	168000
Sazba pro výrobu stroje za hodinu (Kč):	503,5
Vytížení aktuální strategie (%):	71
Vytížení alternativní strategie (strategie č. 2) (%):	79
Počet hodin výroby při aktuální strategii:	119280
Počet hodin výroby při alternativní strategii:	132720
Rozdíl v hodinách výroby:	13440
Peněžní úspora (Kč):	6 767 040

(Zdroj: vlastní)

V praxi však není možné dosáhnout stejných podmínek jako v simulaci z těchto důvodů:

- Do simulace nevstupovaly náhodné vlivy jako neshody ve výrobě, poruchy strojů a nástrojů, nedostatek zdrojů a podobně. Z toho důvodu by bylo správné snížit úsporu o alespoň 20 %.
- V průběhu roku se mění počet aktivních strojů. Průměrně může být v průběhu roku zhruba 14 strojů ze 20 (o 30% menší možný výkon).
- Aby tedy bylo možné určit alespoň trochu reálnou úsporu, je nutné tu celkovou snížit o tyto procenta (o 50 %) na **3 789 500 Kč**.

Celkem se zde po spojení obou úspor může dosáhnout značného zlepšení ve vytížení výrobní linky. Samotné lepší uspořádání výrobních zakázek navyšuje fakt, že díky standardizaci samotných zakázek dojde prodloužení jednotlivých zakázek oproti aktuálnímu stavu, a tedy opět ke zvýšení vytížení. Značných úspor lze dosáhnout i v nákladech pro přípravu forem a na výměnu nástrojů. Celkový potenciál pro optimalizaci se odhaduje po sečtení obou očekávaných úspor na 4 349 680 Kč. Jelikož je známá doba trvání projektu, a kromě licence pro software Plant simulation není potřeba zakoupit žádný majetek a ani platit mzdu jinému pracovníkovi, je možné vyčíslit očekávané náklady projektu. Roční licence softwaru Plant simulation stojí 110 000 Kč. Mzdu pracovníka spočítáme jako 27 dní krát 8 hodin. Hodinová mzda pracovníka je 300 Kč. Celkové personální náklady jsou 64 800 Kč. Odhadované náklady projektu činí 174 800 Kč. Po odečtení nákladů na projekt zůstane očekávaná čistá úspora v hodnotě **4 174 880 Kč za rok**.

Tento projekt se tedy jeví jako velmi účinný. Nyní je nutné přejít k zavedení tohoto návrhu standardizace a testování v reálné výrobě po co nejdelší časový úsek, ideálně alespoň rok, aby bylo možné posoudit do jaké míry skutečná úspora naplní tu teoretickou. Testovat by se mělo alespoň po dobu jednoho roku proto, aby bylo eliminováno sezónní chování trhu. Díky tomu bude možné vyzkoušet standardizace za různého počtu aktivních strojů ve výrobní lince, protože ten se v průběhu roku mění.

ZÁVĚR

V teoretické části této diplomové práce byly připraveny literární podklady pro provedení části praktické. Mezi tyto podklady spadá výrobní technologie, kterou se zabývá analyzovaná firma. Dále jelikož se jedná o logistické téma, byly přiblíženy základy logistiky a plánování výroby. Dalším obsahem této literární rešerše byly použité metody průmyslového inženýrství a projektového řízení. V části praktické byla provedena analýza procesu, který byl předmětem optimalizace a na jejím základě došlo k návrhu standardizace procesu plánování výroby.

Prvním dílčím cílem pro tuto diplomovou práci bylo provést analýzu počátečního stavu procesu. Té se věnovala kapitola 10. Druhým dílčím cílem bylo stanovení optimální výrobní dávky. Jelikož bylo možné ze získaných dat postavit model pro její stanovení, byla navržena standardizace, pomocí které došlo o 11 % snížení nákladů na přípravu výroby u středně-obrátkových výrobků a minimálně 6 % snížení u výrobků nízko-obrátkových. Posledním dílčím cílem bylo navrhnout nejefektivnější způsob přiřazování výrobních zakázek na jednotlivé stroje. K aktuální strategii byly stanoveny dvě alternativní a ty byly ověřeny pomocí simulačního softwaru. Ze simulací bylo zjištěno, že nejmenších prostojů linka dosáhne tehdy, pokud krátké (neefektivní) výrobní dávky budou alokovány pouze na dva stroje, které jsou v nejmenší vzdálenosti od nástrojárny a seřizovačů. Tímto došlo ke splnění všech dílčích cílů, jejichž úkolem bylo umožnění splnění cíle hlavního. Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout způsob, jak zvýšit vytížení výrobní linky alespoň o 5 %. Tento na první pohled sebevědomý cíl byl ve finále splněn tím, že došlo k prodloužení výrobních dávek, tím došlo ke snížení počtu seřizování vstřikolisů a zvýšení vytížení linky. Tento fakt dále podpořilo zvolení vhodné strategie přiřazování výrobních zakázek na stroje, kde byl odhalen potenciál pro zvýšení vytížení o 8 %. V poslední kapitole byla úspora vedoucí z této optimalizace odhadnuta až na 4 174 880 Kč za rok.

Úskalím této diplomové práce je zjištění reálné úspory, jelikož se požadavky na výrobu nestále mění a v průběhu roku je v provozu různý počet strojů a vstupují do výroby neočekávatelné situace jako poruchy či personální změny. Nelze tak zajistit dvě stejná testovací období. Je tedy nutné, aby testovací období bylo dlouhé alespoň rok. Co může být limitující u navržené standardizace je poruchovost strojů, na které by byla alokována výroba krátkých zakázek, protože by docházelo k jejich neustálému zahřívání a chladnutí. Je tedy otázkou, jak se toto projeví v čase a zda by nedošlo k razantnímu nárustu potřebných servisních zásahů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGV - Automaticky řízené vozíky. Online. In: SSI Schaefer. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/dopravniky-doprava/agv>. [cit. 2025-03-07].

ALTMAN, Harry, 2017. *Lean: this book includes Lean Six Sigma, Lean startup, Lean enterprise, Lean analytics, Agile project management, Kanban, Scrum*. North Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform. ISBN 978-1-9783-4868-4.

Automotive, © 2025. Online. Hirschmann automotive. Dostupné z: <https://www.hirschmann-automotive.com/en/company/reasons-why>. [cit. 2025-03-29].

BILÍK, Peter a KUDLÁČ, Martin, 2024. *7 strategických trendů v digitalizaci a automatizaci výroby pro rok 2024*. Online. System Online. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/7-strategickych-trendu-v-digitalizaci-a-automatizaci-vyroby.htm>. [cit. 2025-02-21].

BOBEK, Jiří, 2015. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. Verze knihy: 12. [Online]: [Code Creator]. ISBN 978-80-88058-63-2. Dostupné také z: <https://etul.publi.cz/book/179-vstrikovaci-formy-pro-zpracovani-termoplastu>.

Definice projektu. Online. OBMI. Dostupné z: <https://www.obmi.cz/temata/definice-projektu/>. [cit. 2025-04-23].

FAYOL, Henri. *Administration Industrielle et Générale*. Paris: Dunod, 1916. ISBN 978-2100768726.

FORD, Henry. *Today and Tomorrow*. New York: Doubleday, 1926. ISBN 978-0915299362.

HESSING, Ted, 2017. *Spaghetti diagram*. Online. Six Sigma Study Guide. Dostupné z: <https://sixsigmastudyguide.com/spaghetti-diagram/>. [cit. 2025-04-23].

HORINE, Greg, 2017. *Project management: absolute beginner's guide*. Fourth edition. Indianapolis: Que. ISBN 978-0-7897-5675-6.

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

KERZNER, Harold, 2013. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 11th ed. Hoboken: John Wiley. ISBN 978-1-118-02227-6.

DUPAL, Andrej, 2018. *Logistika*. Economics. Bratislava: Sprint 2. ISBN 978-80-89710-44-7.

MAAYTOVÁ, Alena, 2015. *Metody a nástroje projektového managementu*. Online. Obecní portál. Dostupné z: https://www.obecniportal.cz/33/metody-a-nastroje-projektoveho-managementu-uniqueidgOkE4NvrWuPseiMHWgO4_R2wq1rgG4NaAg_rzFJ8D5c/. [cit. 2025-03-24].

MACUROVÁ, Pavla; KLABUSAYOVÁ, Naděžda a TVRDOŇ, Leo, 2018. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Series of economics textbooks. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 9788024841588.

OHNO, Taiichi. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press, 1988. ISBN 978-0915299140.

Plant simulation, © 2025. Online. Siemens. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/cs-CZ/tecnomatix/plant-simulation-software/>. [cit. 2025-03-20].

Problematika velikosti dávky. Online. In: Tech portal. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/problematika-velikosti-davky-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eluk3A1jA9RsJPPbSRrCsWM/>. [cit. 2025-03-10].

Reasons why, © 2025. Online. Hirschmann automotive. Dostupné z: <https://www.hirschmann-automotive.com/en/company/reasons-why>. [cit. 2025-03-29].

SCULLIN, Chris, 2025. *7 Smart Warehouse Technologies to Implement Today*. Online. Camcode. Dostupné z: https://www.camcode.com/blog/smart-warehouse-technologies/?srsltid=AfmBOoqPE_WEfqFrbW00I7EBCVsNNUUgrMA5lhdfQJQvtaZbk0962wUW. [cit. 2025-03-07]

Simulace výroby, © 2025. Online. Siemens. Dostupné z: <https://www.sw.siemens.com/cs-CZ/technology/manufacturing-simulation/>. [cit. 2025-03-20]

STEHLÍK, Antonín a KAPOUN, Josef, 2008. *Logistika pro manažery*. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-37-8.

SULE, D. R., 2008. *Production planning and industrial scheduling: examples, case studies, and applications*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4200-4420-1. Dostupné také z: <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0712/2007010013.html>.

SVOBODOVÁ, Hana, 2008. *Produkční a operační management*. Edice učebních textů. Management. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu. ISBN 978-80-86730-35-6. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:649b94c0-0b6d-11ea-a20e-005056827e51>.

TARANTINO, Anthony, 2022. *Smart manufacturing : the lean six sigma way*. Hoboken, New Jersey: John Wiley. ISBN 9781119846642

Technology. Online. In: Servus. Dostupné z: <https://servus.info/en/technology/>. [cit. 2025-03-07].

This Is Where Your Future Products Are Created, © 2025. Online. Hirschmann automotive. Dostupné z: <https://www.hirschmann-automotive.com/en/company/locations/vsetin>. [cit. 2025-03-29].

TUČEK, David a BOBÁK, Roman, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 80-731-8381-1.

Uspořádání výrobního procesu, © 2019. Online. Altaxo. Dostupné z: <https://www.altaxo.cz/provoz-firmy/management/rizeni-podniku/usporadani-vyrobniho-procesu>. [cit. 2025-02-19].

VOLLMANN, Thomas E., 2005. *Manufacturing planning and control systems for supply chain management*. 5th ed. New York: McGraw-Hill. ISBN 0-07-144033-X.

WALLACE, Patricia, 2015. *Introduction to information systems*. Second edition. Boston: Pearson. ISBN 978-1-292-07110-7.

WEBER, Max. *Wirtschaft und Gesellschaft: Grundriss der verstehenden Soziologie*. Tübingen: Mohr Siebeck, 1922. ISBN 978-3161462383.

Zásoby v účetnictví: vymezení a členění zásob a základy oceňování – 1. díl, © 2025. Online. Money. Dostupné z: <https://money.cz/novinky-a-tipy/ucetnictvi-2/jak-na-zasoby-v-ucetnictvi-1-dil/>. [cit. 2025-03-06].

ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.

ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 9788073002503.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Schéma výrobního procesu.....	18
Obrázek 2 – Schéma formy.....	23
Obrázek 3 – Schéma vstřikolisu.....	23
Obrázek 4 – Ukázka AGV vozíků	31
Obrázek 5 – Automatizovaný sklad	32
Obrázek 6 – Plánovací diagram	38
Obrázek 7 – EOQ graf	41
Obrázek 8 – Schéma MRP analýzy.....	42
Obrázek 9 – Schéma MRP II analýzy	43
Obrázek 10 – Srovnání MRP I a MRP II	43
Obrázek 11 – Layout Plant simulation.....	50
Obrázek 12 – Výrobní hala	56
Obrázek 13 – Ukázka produktů společnosti	57
Obrázek 14 – Ukázka závodu	58
Obrázek 15 – Ganttův diagram	60
Obrázek 16 – Schéma plnění objednávek zákazníka	61
Obrázek 17 – Ukázka výrobních zakázek v systému.....	63
Obrázek 18 – Ukázka forem	64
Obrázek 19 – Ukázka vstřikolisu	65
Obrázek 20 – Zjištění času výměn forem	68
Obrázek 21 – Výpočet času pro přípravu formy	71
Obrázek 22 – Zjednodušený layout výrobní haly	72
Obrázek 23 – Ukázka plánovacího systému	74
Obrázek 24 – Plánování středně-obrátkového výrobku.....	76
Obrázek 25 – Plánování nízko-obrátkového výrobku.....	77
Obrázek 26 – Poměr nákladů na výrobu vůči přípravě výroby	80
Obrázek 27 – Graf vývoje nákladů při různých velikostech dávky	82
Obrázek 28 – Ukázka kontroly hladiny skladových zásob	84
Obrázek 29 – Graf skladovacích nákladů při strategii 4týdenní výrobní dávky.....	85
Obrázek 30 – Graf vývoje skladovacích nákladů	86
Obrázek 31 – Graf pro stanovení optimální dávky středně-obrátkového produktu.....	87
Obrázek 32 - Graf pro stanovení optimální dávky nízko-obrátkového produktu	88
Obrázek 33 – Aplikace pro výpočet optimální dávky.....	89
Obrázek 34 – Layout výrobní haly v Plant Simulation.....	91

Obrázek 35 – Histogram četnosti délek zakázek pro všechny zakázky	92
Obrázek 36 - Histogram četnosti délek zakázek pro neefektivní zakázky	94
Obrázek 37 - Histogram četnosti délek zakázek pro efektivní zakázky	96
Obrázek 38 – Aktuální strategie plánování.....	98
Obrázek 39 – Spaghetti diagram (Aktuální strategie)	99
Obrázek 40 – Vytížení linky (Aktuální strategie).....	100
Obrázek 41 – Celkové vytížení výrobní linky (Aktuální strategie).....	100
Obrázek 42 - Strategie s přesunutím neefektivních zakázek na stroje nejbližše seřizovačům a nástrojárně.....	101
Obrázek 43 - Spaghetti diagram (Strategie F26/40)	102
Obrázek 44 - Vytížení linky (Strategie F26/40)	103
Obrázek 45 - Celkové vytížení výrobní linky (Strategie F26/40)	104
Obrázek 46 – Strategie střídání efektivních a neefektivních zakázek	105
Obrázek 47 - Spaghetti diagram (Střídání zakázek)	105
Obrázek 48 - Vytížení linky (Střídání zakázek)	106
Obrázek 49 - Celkové vytížení výrobní linky (Střídání zakázek)	107
Obrázek 50 – Optimální plánovací strategie.....	110

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Výpočet času výměny formy	69
Tabulka 2 – Výpočet sazby stroje	70
Tabulka 3 – Výpočet nákladů pro skladování.....	73
Tabulka 4 – Vývoj poměru nákladů na výměnu formy vůči výrobě s rostoucí dobou výroby	79
Tabulka 5 – Náklady na přípravu výroby při různých velikostech dávky	82
Tabulka 6 – Četnosti dob výrobních zakázek (všechny zakázky)	92
Tabulka 7 - Charakteristiky polohy délek statistického souboru (všechny zakázky)	93
Tabulka 8 - Četnosti délek výrobních zakázek (neefektivní zakázky)	94
Tabulka 9 - Charakteristiky polohy délek statistického souboru (neefektivní zakázky)	95
Tabulka 10 - Četnosti dob výrobních zakázek (efektivní zakázky).....	95
Tabulka 11 - Charakteristiky polohy délek statistického souboru (efektivní zakázky)	96
Tabulka 12 – Vyhodnocení navržených strategií.....	108
Tabulka 13 – Návrh standardizace výrobní dávky.....	109
Tabulka 14 – Úspora vedoucí ze standardizace výrobní dávky	111
Tabulka 15 – Výpočet úspory vedoucí ze standardizace plánování	112