

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra využití strojů**



## **Diplomová práce**

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

**Bc. Tomáš Růžička**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Růžička

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

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

Název anglicky

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

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je posouzení možností aplikace pokročilých konceptů řízení výroby ve vybrané firmě a návrh aplikace vhodného konceptu. V rešeršní části budou popsány metody a nástroje. V aplikační části bude provedena analýza možných řešení ve vybrané výrobní firmě s využitím relevantních metod a nástrojů se zaměřením na optimalizaci krátkodobého plánování modelových variant kolových nakladačů a rypadel.

### Metodika

Diplomant provede pro výrobní vybranou firmu strukturovanou analýzu zaměřenou na hledání úzkých míst ve výrobě a v dodavatelsko-odběratelských vztazích. Následně navrhne aplikaci vybraných relevantních pokročilých konceptů se zaměřením na option forecasting, key option planning a mapováním toku dat, pro zautomatizování kontroly kvality na vstupu a výstupu.

**Doporučený rozsah práce**

50 – 60 stran

**Klíčová slova**

analýza výrobního procesu, KPI, dostupnost

---

**Doporučené zdroje informací**

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

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

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

KAVKA, M., MIMRA, M.: Řízení a organizace výrobních procesů. Interní studijní text. ČZU v Praze, Technická fakulta, Praha, 2021.

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

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

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

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/2022 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Miroslav Mimra, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra využití strojů

---

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2021

**doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2022

---

### **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 31.03.2022

---

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Mimrovi, Ph.D., za odborné vedení práce a poskytování cenných rad a připomínek, které mi pomohly tuto práci dokončit. Dále bych chtěl poděkovat kolegům ze společnosti Doosan Bobcat EMEA za možnost podílet se na projektu pro optimalizaci výroby.

**Abstrakt:**

Diplomová práce se zabývá aplikací pokročilých nástrojů a metod, které vedou k optimalizaci při plánování výroby. Cílem práce je navržení řešení pro zpřesnění plánování výroby na odběratelsko-dodavatelské straně ve vybrané společnosti. V rešeršní části jsou zpracována teoretická východiska věnující se zlepšení toku a predikci materiálu pro výrobu. Návrhem řešení je vytvoření nástroje pro předpovídání potřeb pro dodávání materiálu, čímž lze zajistit lepší tok materiálu pro výrobu. Ke zlepšení plynulosti výroby je navržen postup, algoritmus, který umožňuje přesnější plánování komponentů pro výrobu.

**Klíčová slova:** analýza výrobního procesu, KPI, dostupnost

**Abstract:**

The thesis deals with the application of advanced tools and methods that lead to optimization in production planning. The aim of the thesis is to design solutions to refine production planning on the customer-supplier side in a chosen company. In the research part, the theoretical background for improving the flow and prediction of material for production is elaborated. The proposed solution is to create a tool for forecasting material supply needs, which can ensure better material flow for production. To improve the smoothness of production, a procedure, an algorithm, is proposed that allows more accurate planning of components for production.

**Key words:** production process analysis, KPI, availability

# Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce .....	2
3 Metodický postup řešení .....	3
4 Teoretická východiska.....	6
4.1 Master Scheduling.....	6
4.1.1 Sestavení plánu.....	7
4.2 Prognóza v dodavatelském řetězci .....	8
4.2.1 Faktory ovlivňující prognózu a její metody .....	9
4.2.2 Přístup k prognózování.....	11
4.2.3 Metody prognózování.....	12
4.3 Důvody aplikace automatických procesů.....	15
4.4 Logistické procesy a technologie .....	15
5 Praktická část.....	19
5.1 Popis společnosti a řešeného případu.....	19
5.2 Navržení harmonogramu projektu.....	21
5.3 Zmapování současného stavu a identifikace problémů .....	22
5.4 Návrh nástroje .....	27
5.4.1 Sběr dat.....	28
5.4.2 Odstranění výchyly .....	32
5.4.3 Vytvoření nástroje pro Option Forecasting .....	36
5.4.4 Automatická aplikace výpočtu na massdata.....	38
5.4.5 Vyhodnocení efektivity nástroje .....	49
6 Závěr .....	52
7 Seznam zdrojů.....	54
8 Seznamy .....	56
8.1 Seznam tabulek .....	56
8.2 Seznam obrázků .....	56
9 Přílohy .....	57

# 1 Úvod

Práce je zaměřena na aplikaci pokročilých nástrojů a metod, které vedou k optimalizaci při plánování výroby.

S rostoucím objemem produkce roste i množství potřebného materiálu pro uspokojení potřeb výroby. Efektivnějšího řízení výroby a ziskovosti podniku lze dosáhnout zavedením lepšího procesu pro řízení zásob. Je nutné předvídat očekávanou spotřebu materiálu, tím minimalizovat celkové náklady s tím spojené a dodržet uspokojení požadavků zákazníka.

Náplní práce je navržení řešení pro zpřesnění plánování výroby na odběratelsko-dodavatelské straně vytvořením nástroje pro předpovídání potřeb pro dodávání materiálu, a tím zajistit lepší tok materiálu pro výrobu ve vybrané společnosti.

Diplomová práce je rozdělena do několika částí. V první části je přiblížena role master schedulingu ve společnosti a její podstata. Další část je věnována metodám forecastingu a je zde představeno několik nástrojů, které se při něm používají.

V další části se práce věnuje problematice ve zvolené firmě, kde je provedena analýza pro zmapování současného stavu. Dále je pak navrženo řešení za pomoci metod a nástrojů, které jsou popsány v rešeršní části práce.

Poslední částí práce je aplikace vytvořeného nástroje a vyhodnocení jeho přesnosti a jeho efektivity v praxi.



## 2 Cíl práce

Cílem práce je navržení řešení pro zpřesnění plánování výroby na odběratelsko-dodavatelské straně vytvořením nástroje pro předpovídání potřeb pro dodávání materiálu, a tím zajistit lepší tok materiálu pro výrobu ve vybrané společnosti.

Hypotéza, na které je diplomová práce založena, předpokládá, že použití pokročilých metod řízení výroby a jejich aplikace prostřednictvím nástroje pro zpřesnění plánování komponentů pro výrobu může společnosti:

- ušetřit finanční prostředky spojené s dodatečnými náklady na urychlování dodávek komponentů do výroby
- snížit ztrátu ve výrobě, kvůli chybějícím komponentům pro montáž.

### 3 Metodický postup řešení

Jak již je dříve zmíněno, práce se věnuje problematice v oblasti plánování budoucí spotřeby komponentů ve výrobě. V první části práce je zpracována literární rešerše věnující se tématům prognózování a plánování výroby na úrovni master schedulingu. Rešerše je zpracována z internetových a tištěných zdrojů a jsou v ní vysvětleny teoretické pojmy, které je třeba znát a porozumět jim, aby je šlo využít pro splnění cíle práce. Získané informace jsou použity v řešení sledovaného případu. Zmíněná teoretická východiska a vzorce je sice nutná znát, ale bohužel pro praktickou část se nedají využít samostatně a v jejich základní formě. V praktické části jsou tyto metody různě kombinovány a upraveny podle potřeby řešeného případu.

V další části práce je představen řešený případ pro společnost Doosan Bobcat EMEA s.r.o.. K popsání současné situace je vytvořen časový harmonogram projektu, podle kterého se při řešení postupuje. K vyhodnocení současného stavu je sestaveno schéma, které zobrazuje současný postup při plánování výroby. Dále jsou získána data o počtech provedených změn ve výrobě za pomoci spolupráce s oddělením zaštiťujícím výrobu. Zpracování a vyhodnocení získaných dat, které je provedeno pomocí MS Excel, buďto potvrdí, či vyvrátí, zda je současný stav plánování komponentů pro výrobu nastaven špatně. Pokud bude potvrzeno, že je v současnosti nastaveno špatně, je v práci provedena na jednom příkladu analýza, která určí finanční ztrátu.

Dalším krokem je získání aktuálních dat o tom, jaké komponenty jsou v současné chvíli pro výrobu aktivní, a tedy pro ty, které je nutné sledovat. K nim je potřeba doplnit data o jejich historické spotřebě. Jsou-li dostupná i data o budoucí spotřebě, tzn. je položeno dostatečné množství objednávek v systému, pak jsou použita i ta. Pro získání těchto dat je využita interní databáze ERP systému Oracle a interní databáze systému EBC, data jsou získávána za pomoci příkazů v SQL (Structured Query Language).

Po získání potřebných dat je navrženo řešení v podobě nástroje, který umožňuje sledovaná data sbírat automaticky nebo za pomoci minimálních lidských vstupů. Nástroj zobrazí, jaká je současná plánovaná spotřeba komponentů pro výrobu. Na základě historických a případně budoucích dat je pomocí nástroje spočítána doporučená plánovaná spotřeba a uveden seznam optionů, na kterých by měla být provedena změna. Hodnoty jsou vždy zobrazeny za období jednoho celého měsíce. Nástroj je dle požadavků společnosti vytvořen v souboru MS Excel za pomoci excelovských funkcí, Microsoft Query a maker v VBA (Visual Basic for Applications).

V excelovském souboru je vytvořená tabulka, ve které je pomocí vzorců pro prognózování proveden výpočet pro procentuální hodnotu spotřeby komponentu, která by měla být nastavena ve forecastu. Hodnoty se spotřebou jsou opraveny o odchylku pomocí určení trendu. Následný výpočet je proveden pomocí klouzavého průměru, doplněný o maximální hodnoty spotřeby komponentů za celé sledované období.

#### Metoda klouzavého průměru

*Klouzavý průměr* se využívá v případě kdy u poptávky není pozorovatelná sezónost a trend. Tato metoda se jeví jako nejvhodnější pro sledovaný případ. Předem nelze určit jakého charakteru je poptávka pro všechny sledované komponenty. Při použití tohoto způsobu předpovědi se úroveň poptávky v určitém období  $t$  stanoví jako průměrná poptávka za poslední  $N$  období a její výpočet je proveden dle vzorce:

$$L_t = (D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}) \div N \quad (1.2)$$

$L_t$  = odhad úrovně na konci období  $t$

$F_t$  = odhad poptávky pro období  $t$  (provedený v období  $t-1$  nebo dříve)

$D_t$  = skutečná poptávka pro období  $t$  (provedená v období  $t-1$  nebo dříve)

Pro všechna následující období je odhad stejný a vychází z aktuálního odhadu úrovně poptávky, prognóza je pak určena dle vztahu:

$$F_{t+1} = L_t \text{ a } F_{t+n} = L_t$$

Poté co je zjištěna poptávka za období  $t-1$  mohou být odhady úrovně zrevidovány, podle výpočtu:

$$L_{t+1} = (D_{t+1} + D_t + \dots + D_{t-N+2}) \div N, \quad F_{t+2} = F_{t+1}$$

Nový klouzavý průměr lze jednoduše zjistit tak, že je přidáno nejnovější sledování a nejstarší je naopak vynecháno. Takto upravený klouzavý průměr slouží jako odhad. Čím vyšší je  $N$  tím je prognóza méně citlivá na nejméně poslední sledované poptávce.

Na tento výpočet je následně použito makro, které pomocí cyklů aplikuje výpočet na všechny sledované komponenty. Pro vizualizaci dat je sestavena kontingenční tabulka a z ní je vytvořen graf, který zobrazuje současné nastavení forecastu, historickou spotřebu komponentu, data o

poptávané spotřebě dle objednávek a doporučené nastavení option forecastu získané vytvořeným nástrojem. Autor se podílel na vývoji, na implementaci se však podílelo více lidí. Algoritmus je nadále stále zpřesňován a vyvíjen. Nástroj změnu pouze navrhuje, uživatel má možnost, zda navrhovanou změnu akceptuje, či nikoliv, a to na základě jeho zkušeností, tj. měkkých znalostí, které je obtížné algoritmizovat.

## 4 Teoretická východiska

Pro lepší porozumění dané problematice je potřeba vysvětlit několik teoretických poznatků. Kapitola je věnována zejména master schedulingu, ve kterém je vysvětlena problematika při sestavování plánu výroby a prognózování.

### 4.1 Master Scheduling

Master production schedule je termín používaný k popisu centralizovaného dokumentu, který udává základní informace o tom, co se musí vyrábět, kolik se toho musí vyrobit a kdy se to bude vyrábět.

Obecně platí, že pokud je takový plán vytvořen správně, může pomoci se lépe přizpůsobovat výkyvům v poptávce, předcházet výpadkům zásob, zlepšit efektivitu práce a účinně provádět kontrolu nákladů. Cílem tohoto plánu je zvýšení efektivnosti plánování a tím ušetřit čas a získat prostor na ostatní činnosti, které vedou k rozšíření podniku.

Při sestavování tohoto plánu je nutné dodržet několik kroků:

1. zmapování poptávky a na jejím základě sestavení plánu pro její uspokojení,
2. analýza potřebných zdrojů na uspokojení poptávky,
3. vypracování návrhu hlavního plánu výroby,
4. vyhodnocení, zda existují dostupné kapacity pro uspokojení poptávky dle navrženého plánu,
5. vyhodnocení plánu a jeho zavedení do výroby.

Sestavením hlavního plánu výroby je dosaženo získání přehledu o všem, co společnost potřebuje udělat pro uspokojení poptávky. Za pomoci získaných informací o vztazích mezi poptávkou a nabídkou je možné včas zareagovat a zvýšit nebo snížit výrobu. Díky tomu je možné dosáhnout včasného dodání objednávky bez problémů a závad, tedy takzvané *perfektní objednávky*, o což by měla každá společnost usilovat.

Pomocí dobře sestaveného plánu je získána informace o tom, kolik položek je nutné v určitém období vyrobit. V plánu jsou zohledněny všechny možnosti výrobních tras a jsou v nich uvedeny případné problémy, které se mohou vyskytnout. To umožňuje vybrání nejefektivnějšího řešení. Při sestavení hrubého plánu je získána informace o reálné kapacitě, která je potřebná k uspokojení poptávky. Plán může být využit i pro případné získání

doobjednávek za pomoci nástroju marketingu nebo financí. Díky plánu je též poskytnut obraz o reálném využití a vytížení strojů, zařízení a lidských zdrojů. [1]

#### 4.1.1 Sestavení plánu

Pro sestavení plánu výroby je potřeba znát plán poptávky. Pro vytvoření plánu poptávky je třeba mít informace s aktuálními a historickými údaji o prodeji. Na základě těchto dat je možné vypracovat odhadovanou spotřebu na následující období. Období si společnost může nastavit podle vlastního uvážení, ale je pak nutné toto období pokaždé dodržet. Nejčastěji se nicméně používají měsíce nebo týdny.

Krom prognózy o budoucí spotřebě je vhodné mít i bezpečnostní zásoby určené pro případ, kdy by došlo k odchýlení od odhadu, tedy položení nestandardně velké nebo neobvyklé objednávky. V případě, kdy je trend poptávky rostoucí, je vhodné zvýšit objednávkovou politiku tak, aby často nespotřebovávala bezpečnostní zásoby.

Po uplynutí stanoveného období je nutná aktualizace plánu poptávky a zaznamenání dat za současné období. Díky těmto datům je možné vytvořit relativně přesný výrobní kalendář, který je promítnut do hlavního výrobního plánu. V prvních obdobích je tento postup v procesu, ale při správném vypracování se může stát cenným nástrojem pro plánování výroby.

Pro správné sestavení plánu je dobré dodržet čtyři následující prvky:

- Seznam výrobků: všechny produkty a jejich modely, které jsou vyráběny. Pro tento krok je možné využít například ABC analýzu, kde se dají položky seřadit podle objemů výroby, takže nejvíce vyráběné produkty budou na prvním místě.
- Dílčí seznam s varianty každého výrobku: pro každou variantu výrobku je vhodné mít vytvořené vlastní pole. Například kompaktní rypadla můžeme rozdělit podle hmotnosti 2t, 3t, 5t atd. Ty se následně mohou rozdělit na další varianty, například s kabinou nebo bez.
- Časový interval: pro plánování a sbírání dat je nezbytné nastavení a vytvoření časového období. Rozdělení plánu na měsíce a týdny za cílem stanovení pevného plánu s jasnou informací, co se bude v následujících obdobích vyrábět. Je vhodné každých několik měsíců projít předpokládanou poptávku a přehodnotit ji. Pokud jsou dostupné i jiné informace z trhu, je možné provést změny dříve, než se to projeví na datech poptávky.
- Objemy výroby: určuje, jaký počet výrobků by se měl za dané časové období vyrábět. Celkový počet je poté ještě nutné rozdělit podle toho, z jakých variant se bude skládat. To závisí na předpokládané poptávce. Je tedy možné v jednom období vyrábět pouze

jednu variantu a v dalším období výrobu rovnoměrně rozdělit mezi všechny varianty.

[2]

Kromě informací o časovém rozvžení a o velikosti množství výroby, poskytuje plán informace marketingovému oddělení. To může tyto informace využít při jednání se zákazníky, když se domlouvá termín dodání. Při příjmu objednávky je tedy zákazníkům nabídnut konečný termín dodání, který je dostupný na základě informací o výrobě a množství zásob na skladě. Toto datum se vypočítá jako rozdíl mezi položenými objednávkami a množstvím výrobků ve výrobním plánu. Když je objednávka přijata, sníží se dostupné množství materiálu o množství na objednávce. Proto se může stát, že další přijatá objednávka bude vyžadovat, aby zákazník dostal jiné konečné datum dodání určené podle dostupného množství materiálu.

Toto množství je odhadovaný údaj na základě položených objednávek a odhadovaném plánu výroby. Pokud některý ze zákazníků zruší objednávku, je množství materiálu přepočítáno a tím je změněna i dodací lhůta. K opačné situaci ale dojde při změně objednávky, a to až u jejího materiálního složení či zvýšení množství. Ke stejné situaci dojde v případě výpadku výroby, čímž v předchozím období ke ztrátě. S každým plánem je spojeno určité množství materiálu a výrobků které mohou být alokovány pro splnění budoucích objednávek.

Když se hlavní plán změní, je to téměř vždy pro společnost velmi nákladné, protože dodatečná výroba může způsobit zpoždění dodávek zákazníkům, nebo naopak nevyužité suroviny musí být skladovány, a tím vzniknou další náklady. Z tohoto důvodu může společnost rozhodnout o uzamčení určitého období, to se nazývá *Time Fence*. To umožňuje zamknout objednávky v určitém časovém období, ve kterém lze provádět již jen velmi malé změny nebo žádné změny. Délka tohoto období bývá nastavena podle výše nákladů spojených s prováděním změn v hlavním plánu. Pokud je provádění změn velice nákladné, pak může být toto ohraničení nastavené na několik týdnů. Pokud jsou náklady nízké, může být toto ohraničení nastavené jen v rámci několika dní. Při provádění změn mimo *Time Fence* jsou náklady spojené se změnami méně nákladné, ale stále představují určitou část nákladů. Toto období se nazývá *Planning Time Fence* a během tohoto období je možné provádět změny v plánu, zohledňovat požadavky zákazníků a zohlednit změny ve výrobě. [3]

## 4.2 Prognóza v dodavatelském řetězci

V oblasti supply chain jsou všechna rozhodnutí, která se uskuteční předtím, než dojde k reálné poptávce, uskutečněna na základě prognózy. V této části práce je popsáno, jak lze využít historická data o poptávce k předpovědi poptávky budoucí a jak mohou tyto předpovědi ovlivňovat nabídku v dodavatelském řetězci.

Prognózování a rozhodování s ním spojené je velmi obtížné, pokud je poptávka po hotovém výrobku nebo dodávka materiálu pro výrobu značně nepředvídatelná. Mnoho high-tech výrobků nebo i módního zboží je příkladem položek, které se obtížně předpovídají. V obou případech je předpověď odhadu chyby nezbytná při navrhování řešení dodavatelského řetězce a plánování.

V této části práce jsou nejdříve rozebrány jednotlivé složky prognóz a prognózování v dodavatelském řetězci a stručně uvedeny charakteristiky prognóz, kterým je nezbytné porozumět, aby mohl být efektivně navrhnout a řízen dodavatelský řetězec.

Dále je zde popsáno několik metod, které se dají využít při předpovídání poptávky a odhadu jejich přesnosti. Poté je vysvětleno, jak se tyto metody dají aplikovat pomocí Microsoft Excel, což je následně využito také v praktické části práce. [1]

#### **4.2.1 Faktory ovlivňující prognózu a její metody**

Pro to, aby společnost dokázala správně předpovědět poptávku, musí nejdříve správně identifikovat faktory, které ji ovlivňují. Poté co provede identifikaci, může určit vztah mezi určenými faktory a budoucí poptávkou. Poptávka nevzniká jen tak z ničeho, ale je ovlivňována řadou kritérií, a proto se dá s určitou pravděpodobností předpovědět. Pro sledování lze též využít data o minulém chování zákazníků, z čehož se dá do jisté míry určit jejich budoucí chování.

Přesto, že je tato práce zaměřena na kvantitativní metody předpovídání, musí být v praxi vždy počítáno i s lidským faktorem. Pro sestavení co nejpřesnější prognózy je ve firmě vždy nutné vyvážit objektivní a subjektivní faktory. Za určování potřebných objemů objednávek je vždy zodpovědný management společnosti, který do prognózy může vnést svou osobní zkušenost. Management může mít informace o dalších faktorech, které nelze z historických údajů zjistit (například může mít informace o plánovaných slevových akcích na určitý produkt, což může dočasně zvýšit jeho spotřebu). Takovéto kvalitativní vstupy dodané prostřednictvím lidského faktoru mohou výrazně přispět ke zlepšení tvorby prognóz v dodavatelském řetězci. [1]

Mezi faktory, které musí firma zvážit patří zejména:

- historická data o poptávce (spotřebě),
- plánované slevy a marketingové aktivity,



- očekávaná doba dodání potřebných surovin nebo výrobků,
- stav ekonomické situace,
- aktivity konkurence.

Proto, aby mohla společnost zvolit vhodnou prognózu, musí těmto výše uvedeným faktorům porozumět. Pokud dojde k výpadku jednoho komponentu, může být dočasně nahrazen jeho substitutem. Tento výpadek způsobí dočasný nárůst spotřeby substitučního komponentu a dá se očekávat, že v budoucích obdobích bude naproti tomu viditelný nárůst spotřeby původního komponentu. Proto je důležité tyto faktory zahrnout při tvorbě plánu o budoucí spotřebě.

Metody, kterými lze spotřebu předpovídat se dělí do čtyř kategorií:

1. Kvalitativní metoda prognózování se využívá v případech, kdy není k dispozici dostatek historických dat nebo je známo více informací o situaci na trhu, které by prognózu mohly ovlivnit. Dále se využívá pro stanovení předpovědí pro dlouhodobé plánování při uvádění nového produktu na trh. Tato metoda prognózování je založena na lidském úsudku, kdy dochází k rozhodování na základě zkušeností.
2. Metoda časových řad se používá v případech, kdy je znám dostatek dat o historické spotřebě. Tato metoda bývá nejvíce používaná, jelikož patří mezi ty nejjednodušší na zavedení. Stanovení prognózy vychází z předpokladu, že pokud byla spotřeba stabilní v minulosti, dá se podle toho očekávat podobně stabilní spotřeba i v budoucnosti. [1]
3. Metoda kauzálního prognózování je strategie, kdy se předpovídají budoucí události za pomoci různých proměnných, které mohou ovlivňovat budoucí vývoj na trhu. Hlavní podstatou tohoto typu predikce je snaha zjistit, jaký dopad budou mít tyto předpokládané proměnné na poptávku ze strany spotřebitelů. Tento druh prognózování je pro společnosti nápomocný v řadě ohledů, včetně vývoje prodeje a reklamy pro nadcházející období. [11]
4. Simulační metoda kombinuje 2 a více z výše zmíněných metod. Prognóza je určena díky uměle vytvořené poptávce (simulaci), která má za cíl napodobit chování spotřebitelů za určitých podmínek. Pomocí vytvořené simulace lze potom vysledovat očekávanou budoucí spotřebu.

Vybrat nejvhodnější metodu může být pro společnost obtížné rozhodnutí, z praxe by se ale dalo říci, že pro co nejvyšší přesnost je lepší použít více metod prognózování a tím vytvořit jakousi kombinovanou prognózu. [1]

Tato práce je věnována především metodě časových řad. Tato metoda je výhodná pokud se očekává, že budoucí spotřeba souvisí s historickou spotřebou, nebo se dají dobře vysledovat růstové anebo sezónní vzorce.

Při sledování spotřeby lze téměř vždy vyzorovat náhodný prvek, který se vymyká historickému vzorci spotřeby. Každou pozorovanou spotřebu lze tedy rozdělit na dvě složky a to systematickou a náhodnou. Systematická část udává jakousi hladinu současné a budoucí spotřeby, s trendem a s předvídatelnými výkyvy (sezónnost). Trend spotřeby může být rostoucí, klesající nebo žádný (v takovém případě se hovoří o stagnaci). Náhodná část je pak odchylka od této hladiny spotřeby. Tato odchylka se nedá předem odhadnout, mělo by se s ní ale počítat a proto můžeme měřit její velikost a variabilitu, čímž se zjistí míra chyby prognózy. Pokud by se náhodná složka kvůli její četnosti přiřadila k systematické složce, riskuje se tím, že prognóza bude pravděpodobně špatně fungovat. Cílem prognózování je správně odhadnout systematickou složku a odfiltrvat složku náhodnou. Rozdíl mezi reálnou spotřebou a prognózou se potom označuje jako chyba prognózy, přičemž chyba by neměla být větší než je náhodná složka spotřeby. [1]

#### **4.2.2 Přístup k prognózování**

Při formování prognózy by měla společnost propojovat veškeré své plánovací aktivity v celém dodavatelském řetězci. Takovéto aktivity mohou zahrnovat například plánování výroby, kapacity nebo marketingové komunikace a nákupu. Všechny strany, které jsou do tvoření prognózy zahrnuté by si tedy měly být vědomy souvislostí mezi rozhodováním a prognózováním. V ideálním případě by se všechny strany měly podílet na společné prognóze a společném plánu, který by na ní měl být založen. Pokud se takto nerozhodují společně, může to mít za následek vznik nadzásob a nebo naopak jejich nedostatek. To poté může vést k nesouladu mezi nabídkou a poptávkou, což může způsobit nespokojenost zákazníků a s ní spojené problémy.

V souvislosti s tím musí společnost identifikovat jevy, které ovlivňují nabídku a poptávku. Je třeba získat data o tom, zda poptávka roste či klesá a zda nemá například sezónní charakter. Následný odhad by pak měl vycházet z dat o poptávce a nikoli z dat o prodeji. Je tedy nutné

brát v úvahu například aktivity konkurence či vlastní propagační akce. Důležitost přesné prognózy pak závisí také na zdrojích nabídky. Zvláště přesná prognóza nemusí být nejdůležitější, je-li k dispozici řada dalších zdrojů, zvláště těch s krátkou dodací lhůtou. Pokud je však na trhu pouze jeden dodavatel, který má navíc dlouhou dodací lhůtou, může být přesná prognóza velmi cenná.

Pokud se zaměří pozornost na jednotlivé výrobky, společnost by si měla být vědoma všech poskytovaných variant daného výrobku a jejich množství. Dále je důležité vědět, zda se tyto výrobky vzájemně doplňují, nebo zda může jeden druhý nahradit. Prognózy pro výrobky, jejichž poptávky se vzájemně ovlivňují, mohou být sestaveny společně. Tak je tomu například u výrobků, které společnost nahradí jejich vylepšenou verzí. Zde se dá předpokládat, že poptávka po stávajícím výrobku klesne a zákazníci se začnou orientovat na výrobek novější. V tomto případě není pokles poptávky po stávajícím výrobku naznačen historickými údaji, ale přesto jsou tyto údaje užitečné, protože mohou firmě pomoci v odhadu celkové poptávky po obou verzích produktu.

Společnost by si měla určit opatření pro vyhodnocení přesnosti a včasnosti prognóz. Na základě těchto opatření může snížit počet chyb v prognózování v dalších obdobích. [1]

#### **4.2.3 Metody prognózování**

Hlavním úkolem všech prognostických metod je předpověď systematické složky poptávky a správný odhad složky náhodné. V základní podobě v sobě mají data systematické složky zahrnuté údaje úrovně poptávky, trend a faktor sezónnosti. Rovnice pro výpočet systematické složky může být sestavena v různých podobách:

- multiplikativní: systematická složka = úroveň × trend × sezónní faktor
- aditivní: systematická složka = úroveň + trend + sezónní faktor
- smíšená: systematická složka = (úroveň + trend) × sezónní faktor

Konkrétní forma systematické složky, která je použitelná pro určitou prognózu je závislá na povaze poptávky. Pro všechny formy mohou podniky využít jak statické tak i adaptivní metody prognózování.

Při použití statické metody se předpokládá, že odhad úrovně, trendu a sezónnosti se v průběhu pozorování poptávky nemění. Proto se v takovém případě odhaduje každý z parametrů na základě historických údajů, a poté jsou použity stejné hodnoty pro všechny prognózy v budoucnu. [1]

Při použití metody adaptivního předpovídání je odhad úrovně, trendu a sezónnosti aktualizován při každé změně v průběhu pozorování. Výhoda adaptivního prognózování je, že při odhadech jsou zahrnuty i všechny nově příchozí údaje.

Pro adaptivní metodu prognózování se využívá odhad úrovně trendu pro období  $(t + 1)$  a dá se určit pomocí vztahu:

$$F_{t+l} = (L_t + lT_t) \times S_{t+l} \quad (1.2)$$

$L_t$  = odhad úrovně na konci období  $t$

$T_t$  = odhad trendu na konci období  $t$

$S_t$  = odhad sezónního faktoru pro období  $t$

$F_t$  = odhad poptávky pro období  $t$  (provedený v současném období  $t_1$  nebo v minulém období  $t-1$ )

Pro výpočet adaptivní prognózou se postupuje podle čtyř kroků:

1. inicializace: ze zadaných dat počátečních je určena počáteční úroveň odhadu, trend a sezónnost;
2. prognóza: ze získaných dat z předchozího kroku a dle vztahu 1.2 je určena prognóza na příští období;
3. chyba odhadu: určení rozdílu mezi skutečnou poptávkou a prognózou za první období;
4. úprava odhadu: dle zjištěné chyby je opravena prognóza. Pokud byla spotřeba nižší, upraví se prognóza směrem dolů, v opačném případě naopak.

Takto upravená data odhadů se využijí k vytvoření prognózy pro další období, dokud nejsou pokryta všechna historická data. Pro určení adaptivní prognózy je možné použít různé metody. To, která metoda je nejvhodnější je dané tím, jaká je charakteristika poptávky a složení systematické složky poptávky. Ve všech případech je předpokládáno, že je uvažováno období  $t$ , metody prognózování a situace ve kterých je vhodné jejich použití:

- Moving average (klouzavý průměr): aplikuje se v případě, že nelze určit trend ani sezónnost;
- Simple exponential smoothing (Exponenciální vyrovňování): podobné jako u Moving average, se používá v případě, že není možné určit trend ani sezónnost;
- Holt's model: používá se v případě, že je známý trend ale není zde žádná sezónnost;
- Holt-Winter's model: používá se v případě, kdy lze určit trend i sezónnost. [1]

**Moving average** je metoda, která umožňuje vytvořit celkovou představu o trendech v souboru dat. Jde o průměr libovolné řady čísel. Moving average je vhodný pro predikci dlouhodobých trendů, protože ho lze vypočítat pro libovolně dlouhé časové období. Průměr představuje střední hodnotu řady čísel. Klouzavý průměr je skoro stejný s tím rozdílem, že se průměr počítá několikrát pro dílčí množiny dat. Klouzavé průměry bývají nejčastěji vykreslovány a lze je nejlépe vizualizovat. Pokud je například třeba získat klouzavý průměr pro spotřebu v letech 2000 až 2003, je soubor dat rozdělen na podmnožiny 2000 a 2001, 2001 a 2002, 2002 a 2003. Průměr je pak spočítán tak, že spotřeba za rok 2001 a 2002 se sečte a vydělí dvěma. Tím je získán první klouzavý průměr. Stejný výpočet je aplikován i na ostatní podmnožiny, do té doby, než je dosaženo konce řady. Ze získaných průměrů je možné sestavit graf a získat trend spotřeby. [4]

**Simple exponential smoothing** nazývané také jako jednoduché exponenciální vyhlazování, je metoda předpovědi časových řad pro jednorozměrná data bez trendu nebo sezónnosti. Pro použití této metody je potřeba jediný parametr nazývaný vyhlazovací faktor (vyhlazovací koeficient). Parametr určuje míru exponenciálního rozpadu vlivu pozorování v předchozích časových úsecích. Koeficient bývá nejčastěji nastavován v rozmezí 0 a 1. Větší hodnoty znamenají, že model zohledňuje hlavně nejnovější minulá pozorování, zatímco nižší hodnoty znamenají, že se při předpovědi počítá s větší částí historie. [5]

**Holt's model** je rozšířeným vyhlazovacím modelem pro předpovídání dat s trendem. Holtův model má tři samostatné rovnice, které společně vytvářejí konečnou prognózu. První je základní rovnice vyhlazování, která přímo upravuje poslední vyhlazenou hodnotu o trend posledního období. Samotný trend je aktualizován v čase prostřednictvím druhé rovnice, kde je trend vyjádřen jako rozdíl mezi dvěma posledními vyhlazenými hodnotami. A konečně třetí rovnice slouží k vytvoření konečné prognózy. Holtův model používá dva parametry, jeden pro celkové vyhlazování a druhý pro rovnici vyhlazování trendu. Tato metoda se také nazývá dvojité exponenciální vyhlazování nebo exponenciální vyhlazování posílené trendem. [6]

**Holt-Winter's model:** Holt-Wintersova sezónní metoda je sestavena z rovnice předpovědi a tří rovnic vyhlazení – pro hladinu, trend a sezónní složku. Sezónní složka je vyjádřena v absolutních hodnotách v měřítku sledované řady a v rovnici úrovně je řada sezónně upravena odečtením sezónní složky. V rámci každého roku se sezónní složka sečte přibližně do nuly. [7]

### 4.3 Důvody aplikace automatických procesů

Pokud mají být určité procesy ve firmě efektivní, je v dnešní době potřeba k jejich optimalizaci využití různého software. Vybrat lze z mnoha programových prostředků. Jeden z nejvíce využívaných nástrojů k optimalizaci rutinních úkonů je MS Excel.

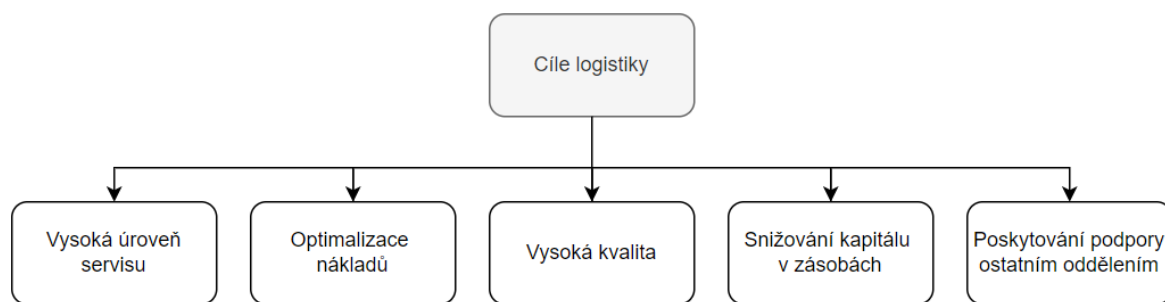
Při práci s tabulkovým kalkulátorem je účinným prostředkem, jak procesy zautomatizovat, tvorba makra. Pomocí sešitu v Excelu lze zaznamenat řadu akcí, uložit je a podle potřeby kdykoliv zopakovat. Tímto způsobem tedy lze zautomatizovat sérii kroků, které je nutné opakovat několikrát za sebou. Při záznamu makra si Excel převede veškeré prováděné akce do programového kódu v jazyce Visual Basic for Application (VBA). [9]

V zásadě vede automatizace procesů ve společnosti k vyšší efektivitě, čímž lze mimo jiné snížit náklady a dobu, která je třeba k provedení pracovního úkolu.

### 4.4 Logistické procesy a technologie

Hlavním cílem logistiky je uspokojit přání zákazníků. Naplnění tohoto cíle je vybráno podle strategie společnosti. Tato strategie je zvolena na základě vnějšího prostředí společnosti, které určuje svou poptávku na základě chování zákazníků. V dnešní době stoupá poptávka po zakázkové výrobě, která uspokojí potřeby zákazníků svou kvalitou, pohotovostí nabídky a personalizovaným přístupem. Logistika propojuje oblast dodavatelskou s oblastí spotřebitelskou, stejně tak spojuje procesy v rámci společnosti a také spojuje podnik s dodavatelem. [8]

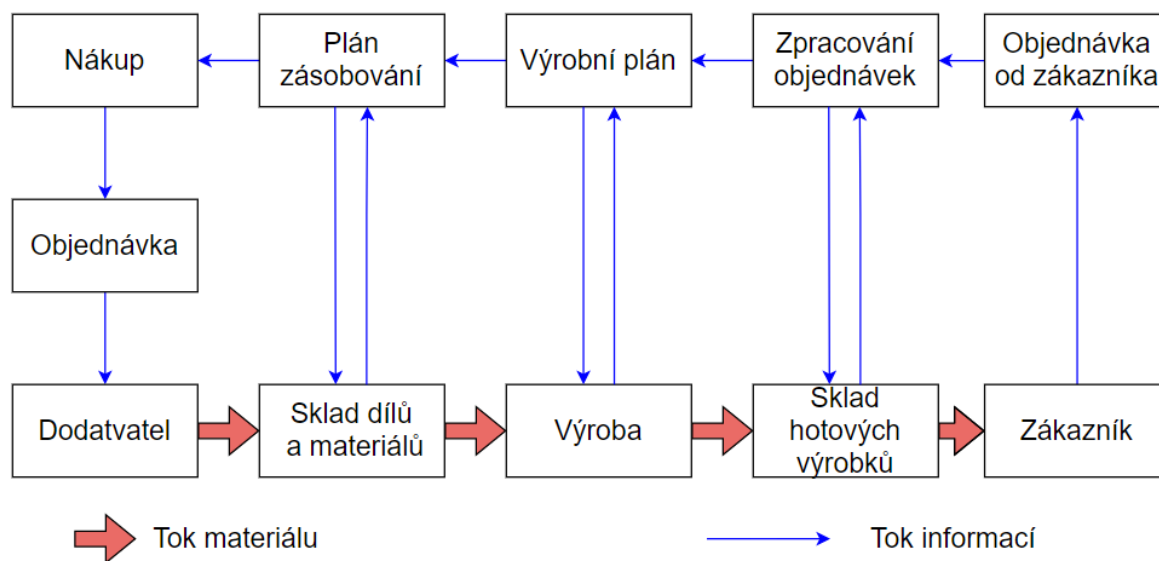
Obrázek 1: Hlavní cíle logistiky



Zdroj: vlastní zpracování na základě Sixta a Mačát (2005)

Výrobní společnost, která je schopna rychle reagovat, plnit objednávky zákazníků a nabízet jim výrobky na zakázku má v dnešním prostředí na trhu konkurenční výhodu. Tato potřeba vysoké rozmanitosti výrobků a rychlé odezvy klade nicméně na výrobní systém rozporné požadavky. Z tohoto důvodu se podniky, které si navzájem délkou odezvy konkurují, zaměřují na výrobu omezeného portfolia produktů. Jejich výrobky jsou vyráběny s předstihem a jsou skladovány a připraveny k expedici ihned po obdržení objednávky. Při velkém počtu výrobků se však tato výroba na sklad stává finančně náročnou. Zároveň tímto podnik riskuje proměnlivost poptávky a možný krátký životní cyklus výrobku. Z toho důvodu dochází často k přechodu od výroby na sklad (Make-to-stock) k výrobě na zakázku (Make-to-order). Alternativou k těmto dvěma přístupům je metoda zpožděné diferenciacce. [12]

Obrázek 2: Tok materiálu ve výrobním podniku



Zdroj: vlastní zpracování na základě Sixta a Mačát (2005)

**Výroba na sklad (Make-to-stock)** je strategie, která spočívá ve výrobě produktů s předstihem před poptávkou tak, aby byly na skladě připraveny k prodeji. Při použití této metody je poptávka uspokojována ze skladových zásob, dokud z něj nejsou vyčerpány veškeré zdroje. Skladové zásoby jsou poté podle potřeby doobjednány. Pokud je počet výrobků velký, stává se výroba na sklad nákladnou. Velké skladové zásoby mohou být ale riskantní, pokud je poptávka nestálá, nebo pokud mají výrobky krátký životní cyklus.

**Výroba na zakázku (Make-to-order)** je metodou, při které se produkt nezačne vyrábět až do doby, kdy je položena objednávka od zákazníka. Výroba na zakázku má nízké zásoby hotových výrobků. Přestože tato strategie snižuje finanční riziko, do kterého se může firma dostat, znamená zároveň delší dodací lhůty a velké množství nevyřízených objednávek. Podnik, který vyrábí na zakázku má málo standartních výrobků a těžko předvídatelnou poptávku, která je nestálá.

**Zpožděná diferenciac**e je strategie, při které je vyroben společný polotovár a jejich zásoba je umístěna na sklad. Specifické vlastnosti jsou tomuto polotovarů přiřazeny teprve po realizaci objednávky. Výroba tedy probíhá ve dvou fázích. V první fázi (MTS) je vyráběna jeden nebo více nediferencovaných polotovarů a teprve ve druhé fázi (MTO) dochází k reakci na konkrétní objednávky zákazníků, a tedy k diferenciaci výrobků. Odložení diferenciac s sebou přináší několik výhod. Vzhledem k tomu, že několik různých výrobků má společné díly, může být držení zásob polotovarů výhodné vzhledem ke sdružování poptávky. Díky tomu se snižuje potřeba zásob dílů, které jsou potřeba k uspokojení výroby. Investice do zásob polotovarů jsou navíc nižší ve srovnání s udržováním zásob hotových produktů. V neposlední řadě existuje výhoda lepší informovanosti o poptávce před tím, než se polotovary diferencují na konečné výrobky. [12]

V oblasti řízení zásob je cílem udržet je v takové výši, aby nedocházelo k přerušení výroby, případně k jejím výkyvům. Pomocí kvalitního způsobu řízení zásob je navíc možné dosáhnout vyšší rentability podniku. Je třeba také počítat s vlivem podnikových strategií na oblast zásobování. Obecně platí, že celkové náklady spojené se zásobami by měly být co nejmenší. [15] [16]

### **Metoda *Just in Time* (JIT)**

Metoda *Just in Time* má za cíl sladit procesy v logistickém řetězci a zredukovat několik faktorů, kvůli kterým může docházet k plýtvání. Těmito faktory jsou nevhodně volené procesy, nadprodukce, čekání, transport, vady, zbytečné zásoby a pohyby. [13]



Základním principem této metody je, že položky, které jsou vyžadovány v požadovaném objemu jsou dostupné až v požadovaném čase, ale ne dříve. Dodávky jsou tedy realizovány těsně před zahájením výroby. Díky takovému přístupu se zmenšují fronty, které čekají na zpracování, redukuje se čas dostupnosti a zmenšují se také požadavky na skladový prostor. Metoda JIT tedy směřuje k tvorbě velmi nízkých či dokonce nulových zásob v rámci provozního systému.

[14] [17]

## 5 Praktická část

V této části práce je představena problematika dané společnosti a proveden návrh na její optimalizaci.

### 5.1 Popis společnosti a řešeného případu

Doosan Bobcat EMEA je společnost, která se zaměřuje na výrobu stavebních a zemědělských strojů. Společnost se specializuje na výrobu kompaktních nakladačů a rypadel. V rámci firemní strategie se soustředí na uspokojení potřeb zákazníků tak, že se snaží vyrábět každý stroj v konfiguraci přesně na základě požadavků zákazníka. Každý model je tedy vyráběn ve spoustě různých variant, podle toho, jak si zákazník zvolí v konfigurátoru.

Takto navolený stroj je potom zaveden do systému se specifickým kódem, který udává, v jaké konfiguraci se stroj má stavět. Tento kód se označuje pojmem „*staritem*“. Tento pojem vzniká z podoby kódu, který se skládá ze dvou částí. V první části je pětimístné označení modelové řady a ve druhé části je číselná kombinace, která udává, z jakých komponent se stroj skládá. Tyto dvě části jsou odděleny symbolem „\*“, odkud pak pochází označení „*staritem*“.

Tento *staritem* se potom rozpadá již na jednotlivé komponenty (options). Pro tyto komponenty se používá označení M-R-C, podle tří částí ze kterých se skládají:

**M (machine)** – označení modelu stroje (např. M0667 – označení pro model T590 Stage V)

**R (required)** – skupina, např. pro kola, pásy (např. R25)

**C (code)** – komponent, přesný typ pásu, který na nakladači bude (C02).

Tímto způsobem vznikne kód komponentu M0667-R25-C02. Pokud bychom pak započítali všechny nabízené komponenty zákazníkům, v současnosti společnost pracuje s cca 8000 takovými kódy (toto číslo je určeno podle seznamu, který si tvoří zaměstnanec zodpovědný za tuto úlohu). Pro každý tento jednotlivý kód je v systému nutno nastavit jeho očekávanou spotřebu v procentech. V současné chvíli se sleduje každý kód samostatně a pro každý se jednotlivě určuje a nastavuje očekávaná spotřeba.

Jelikož společnost vyrábí stroje na zakázku podle přání zákazníků, dostává se často do situace, kdy zákazníci pokládají zakázku v relativně krátkém časovém horizontu. Zde nastává problém, že zakázka je položena např. měsíc před její plánovanou výrobou, ale Lead Time komponentu

(doba dodání dílů od dodavatele – dále v práci bude používáno už jen jako Lead Time) může být tři i více měsíců. Z tohoto důvodu společnost musí často měnit výrobní plán a urychlovat dodávky dílů oproti původnímu plánu, což vede k vyšším cenám za dodání i dopravu. V krajním případě může dojít i ke zrušení objednávky.

Protože si je společnost tohoto problému vědoma, objednávání komponentů se dělá předem na základě Option Forecastu (prognóza kolik dílů bude v jakých měsících potřeba). Nicméně tento forecast je v současné chvíli nastaven do systému jednorázově při vytvoření nového komponentu na základě průzkumu preferencí u zákazníků, a to není velmi přesný ukazatel. K dalším změnám forecastu dochází většinou až ve chvíli, kdy se objeví problém na straně dodávání komponentů do výroby, což opět vede k problémům zmíněným výše. I kdybychom chtěli revidovat data v option forecastu pravidelně, ať už na základě aktuálních dat z průzkumu trhu, nebo požadavků z výroby u často chybějících dílů, bylo by nutné každý komponent kontrolovat manuálně. Při takovéto kontrole se však dá počítat, že na jeden komponent by bylo potřeba přibližně 5 minut času. V takovém případě by však celková kontrola trvala podle následujícího výpočtu:

$8000 \text{ komponentů} \times 5 \text{ min} = \mathbf{4 \text{ měsíce}}$  času na jednoho pracovníka na plný úvazek.

Option forecast je v systému nahrán vždy pro jednu skupinu (R), která může obsahovat více komponentů (C). Option forecast se nahrává jako procentuální podíl jednoho komponentu na celé skupině a celkový podíl je poté stanoven na 100 %. To je dáno tím, že pokud pro stroj (M) tato skupina (R) existuje, pak na stroji musí být právě jeden z komponentů (C). Jedna skupina se může skládat ze dvou a více těchto komponentů.

Jelikož společnost vyrábí stroje na zakázku a díly jsou do výroby dodávány principem JIT (just in time), stává se, že kvůli špatnému nastavení forecastu nejsou díly do výroby dodány včas. V důsledku toho se plán výroby musí na poslední chvíli měnit, případně může dojít i ke ztrátě strojů ve výrobě.

Z toho důvodu byl ve spolupráci s oddělením Supply Chain vytvořen projekt, který by zajistil efektivní správu option forecastingu a zlepšení procesu plánování. Tento nástroj by mohl být užitečný i pro výrobu, protože každý komponent ze skupiny má různou náročnost na montáž. Pokud výroba bude znát očekávanou spotřebu komponentů, může podle toho přizpůsobit montážní linku, určit vhodný takt a zajistit potřebné lidské zdroje.

## 5.2 Navržení harmonogramu projektu

V první části práce bylo nutné seznámit se s prostředím firmy. Bylo tedy nezbytné poznat všechny procesy spojené jak s plánováním výroby tak s objednáváním dílů, které jsou ve firmě v současnosti nastaveny. Pro vyhotovení projektu bylo též nutné navázat komunikaci s více odděleními ve společnosti, které jsou do této problematiky zapojeny. Z důvodu velké komplexity byl navržen časový harmonogram, který sloužil pro lepší orientaci a následné sledování postupu řešení.

Tabulka 1: Časový harmonogram projektu

	2021																																	2022			
	Červen				Červenec				Srpen				Září				Říjen				Listopad				Prosinec				Leden								
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4		
Onboarding																																					
Sběr dat																																					
Vybrání klíčových optionů																																					
Nastavení vhodné metody prognózování																																					
Aplikace metody na massdata																																					
Stabilizace/analýza																																					
Zhodnocení																																					
Buffer																																					

Zdroj: vlastní zpracování

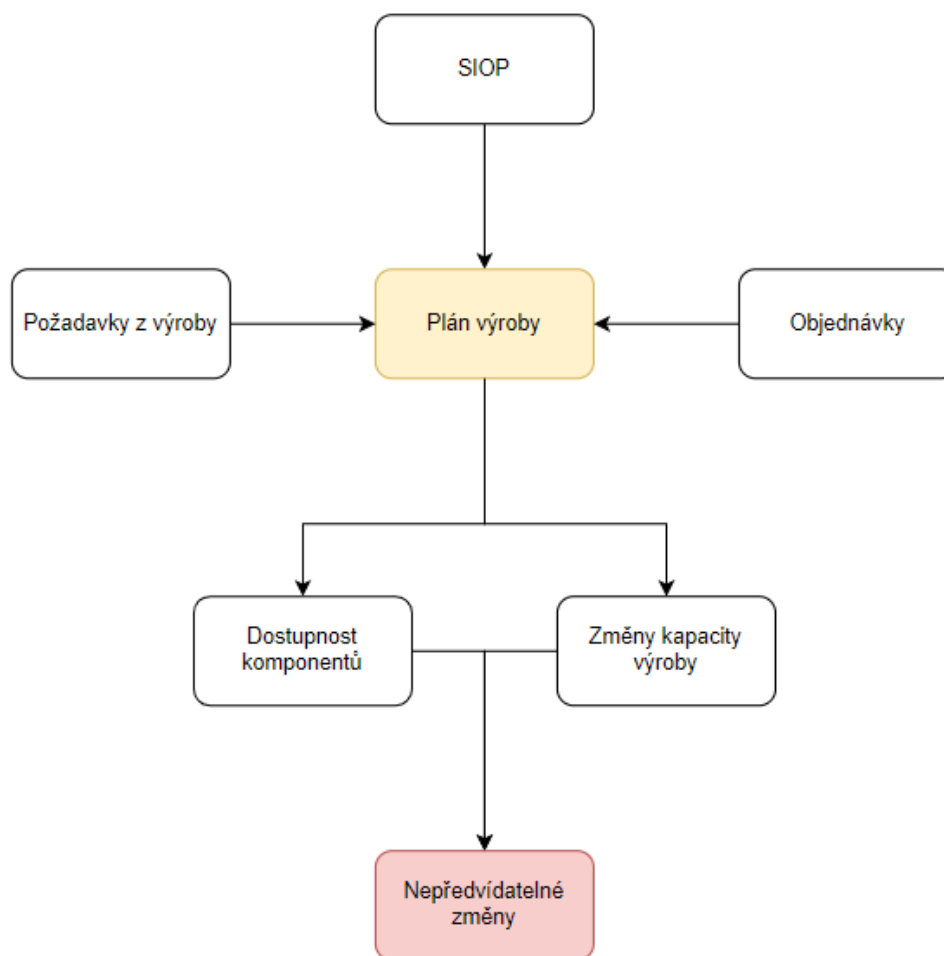
- **Onboarding:** je proces, při kterém dochází k integraci nového zaměstnance do společnosti a její kultury, a také k získání nástrojů a informací potřebných k tomu, aby se nový zaměstnanec stal produktivním členem týmu [10]
- **Sběr dat:** pro zmapování současné situace a navržení řešení pro daný příklad je potřeba získat data ze systémů Oracle, EBC a shromáždit informace o dané situaci z pohledu osobních zkušeností.
- **Vybrání klíčových optionů:** ze začátku je nutné vytipovat několik komponentů, které jsou vysokoobrátkové a v současné chvíli působí největší komplikace.
- **Nastavení vhodné metody prognózování:** na základě stažených dat a informací je nutné najít vhodnou metodu prognózování pro předem vybrané klíčové komponenty, nastavit proces a provést jeho aplikaci pomocí výpočtů za pomoci MS Excel a následně ověřit jeho přesnost.
- **Aplikace metody na massdata:** poté, co je vytvořen nástroj pro výpočet budoucích dat a je ověřena jeho funkčnost, je nutné tuto metodu aplikovat na všech aktivních komponentech v systému.

- **Stabilizace/analýza:** jakmile je vytvořen proces, který dokáže vytvořený výpočet aplikovat na všechny komponenty, je potřeba po nějaký čas sledovat data a následně provést analýzu a vyhodnotit přesnost této metody.
- **Zhodnocení:** poslední část projektu, ve které je prezentován managementu společnosti vytvořený proces a jeho přínosy.
- **Buffer:** časová rezerva v projektu, pokud by došlo k nějakým předem neznámým komplikacím.

### 5.3 Zmapování současného stavu a identifikace problémů

V době začátku zkoumání sledovaného případu bylo potřeba zanalyzovat, jaký proces je v současnosti používán a jaké faktory tento proces ovlivňují. Pro tento krok bylo nutné seznámit se s hlavními vstupy a určit schéma nastavení plánování výroby. Dále bylo vytvořeno schéma, které popisuje současný stav. Na začátku současného procesu je managementem vytvořen provozní plán společnosti SIOP (plánování prodeje, zásob a provozu), který je pravidelně aktualizován na měsíční bázi. Je v něm určeno, kolik strojů se má vyrobit celkem a v jakých modelových variacích by se měly vyrábět. Tento plán je nahráván do systému a je podle něj rozpočítán denní objem produkce. Na základě toho jsou poté objednávány komponenty pro výrobu. Objednávky komponentů se řídí podle tří kritérií, z nichž každé má svoji prioritu. Nejvyšší prioritu mají stroje zaplánované do výrobní sekvence podle výrobního plánu, dalším kritériem jsou položené objednávky v systému a posledním kritériem je dopočítávání podle option forecastu.

Obrázek 3: Schéma aktuálního nastavení plánování výroby



Zdroj: vlastní zpracování

Jak je zobrazeno ve schématu, na základě SIOPu je poté vytvořen plán výroby, který je sestaven na základě položených zakázek od zákazníků a také podle požadavků z výroby, které jsou určeny kapacitou výrobních linek. Takto sestavený plán však není stabilní a může být změněn buď na základě požadavků z výroby ohledně nedostatečné kapacity, chybějícího personálu nebo z důvodu chybějících komponentů. V současné chvíli není prováděna kontrola dostupnosti komponentů před vytvořením plánu, ale až poté co je plán sestaven. V nejhorším případě to poté může vést ke snížení objemu výroby. Plán je vytvořen a udržován vždy na 10 dní výroby s pravidlem, že 3 dny před výrobou již nelze provést záměnu strojů, ale maximálně jen stroj z výroby odebrat. Jako faktor kapacita výrobní linky může být bráno například rozdělení kolových a pásových strojů, kdy pásové jsou komplikovanější na výrobu. Pro dodržení výrobního taktu jsou tyto stroje pak rovnoměrně rozděleny. Pokud by tedy chyběly díly na kolové stroje, není zpravidla možné je nahradit za stroje pásové. V opačném případě by ale taková změna možná byla. I taková změna by ale vedla k rozdílu mezi plánem určeným

podle SIOPu a reálnou produkcí, což by mělo vliv na budoucí plán dodávek komponentů, jelikož v budoucnu budou bez dodatečné dodávky komponentů chybět díly na stroje kolové. Navíc provedené změny mohou vést k dalším nepředvídatelným změnám, kdy je nutné plán výroby přepracovávat, což vede k odsouvání zakázek a nespokojenosti zákazníků.

Pro lepší pochopení problematiky je v tabulce níže situace ukázána na zjednodušeném příkladu při výpadku komponentů C a D pro pásové stroje na 5 dní. (1 znamená že je díl na stroj potřeba, 0 že nikoliv).

Tabulka 2: Plán výroby

Výpadek komponentu pro pásové stroje na 5 dny						
Původní plán	Kolový stroj			Pásový stroj		
Den	Strojů denně	komponent A	komponent B	Strojů denně	komponent C	komponent D
1	5	1	1	5	1	0
2	5	1	0	5	1	1
3	5	1	1	5	0	1
4	5	1	0	5	0	1
5	5	1	1	5	1	0
6	5	1	0	5	1	1
7	5	1	1	5	0	0
8	5	1	0	5	0	1
9	5	1	1	5	1	0
10	5	1	0	5	1	1
11	5	1	1	5	0	0
12	5	1	0	5	0	1
	<b>Komponentů celkem</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>Komponentů celkem</b>	<b>30</b>	<b>35</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Podle tabulky je vidět, že původně bylo plánováno 5 kolových a 5 pásových strojů denně s komponenty A, B, C, a D. Podle tohoto plánu vidíme, že na období 12 dní bude vyrobeno celkem 60 kolových strojů a 60 pásových a je počítáno se spotřebou 60 kusů komponentu A, 30 kusy komponentu B, 30 kusy komponentu C a 30 kusy komponentu D.

Po výpadku dodávky komponentů C a D na 5 dní je potřeba plán změnit. V prvních třech dnech bude ve výrobě zrušena produkce pásových strojů, což je ztráta 15 strojů, a pro další dva dny budou pásové stroje nahrazeny za stroje kolové.

Tabulka 3: Plán výroby po provedené změně

Plán po změně	Kolový stroj			Pásový stroj			
	Den	Strojů denně	komponent A	komponent B	Strojů denně	komponent C	komponent D
1		5	1	1	0		
2		5	1	0	0		
3		5	1	1	0		
4		10	1	0	0		
5		5	1	1	0		
6		5	1	0	5	1	1
7		5	1	1	5	0	0
8		5	1	0	5	0	1
9		5	1	1	5	1	0
10		5	1	0	5	1	1
11		5	1	1	5	0	0
12		5	1	0	5	0	1
	<b>Komponentů celkem</b>		<b>70</b>	<b>35</b>	<b>Komponentů celkem</b>	<b>15</b>	<b>20</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Z upraveného plánu je patrné, že celková ztráta je 25 pásových strojů. Vedlejším efektem takto provedené změny je zvýšení celkové spotřeby komponentu A o 10 kusů a komponentu B o 5 kusů, což může vést k dalším změnám v příštím období, pokud nebude zajištěna dodatečná dodávka komponentů. Dále bylo zjištěno, jak velké jsou náklady spojené s těmito změnami. Při provedení finanční analýzy u tohoto příkladu při průměrné ceně 30 000 Euro za jeden pásový stroj a 35 000 Euro za kolový se dostaneme ke ztrátě více jak 570 000 Euro. Hodnota dodatečných nákladů dle Příloha č. 1.

Tabulka 4: Finanční analýza řešeného případu

Položka	Částka v eurech
Ušlý zisk ze ztráty 15 strojů	525 000
Rozdíl ceny mezi kolovým a pásovým strojem	50 000
Dodatečné logistické náklady	1 300
Náklady spojené se změnami plánu	500
<b>Celkem</b>	<b>576 800</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Tato analýza byla provedena ve zjednodušené formě k popsání problematiky. V současnosti společnost vyrábí denně 120 strojů s daleko komplexnějšími mixy komponentů. Tím by v realitě mohla být zmíněná ztráta daleko větší.

Z tohoto případu je zřejmá nutnost sledování počtu změn ve výrobní sekvenci a provedení jejich analýzy. Pro získání přesných dat o změnách je potřeba začít sledovat informace z výroby. Pro získání těchto dat bylo dohodnuto ve spolupráci s plánovači výroby nastavení nového procesu tak, aby začali každou provedenou změnu zaznamenávat. Na základě této dohody je vytvořen excelový soubor, ve kterém je zaznamenán každý stroj, který je odsunut z výrobní sekvence a k němu je uvedený důvod změny. Na základě těchto dat by se poté dalo



zjistit, jaké faktory mají na změny největší vliv. Na základě těchto dat byla vyhotovena analýza, která měla za cíl potvrdit, že za většinu provedených změn ve výrobní sekvenci může nedostatek dílů. Pro tuto analýzu byla sbírána data za období červenec 2021 až srpen 2021. V tabulce 5 je viditelné, kolik změn bylo ve výrobě uskutečněno, z jakého důvodu byla změna provedena a jaký je celkový podíl tohoto důvodu na všech provedených změnách.

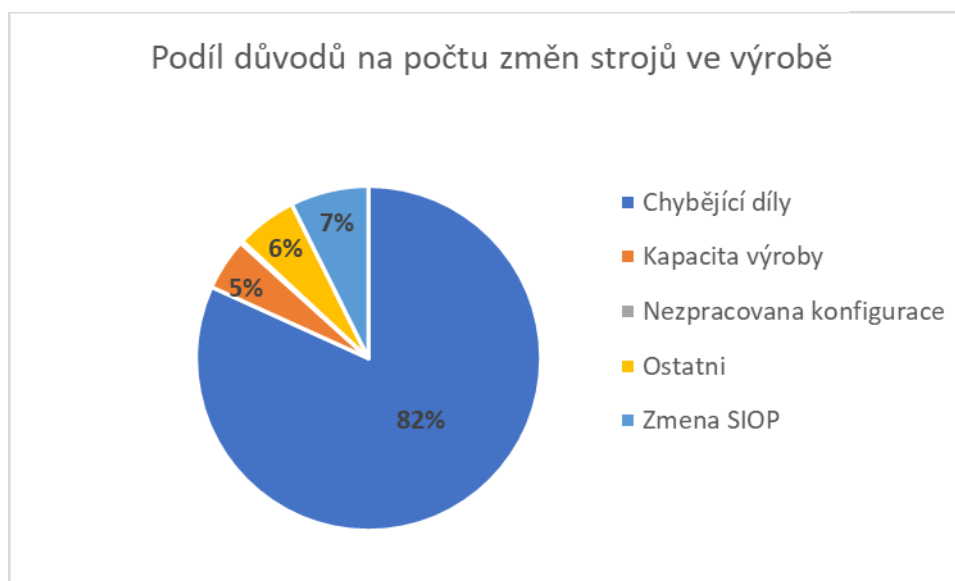
Tabulka 5: Počet změn v plánu výroby

Důvod	Počet strojů	Podíl [%]
Chybějící díly	701	82%
Kapacita výroby	42	5%
Nezpracovaná konfigurace	2	0%
Ostatní	49	6%
Změna SIOP	63	7%
<b>Celkem</b>	<b>857</b>	<b>100%</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Ze sledovaných dat byl poté vytvořen graf 1, ze kterého lze jasně vidět, že chybějící díly jsou důvodem pro více jak 80 % provedených změn.

Obrázek 4: Procentuální podíl důvodů změn v plánu výroby



Zdroj: Vlastní zpracování

Z těchto dat je patrné, že společnost kvůli chybějícím komponentům ztrácí ve výrobě desítky strojů a přichází měsíčně o stovky tisíc eur. To potvrzuje nutnost zavést nový proces a vytvořit nástroj pro plánování komponentů, což by také mělo potvrzovat hypotézu práce.

## **5.4 Návrh nástroje**

Pro sledování option forecastingů je nutné vytvořit nástroj, který by dokázal sbírat data o spotřebě komponentů a ta následně vyhodnotit a pokud je třeba, tak navrhnout změnu v option forecastu. Společností je zadáno, že tento nástroj musí být vytvořen v MS Excel, za pomoci využití SQL, Power Query a VBA. Toto bylo rozhodnuto proto, že většina zaměstnanců s těmito programy umí zacházet a při použití jiných nástrojů by nebyla společnost schopna vytvořený nástroj spravovat.

### 5.4.1 Sběr dat

Pro vytvoření nástroje ke zlepšení plánování komponentů bylo zapotřebí zjistit, jaké komponenty jsou aktuálně v systému aktivní, aby se nepracovalo s daty, které již nejsou potřeba. To by zbytečně zpomalovalo další výpočty a naopak by některá data mohla chybět. Pro získání aktuálních dat o tom, jaké komponenty jsou v systému, byla využita databáze Oracle, ze které byla data získána pomocí dotazu v SQL.

*SQL dotaz*

```
select distinct ood.organization_code,  
MSI1.INVENTORY_ITEM_STATUS_CODE activeY_N,  
msi.segment1 MR,  
msi.description,  
msi1.segment1 MRC,  
msi1.description,  
bic.planning_factor  
from  
mtl_system_items_b msi,  
org_organization_definitions ood,  
bom_bill_of_materials bom,  
bom_inventory_components bic,  
mtl_system_items_b msi1  
where bom.assembly_item_id = msi.inventory_item_id  
and msi1.PLANNING_MAKE_BUY_CODE = 1  
and bom.bill_sequence_id = bic.bill_sequence_id  
and msi.organization_id = ood.organization_id  
and bom.organization_id = ood.organization_id  
and msi1.inventory_item_status_code = 'Active'  
and bic.component_item_id = msi1.inventory_item_id  
and msi1.organization_id = ood.organization_id  
and ood.organization_id = 947  
and msi.segment1 like ('M____-R__')  
and msi1.segment1 like ('M____-R__-C__')  
order by msi1.segment1
```

Pomocí tohoto dotazu lze získat všechny aktivní komponenty v systému a jejich současné nastavení. Tento kód je použitelný pouze v rámci společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o.

a pouze na námi sledovaný případ, jelikož je zde využito přístupů do interní databáze společnosti. Pro lepší práci jsou získaná data stažena do souboru v Excelu. Pro to, aby se tento krok nemusel opakovat pokaždé, když se bude chtít aktualizovat seznam, je možno využít nástroje Microsoft Query. Pomocí tohoto nástroje lze přímo propojit SQL dotaz z databáze s Excelem. Po tomto propojení je vytvořena tabulka, kterou je možné podle potřeby kdykoliv aktualizovat. Případně je také možné před každou aktualizací data uložit a poté porovnat s aktualizací. Toho se dá využít například v případě, pokud je provedena nějaká změna v nastavení option forecastu, tak aby bylo možné přesně určit jaké nastavení bylo před aplikovanou změnou.

Dále je zapotřebí získat data o historické spotřebě komponentů ve výrobě v jednotlivých měsících. I tato část je zpracována pomocí souboru v Excelu. Data o historické spotřebě komponentů se dala získat v interním programu EBC, kde je možné manuálně stáhnout spotřebu komponentů pro výrobu v rámci zvoleného období. Tato data by se dala získat opět pomocí databázového dotazu, kvůli interním nastavením ve společnosti však tato možnost nebyla pro účely tohoto projektu zpřístupněna. Je tedy potřeba manuálně stáhnout všechna data pro co nejdelší časový úsek vždy rozdělený po měsících. Ve stažené tabulce je vždy v sloupci A seznam všech komponentů ve struktuře MRC kódů, které byly v daný měsíc použity a ve sloupci B celkové spotřebované množství. Pro každý jednotlivý měsíc byl vytvořen samostatný dokument v Excelu, který nese v názvu období, ze kterého data pochází. Pro sjednocení těchto dokumentů bylo nutné vytvořit dokument v Excelu s názvem „Historical Data“ s tabulkou, ve které jsou v jednom sloupci všechny dostupné MRC v systému. Pro získání tohoto seznamu všech komponentů lze opět využít SQL dotaz zmíněný výše. Pro tento účel je v něm ale nutné udělat jednu změnu, a to aby byly vidět všechny MRC, která jsou v systému, a ne jen ty aktivní. Na takovou změnu postačí jen jednoduchá úprava spočívající v odstranění řádku 19, nebo jeho zneaktivnění:

```
--and msi1.inventory_item_status_code = 'Active'
```

Pro tento účel data nejsou propojena přes Microsoft Query z toho důvodu, že není chtěné, aby se v průběhu času měnila, pokud bude v systému založen nový komponent, bude do tohoto seznamu přidán až ve chvíli, kdy se objeví ve výrobě. Tomuto předchází fakt, že pokud je založen jakýkoliv nový MRC, je do systému nahrán s očekávanou spotřebou založenou na průzkumu trhu a dříve než může začít být objednáván zákazníky, je vždy vyrobeno několik pilotních strojů. Jakmile jsou tyto stroje vyrobeny, nový komponent se ukáže ve stahovaných datech z výroby a bude přidán do seznamu s historickou spotřebou.

Do tabulky tedy byla stažena všechna MRC a bylo k nim potřeba přiřadit ještě data o spotřebě z jednotlivých měsíců. Data s historickou spotřebou jsou zaznamenána v jednotlivých sloupcích. Každý sloupec je nazván podle data, z jakého období hodnoty o spotřebě komponentů pochází. Pro jejich doplnění do tabulky z jednotlivých Excel dokumentů byla použita excelová funkce VLOOKUP. Tato funkce byla ještě doplněna o funkci IFERROR, která v případě, že nedojde ke shodě, nahradí vzniklou chybu námi zvolenou hodnotou. Pro tento případ byla zvolena hodnota 0 jelikož se dá očekávat, že pokud hodnota v souboru s měsíční spotřebou nebyla nalezena, nebyla v daný měsíc ve výrobě na tento komponent žádná spotřeba.

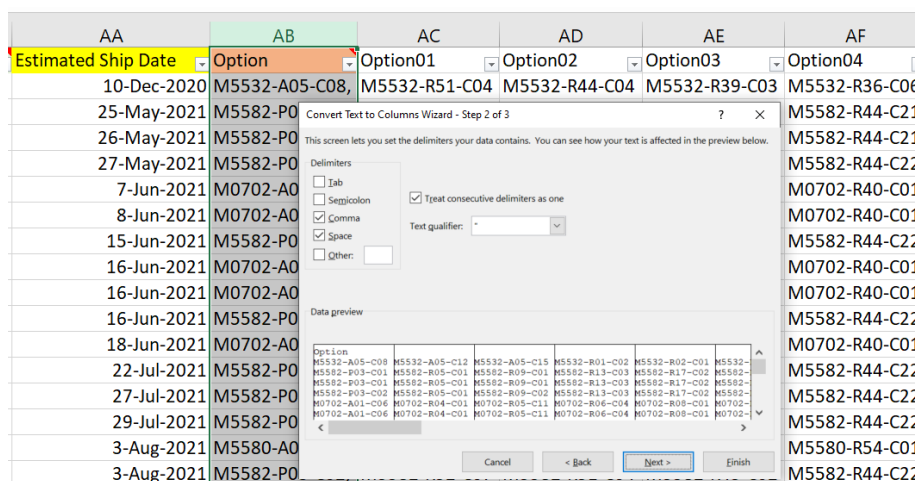
Tabulka 6: Komponenty s historickou spotřebou v měsících

	B	C	D	E	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
1	active (Y/N)	MRC	MR	Description	202103	202104	202105	202106	202107	202108	202109	202110	202111	202112
414	Active	M0203-R14-C03	M0203-R14	Horn for SJC	13	7	6	15	0	1	2	15	24	12
415	Active	M0203-R15-C01	M0203-R15	No Backup Alarm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
416	Active	M0203-R15-C02	M0203-R15	Backup Alarm	24	28	16	26	16	44	44	58	22	26
417	Active	M0203-R15-C03	M0203-R15	Backup Alarm for SJC	13	7	6	15	0	1	2	15	24	12
418	Active	M0203-R16-C01	M0203-R16	No Beacon/Strobe/Flasher	13	7	6	15	0	1	2	15	24	12
419	Active	M0203-R16-C02	M0203-R16	Beacon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
420	Active	M0203-R16-C03	M0203-R16	Strobe	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
421	ENGrelease	M0203-R16-C04	M0203-R16	Beacon and 4 Way Flasher	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
422	ENGrelease	M0203-R16-C05	M0203-R16	Strobe and 4 Way Flasher	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
423	ENGrelease	M0203-R16-C06	M0203-R16	4 Way Flasher	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
424	Active	M0203-R16-C07	M0203-R16	No Beacon/Strobe-MAN,AHC	24	28	16	26	16	44	44	57	22	24
425	Active	M0203-R17-C01	M0203-R17	Standard Rear Window	37	35	22	41	16	45	46	73	46	38
426	Inactive	M0203-R17-C02	M0203-R17	Lexan Rear Window	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Jako poslední vstupní data bylo potřeba získat data z položených objednávek. Tato data bylo nutné získat opět manuálně z již jednoho fungujícího reportu, ukázka viz příloha č. 2. Stejně jako v předešlých krocích by bylo možné data získat pomocí databázového dotazu. Jelikož je však již vytvořen jeden report, který tato data obsahuje, nebyla tato možnost zpřístupněna. Data v již existujícím reportu se nachází v tabulce na listu data, ve které má každá položená objednávka jeden řádek, ve kterém jsou pro řešený případ důležité dva sloupce. První sloupec (Estimated Ship Date) obsahuje informaci o tom, na kdy je stroj plánován systémem do výroby (pouze orientační datum určené systémem Oracle na základě různých parametrů, finální datum výroby je vždy určeno až při tvorbě výrobního plánu). Druhý sloupec (Option) obsahuje informaci o tom, z jakých komponentů se objednaný stroj skládá. Tato data jsou v jednom sloupci rozdělena mezerou a čárkou. Takto strukturovanou hodnotu je nejdříve třeba rozdělit pomocí funkce na kartě data: Text do sloupců. Oddělovač následně nastavit na mezeru a čárku a dát dokončit.

Obrázek 5: Znárodnění nastavení oddělovače v Excelu



Zdroj: Vlastní zpracování

Díky tomuto se bude každý jeden komponent nacházet ve vlastní buňce. Pro získání počtu jednotlivých komponentů v objednávkách v každém měsíci je nutné vytvořit v reportu další list (Sheet2), kde v jednom sloupci budou opět vypsány všechny aktivní MRC. Je možné opět využít hodnoty získané z SQL dotazu. V dalších sloupcích bude vždy požadovaný měsíc. Počet potřebných komponentů je pak zjištěn pomocí následující funkce:

=COUNTIF(data!\$AC\$1355:\$BP\$3769,Sheet2!A4)

Tabulka 7: Komponenty s poptávanou spotřebou

	A	B	C	D
1	MRC	202201	202202	202203
2	M0000-R80-C01	147	133	65
3	M0000-R80-C02	255	260	58
4	M0033-R01-C01	0	0	0
5	M0033-R01-C04	0	0	0
6	M0033-R02-C01	0	0	0
7	M0033-R02-C02	0	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Po výše zmíněných postupech a úpravách jsou získána všechna potřebná data, která byla stanovena v metodice, tedy získání všech komponentů v systému a nástroj pro sledování, které z nich jsou v současnosti aktivní. Zjištěna byla také data z produkce o historické spotřebě a též data z objednávek, tedy data o spotřebě budoucí. S těmito daty je dále možné pracovat a využít je pro vytvoření určeného nástroje a splnění cíle práce.

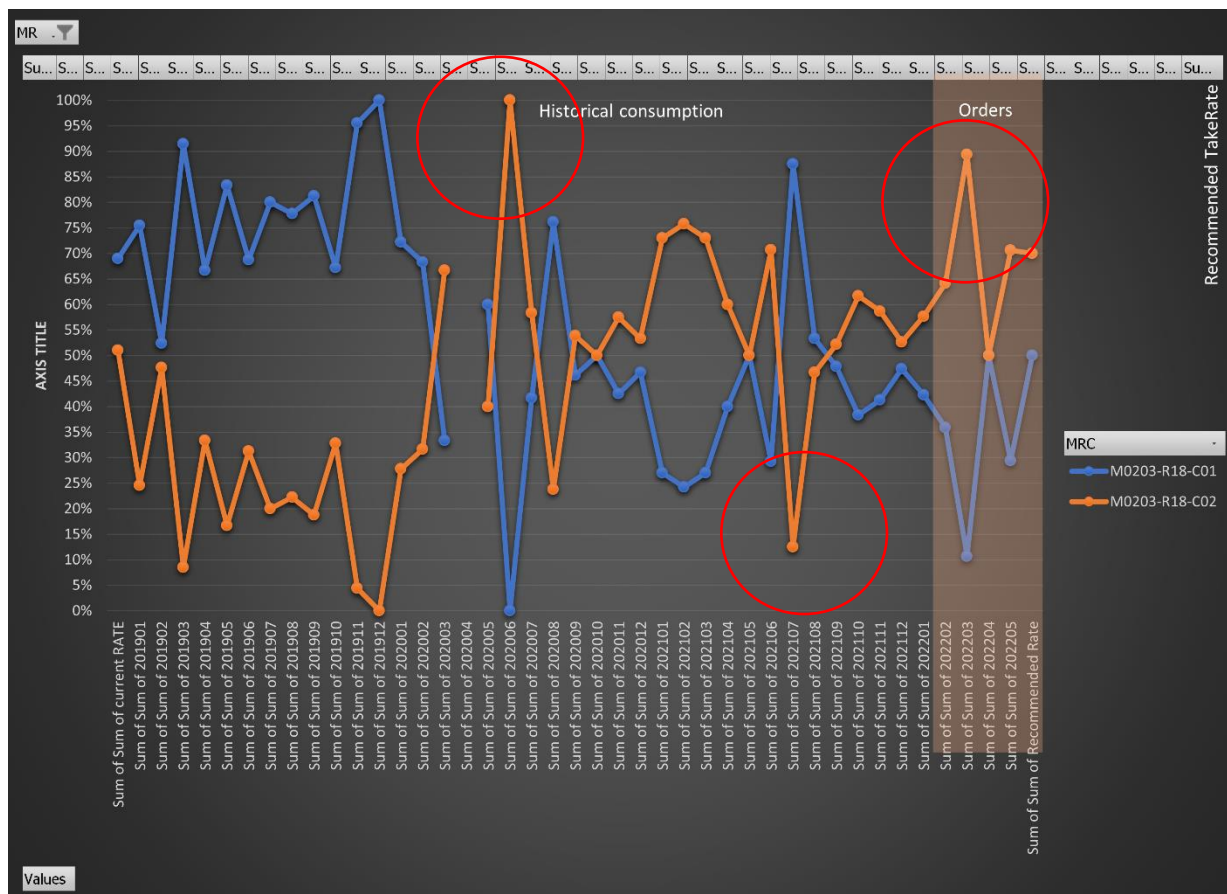
### 5.4.2 Odstranění výchyly

Předtím, než bude možné se získanými daty z předchozí kapitoly pracovat a aplikovat výpočet pro budoucí spotřebu, je nutné z řady dat s historickou spotřebou odstranit výchyly, která se vymyká běžnému trendu spotřeby. V našem případě je odstraněna jen jedna nejvyšší odchylka, protože datová řada je vyhodnocována vždy jen za posledních 6 měsíců výroby. Pokud by se výchyly od trendu opakovala vícekrát, už s ní musí být ve výpočtu počítáno, jelikož by se jednalo spíše o sezónnost než o neočekávaný výkyv.

Pro příklad na odstranění výchyly jsou použita data pro kolový nakladač S450B iT4, pro skupinu Fuel Electric Option a komponent Deluxe Fuel Electric. V systému a option forecastu je tedy tento komponent pod kódem M0203-R18-C02. Na *obrázku 6* v grafu níže je ukázána spotřeba dílu ve výrobě a položené objednávky s tímto optionem za období od ledna 2019 až do května roku 2022.

Na *obrázku 6* je v grafu vidět na ose X spotřeba. Ta je zobrazena v procentech podílu celkové spotřeby, nikoliv v kusech. Dále je z grafu viditelné, že pro model S450B iT4 jsou pro skupinu Fuel Electric Option dva volitelné komponenty, které se výrobě střídají. Náš případ tedy bude sledovat option M0203-R18-C02, který je v grafu označen oranžovou křivkou. Též je vidět i v legendě. Vzniklé odchylky jsou potom vyznačeny červeným ohraničením.

Obrázek 6: Výstřižek z grafu se spotřebou se znázorněním odchylek



Zdroj: Vlastní zpracování

Pro vysvětlení odebrání odchylky je využito dat pro option M0203-R18-C02 za posledních 6 měsíců. Na grafu jsou již viditelná novější data, ale v době výpočtu bylo posuzováno období od listopadu 2021 do dubna 2022.



Zadání:

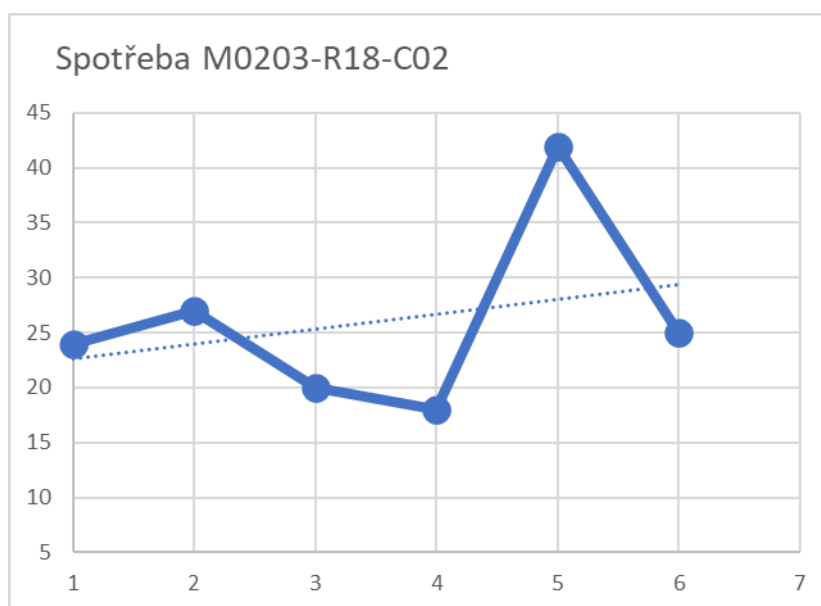
Tabulka 8: Spotřeba jednoho komponentu v jednotlivých měsících

Datum	Pořadí	Spotřeba
Nov-21	1	24
Dec-21	2	27
Jan-22	3	20
Feb-22	4	18
Mar-22	5	42
Apr-22	6	25

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce 8 je uvedena spotřeba v jednotlivých měsících. V MS Excel je tabulka v oblasti G1:I7. Pro odstranění odchytky je nezbytné stanovit trend spotřeby. Pro tento výpočet je možné použít statistickou funkci LINTREND. Spotřeba komponentů a její trend je zobrazen na obrázku 7 níže.

Obrázek 7: Spotřeba komponentu R18-C02 před odstraněním odchytky



Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 8 ze zadání byla rozšířena o další sloupce: Trend, Odchytky a Data po odstranění odchytky. Nově vzniklá tabulka 9 je tedy v oblasti G1:L7.

Tabulka 9: Spotřeba jednoho komponentu v jednotlivých měsících doplněná o Trend, Odchylku a Data po úpravě

Datum	Pořadí	Spotřeba	Trend	Odchylka	Data po odstranění odchylky
Nov-21	1	24	22.57142857	1%	24
Dec-21	2	27	23.94285714	3%	27
Jan-22	3	20	25.31428571	5%	20
Feb-22	4	18	26.68571429	9%	18
Mar-22	5	42	28.05714286	14%	28.05714286
Apr-22	6	25	29.42857143	4%	25

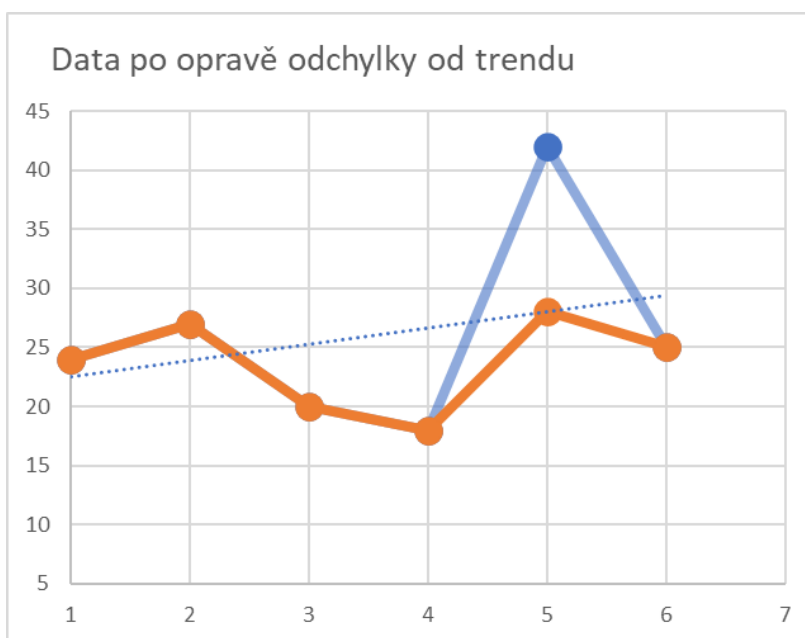
Zdroj: Vlastní zpracování

Data v nově vzniklých sloupcích byla získána pomocí vzorců, které byly poté aplikovány na celou oblast:

- Trend: =TEND(I2:I7)
- Odchylka: =(ABS(J2-I2))/100
- Data po odstranění odchylky: =IF(K2=LARGE(\$K\$2:\$K\$7,1),J2,I2)

Data očištěná o odchylku jsou zobrazena na obrázku 8 níže, kde je nově vzniklá řada označena oranžově a původní data v pozadí modře.

Obrázek 8: Spotřeba komponentu R18-C02 po odstranění odchylky



Zdroj: Vlastní zpracování

### 5.4.3 Vytvoření nástroje pro Option Forecasting

V této kapitole je popsán vytvořený nástroj pro sledování option forecastu. Podle zadání je nástroj vytvořen v aplikaci MS Excel. Je založen nový soubor s názvem OptionForecast\_YYYYMM (název souboru + rok a sledovaný měsíc). V souboru jsou vytvořeny listy PMI, PMIs2, Data, list, MainData, procedure. Listy PMIs2, list, Data a MainData jsou vytvořeny za pomoci maker (popsáno v kapitole 5.4.3). Na listu PMI je vytvořené propojení přes MS Query pro sledování aktivních optionů za pomoci SQL dotazu uvedeném v kapitole 5.4.1. Na listu procedure je za pomoci funkční proveden výpočet pro doporučené nastavení spotřeby komponentů. Po diskuzi s kolegy ve společnosti, kteří se touto problematikou již někdy zabývali, byla pro výpočet zvolena metoda klouzavého průměru se započítáním nejvyšších výchy-  
lek.

Na listě procedure jsou do sloupců C:AH vkládána data vždy pro jednu sledovanou skupinu komponentů MR, kdy v jednom sloupci je vždy uvedena spotřeba pro jeden komponent MRC. Výpočet je poté proveden v tabulce, která se nachází v oblasti BR3:BW36. V tabulce je v prvním sloupci uveden sledovaný komponent C. Ten je získán pomocí odkazování na buňku C8 až AH8 vložených dat, ve které se číslo sledovaného komponentu vždy nachází. V dalším sloupci s názvem *\*average 3 largest past half a year* se nachází výpočet průměrné hodnoty 3 nejvyšších spotřeb za 6 měsíců dat:

```
=IFERROR(AVERAGE(LARGE(OFFSET(C$16,COUNT(C$16:C$80)-6,0,6,1),1),LARGE(OFFSET(C$16,COUNT(C$16:C$80)-6,0,6,1),2),LARGE(OFFSET(C$16,COUNT(C$16:C$80)-6,0,6,1),3))),"
```

Další sloupec *average last 3 months* počítá průměrnou spotřebu komponentu za poslední 3 měsíce. Tento výpočet je proveden pomocí funkce:

```
=IFERROR(AVERAGE(OFFSET(C$16,COUNT(C$16:C$80)-3,0,3,1))),"
```

Tyto průměry jsou poté sečteny v buňce BT36:

```
=SUM(BT4:BT35)
```

V sloupci *new/O* je poté vypočítána potřebná procentuální spotřeba komponentu ve sledované skupině. Hodnota je získána s použitím vzorce:

```
=IF(IFERROR(($BS4/$BT$36),0)>1,1,(IFERROR(($BS4/$BT$36),0)))
```

V buňce BU36 je poté spočítána suma těchto získaných hodnot:

=SUM(BU4:BU35)

Ve sloupci *new/O\_2* je jen pro větší přehlednost uvedena znovu hodnota ze sloupce *new/O*. V buňce BV36 je určena hodnota 120 %, která slouží k výpočtu ve sloupci *smooth*. Poslední sloupec *smooth* slouží k přepočítání hodnot ve sloupci BV v případě, že by suma v buňce BU36 byla větší než 120 %. V takovém případě jsou hodnoty přepočítány tak, aby jejich součet byl maximálně 120 %. Toto je nastaveno z toho důvodu, že celková spotřeba ve sledované skupině může být vždy maximálně 100 %. Rozmezí 100-120 % je nastaveno z důvodu, že forecasting nemusí být vždy úplně přesný. Těchto případných až 20 % navíc slouží na případné pokrytí odchylky. Vzniklé důvody nepřesnosti prognózy změn poptávky mohou být způsobené: zpožděnou dodávkou materiálu, kapacitou výroby nebo z jiného neočekávaného důvodu. Tato úprava je získána pomocí vzorce:

=IFERROR(IF(AND(\$BU\$36<=1.2,\$BU\$36>=1),BU4,ROUND(BV4\*(\$BV\$36/\$BU\$36),2)),0)

Výpočet lze předvést na příkladu spotřeby kol pro skupinu M0204-R09. Ve sloupcích je vždy uveden komponent a jeho spotřeba v měsících (opravená o odchylku viz kapitola 5.4.2).

Tabulka 10: Zadání pro výpočet nastavení forecastu

	M0204-R09-C02	M0204-R09-C04	M0204-R09-C16	M0204-R09-C17
Současné nastavení	100%	3%	15%	5%
Datum	Heavy Duty Tires	Severe Duty Tires	Versatile Duty Tires	Industrial Flex Tires
202109	26	0	0	0
202110	30	4	2	1
202111	27	4	0	0
202112	45	6	1	2
202201	21	3	0	0
202202	36	8	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Po zadání dat do tabulky se vzorcí dostaneme výsledek:

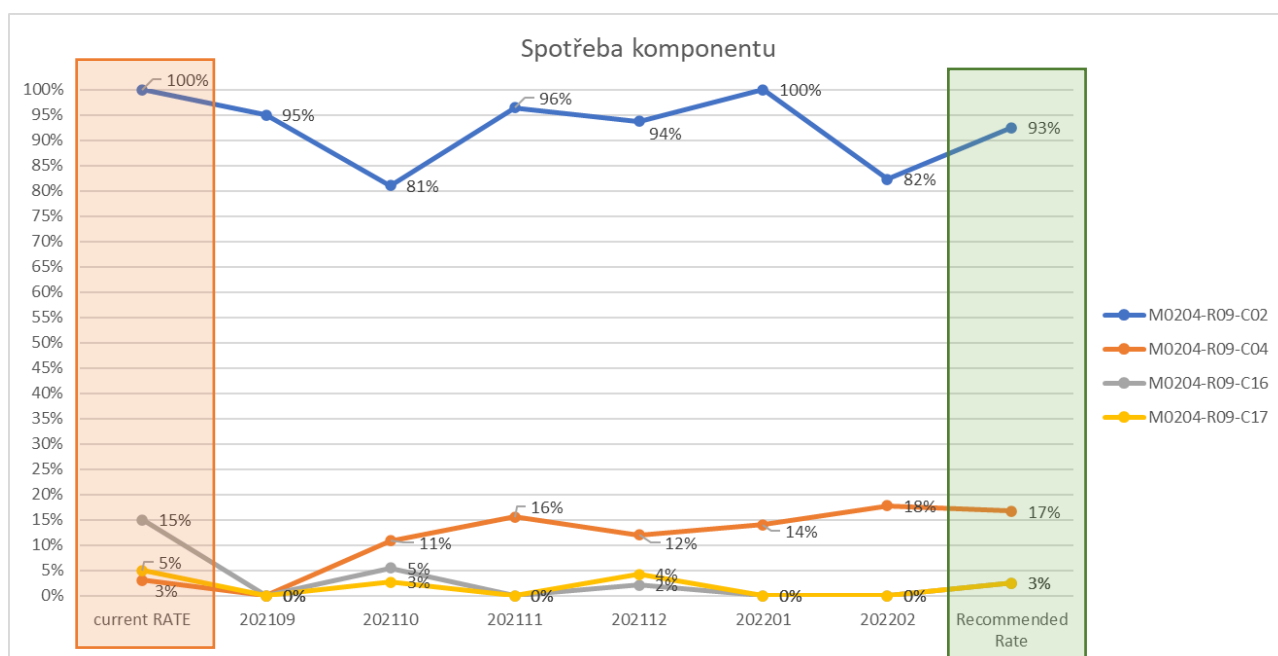
Tabulka 11: Vypočtená data a nové nastavení forecastu dle zadání z Table 10

C	*average 3 largest past half a year	average last 3 months	new/O	new/O_2	smooth
M0204-R09-C02	37	34	91%	91%	91%
M0204-R09-C04	6.666666667	5	15%	15%	15%
M0204-R09-C16	1	0.333333333	2%	2%	2%
M0204-R09-C17	1	0.666666667	2%	2%	2%
SUMA		40	111%	120%	

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro vizuální ověření těchto dat lze vytvořit graf. Ze sledovaných dat pro jednu skupinu je vytvořena kontingenční tabulka. V řádcích jsou sledované komponenty MRC pro jednu skupinu MR. V hodnotách uvedených v jednotlivých sloupcích je suma zobrazená jako % z celkového počtu sledovaných řádků. Z této tabulky je vytvořen spojnicový graf uvedený na *obrázku 9*, který ukazuje procentní spotřebu komponentů v jedné skupině v jednotlivých měsících (komponenty jsou popsány v legendě grafu). Současné nastavení forecastu v systému se na grafu nachází v oranžovém poli a vypočtená doporučená hodnota forecastu je v poli zeleném.

Obrázek 9: Zobrazení spotřeby komponentu a výpočtem navrhovaného řešení



Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu na *obrázku 9* je patrné, že současné nastavení neodpovídá spotřebě zejména pro option M0204-R09-C16 na grafu šedě, pro který je v současné době forecast nastaven příliš vysoko, a ro M0204-R09-C04 oranžově, pro který je naopak forecast nastaven příliš nízko. Graf zároveň slouží jako vizuální ověření popsaného výpočtu forecastu. Pokud by byl výpočet proveden nezprávně, byla by v grafu doporučená hodnota forecastu vidět.

#### 5.4.4 Automatická aplikace výpočtu na massdata

Aby bylo metodu, která je popsána v předchozí kapitole, možné použít na všechny aktivní komponenty, je vhodná aplikace makra, které by dokázalo aktualizovat data a provádět výpočet

hromadně pro všechna data. Je vytvořené jedno makro RUN, které se skládá z 5 dílčích makr. Jednotlivá makra jsou vypsána níže s komentáři, které popisují co daná část kódu dělá. Makro RUN je propojené s tlačítkem přímo v dokumentu, kterým lze přímo spustit. Makro bylo spuštěno několikrát a průměrná doba jeho běhu se pohybuje okolo 30 minut.

#### Sub RUN()

Getdata

cleardata

filtr

nextd

fin

#### End Sub

- První dílčí makro je *Getdata*. To slouží k vyčištění dat v dokumentu od posledního spuštění, vytvoření šablony na listu Data a aktualizaci dat:

#### Sub Getdata()

##### ‘Smazání starých dat

Application.DisplayAlerts = False

Sheets("PMIs2").Delete

Sheets("list").Delete

Sheets("MainData").Delete

Application.DisplayAlerts = True

Sheets("Data").Activate

Cells.Select

Selection.ClearContents

##### ‘vytvoření záhlaví na listu Data

Range("A1").Value = "Active(Y / N)"

Range("B1").Value = "Release date"

Range("C1").Value = "Revision date"

Range("D1").Value = "Group"

Range("E1").Value = "Update status"

Range("F1").Value = "Model PMI"

Range("G1").Value = "Model Name"

Range("I1").Value = "M"

Range("J1").Value = "R"

Range("K1").Value = "C"

Range("L1").Value = "MR"  
Range("M1").Value = "Description"  
Range("N1").Value = "Current setup"  
Range("O1").Value = "Recommended setup"  
Range("P1").Value = "201808"  
Range("Q1").Value = "201809"  
Range("R1").Value = "201810"  
Range("S1").Value = "201811"  
Range("T1").Value = "201812"  
Range("U1").Value = "201901"  
Range("V1").Value = "201902"  
Range("W1").Value = "201903"  
Range("X1").Value = "201904"  
Range("Y1").Value = "201905"  
Range("Z1").Value = "201906"  
Range("AA1").Value = "201907"  
Range("AB1").Value = "201908"  
Range("AC1").Value = "201909"  
Range("AD1").Value = "201910"  
Range("AE1").Value = "201911"  
Range("AF1").Value = "201912"  
Range("AG1").Value = "202001"  
Range("AH1").Value = "202002"  
Range("AI1").Value = "202003"  
Range("AJ1").Value = "202004"  
Range("AK1").Value = "202005"  
Range("AL1").Value = "202006"  
Range("AM1").Value = "202007"  
Range("AN1").Value = "202008"  
Range("AO1").Value = "202009"  
Range("AP1").Value = "202010"  
Range("AQ1").Value = "202011"  
Range("AR1").Value = "202012"  
Range("AS1").Value = "202101"  
Range("AT1").Value = "202102"  
Range("AU1").Value = "202103"  
Range("AV1").Value = "202104"  
Range("AW1").Value = "202105"  
Range("AX1").Value = "202106"  
Range("AY1").Value = "202107"  
Range("AZ1").Value = "202108"  
Range("BA1").Value = "202109"

```
Range("BB1").Value = "202110"  
Range("BC1").Value = "202111"  
Range("BD1").Value = "202112"  
Range("BE1").Value = "202201"  
Range("BF1").Value = "202202"
```

‘Aktualizace aktivních komponentů, přidání funkce, která pozastaví běh makra na jednu minutu, aby se stihla zaktualizovat data z Query.

```
Sheets("PMI").Activate  
ActiveWorkbook.Connections("Query – activePMI").refresh  
Application.Wait (Now + TimeValue("0:01:00"))  
Range("E:E").Select  
Selection.Copy
```

‘Dotažení hodnot z PMI na list Data a doplnění o údajů o spotřebě komponentů z výroby (případně objednávek, pokud v dokumentu jsou). Doplnění dalších vzorců, které jsou využity v dalších krocích.

```
Sheets("Data").Activate  
Range("H1").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
```

```
Range("I2").Value = "=MID(H2,1,5)"  
Range("J2").Value = "=MID(H2,7,3)"  
Range("K2").Value = "=MID(H2,11,3)"  
Range("L2").Value = "=MID(H2,1,9)"  
Range("M2").Value = "=VLOOKUP($H2,Loader[[MRC]:[DESCRIPTION2]],2,0)"  
Range("N2").Value = "=VLOOKUP($H2,Loader[[MRC]:[PLANNING_FACTOR]],3,0)/100"
```

```
Set thdoc = ThisWorkbook
```

```
Workbooks.Open Filename:="https://doosan-  
my.sharepoint.com/personal/tomasruzicka_corp_doosan_com/Documents/Option%20frcst/OptionF  
orecast/Historical%20Data%20Unified.xlsx?web=1"  
'https://doosan-  
my.sharepoint.com/personal/tomasruzicka_corp_doosan_com/Documents/Option%20frcst/OptionF  
orecast/Historical%20Data%20Unified.xlsx?web=1  
'https://doosan-  
my.sharepoint.com/personal/tomasruzicka_corp_doosan_com/Documents/Option%20frcst/OptionF  
orecast/Historical%20Data%20Unified.xlsx?web=1
```

```
thdoc.Worksheets("Data").Activate
```

```
Range("P2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,'[Historical Data  
Unified.xlsx]Sheet2'!$C2:$Am$6919,4,0),0)"
```



Range("Q2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,5,0),0)"

Range("R2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,6,0),0)"

Range("S2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,7,0),0)"

Range("T2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,8,0),0)"

Range("U2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,9,0),0)"

Range("V2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,10,0),0)"

Range("W2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,11,0),0)"

Range("X2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,12,0),0)"

Range("Y2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,13,0),0)"

Range("Z2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,14,0),0)"

Range("AA2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,15,0),0)"

Range("AB2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,16,0),0)"

Range("AC2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,17,0),0)"

Range("AD2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,18,0),0)"

Range("AE2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,19,0),0)"

Range("AF2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,20,0),0)"

Range("AG2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,21,0),0)"

Range("AH2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,22,0),0)"

Range("AI2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,23,0),0)"

Range("AJ2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,24,0),0)"

Range("AK2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,25,0),0)"

Range("AL2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,26,0),0)"

Range("AM2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(\$H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!\$C\$2:\$Am\$6919,27,0),0)"

```

Range("AN2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,28,0),0)"
Range("AO2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,29,0),0)"
Range("AP2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,30,0),0)"
Range("AQ2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,31,0),0)"
Range("AR2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,32,0),0)"
Range("AS2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,33,0),0)"
Range("AT2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,34,0),0)"
Range("AU2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,35,0),0)"
Range("AV2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$Am$6919,36,0),0)"
Range("AW2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AO$6919,37,0),0)"
Range("AX2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AO$6919,38,0),0)"
Range("AY2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AT$6919,39,0),0)"
Range("AZ2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AT$6919,40,0),0)"
Range("BA2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AT$6919,41,0),0)"
Range("BB2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AT$6919,42,0),0)"
Range("BC2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AT$6919,43,0),0)"
Range("BD2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AV$6919,44,0),0)"
Range("BE2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AV$6919,45,0),0)"
Range("BF2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP($H2,['Historical Data Unified.xlsx]Sheet2'!$C$2:$AV$6919,46,0),0)"

Range("BG2").Value = "=SUM(OFFSET($P2,0,COUNT($P2:$BF2)-3,1,3))"
Range("BH2").Value = "=SUM(OFFSET($P2,0,COUNT($P2:$BF2)-10,1,7))"

Range("A2").Value = "=CountA(H:H)"
Dim i As Integer
i = Range("A2").Value2
Range("I2:BH2").Select

```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("I2:BH" & i)
```

```
Workbooks("Historical Data Unified.xlsx").Close False
```

```
thdoc.Worksheets("Data").Activate
```

```
Range("A1:BH" & i).Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
```

```
Columns("P:BF").Select
```

```
Selection.Replace What:="blank", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _
```

```
SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
```

```
ReplaceFormat:=False
```

```
End Sub
```

- Další makro *cleardata* je určené pro odfiltrovaní dat pro zrychlení doby průběhu výpočtu. Toho je docíleno nastavením filtru, který oddělí data pro komponenty ke strojům, které se již nevyrábí (minimálně 3 měsíce). Druhou možností je, že se jedná o nový model, pro který není dostatek dat, podle kterých by se dala nová spotřeba určit.

```
Sub cleardata()
```

‘Přidání listu PMIs2, na kterém bude pomocí vzorců zjištěno, zda se jedná o komponent, který se stále vyrábí, nebo je nově přidán.

```
Sheets.Add.Name = "PMIs2"
```

```
Sheets("Data").Activate
```

```
Range("I:I").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Sheets("PMIs2").Activate
```

```
Range("A1").Select
```

```
ActiveSheet.Paste
```

```
Columns("A:A").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
ActiveSheet.Range("A:A").RemoveDuplicates Columns:=1
```

```
Range("B1").Value = "=CountA(A:A)"
```

```
Dim i As Integer
```

```
i = Sheets("Data").Range("A2").Value2
```

```

Range("C1").Value = "Last3M"
Range("C2").Value = "=SUMIF(Data!$I:$I,PMIs2!A2,Data!$AZ:$AZ)"
Range("D1").Value = "HistProduction"
Range("D2").Value = "=SUMIF(Data!$I:$I,PMIs2!$A2,Data!$BA:$BA)"
Range("E1").Value = "Status"
Range("E2").Value =
"=IF(AND(C2=0,D2=0),"NO",IF(AND(C2=0,NOT(D2=0)),"END",IF(AND(NOT(C2=0),NOT(D2=0)),"IP
","NEW")))"

```

‘NO – určené pro komponent, který se ještě nevyráběl

‘END – označení pro komponenty ukončené ve výrobě, nevyrábí se více jak 3 měsíce

‘NEW – nový komponent, není dostatek dat pro provedení výpočtu forecastu

‘IP – aktivní komponent používaný ve výrobě, sledovaná skupina.

‘Po přiřazení statusu jsou všechny komponenty, které mají jiný status než IP odstraněny.

```
Dim k As Integer
```

```
    k = Range("B1").Value2
```

```
Dim C As String
```

```
    C = "IP"
```

```
Range("C2:E2").Select
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("C2:E" & k)
```

```
Dim con As Range
```

```
Set con = Sheets("PMIs2").Range("E2:E" & k)
```

```
Dim cell As Range
```

```
For Each cell In con
```

```
    If cell.Value <> C Then
```

```
        cell.EntireRow.Select
```

```
        Selection.Clear
```

```
    End If
```

```
Next cell
```

```
Dim r As Range, rows As Long, u As Long
```

```
Set r = ActiveSheet.Range("A1:E" & k)
```

```
rows = r.rows.Count
```

```
For u = rows To 1 Step (-1)
```

```
    If WorksheetFunction.CountA(r.rows(u)) = 0 Then r.rows(u).Delete
```

Next

End Sub

- Pomocí makra *filtr* jsou data o aktivních komponentech doplněna na list *Data*. Na listu proběhne nastavení filtru tak, aby byly viditelné jen aktivní komponenty se statusem IP z přechozího kroku. Vyfiltrovaná data jsou následně zkopírována na nově založený list *MainData*.

Sub filtr()

Sheets("Data").Activate

Range("B2").Value = "=IFERROR(VLOOKUP(I2,PMIs2!A:A,1,0),"X")"

Dim x As Integer

x = Range("A2").Value2

Range("B2").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B2:B" & x)

ActiveSheet.Range("A1").AutoFilter Field:=2, Criteria1:="<>\*x\*"

Range("A1:BF1").Select

Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select

Selection.Copy

‘vložení dat na nově vytvořený list *MainData*

Sheets.Add(, After:=ActiveSheet).Name = "MainData"

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues

Range("A2:A6000").Value = "Y"

End Sub

- Poslední z maker je *nextd*. To slouží k provedení výpočtů na listu *procedure* pro každou jednotlivou skupinu komponentů. Makro je nastaveno tak, aby pomocí cyklů vždy vybralo data pro jednu celou skupinu, vložilo ji na list, kde je výpočet prováděn a přiřadilo ke každému optionu doporučenou hodnotu forecastu. Tento cyklus je aplikován na všechny skupiny optionů na listu *MainData*.

Sub nextd()

Sheets("MainData").Activate

Range("L:L").Select

Selection.Copy

‘vložení nového listu v souboru list ve kterém jsou vypsané všechny sledované skupiny

Sheets.Add.Name = "list"

```
Sheets("list").Activate  
Range("a1").Select  
ActiveSheet.Paste
```

```
Columns("A:A").Select  
Application.CutCopyMode = False  
ActiveSheet.Range("A:A").RemoveDuplicates Columns:=1
```

```
rows("1:1").Select  
Selection.Delete Shift:=xlUp
```

```
Range("I2").Value = "=COUNTA(A:A)"  
Range("I3").Value = "=COUNTA(MainData!H:H)"
```

```
Dim cell As Range  
Dim area As Range  
Dim Mrlist As Range  
Dim MRcode As Range  
Dim purge As Range  
Dim a As Variant  
Dim n As Integer  
Dim i As Integer
```

```
n = Sheets("list").Range("I2").Value2  
i = Sheets("list").Range("I3").Value2
```

```
Set Mlist = Sheets("list").Range("A1:A" & n)  
Set area = Sheets("MainData").Range("L2:L" & i)  
Set purge = Sheets("MainData").Range("O2:O" & i)
```

```
Sheets("MainData").Range("O2:O" & i).Clear  
Sheets("procedure").Range("B:BQ").Clear
```

‘nastavení cyklu pro aplikaci výpočtu na všechny aktivní optiony a dotazení doporučené hodnoty forecastu ke všem komponentům

```
For Each MRcode In Mlist  
Sheets("MainData").Activate
```

```
For Each cell In area
```

```
    If cell Like MRcode Then
```

```
        cell.EntireRow.Select
```

```
Selection.Copy
Sheets("procedure").Activate
Range("B1").Value = "void" '
```

```
        LastColumn = Range("A1").End(xlToRight).Column
        EmptColumn = LastColumn + 1
```

```
Cells(1, EmptColumn).Select
Selection.PasteSpecial Transpose:=True
Sheets("MainData").Activate
```

End If

Next cell

```
Sheets("MainData").Activate
```

```
        LastRow = Cells(rows.Count, 15).End(xlUp).Row
        EmptRow = LastRow + 1
```

```
Cells(EmptRow, 15).Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
"=IFERROR(VLOOKUP(RC[-7],procedure!R3C70:R36C75,6,0),"a")"
```

```
        Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(EmptRow, 15), Cells(i, 15))
```

```
Range("O2:O" & i).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
```

```
Columns("O:O").Select
Selection.Replace What:="a", Replacement:="", LookAt:=xlPart, _
SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
ReplaceFormat:=False
```

```
Sheets("procedure").Range("b1:bq70").Clear
```

```
Sheets("list").Activate
```

Next MRcode

End Sub

Po aplikaci makra je na listu *MainData* seznam všech aktivních MRC komponentů a k němu informace o tom, jakou hodnotu má v současnosti nastavený forecast. Ve vedlejším sloupci získáme nástrojem spočtenou doporučenou hodnotu forecastu. Poté lze již jednoduchým porovnáním těchto dvou hodnot určit, u kterých optionů je potřeba provést změnu.

#### 5.4.5 Vyhodnocení efektivity nástroje

Po porovnání doporučených a stávajících hodnot forecastu bylo nastaveno pravidlo, že budou sledovány a vyhodnocovány pouze změny, které jsou vyšší než 10 % v absolutní hodnotě. To je rozhodnuto z toho důvodu, že po prvním spuštění makra bylo požadovaných několik tisíc změn, z nichž velká část byla tvořena právě změnami pod 10 % a jejich případná změna by nejspíše neměla velký účinek. Změna pod 10 % by neměla na počet objednaných komponentů velký vliv a žádný komponent v současnosti nemá konstantní spotřebu a v rámci měsíců se pravidelně mění. Dá se očekávat, že tyto optiony by se zobrazovaly pravidelně vždy s novými daty. Dokud tedy není požadovaná změna v absolutní hodnotě větší než zmiňovaných 10 %, není nutné je alespoň v prvotní fázi řešit.

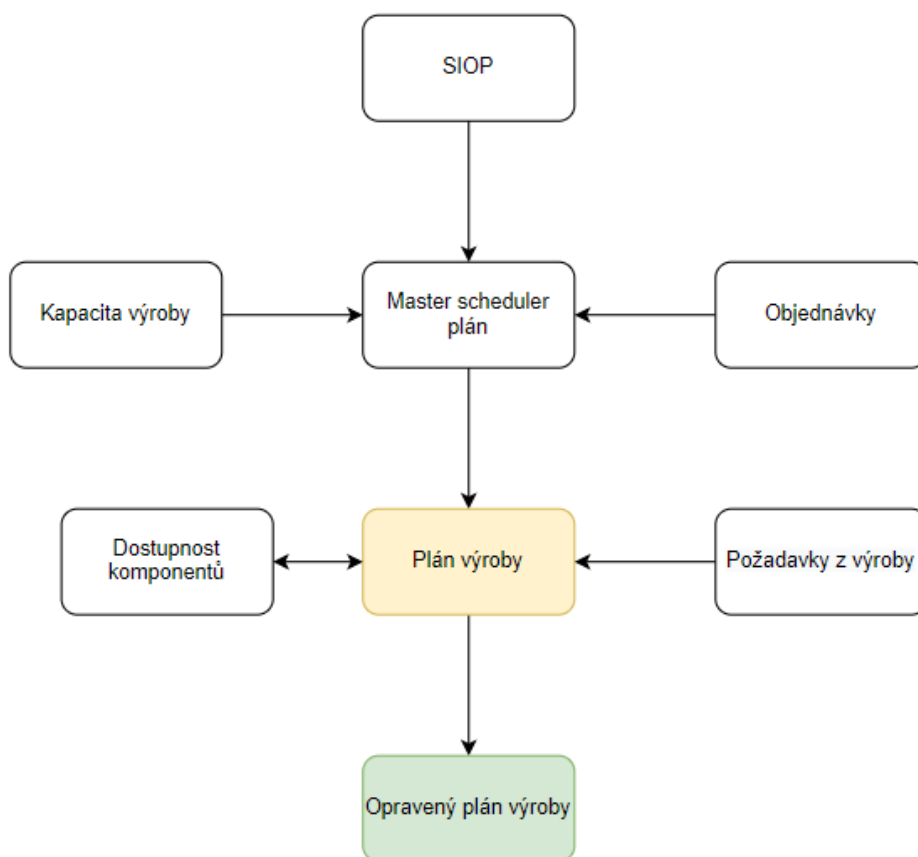
Vytvořený nástroj není možné použít do praxe hned po jeho dokončení. Aby bylo možné navrhované řešení aplikovat, je nutné ho nejdříve otestovat. V první části bylo nutné nástroj nejdříve vyzkoušet a zhodnotit jeho přesnost. Test byl proveden tak, že byl stínově s výrobou sledován průběh spotřeby oproti nástrojem doporučené hodnotě. Po prvním spuštění bylo doporučeno provést více jak 1000 změn. Tyto změny tedy byly aplikovány v tabulce v nástroji, kde je informace o současném nastavení. Další spuštění makra proběhlo v příštím měsíci, kdy byla dostupná nová data z výroby a objednávek. Při druhém spuštění již byly porovnávány doporučené hodnoty forecastu z předchozího měsíce a nového přepočtu. Výsledkem bylo doporučení provedení jen 200 změn oproti předchozím 1000. Stejný krok byl aplikován ještě pro další dva měsíce, kde bylo již výsledkem pokaždé jen několik desítek změn. Po ustálení na desítkách změn měsíčně, je možné začít snižovat nastavené omezení na změny pouze nad 10 % a začít vyhodnocovat všechny změny nad 8 %, 5 %, 3 % a pokud číslo změn bude klesat, je možné i omezení úplně odstranit, případně opět zvednout. Pokud je docíleno takové úrovně, že je při každém spuštění požadována změna již jen pár desítek komponentů, je již více reálné se podrobněji věnovat konkrétním důvodům, které stojí za požadovanou změnou, zda se jedná jen



o dočasný výpadek substitutu, marketingovou kampaň, změnu poptávky na trhu či jiné. Na základě těchto informací může management lépe reagovat na požadované změny.

Součástí řešení je i návrh nového schématu pro plánování výroby. Podle nového schématu, by byl nejdříve vytvořen *MasterScheduler* plán, který by nebyl nahrán do výroby, ale byl by nejdříve předložen ke kontrole dostupnosti dílů a kapacity výroby. Na základě těchto informací by byl plán případně přepracován a až poté nahrán. Díky tomuto mezikroku by se mohl snížit případný počet změn v důsledku chybějících komponentů a nedostatečné kapacity ve výrobě. To by mělo vést k celkově větší stabilitě ve výrobě, k větší přesnosti při stanovování forecastu pro objednávání komponentů a ušetření financí z dodatečných logistických aktivit.

Obrázek 10: Schéma navrhovaného nastavení plánování výroby



Zdroj: vlastní zpracování

V rámci řešení by bylo dobré postupovat při aplikaci řešení tak, aby byla použita nástrojem opravená data v option forecasting. Poté se může začít postupovat při plánování výroby dle navrhovaného schématu. Při aplikaci takto navrhovaného řešení by mělo dojít k ustálení výrobního plánu. Ustálením výrobního plánu je myšleno snížení počtu změn ve výrobě. Ty jsou

nyní podle *grafu 1* tvořeny z 82 % kvůli chybějícím komponentům. Tato hodnota by se měla postupně začít snižovat až na minimální hodnotu, která je již přijatelná. Toho je docíleno částí v option forecastu, ve které je výpočtem nastaveno, že může být celkový forecast pro některé komponenty až 120 %. To tvoří určitou nadzásobu, díky které je možné reagovat na případné zpožděné dodávky, nebo neobvyklou změnou poptávky. Jelikož společnost vlastní svoje skladovací plochy, vnikají zde pouze zanedbatelné náklady spojené se skladováním vyšších zásob.

Pro zhodnocení aplikace navrhovaného řešení a potvrzení hypotézy můžeme podle současných dat z výroby uvažovat, že dle plánu by se mělo vyrábět 2500 strojů měsíčně. Současně však každý měsíc dochází k průměrné ztrátě 10 – 15 % výroby oproti plánu. Dle *tabulky 5* je vidět, že v období dvou měsíců došlo kvůli chybějícím komponentům ve výrobě k 701 změnám. To vychází na 350 změn v jednom měsíci. Jednoduchým výpočtem podílu lze ověřit, že 350 z 2 500 strojů tvoří 14 %, což se shoduje s procentuální hodnotou ztrát ve výrobě. Pro výpočet zhodnocení je počítáno se ztrátou 250 strojů, což je 10 % produkce. Ztráta 250 strojů je zvolena z toho důvodu, že ne všech 350 změn musí znamenat zrušení výroby. Společnost je schopna některé chybějící díly dodat včas, pomocí dodatečných dodávek.

Průměrná cena jednoho stroje je 30 000 Euro. Náklady spojené s dodatečnou dopravou na zajištění chybějících dílů ve výrobě způsobenou změnami v plánu jsou uvedeny v *příloze 3* a činí 140 000 Euro.

*Tabulka 12: Finanční ztráta*

Operace	Částka v Eurech
Náklady za dodatečnou dopravu	140 000
Ztráta 250 strojů	7 500 000
<b>Celkem</b>	<b>7 640 000</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z těchto dat v *tabulce 12* je viditelné, že kvůli chybějícím komponentům společnost přichází měsíčně o miliony eur. I v případě, kdy by navrhovaný nástroj ušetřil jen část těchto celkových ztrát, tak by se stále jednalo o ušetřené desetitisíce eur měsíčně, což potvrzuje hypotézu práce, že aplikací pokročilých metod řízení výroby lze lépe řídit výrobu a zvyšovat její stabilitu. To vede jak ke snížení ztrát strojů tak i k dosažení úspor na dodatečné dopravě. Pro společnost je aplikace vytvořeného nástroje výhodná i proto, že jeho činnost zabere měsíčně přibližně 2 hodiny pracovního času, zatímco při manuální kontrole by pracovníkovi zaměstnanému na plný úvazek stejná činnost zabrala 4 měsíce.

## 6 Závěr

Předkládaná diplomová práce si kladla za cíl navrhnout řešení pro zpřesnění plánování výroby na konkrétním případu společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o. Práce se zaměřovala na aplikaci pokročilých nástrojů, které mohou být použity k optimalizaci výrobních procesů v dané společnosti.

V rešeršní části práce bylo přiblíženo několik klíčových východisek, které je třeba znát pro lepší orientaci ve zkoumané problematice. Tato teoretická východiska byla následně využita v praktické části práce. Jak již bylo v práci nastíněno, v praxi není možné využít a aplikovat tyto teoretické metody samostatně, ale je třeba jejich kombinace, případně upravení podle konkrétní situace ve vybrané společnosti.

Práce byla založena na hypotéze, že použití nástrojů, které vedou k optimalizaci plánování komponentů ve výrobě, může jednak firmě ušetřit značné finanční prostředky spojené s dodatečnými náklady za logistiku, a dále snížit ztrátovost ve výrobě, která je způsobena chybějícími komponenty.

Analytická část práce se zaměřuje na problematiku ve zvolené společnosti. Nejprve byl zmapován současný stav a v návaznosti na něj pak navrženo vhodné řešení, které vycházelo z metod, popsaných v rešeršní části diplomové práce. Z výsledků provedené analýzy důvodů změn ve výrobě vyplynulo, že za většinou změn (a tudíž i ztrát) stojí chybějící komponenty. To je zčásti způsobené nesprávně provedenou prognózou option forecastu. Současný proces plánování výroby ve sledované společnosti nezahrnuje kontrolu dostupnosti komponentů, které jsou pro výrobu potřeba. V kombinaci s takto nastaveným procesem existuje tedy jen velmi málo prostoru pro provedení změn ve výrobě ve chvíli, kdy je zjištěna nedostupnost potřebného komponentu. Z finanční analýzy plyne, že tyto dva faktory způsobují společnosti měsíčně ztráty ve výši přibližně 7 600 000 Eur. Součástí navrhovaného řešení tedy bylo i navržení nového procesu plánování výroby, ve kterém by před samotným plánováním byla zjištěna dostupnost jednotlivých komponentů a ověřena kapacita výroby.

Pro revizi option forecastu byl vytvořen nástroj v aplikaci MS Excel. Nástroj využívá popsaných metod prognózování, které jsou popsány v teoretických kapitolách práce. V současnosti je ve společnosti pro prognózování option forecastu využíváno přibližné metody, která je založena na praktických zkušenostech, ale není podložena žádným výpočtem. Výhodou aplikovaného nástroje je výstupná hodnota podložena přesně definovanými parametry

a statistickými funkcemi. Pomocí maker je poté výpočet možné aplikovat automaticky pro všechny komponenty.

Ze zjištěných dat je zřetelné, že nově nastavený proces může společnosti ušetřit nejen finanční prostředky, ale také zvýšit pracovní efektivitu. Vytvořenému nástroji zabere na jednu aktualizaci přibližně 2 hodiny času, zatímco při současné manuální revizi jednoho zaměstnance na plný úvazek není reálné všechny komponenty zkontrolovat během jednoho měsíce.

Samotná aplikace do výrobního procesu již není součástí diplomové práce. Přesnost procesu byla nicméně sledována paralelně se zavedeným procesem v testovacím prostředí. V tomto prostředí bylo docíleno takové úrovně, která při svém spuštění vyžaduje změnu prognózy pouze u pár desítek komponentů. V takovém stavu je reálnější se více věnovat jednotlivým důvodům, kvůli kterým musí být změny prováděny. V návaznosti na tyto informace může management společnosti lépe reagovat na dané změny. To by mělo vést k ustálení výrobního plánu, tedy i snížení počtu změn ve výrobě. Tyto ušetřené změny znamenají pro společnost zároveň nižší finanční ztrátu. Oba tyto výsledky tedy potvrzují hypotézu diplomové práce.

Tento návrh nástroje bude dále rozvíjen a zlepšován tak, aby bylo na jeho základě možné provádět přesnější prognózy a zahrnout pokročilé metody pro řízení výroby.

## 7 Seznam zdrojů

- [1] CHOPRA, Sunil a MEINDL Peter. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 5th ed. Boston: Pearson, 2012.
- [2] What is a master production schedule? The complete guide [online]. [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: <https://katanamrp.com/blog/master-production-schedule/>
- [3] Master Scheduling Tracks Manufacturing Output. *The Balance Small Business - Making Business Manageable* [online]. Dostupné z: <https://www.thebalancesmb.com/master-scheduling-2221212>
- [4] Moving Average: What it is and How to Calculate it - Statistics How To. *Statistics How To: Elementary Statistics for the rest of us!* [online]. Copyright © 2022 [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/moving-average/>
- [5] A Gentle Introduction to Exponential Smoothing for Time Series Forecasting in Python. *Machine Learning Mastery* [online]. Copyright © 2021 Machine Learning Mastery. All Rights Reserved. [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: <https://machinelearningmastery.com/exponential-smoothing-for-time-series-forecasting-in-python/>
- [6] Holt's forecasting model. *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management* [online]. Copyright © 2000 Kluwer Academic Publishers. [cit. 28.03.2022]. Dostupné z: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/1-4020-0612-8\\_409](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/1-4020-0612-8_409)
- [7] 7.3 Holt-Winters' seasonal method | Forecasting: Principles and Practice (2nd ed). *OTexts* [online]. Dostupné z: <https://otexts.com/fpp2/holt-winters.html>
- [8] SIXTA, Josef a MAČÁT, Václav. *Logistika: teorie a praxe, Vyd. 1*. Brno: CP Books, 2005
- [9] LAURENČÍK, Marek. *Programování v Excelu 2013 a 2016: Záznam, úprava a programování maker*. Praha: Grada publishing, a.s., 2018
- [10] *SHRM - The Voice of All Things Work* [online]. Dostupné z: <https://www.shrm.org/resourcesandtools/hr-topics/talent-acquisition/pages/new-employee-onboarding-guide.aspx>
- [11] What Is Causal Forecasting?. *SmartCapitalMind* [online]. Dostupné z: <https://www.smartcapitalmind.com/what-is-causal-forecasting.htm>
- [12] DIWAKAR GUPTA, Diwakar a BENJAAFAR, Saif. Make-to-order, make-to-stock, or delay product differentiation? A common framework for modeling and analysis, *IIE Transactions*. 36:6, 529-546, 2004
- [13] RUSHTON, Alan. a kol. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. 4th ed. London: Kogan Page, 2010.
- [14] ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha: C.H. Beck, 2007.

[15] KUBÁT, Jiří a HORÁKOVÁ, Helena. *Řízení zásob. 3. vyd.* Praha: Profess Consulting s.r.o., 1998.

[16] NĚMEC, František. *Výrobní logistika. 1. vyd.* Opava: Slezská univerzita, 2002.

[17] MARTINOVÍČOVÁ, Dana. *Základy ekonomiky podniku. 1. vyd.* Praha: Alfa Publishing, 2006.

## 8 Seznamy

### 8.1 Seznam tabulek

Tabulka 1: Časový harmonogram projektu .....	21
Tabulka 2: Plán výroby.....	24
Tabulka 3: Plán výroby po provedené změně .....	25
Tabulka 4: Finanční analýza řešeného případu .....	25
Tabulka 5: Počet změn v plánu výroby .....	26
Tabulka 6: Komponenty s historickou spotřebou v měsících.....	30
Tabulka 7: Komponenty s poptávanou spotřebou .....	31
Tabulka 8: Spotřeba jednoho komponentu v jednotlivých měsících.....	34
Tabulka 9: Spotřeba jednoho komponentu v jednotlivých měsících doplněná o Trend, Odchylku a Data po úpravě .....	35
Tabulka 10: Zadání pro výpočet nastavení forecastu .....	37
Tabulka 11: Výpočtená data a nové nastavení forecastu dle zadání z Table 10 .....	37
Tabulka 12: Finanční ztráta .....	51

### 8.2 Seznam obrázků

Obrázek 1: Hlavní cíle logistiky .....	16
Obrázek 2: Tok materiálu ve výrobním podniku.....	16
Obrázek 3: Schéma aktuálního nastavení plánování výroby .....	23
Obrázek 4: Procentuální podíl důvodů změn v plánu výroby .....	26
Obrázek 5: Znázornění nastavení oddělovače v Excelu .....	31
Obrázek 6: Výstřižek z grafu se spotřebou se znázorněním odchylek .....	33
Obrázek 7: Spotřeba komponentu R18-C02 před odtraněním odchylky .....	34
Obrázek 8: Spotřeba komponentu R18-C02 po odtraněním odchylky.....	35
Obrázek 9: Zobrazení spotřeby komponentu a výpočtem navrhovaného řešení.....	38
Obrázek 10: Schéma navrhovaného nastavení plánování výroby .....	50

## 9 Přílohy

Příloha 1: Fakturace za dodatečnou kamionovou dopravu



Kubota (Deutschland) GmbH / Ust.-Nr. DE 811174294

### Debit memo

(ZB000001\_EN-28.12.2021-PRD)

KDG-EN

<b>Document No</b>	[REDACTED]	P. 1 / 1
Customer number	C30490	
Your reference	direct truck for con	
Internal reference	1301288417	

Billing Address : C30490  
DOOSAN BOBCAT EMEA s.r.o  
U KODETKY 1810  
CZ-263 12 DOBRIS

Payment terms for Debit Memo: 15 days after invoice date on the account of Kubota Deutschland GmbH

<b>Document date</b>	<b>Total - EUR</b>	<b>Due date</b>
28.02.2022	1.300,00	15.03.2022

Material	Description	Quantity	Gross Unit price	Discount	Net Unit price	Amount	VAT	C/O
0000000000007 01233	direct truck Cont. TCLU8973786	1 EA	[REDACTED]				A5	DE
	Net value of item				[REDACTED]			
	Serv. Rend. Date : 28.02.2022							
	Customs tariff number [REDACTED]							
	Cost for direct truck							
	Container : TCLU8973786							
	Doosan Order No							
	1065034 / 1065028 / 1070903 / 1070905							
	KDG PO#							
	450484810/484912/496023/4983900							
	ONE Invoice [REDACTED]							
	Amount: [REDACTED]							
<p>This intra-community Supply is tax exempt according to § 4 Nr. 1 Buchst. b, §8a UStG. Inneregemeinschaftliche steuerfreie Lieferung nach § 4 Nr.1 Buchst. b, §8a UStG.</p> <p>» Es gelten ausschließlich unsere AGB. Sie finden diese auf unserer Internetpräsenz. » Only our general terms and conditions apply exclusively. You can find them on our website.</p> <p style="text-align: center;"><b>Please note our new bank details!</b></p>								

VAT No :	[REDACTED]	EUR - Total excl. VAT	1.300,00
Incoterms :	EXW Japan, duty unpaid	EUR - Tax amount	0,00
Order type :	Financial Debit Memo		
Terms of Payment :	15 days after valute date	<b>EUR - TOTAL</b>	<b>1.300,00</b>
Payment schedule :	[REDACTED]		

Payer: C30490 / DOOSAN BOBCAT EMEA s.r.o / U KODETKY 1810 / CZ-263 12 DOBRIS





Příloha 3: Fakturace za dodatečnou leteckou dopravu



Kubota (Deutschland) GmbH / Ust.-Nr. DE 811174294

**Debit memo**

(Z08V0001\_EN - 29.12.2021 - PRO)

KDG-EN

**Document No** [REDACTED] P. 1 / 3

**Customer number** C30490  
**Your reference** cost for Airfreight  
**Internal reference** 1301279318

**Billing Address : C30490**  
 DOOSAN BOBCAT EMEA s.r.o  
 U KODETKY 1810  
 CZ-263 12 DOBRIS

Payment terms for Debit Memo: 15 days after invoice date on the account of Kubota Deutschland GmbH

<b>Document date</b> 07.02.2022	<b>Total - EUR</b> 140.310,66	<b>Due date</b> 22.02.2022
------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------

Material	Description	Quantity	Gross Unit price	Discount	Net Unit price	Amount	VAT	C/O
0000000000007 01233	cost for airfreight 1076181/4500498400	1 EA	[REDACTED]				A5	DE
	<b>Net value of item</b>				[REDACTED]			
	Serv. Rend. Date : 07.02.2022							
	Customs tariff number [REDACTED]							
	Cost for Airfreight delivery							
	8 x V2607-DI-TE3B-BC-1 (7139011) Doosan Order No 1076181							
	KDG PO# 4500498400 /Item 20							
	YJP3777434 / MAWB 10587718724							
	Yusen Invoice [REDACTED] Amount: [REDACTED]							
0000000000007 01233	cost for airfreight 1073732/4500502549	1 EA	[REDACTED]				A5	DE
	<b>currency adjustment</b>			0,00				
	<b>Net value of item</b>				[REDACTED]			
	Serv. Rend. Date : 07.02.2022							
	Customs tariff number [REDACTED]							
	Cost for Airfreight delivery							
	72 x D1105-E4B-BCz-1 (7314112) Doosan Order No 1073732							
	KDG PO# 4500502549 /Item 10							
	HAWB : YJP37779022 MAWB 20513311863							
	Yusen Invoice [REDACTED] Amount: [REDACTED]							
0000000000007 01233	cost for airfreight 1070897/4500498402	1 EA	[REDACTED]				A5	DE
	<b>currency adjustment</b>			0,00				
	<b>Net value of item</b>				[REDACTED]			
	Serv. Rend. Date : 07.02.2022							
	Customs tariff number [REDACTED]							