



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## RIZIKA SKLADOVÁNÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ STROJŮ A STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ VE VÝBĚHU

RISK OF SPARE PART OF MACHINES AND EQUIPMENT INVENTORY CONTROL IN DECOMMISSIONING

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lukáš Jirka

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2016

# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Bc. Lukáš Jirka</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	<b>Ing. Luboš Kotek, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## **Rizika skladování zásob náhradních dílů strojů a strojního zařízení ve výběhu**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Návrh postupu, díky kterému je možné snižovat náklady z držení zásob pro stroje ve výběhu a s ohledem na riziko zastavení výroby z důvodu předčasného vyloučení náhradního dílu ze zásob je pro rozsáhlé výroby velmi důležité. Tato práce je zaměřena na tvorbu a testování modelu použitelného v reálném provozu.

### **Cíle diplomové práce:**

Analýza předchozích případů rušení výrob nebo jejich částí v výrobní firmě  
Definování základních parametrů, vstupů a výstupů ovlivňující proces a tvorba modelu  
Simulace variantních zadání a jejich vyhodnocení  
Zhodnocení rizik a možností každé varianty  
Návrh strategie postupu vyřazování zásob

### **Seznam literatury:**

Legát, V. (2013): Management a inženýrství údržby. Professional Publishing, Praha.

Legát, V., Jurča, V., a Horáková, A. (2006): Jakost, spolehlivost a obnova strojů. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Praha.

Houtum, G.J., Kranenburg, B. (2015): Spare Parts Inventory Control under System Availability Constraints. Springer.

Gopalakrishnan, P. (2013): Maintenance and Spare Parts Management. Phi Learning Private Limited.

Mobley, R. (2014): Maintenance engineering handbook. McGraw-Hill Education, New York.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá návrhem vhodného postupu pro řízení zásob náhradních dílů strojů a strojních zařízení ve výběhu. Nalezení vlastní, účelné rovnováhy mezi existujícími riziky spojenými se zastavením strojního zařízení v důsledku nedostatku klíčového náhradního dílu a existujícími náklady na držení skladových zásob těchto položek je predikováno díky navrženému výpočtovému modelu zohledňujícímu především potenciální rizika. V důsledku vytipování klíčových parametrů ovlivňujících vlastní proces řízení zásob a následnému implikování těchto parametrů do uvažovaného modelu v rámci Analýzy stromu událostí je dosaženo vhodné kombinace eliminující celkové dopady zamýšlené redukce průměrné zásoby daných položek. Hlavní výhodou tohoto modelu je poté univerzálnost použití pro rozličné typy strojů a rovněž i odlišný pohled na řešení současné problematické situace vznikající právě při řízení zásob náhradních dílů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Náhradní díl, údržba, výběhový stroj, riziko, analýza stromu událostí, Smart-Willemain.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with design of a suitable approach for managing the supply of spare parts for machines approaching decommissioning. The appropriate balance between outstanding risks related to equipment downtime and costs of holding spare parts is predicted by proposed systematic algorithm. Determination of key parameters affecting the whole process of spare parts inventory management and their subsequent use as a basis for Event Tree Analysis lead to finding an optimum set-up, which mitigates the overall impact of the planned reduction in spare parts storage levels. The new approach has a number of advantages including versatility of application for many types of machines, as well as a different outlook on a solution for the current issue in spare parts management.

## **KEYWORDS**

Spare part, maintenance, obsolete machine, risk, Event Tree Analysis, Smart-Willemain.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JIRKA, L. *Rizika skladování zásob náhradních dílů strojů a strojního zařízení ve výběhu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 83 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D..

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

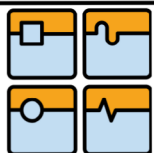
.....

Bc. Lukáš Jirka

## **PODĚKOVÁNÍ**

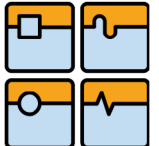
Tímto bych rád v první řadě poděkoval panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu, laskavost a cenné rady při četných konzultacích za účelem vypracování této diplomové práce. Rovněž bych chtěl poděkovat firmě Bosch Diesel s.r.o. Jihlava a firemnímu poradci panu Ing. Zdeňku Hutákovi za podnětné a praktické rady, poskytnuté podklady a v neposlední řadě i lidskost a ochotu. Největší poděkování patří mé rodině, především rodičům, bez kterých bych nikdy nedokázal ujít tak dalekou cestu...

*“Love your Parents. We are so busy growing up, we often forget they are also growing old.”*  
*Unknown*

**OBSAH**

Úvod.....	9
1 Údržba strojních zařízení a její rizika .....	10
1.1 Rizika spojená s údržbou.....	12
2 Metody predikce, náklady na držení a systémy řízení zásob náhradních dílů.....	16
2.1 Sporadická spotřeba náhradních dílů .....	16
2.2 Metody predikce spotřeby náhradních dílů.....	17
2.3 Systém objednávání náhradních dílů.....	26
2.4 Náklady na držení zásob .....	28
2.5 Systémy řízení zásob náhradních dílů.....	30
2.6 Kategorizace skladových položek náhradních dílů.....	31
3 Společnost Bosch Diesel s.r.o. Jihlava a definice praktického problému.....	35
3.1 Bosch Diesel s.r.o. Jihlava .....	35
3.2 Specifikace praktického problému .....	42
4 Tvorba výpočtového modelu pro stanovení míry rizik.....	45
4.1 Zmapování současného systému řízení zásob náhradních dílů.....	45
4.2 Faktory ovlivňující proces rozhodování při řízení zásob náhradních dílů .....	49
4.3 Obecný koncept vytvořeného modelu pro stanovení míry rizik .....	53
4.4 Podrobný popis vytvořeného modelu pro stanovení míry rizik .....	54
5 Analýza získaných dat vztahujících se k praktickému problému .....	67
5.1 Popis databází získaných dat.....	67
5.2 Stanovení hodinové sazby pro vybraná strojní zařízení.....	70
5.3 Analýza dat pomocí navrženého výpočtového modelu pro stanovení míry rizik .....	71
5.4 Návrh strategie nového postupu vyřazování zásob náhradních dílů.....	74
Závěr .....	77
Seznam použitých informačních zdrojů.....	78
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	80
Seznam obrázků a tabulek .....	82
Seznam příloh .....	83



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## ÚVOD

Jak již název této diplomové práce naznačuje, zadaná problematika spadá do sféry řízení zásob náhradních dílů, přičemž vlastní úsilí je zaměřeno zejména na stroje a strojní zařízení ve výběhu a rizika spojená se zajištěním jejich údržby. Tato hrozící nebezpečí se odrážejí především v existenci potenciálního nedostatku klíčových náhradních dílů v případě vzniku poruchy uvedených strojů.

Vlastní práce je členěna do několika kapitol. V první z nich je podrobně popsán teoretický základ vztahující se k pojmům, principům a přístupům údržby se zaměřením na existující rizika.

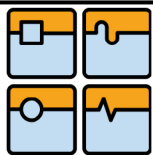
V druhé kapitole je definována problematika predikce vhodné úrovně zásob s důrazem kladeným především na zásoby tvořené náhradními díly. Rovněž zde nechybí podrobný popis nákladů na držení zásob, systému řízení zásob a v neposlední řadě i specifikace sporadické spotřeby, jež charakterizuje nejčastěji právě spotřebu náhradních dílů.

Třetí kapitola se již úzce zaměřuje na firemní prostředí Bosch Diesel s.r.o. Jihlava. Je zde popsána firemní struktura a jsou tu objasněny i konkrétní interní termíny a principy korespondující v mnoha ohledech s obecnými termíny údržby. Následně tato kapitola podrobně definuje zadaný problém spojený s řízením zásob náhradních dílů pro zmíněné stroje ve výběhu.

Čtvrtá kapitola je stěžejní částí této diplomové práce. Nejprve je provedena podrobnější analýza zadané problematiky. To v počátku zahrnuje analýzu stávajícího systému řízení zásob náhradních dílů. Dochází zde k vytipování a definování jednotlivých klíčových faktorů ovlivňujících daný proces. Na základě takto stanovených parametrů se definuje obecná koncepce tvorby výpočtového modelu pro stanovování míry rizik. Nakonec je vytvořen odpovídající výpočtový model, jenž tvoří hlavní část práce. Ten je popsán pomocí kombinace soustav rovnic i nezbytných slovních specifikací.

Předposlední kapitola nejprve popisuje vstupní data pro vybraná strojní zařízení, která jsou následně analyzována navrženým výpočtovým modelem. Tím je demonstrována jeho reálná funkčnost. V druhé části této kapitoly je stanovena vhodná strategie postupu vyřazování zásob náhradních dílů pro výběhové stroje.

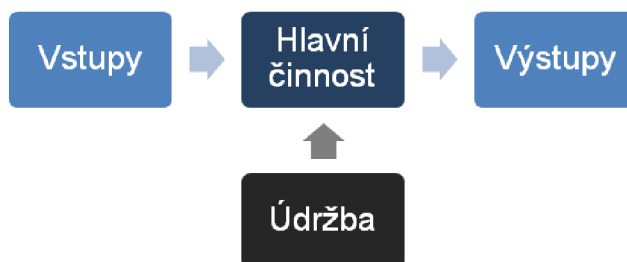
Poslední kapitolou je závěr, který hodnotí jednotlivé kroky v této diplomové práci.



## 1 ÚDRŽBA STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ A JEJÍ RIZIKA

V dnešní hektické době je stále častěji implementováno mnoho teoretických metod a principů nejenom v oblasti údržby, které nepřímo napomáhají k růstu produktivity podniků. Díky kontinuálnímu zlepšování procesů ve firemním prostředí dochází k udržení konkurenceschopnosti společností na trhu práce. Údržba strojních zařízení zajišťujících výrobu nabývá stále většího významu především díky neustálé snaze o minimalizaci rizik spojených s celkovými náklady těchto společností. Až v posledních několika letech si firmy začínají uvědomovat, že údržba není pouze nákladové břemeno, ale cosi, co vytváří přidanou hodnotu pro celý firemní systém. Údržbu je proto nezbytné chápat jako komplexní nástroj, systémově procesně technický, zajišťující provozní spolehlivost daných výrobních a měřících zařízení integrovaných v hlavní činnosti podniku [15].

Údržba je tedy chápána a koncipována jako neustálý, soustavný, nekonečný a dynamický proces, kde jeho hlavní výstupy spočívají především v hodnocení stávajícího stavu téměř každého strojního zařízení a jeho rozvoje do vyšších úrovní procesní způsobilosti. Nenahraditelnost údržby je ve firemním prostředí opodstatněna skutečností nárůstu ekonomických tlaků na snižování celkových nákladů, především ve výrobních procesech. Pro dosažení těchto požadavků je nezbytné vykonat mnoho činností k zajištění maximálních zisků dané společnosti v přímé interakci s minimalizací rizik vztahujících se nejenom k finančním ztrátám. Vše musí být realizováno za předpokladu udržení soustavy výrobních zařízení v provozuschopném stavu a při vynaložení minimálních nákladů [15].



Obr. 1 Hodnotový tok výroby [15]

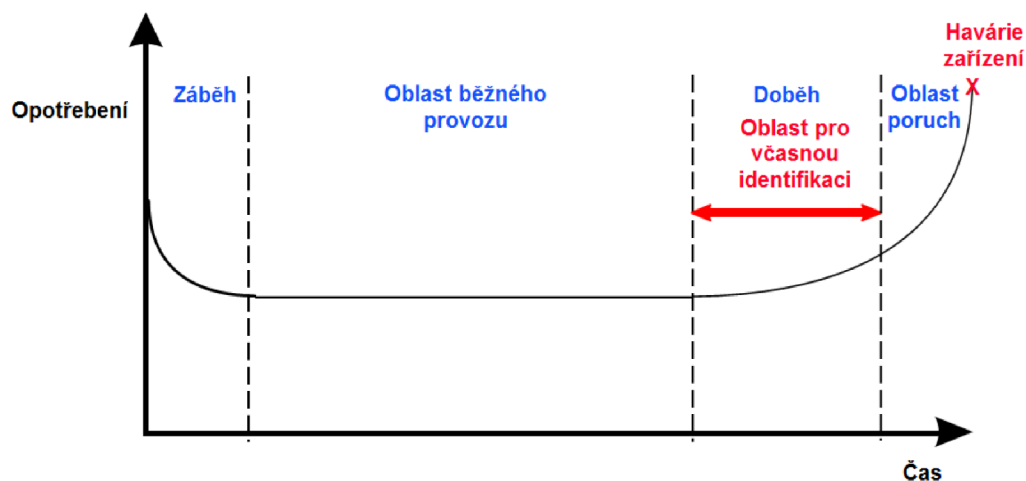
Základní termíny údržby vztahující se k této práci jsou vysvětleny tak, jak je uvedeno v normě ČSN EN 13306:

- **Údržba:** Kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.
- **Objekt:** Jakákoliv část, součástka, zařízení, subsystém, funkční jednotka, přístroj nebo systém, se kterým je možné se individuálně zabývat.
- **Zajištěnost údržby:** Schopnost údržbářské organizace mít v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu správné zajištění údržby na místě, kde je nutné provést údržbářský zásah.
- **Náhradní díl:** Objekt určený k náhradě odpovídajícího objektu za účelem obnovy původní požadované funkce tohoto objektu (jednoúčelový nebo výměnný objekt – výměnná jednotka).
- **Bezporuchovost:** Schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu.

- *Porucha*: Ukončení schopnosti objektu vykonávat požadovanou funkci (po poruše je objekt v poruchovém stavu – částečném, úplném).

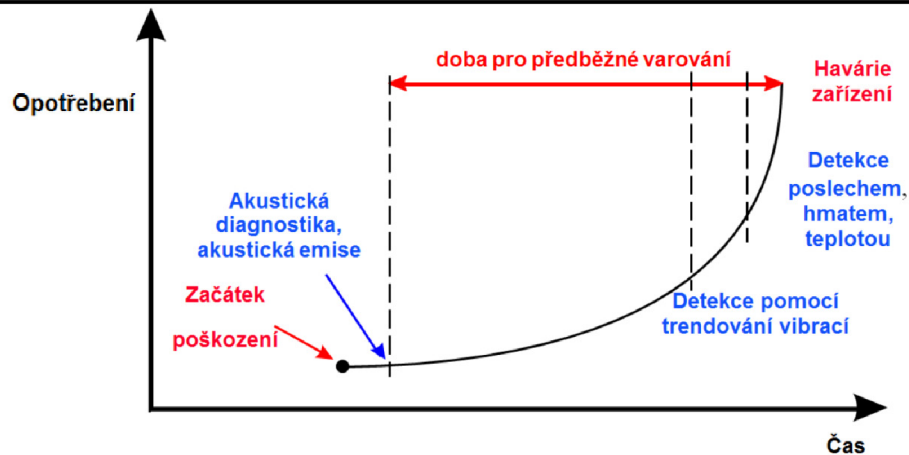
Údržba jako taková si klade rozsáhlé cíle, mezi které patří mimo jiné udržování hmotného majetku v provozuschopném stavu (stroje, strojní zařízení, strojní příslušenství apod.) při použití nezbytně nutných nákladů. Díky naplnění těchto cílů je poté možné provozovat hlavní výrobní činnost (obr. 1) bez zbytečných komplikací spojených s poruchami výrobních strojních zařízení. Cílem údržby je rovněž zabránit samotnému vzniku poruch a s tím spojených rizik poruchových stavů, stejně tak jako udržet efektivnost a pohotovost strojních zařízení. Nežádána však dojde k situacím, kdy není možné vzniku poruchy zabránit. V tomto případě si údržba klade za úkol co nejefektivněji odstranit tento defekt bez zbytečného prodloužení a dopadu působícího na okolní prostředí i obsluhující personál. V neposlední řadě je nezbytně nutné vedení záznamů spojených s veškerými údržbářskými činnostmi [15].

Vznik poruch jde ruku v ruce s opotřebením, a to především mechanického charakteru. Tento fenomén je popsán tzv. Vanovou křivkou (obr. 2). Tato křivka ukazuje průběh opotřebenění v závislosti na čase. Je logické, že u nového strojního zařízení dochází díky zabíhání jednotlivých komponentů k požadovanému zvýšenému opotřebenění, kdy se jednotlivé komponenty ustalují do reciprocitních poloh. Tato fáze poté přejde do další, kdy klesá počáteční rychlost opotřebenění a velikost opotřebenění zůstává v čase konstantní. V poslední fázi dochází opět k nárůstu opotřebenění, přičemž v případě včasného neodhalení vznikající poruchy může dojít i k následné havárii celého strojního zařízení.



Obr. 2 Vanová křivka opotřebenění [15]

Ve zvětšeném zobrazení konečné fáze Vanové křivky (obr. 3) jsou naznačeny příklady metod diagnostiky (modrá barva), kterými je možné případným haváriím zabránit, a to v intervalu od samotné iniciace poškození (doba pro běžné varování) až po vlastní havarijný stav.



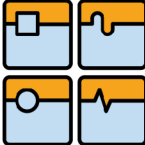
Obr. 3 Konečná fáze průběhu Vanové křivky [15]

## 1.1 RIZIKA SPOJENÁ S ÚDRŽBOU

Se zajištěním údržby je spojen také management rizik, který dokáže významným způsobem zvýšit bezporuchovost a spolehlivost strojních zařízení a docílit tak snížení rizik daných poruch strojního zařízení [14].

Pojem *riziko* je definován jako účinek nejistoty k dosažení cílů. Účinkem je poté chápána odchylka, ať už kladná nebo záporná, od očekávaného stavu. Rovněž je riziko možné klasifikovat jako měřítko ekonomických ztrát, lidských zranění nebo míru poškození životního prostředí, jak z hlediska pravděpodobnosti vzniku, tak závažnosti ztráty, zranění nebo míry poškození. Existuje mnoho způsobů, kterými lze měřit míru rizik. V zásadě záleží právě na typu ztráty, zranění nebo poškození, které je uvažováno. Tyto rozsáhlé cíle spojené s minimalizací rizik jsou následně realizovány na různých úrovních, a to od strategické přes úroveň týkající se produktu, projektu nebo procesu, až po úroveň týkající se celé společnosti. Riziko je rovněž často popisováno jako odkaz na potenciální událost a potenciální následky této vzniklé události. Časté vyjádření rizika je v tomto případě ve formě kombinace následků dané události a související nejistoty výskytu dané rizikové situace. Samotná nejistota je popisována jako pravděpodobnost vzniku dané situace v důsledku nejrůznějších okolností (nedostatek informací, nemožnost ovlivnění určitých procesních pochodů, nedostatek náhradních dílů pro daný stroj v případě akutní potřeby apod.) V případě požadavku na kvantifikování rizika se místo slova „kombinace“ používá matematický „součin“. V současnosti je poslední zmíněná definice rizika pravděpodobně nejpoužívanější právě ve spojitosti s danou problematikou [14] [21].

Je dobré si uvědomit, že veškeré události vedoucí ať už k zisku, případně ke ztrátě společnosti, je možné vyčíslit v penězích. Proto jsou i rizika v této práci vyjádřena v obecném pohledu pomocí sumy, u které hrozí její vlastní ztráta v závislosti na vzniku dané potenciálně nežádoucí situace [17]. Riziko může být jen zřídka kdy redukováno na nulovou úroveň, mimo eliminace činností, které k němu přímo vedou. Nicméně riziko může být podstatnou měrou redukováno [21].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

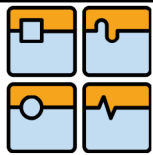
Ve spojení s riziky existují čtyři nejdůležitější pojmy, které je vhodné osvětlit:

- *Management rizik* (Risk Management): Jedná se o proces rozhodování o způsobu nakládání s riziky. Risk manager sleduje jednotlivé parametry procesu a provádí analýzu získaných dat. Na základě této činnosti má poté za úkol snížit míru potenciálních rizik.
- *Hodnocení rizik* (Risk Assessment): Při tomto procesu dochází k definování vlastního rizika. Je zde rovněž zahrnuto odhadování pravděpodobnosti, obvykle na základě matematické analýzy, a to při specifikování podmínek doprovázejících vlastní výsledek. Tento proces nejčastěji zahrnuje popisná data a vědecké (odborné) teorie.
- *Sdělování rizik* (Risk Communication): Jedná se o proces interpretování rizik za účelem výměny informací mezi jednotlivými pracovníky, přičemž dochází ke snaze o porozumění všech souvislostí vztahujících se k daným rizikům.
- *Politika rizik* (Risk Policy): Představuje kombinaci předchozích tří procesů (hodnocení, managementu a interpretací rizik) za účelem sjednocení postojů vztahujících se k různým aspektům života (životní prostředí, doprava,...), přičemž mnoho těchto politik je omezeno pouze na posouzení bezpečnosti [10].

### 1.1.1 MANAGEMENT RIZIK

Jak již bylo zmíněno, každoročně je vynaloženo mnoho finančních prostředků na zajištění údržby, která má za cíl udržet stroje a strojní zařízení v provozuschopném stavu. Výrobní společnosti v mnoha případech vynaloží až 80 % svých provozních nákladů na řešení problémů týkajících se vzniklých poruch strojních zařízení a úrazů obsluhujícího personálu. Výběr vhodného přístupu k řešení této problematiky je nicméně zcela zásadní a nezdá se, kdy se stává i nejobtížnější součástí rozhodnutí o řízení rizik. Díky tomu se v zásadě daný přístup neskládá pouze z jedné metody, ale z kombinace nejrůznějších nástrojů, které mají ve společné interakci za úkol zvýšit výrobní připravenost, snížit náklady na údržbu a v neposlední řadě i zvýšit flexibilitu daného podniku. Při obecném pohledu na danou situaci je poté možné vyjádřit názor, že management údržby, respektive management rizik a management náhradních dílů jsou dvě firemní oblasti, které jsou neodmyslitelně spojené, přičemž primární změna v jedné oblasti způsobí dříve či později sekundární změny v části druhé [17].

*Management rizik* je chápán jako soubor koordinovaných činností směřujících k vedení a řízení organizace s ohledem na rizika. Dle normy (ČSN IEC 61882:2002) týkající se této problematiky je management rizik rovněž definován jako systematické používání politik, postupů a pracovních technik managementu, u úkolů zabývajících se určováním souvislostí, zjišťováním, analýzou, vyhodnocováním, ošetřováním, monitorováním a sdělováním rizik. Všechny tyto činnosti spojeny s managementem rizik jsou znázorněny na obr. 4. Část předchozí definice managementu rizik je podle slovníku managementu rizik (TNI 01 0350:2010) spojena s pojmem *struktura managementu rizik*. Ta je definována jako soubor prvků poskytujících základy a organizační uspořádání pro navrhování, implementování, monitorování, přezkoumávání a neustálé zlepšování managementu rizik v celé organizaci [14].

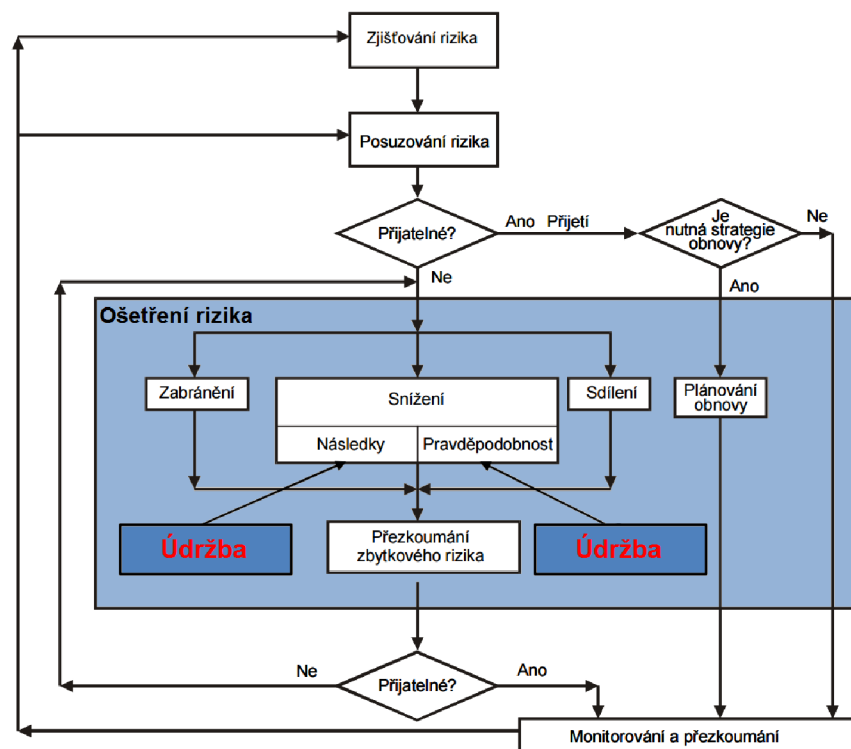


## DIPLOMOVÁ PRÁCE







Obr. 4 Strukturní podstata managementu rizik [14]

Při uvážení celé koncepce managementu rizik je možné říci, že takřka při každé činnosti hrozí jistá míra rizika. Pro minimalizaci důsledků, případně pro úplné zamezení vzniku rizik dochází ve firemním prostředí k procesům identifikování, analyzování a vyhodnocování rizik jako takových. Celý tento soubor činností má za cíl ošetření daných rizikových situací tak, aby se rizika jim odpovídající vešla do přijatelného intervalu rizikovosti stanoveného danou společností. *Ošetřením rizika* se rozumí proces volby a uplatňování opatření pro redukci úrovně rizika. Tento termín se rovněž čas od času používá v souvislosti s přímým odstraněním vzniklého rizika na základě stanovení opatření, které zabraňuje jeho vzniku. Proces ošetřování rizika je ve formě blokového diagramu názorně interpretován na obr. 5. Právě do procesu majícího za cíl ošetření rizik by měla vstupovat údržba s nápravnými a preventivními prvky v souvislosti s diagnostikou [14].



Obr. 5 Blokové schéma procesu ošetřování rizik [14]

V dnešní době je tedy stále důležitější stanovit správné rozhodnutí týkající se nakládání s riziky, a to na základě pevnějších, logičtějších a preciznějších podkladů, než tomu bylo v minulosti. Toto je platné zejména v případech stanovení akutních rozhodnutí týkajících se právě rizik. Některé z argumentů, které ospravedlňují tento názor, jsou:

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
 	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

- *Kvalita*: Stanovení kvalitního rozhodnutí je jedním z hlavních požadavků managementu rizik.
- *Finanční efektivnost*: Vzhledem k omezeným zdrojům je nezbytné využití a rozdělení vhodných finančních rezerv na odpovídající nástroje pro snížení rizik.
- *Úplnost*: Relevantní informace, přičemž hloubka by měla odpovídat významnosti procesu redukce rizik.
- *Rozpoznání společenských omezení*: Společenská omezení by měla být rovněž vzata do úvahy při procesu rozhodování.
- *Rozpoznání omezení investorů*: Zvážení jistého omezení pro investory by mělo být rovněž uváženo (finanční ztráty).
- *Důslednost*: Za všemi rozhodnutími by si daný pracovník měl stát a tato rozhodnutí by se měla opírat o firemní hodnoty, politiku a cíle.
- *Obhajitelnost*: Rozhodnutí by mělo vyhovět přezkoumání druhé strany a mělo by být jednoduše delegované na ostatní osoby [21].

### 1.1.2 ZÁKLADNÍ PROCES ROZHODOVÁNÍ PŘI ODHADU MÍRY RIZIK

Základní proces rozhodování při stanovování rizik (The Basic Risk Decision Process) je proces odhadu velikosti vzniku jednotlivých rizik v důsledku provozování potenciálně hazardních aktivit, respektive nejručnějších činností. Analýza rizik může být provedena jak v kvalitativním, tak především v kvantitativním duchu při nezbytném ohledu na následně zamýšlené využití získaných výstupů z dané analýzy. Samotná hloubka a komplexnost analýzy je v jednotlivých případech velice různorodá a záleží na potřebách i podmínkách dané situace. Čas od času dochází k limitování analýzy pouze na získání pravděpodobností a důsledků pro nejhorší možné scénáře. Tím je dosaženo poměrně výrazného zjednodušení modelu, který následně vykazuje dostatečné informace pro management rizik. V jiných případech jsou naopak prováděny rozsáhlé studie využívající detailní modely, které navíc vyžadují rozsáhlé zdroje, úsilí i dlouhý časový interval. Při určování hloubky analýzy rizik by měla být vzata do úvahy celá situace, a to jako komplex jednotlivých parametrů procesu, dílčích vstupů a požadovaných výstupů. Samotná analýza rizik se poté sestává z pěti hlavních milníků:

- *Formulace problému*: Definování cílů, stanovení rozsahu a omezujících faktorů, popsání systému a posouzení získaných podkladů a informací stejně tak jako stanovení časového ohraničení a potřebného rozpočtu pro daný proces.
- *Identifikace nebezpečí*: Identifikace nebezpečí a potenciálních incidentů a výběr těch, které budou uvažovány v dané studii (tento krok je do jisté míry závislý na správném vypracování předchozího kroku).
- *Odhad následků*: Odhad následků jednotlivých incidentů uvažovaných v dané studii při ohledu na zmíněné oblasti zkoumání ve smyslu ovlivnění dané oblasti případným rizikem (majetek, lidé, životní prostředí,...).
- *Odhad pravděpodobnosti*: Odhad pravděpodobnosti jednotlivých incidentů.
- *Odhad míry rizika*: Na základě získaných následků a pravděpodobností určení míry rizik [21].



## 2 METODY PREDIKCE, NÁKLADY NA DRŽENÍ A SYSTÉMY ŘÍZENÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ

V obecném měřítku jsou zásoby chápány jako prostředek pro zabezpečení hmotných i nehmotných výrobních činitelů potřebných ke správnému fungování společnosti. Zásoby mají jak kladný, tak i záporný efekt. Negativní dopad se odráží především v tom, že zásoby jako takové váží kapitál. Pro jejich držení je nutné vynaložit určité pracovní úsilí i prostředky. Rovněž s sebou nesou rizika znehodnocení, nepoužitelnosti a případně i neprodejnosti. Tyto zápory však převyšuje velké množství pozitiv. Zásoby jsou v podstatě zosobněním velkých a nákladných investic. Díky kvalitnímu řízení však lze dosáhnout jak zlepšení peněžního toku (Cash flow), tak i návratnosti vynaložených investic. Jako největší klad tohoto přístupu (držení zásob) je bráno řešení časových, místních, kapacitních a sortimentních rozporů mezi výrobou a spotřebou. Zásoby rovněž zabezpečují plynulost výrobního procesu a díky nim dochází ke krytí náhodných a nepředvídatelných výkyvů a poruch. Taktéž zajišťují zabezpečení plynulosti výrobního procesu a dodávek pro vzniklou akutní poptávku apod. [11] [19].



### 2.1 SPORADICKÁ SPOTŘEBA NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Existuje několik typů spotřeby/poptávky náhradních dílů (dále jen ND), přičemž její samotná charakteristika je jedním z důležitých parametrů nezbytných pro efektivní řízení zásob ND. Při analýze a vyhodnocování historie spotřeb ND se ve většině případů během sledovaného období setkáváme právě s nulovou hodnotou této spotřeby. Sporadická spotřeba, respektive sporadická poptávka (Intermittent Demand) je jedním z typů spotřeb u ND a vybraných spotřebních materiálů. Její charakter však vytváří problémy především u ND a je spojen s řadou dalších negativ:

- jedná se vždy o celočíselnou poptávku;
- velké procento je tvořeno nulovou poptávkou ve sledovaném časovém intervalu (často více než 30 %);
- vzniká široká kolísavost při nenulových hodnotách poptávky;
- existuje jistá forma autokorelace;
- dochází k působení vzájemné korelace mezi různými položkami poptávek [8].

Sporadická spotřeba je charakterizována jako nepravidelná, nepředvídatelná, ojedinělá poptávka, kterou je díky své charakteristice velice těžké určit. Běžně se tato spotřeba pohybuje v počtu pouze několika kusů. Určitým netradičním typem sporadické spotřeby je tzv. *Lumpy Demand*, která je charakterizována jako nepravidelná spotřeba, avšak v několika desítkách až tisících kusů. Běžně se s tímto typem setkáváme v případech, kdy dochází k opravám velkých technologických celků a zároveň je při této činnosti spotřebováno velké množství spotřebního materiálu. Sporadická spotřeba se v běžné praxi rovněž spojuje s dalším negativním faktorem, a to dlouhou dodací lhůtou (Lead Time) dodavatele. Tato kombinace představuje obrovský problém pro správné definování jednotlivých úrovní ND, se kterým se firmy nejčastěji vyrovnávají zbytečně velkým přezásobením [5].



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

Základní otázka nezasvěceného člověka může být: „*Jak velký počet daného typu ND musí společnost držet na skladě?*“ respektive „*Jakou metodu pro predikci spotřeby ND je vhodné použít?*“. Takto položené otázky postrádají podstatu a nelze na ně v žádném případě přesně odpovědět. Otázky je nutné doplnit informací, lépe řečeno požadavkem ze strany společnosti, a to v podobě otázky: „*Jakou dostupnost (logistický servis) daného ND na skladě chceme dosáhnout?*“ Z toho poté vychází logický vztah mezi požadovaným logistickým servisem a počtem kusů ND na skladě. Čím vyšší je požadovaný servis, tím vyšší je i potřebná úroveň minimální zásoby ND [5].

## 2.2 METODY PREDIKCE SPOTŘEBY NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Jedná se o důležitý krok v celém procesu řízení zásob náhradních dílů s konečným cílem nastavit vhodnou úroveň držených zásob ND. Samotná předpověď je ve většině případů vztažena k historickým údajům spotřeb ND, přičemž jeden z hlavních požadavků na tuto databázi je reprezentativnost sledovaného souboru dat. Při vytváření predikce spotřeby ND má mít analyzovaný soubor historie spotřeb dlouhou v rozmezí 5 až 10 let v případě dlouhodobé spotřeby a nejméně 3 roky dlouhou v případě sporadické spotřeby. Při standardních požadavcích na přesnost předpovědi jsou tyto intervaly dostačující. Nicméně platí přímá úměra říkající, „*čím více do hloubky je možné vypátrat spotřebu ND, tím přesnější je následná předpověď jejich spotřeby*“. Při analýze je rovněž nezbytně nutné očistit soubor historických dat od položek, které mohou znehodnotit následnou předpověď. Tato nežádoucí data jsou nejčastěji v přímé relaci s plánovanou údržbou, preventivní údržbou, generální opravou apod. Všechny tyto činnosti totiž představují ve své podstatě plánovanou spotřebu ND, které nikterak nekorespondují se sporadickou spotřebou [5].

Hlavním cílem predikce neboli předpovědi spotřeby ND (Forecast) na základě jakéhokoliv přístupu je nalezení rovnovážného stavu neboli „*The Sweet Spot*“ (obr. 6), kdy vzniká ustálená, případně relativně stabilní hladina ND skladového hospodářství v čase, a to nezávisle na poptávce ze strany údržby. Tento předpoklad vychází z podmínky, kdy nedochází k nechtěným deficitům, případně nárůstům množství daného ND. Nedostatečná zásoba ND totiž může mimo jiné způsobit nejen ztrátu profitu, ale i ztrátu důvěry zákazníka. Naopak v případně nadbytečné zásoby nejenom ND dochází k vázání firemního kapitálu se všemi negativními důsledky s tím spojenými. Vzhledem k této potenciální situaci to však není jediná podmínka, která charakterizuje rovnováhu skladového hospodářství. Další nedílnou podmínkou je dosažení rovnováhy mezi náklady spojenými s držením ND a jejich samotnou dostupností. Na povrch vyvstávají další otázky týkající se samotné predikce jako například: „*Proč je vždy obtížné predikovat spotřebu ND?*“ případně „*Jakými metodami můžeme zajistit co nejpřesnější a nejměrohodnější předpověď budoucí spotřeby*“. Anglické sousloví „*Forecast accuracy eases the pain*“, které se dá volně přeložit jako „*Přesnost předpovědi zmírňuje trist*“, je personifikací myšlenky, že „*trist*“ jsou veškeré negativní důsledky spojené s nepřesnou předpovědí spotřeby ND [8].



Obr. 6 Rovnovážný stav zásob neboli “The Sweet Spot” [2]

Obecně je tedy možné říci, že je velmi obtížné provádět jakoukoliv predikci spotřeb ND. Nicméně v případě nspecifikovaného výrobku je predikce spotřeby jednodušší v případě, kdy:

- je výrobek známý a dobře zavedený;
- jedná se o spotřební materiál, u kterého je očividná a jednoznačná konečná poptávka;
- výrobek má stabilní poptávku;
- výrobek má krátkou životnost.

Naopak složitější vytváření predikcí spotřeby je v případech, kdy:

- výrobek je nový a právě zaváděný na trh;
- je součástí, případně komponentem spotřebního výrobku, a proto mu hrozí zasažení Forresterovým efektem (zkreslení skutečné poptávky);
- jeho poptávka je velmi obtížně specifikovatelná;
- je vyžadováno jeho zahrnutí v periodě, která zasahuje daleko do budoucnosti [18].

Většina příčin, nepříznivě ovlivňujících metody predikce spotřeby ND, vzniká z jednoho prostého důvodu. Mnoho metod uvažuje rozdělení pravděpodobnosti celkové poptávky po jednotlivých ND jako klasické normální rozdělení (Bell-Shaped Distribution), což není obzvláště v případě údržby vhodný předpoklad (poptávka se obvykle projevuje netradičními a neočekávanými tvary distribuční funkce). Taktéž se většina predikčních metod nedokáže efektivně vypořádat s velkým procentuálním zastoupením nulové poptávky po ND v průběhu časového intervalu. To znamená, že tyto metody povětšinou ignorují speciální roli nulových hodnot poptávky po ND, stejně tak jako další znaky sporadické poptávky. Navíc v prostředí údržby dochází k požadavkům na úroveň logistického servisu okolo 95 %, případně i 99 % (pravděpodobnost, s jakou nedojde k neočekávanému deficitu ND v případě jeho akutní potřeby, respektive pravděpodobnost, s jakou bude daný ND dostupný ve skladovém hospodářství) [18].

V případě nalezení efektivního nástroje pro predikci poptávky po ND je možné téměř všechna zmíněná negativa minimalizovat na přijatelnou úroveň. Díky tomu můžeme dosáhnout úspěšné redukce skladových zásob ND a s tím spojené snížení celkových nákladů,

zlepšení zákaznického servisu, ale i významného posílení společnosti na trhu. Samotná optimalizace skladových zásob ND je v mnoha případech důležitým cílem společností. V současnosti existují dva hlavní přístupy při predikování spotřeb ND. První z nich je založený především na uvažování potenciálních rizik. Druhý z nich poté využívá nejrůznější matematické přístupy [18].

### 2.2.1 PREDIKOVÁNÍ SPOTŘEBY NÁHRADNÍCH DÍLŮ NA ZÁKLADĚ POTENCIÁLNÍCH RIZIK

Do současné doby byla vytvořena celá škála metod, které byly vytvořeny pro účely analýzy a eliminace rizik v průmyslových závodech. Dělení jednotlivých metod je provedeno na základě dílčích přístupů, které uvažují jak kvalitativní, tak v mnoha případech především kvantitativní ukazatele. Určení klíčové metodiky pro stanovování nejvhodnějšího stavu skladového hospodářství ND je stěžejním úkolem, přičemž při nalezení vhodného způsobu je možné výrazně ovlivnit jak redukci provozních nákladů, tak i zvýšit spolehlivost, efektivitu a flexibilitu podniku. Při dosažení eliminace jistých druhů rizik spojených s touto problematikou je možné provozní náklady snížit řádově o 40 až 60 %. Na druhou stranu dostupnost ND hraje výraznou roli při volbě strategie údržby a samotný management náhradních dílů má tak největší vliv na případnou produktivitu a spolehlivost údržby [17].

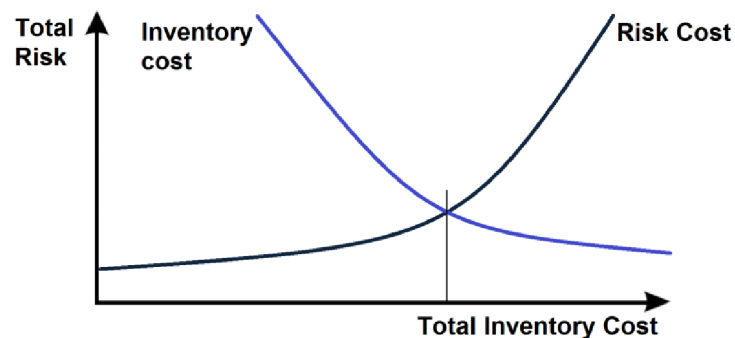
Při pohledu do historie naprostá většina společností spoléhala při stanovování úrovně rizik na standardy, zkušenosti a vhodné inženýrské praktiky bez potřeby standardizovaného a formálního přístupu. Díky tomu byly jednotlivé procesy vztahující se ke stanovování dílčích rozhodnutí týkajících se rizik relativně přímočaré. Při obecném pohledu na stanovování míry rizik jsou však dnešní dostupné postupy poměrně sofistikované, nicméně jsou stále omezeny především v důsledku použitých metod a nástrojů. Některé společnosti mají však v současné době ve svém procesu rozhodování o rizicích zakomponovány kvantitativní kritéria (kvantitativní znaky) pro hodnocení tolerance míry rizik, zejména s ohledem na bezpečnost zaměstnanců. V tomto případě je riziko uvažováno buď jako tolerovatelné nebo netolerovatelné. Díky poměrně obecně nastaveným kritériím, mohou být tyto hranice míry tolerance rizik poměrně snadno dosaženy, a to bez většího úsilí. Naneštěstí v případech, kdy je jakékoliv koncové riziko uvažováno, ať už tolerovatelné, nebo netolerovatelné, sestavení odpovídajícího jednoduchého numerického modelu je poměrně komplikované, ne-li téměř nemožné. Existuje sice možnost stanovení prahu, nad kterým je již riziko nepřijatelné, a to za žádných okolností, nicméně pod tímto prahem je extrémně obtížné stanovit hranici, kdy je situace bezriziková, případně bez výraznějších potenciálních dopadů [21].

Hlavní myšlenou predikce je stanovení vhodné úrovně skladových zásob, aby se snížily celkové náklady na držení těchto položek. Pouze v malém procentu společností je akceptováno placení částek vynaložených na držení nadbytečných zásob těchto ND určených k redukci potenciálních rizik spojených s deficitem. Právě ve většině případů nejsou společnosti ochotny zaplatit „ani korunu navíc“ za držení většího množství zásob ND, než je nezbytně nutné. Jinými slovy, redukce rizika je v tomto případě přímo úměrná množství držení ND, a tedy čím větší je množství peněz vynaložených na držení zásob, tím menší je riziko a naopak. Bohužel stanovení odpovídající úrovně mezi rizikem a náklady na držení zásob ND není tak jednoduché. Držení zásob jde ruku v ruce s navýšením provozních nákladů, a to se přímo odráží na koncovém zákazníkovi. Ten není ochoten platit za žádnou nadbytečnou položku z celkových nákladů, díky které by nedocházelo ke vzniku přidané hodnoty na koncovém produktu [17].



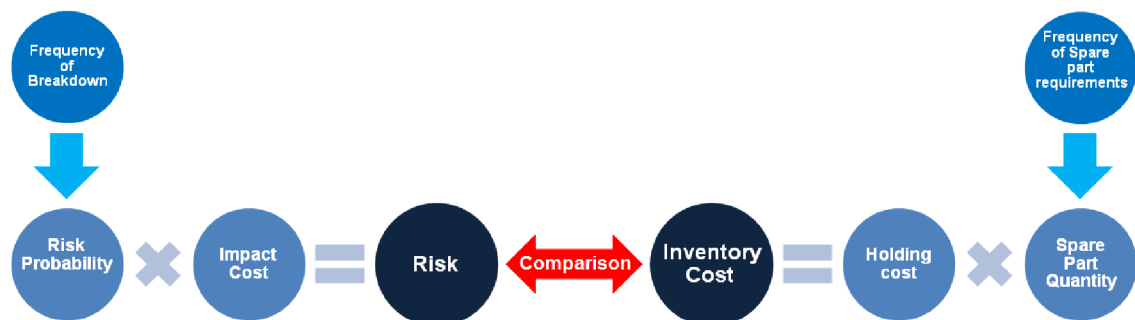
Jedním z možných přístupů při tvoření predikce spotřeb ND může být porovnání rizik z případného deficitu po klíčovém ND, respektive následného zastavení stroje a porovnání nákladů na držení zásob těchto ND. Z tohoto porovnání a následné úvahy může být poté poměrně lehkým způsobem stanoven závěr, zda je výhodnější držet vyšší, neboli „přehnané“ množství zásob nebo se raději vystavit riziku potenciálního deficitu potažmo ztrátám v důsledku zastavení produkce při vzniku poruchy. S ohledem na všechna zmíněná fakta je v současné době na vzestupu právě management náhradních dílů, který má za úkol kvantifikovat potenciální rizika s konečným cílem jejich redukce na přijatelnou úroveň [17].

Na obr. 7 se protínají dvě křivky, a to v místě optimálních nákladů na držení ND a tomu odpovídajícímu riziku korespondujícímu právě s velikostí těchto držených zásob ND. Křivka nákladů na držení se poté přímo rovná zákaznickově ochotě platit za redukcí potenciálních rizik odrážejících se ve vzniku deficitu po dané položce v případě vzniku akutní potřeby. Tento bod ve své podstatě představuje rovnováhu mezi náklady na vyskladnění (nedostupnost daného ND ve skladovém hospodářství) a náklady na držení ND. Jak je evidentní, pro větší množství zásob ND je nutné vynaložit větší finanční prostředky, díky čemuž je na druhou stranu možné poměrně efektivně redukovat potenciální riziko [17].



Obr. 7 Optimální úroveň mezi náklady na riziko a náklady na skladování [17]

Prediktivní model založený na výpočtu rizik je vyvinut za účelem stanovení způsobů hodnocení jednotlivých rizik a s tím spojenému stanovení vhodného množství skladových zásob ND. Hlavní oblastí, na základě které dochází k určení účelného algoritmu, jsou poté právě historická data vztahující se k poruchám a rovněž i množství spotřebovaných ND dle jednotlivých opravárenských činností. V základním modelu pro výpočet rizik se uvažují dva hlavní faktory: četnost (intenzita) poruch ND daného strojního zařízení a frekvence výměny těchto ND. Základní model určený pro výpočet rizik je zobrazen na obr. 8 [17].

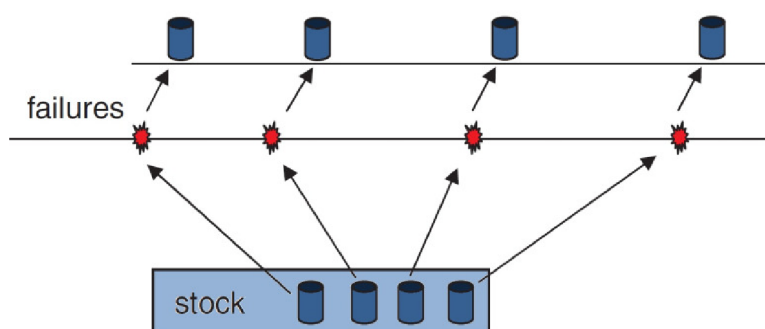


Obr. 8 Základní model pro výpočet míry rizik

Jak je evidentní z obr. 8, parametry tohoto modelu se vztahují k již zmíněné frekvenci poruch a frekvenci výměny ND. Tyto parametry jsou vždy bezpodmínečně získány na základě určité historie dat pro dané ND. Hodnota úrovně pravděpodobnosti rizika, vypočítána na základě těchto dat, je následně použita v kombinaci s velikostí dopadu, a to s cílem získání konečné hodnoty potenciálního rizika. Na druhou stranu je díky množství skladovaných ND, získaných na základě historické spotřeby ND, které je následně vynásobeno průměrnými náklady na držení, zjištěna náročnost uchovávání těchto ND ve skladovém hospodářství. V poslední fázi dochází k porovnávání hodnot velikosti rizik a nákladů na držení ND vyjádřených v celkových částkách a k rozhodování o vykonání dalších kroků obsažených v části řízení zásob ND [17].

### Risk model pro neopravitelné náhradní díly

Náhradní díly se statusem neopravitelné (Non-repairable) jsou ve většině situací takové, u kterých je provedení opravárenského úkonu extrémně náročné až nemožné, nebo opravitelné pouze za předpokladu, že opravárenský úkon je sice proveditelný, ale náklady na opravu výraznou měrou přesahují náklady na pořízení nového ND. Díky tomu je při vzniku poruchy dodán na místo potřeby (stanoviště strojního zařízení) nový ND ze skladiště a porouchaný ND je následně sešrotován (obr. 9). V tomto případě máme zájem o určení vhodné velikosti zásoby, aby bylo zajištěno, že nedojde k neočekávanému vyskladnění (deficitu), a to při definované úrovni spolehlivosti (logistickém servisu) v závislosti na stanoveném časovém intervalu. Toto období je ve většině případů tvořeno dobou, za kterou je v průměru dodán nový díl dodavatelem (doba dodání). To znamená, že v případě tohoto typu ND je potřeba stanovit spolehlivostní interval zásob (Interval Reliability). Vypočtená délka tohoto intervalu může být samozřejmě rozdílná od průměrné doby dodání, protože tato dodací doba je ovlivněna mnoha vnějšími faktory (vzdálenost dodavatel-odběratel, lokální podmínky, politická situace atd.) [13].



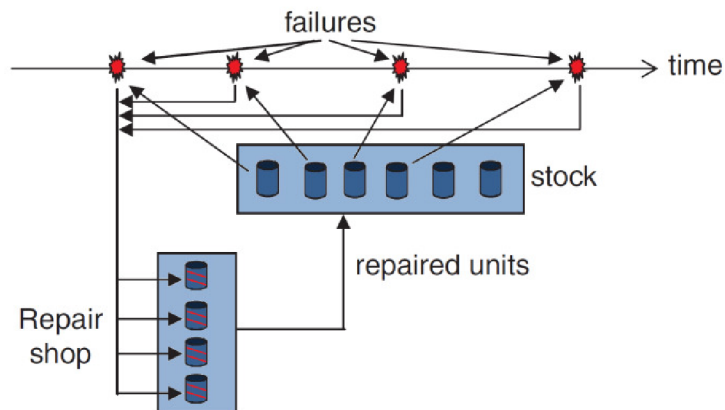
Obr. 9 Systém pohybu u neopravitelných náhradních dílů [13]

### Risk model pro opravitelné náhradní díly

V mnoha situacích je naopak možné daný ND v případě vzniku poruchy efektivně a ekonomicky opravit a následně ho vrátit buď do původního strojního zařízení, případně do skladiště, kde zaujme místo po ND, který byl namísto něj instalován do daného stroje (obr. 10). Tento sled činností je možný za předpokladu, že oprava byla provedena na takové úrovni, že opravený ND je v absolutní kondici, a je tedy „jako nový“. V těchto situacích nazýváme tuto skupinu ND jako opravitelné (Repairable). V případě, že se zabýváme opravitelnými ND, primárně nás zajímá určit nezbytné zásoby ND pro zabezpečení dané míry pravděpodobnosti



odrážející se v požadavku, že daný ND bude v případě akutní potřeby dostupný. Tento parametr je pojmenován jako okamžitá skladová spolehlivost (Instantaneous Reliability of the Stock) [13].



Obr. 10 Systém pohybu u opravitelných náhradních dílů [13]

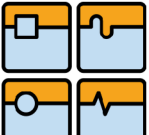
### 2.2.2 PREDIKOVÁNÍ SPOTŘEBY NÁHRADNÍCH DÍLŮ NA ZÁKLADĚ MATEMATICKÝCH MODELŮ

Mezi nejznámější prediktivní metody spotřeby náhradních dílů bez uvažování míry rizik patří:

- subjektivní předpověď,
- statistické metody,
  - Exponenciální vyrovnání,
  - Klouzavý průměr,
- speciální statistické přístupy,
  - Crostonova metoda,
  - Poissonova metoda,
  - Negativní binomická distribuce,
  - Cox proces,
  - Markovova Bootstrap metoda,
  - Spolehlivostní modelování na základě definovaných podmínek CBM,
- Smart-Willemain metoda.

#### Subjektivní předpověď

Je to pravděpodobně nejpoužívanější metoda, kupodivu i v rámci velkých koncernů, označovaná častokrát jako metoda “WAG’s”. Jedná se o poměrně neefektivní a nepřesné předpovídání poptávky po ND, silně závislé na znalostech a dovednostech pracovníka provádějícího predikci. Mezi největší nevýhody patří již zmíněná závislost na znalostech a dovednostech technika provádějícího prognostiku, což s sebou nese časovou i finanční náročnost. V mnoha případech je tedy předpověď vázána na subjektivní názor tohoto zaměstnance. Při této metodě nedochází k získání distribuční funkce, ale pouze bodových odhadů. V neposlední řadě dochází k zadávání rozporuplných pokynů výrobě, které mohou být leckdy kontraproduktivní [8].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### Statistické metody

*Exponenciální vyrovnaní:* Metoda exponenciálního vyrovnavání SES (Simple Exponential Smoothing) je založena na hledání nové odpovídající úrovně ND na základě předchozí úrovně. Při této metodice dochází v závislosti na přiřazení klesajících vah (váha obvykle 0,1) starším hodnotám, růst novějších hodnot (obvykle 1 ponížena právě o zvolenou váhu). Ačkoli je tato metoda široce rozšířena pro předpověď budoucí poptávky ND, skýtá několik limitujících skutečností. Obecně je možné říci, že se nedokáže efektivně vypořádat se sporadickou historií poptávky ani předpovědi. To je důvod, proč je používána především v souvislosti s predikcí spotřeby rychloobrátkových ND (těsnění, řemeny, gufera,...). Tato metoda v zásadě přiřazuje historickým datům poptávky po ND větší váhu, což způsobuje, že předpovědi jsou zkreslené. V důsledku toho je většina skladových zásob predikovaných na základě této metody zbytečně nadhodnocena a dochází k držení zbytečně velkého množství ND, než by bylo ve skutečnosti zapotřebí. Naopak pozitiva této metody spočívají v identifikování typické úrovně poptávky, přizpůsobení se posunu úrovně poptávky, případně i poměrně rychlý výpočet [7] [8].

*Klouzavý průměr:* Je metoda predikce pomocí využití principu klouzavého průměru. Jedná se o jednu z dalších metodik, díky které je možné s jistou přesností nebo spíše nepřesností určit hladinu spotřeby ND. Základní princip spočívá ve výpočtu průměru za stejného počtu po sobě jdoucích období. Pozitiva jsou takřka stejná jako v případě exponenciálního vyhlazování. Metoda klouzavého průměru má navíc tu výhodu, že dochází k možnosti opomenutí starších dat, pokud je předpokládáno, že se jedná o nevěrohodná, případně nekompletní data. Největší nevýhoda této metody je v zásadě stejná jako u předchozí metody, a to v existujícím problému s predikcí v případě sporadické spotřeby ND. Díky tomu je používána především pro vytvoření predikcí spotřeb rychloobrátkových dílů s běžným typem spotřeby [8].

### Speciální statistické přístupy

*Crostonova metoda:* Byla předvedena v roce 1972 a již se jistým způsobem dokáže vyrovnat se sporadickou poptávkou po ND. Tohoto je docíleno díky jednoduchému exponenciálnímu vyrovnaní velikostí poptávky a period mezi samotnou poptávkou. Jedná se tedy o mírně lepší odhad průměrné poptávky, který jistým způsobem rámcově odpovídá predikované spotřebě. Nicméně stále nedochází ke správnému rozpoznání sporadické poptávky v rámci predikce spotřeby ND. Princip spočívá v rozdělení jedné sekvence poptávky do dvou podrobnějších kategorií: nenulové poptávky a intervalu mezi nenulovou poptávkou, u kterých dochází následně k oddělené predikci. Tím dochází k určení nové předpovědi spotřeby ND jako poměru mezi novou velikostí poptávky a novou velikostí mezery mezi poptávkou pro následující periodu. Pokud dojde k vytvoření poptávky v každém období, dává Crostonova metoda stejné výsledky jako konvenční metoda SES. Díky tomu může být stejná metoda využita jak pro sporadickou, tak pravidelnou poptávku po ND [7] [8].

*Poissonova metoda:* Tato metoda vychází ze stejnojmenného Poissonova rozdělení. Daný přístup explicitně uvažuje celočíselnou poptávku po ND. V tomto případě dochází k předpovědi budoucí poptávky poměrně jednoduchou, dobře známou rovnicí obsahující pouze jeden hlavní parametr  $\lambda$ . Na první pohled jeví se výhoda jednoho parametru přináší na druhou stranu poměrně značnou nevýhodu ve vázání průměru a variability samotné poptávky. To znamená, že je velice obtížné přizpůsobit předpověď poptávky, ve které se očekává poměrně rozsáhlá diference mezi nulovou poptávkou a poptávkou



odpovídající vyšším řádům. Rovněž je nezbytný a o to méně realizovatelný předpoklad nezávislosti po sobě jdoucích poptávek a konstantního průměru samotné poptávky [8] [22].

*Negativní binomická distribuce:* Je specifickou metodou pro předpověď budoucí poptávky ND. Metoda v zásadě zobecňuje Poissonovo rozdělení při uvažování parametru  $\lambda$ . Je schopna predikovat spotřebu ND mnohem efektivněji než přístup, ze kterého vychází, a to díky dvěma nezávislým parametrům. Tím dochází k věrohodnějšímu predikování bez výraznější diferenciaci nulové a rozsáhlejší poptávky po ND. Jako u každé metody predikce i u metody negativní binomické distribuce se setkáváme s určitými negativy. Mezi hlavní z nich patří základní předpoklad o vzájemné nezávislosti po sobě jdoucí poptávky a také předpoklad konzistentní průměrné poptávky ve sledovaném časovém období [8].

*Cox proces:* V tomto případě se jedná o specifickou metodu umožňující modelovat situace na základě komplexních dat. Metoda uvažuje vysokou variabilitu, pozitivní autokorelaci a zároveň i trendy a sezónnost v poptávce po ND. Nicméně komplikovanost této metody zabraňuje plnému porozumění a přesnému výpočtu parametrů predikčního modelu. Samotný princip modelování spočívá v uvažování Poissonova principu s pevně daným parametrem  $\lambda$ , kde následně dochází ke stanovení představ o samotné distribuční funkci na základě negativní binomické distribuce. Klíčem k předpovědi je tzv. „neviditelný proces“, kde dochází díky výpočtu daného logaritmu k možnosti vytvoření základního modelu. Díky existující autokorelaci, která vyjadřuje jistý druh záznamu poptávky, je možné předpovědět další průběh poptávky. Pokud je vytvořena předpověď, stačí ji poté přizpůsobit pro Poissonovo rozdělení v časovém období a současně v závislosti na předchozím pozorování [8].

*Markovova Bootstrap metoda:* Samotná metoda a její principy jsou chráněny patentem (US Patent 6205431 B1) a vlastnická práva patří společnosti Smart Software, Inc. Jedná se o převratnou metodu zajišťující nejlepší možné výsledky predikované spotřeby ND. Ve svých přednostech predikce naprosto překonává jak metodu exponenciálního vyrovnávání, tak i Crostonovu metodu. Mezi hlavní výhody patří vysoká přesnost predikce při neopomenutí celočíselné poptávky a zároveň velkého procenta nulové poptávky, vysoké variability při nenulové poptávce i možnost autokorelace po sobě následujících poptávek. Hlavním negativem je předpoklad stacionární poptávky bez akceptování určitého trendu vývoje případně dané sezónnosti. Princip spočívá v uvažování velkého množství náhodných vzorků ze sledované populace (spotřeba ND). Tyto vzorky mohou být odlišné vzájemně i od sledované populace a slouží jako stavební kámen k vytvoření histogramu distribuce poptávky v průběhu dané periody. Statistické parametry jako průměr, rozptyl, rozpětí jsou počítány přímo z histogramu [7] [8].

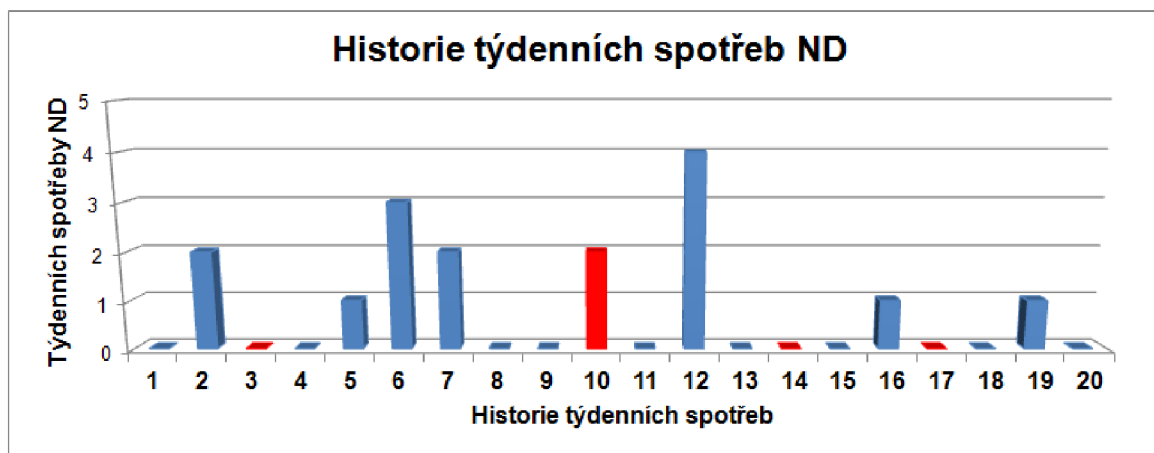
*Spolehlivostní modelování na základě definovaných podmínek:* Tato statistická metoda označovaná rovněž jako CBM (Condition-Based Maintenance) je používána v případě užití historických dat vztahujících se k poptávce (opotřebení, porušení,...). Hlavní pozitivum je v potenciálně přesnější predikci při využití dostatečného množství informací. Podobně jako metoda WAG's je poměrně finančně náročná, a to díky náročnějšímu způsobu zpracovávání detailních informací týkajících se jednotlivých ND. Toto zahrnuje podrobné monitorování a vyhodnocování degradačních procesů v jednotlivých součástech díky monitorovacímu systému RCMS (Remote Condition Monitoring Systems). Následně probíhá vytvoření rozhodovacího modelu. Ze všech degradačních signálů týkajících se jednotlivých ND jsou poté odvozeny jednotlivé distribuční funkce pro dané strojní zařízení, případně samotné ND. Při tvoření distribučních funkcí nesmíme opomenout fakt, že každý degradační



signál musí obsahovat informace o trendu vývoje stavu ND. Na základě vývoje trendu je možné s jistou pravděpodobností odhadnout rozvinutí únavy ND a vznik následné poruchy. Díky modelu jsou poté plánovány opravy stávajících ND, případně dle potřeby nákupy nových ND [8].

### Smart-Willemain metoda

Samotná metodika byla představena v roce 2002 autory Smartem a Willemainem. Principem této statistické simulační metody je náhodné vzorkování (Bootstrapping) historických spotřeb ND na základě stochastické předpovědi budoucí poptávky po ND. Díky tomu je možné dosáhnout poměrně přesného určení minimální (objednací) úrovně zásob s ohledem na požadovanou pravděpodobnost dostupnosti (logistický servis) vlastních ND. Velikost výběru odpovídá stanovené délce predikované spotřeby ND. Například pro predikci 1 měsíce tzn. 4 týdnů jsou vybrány právě 4 dílčí poptávky – 4 období (obr. 11, náhodné výběry označeny červenými sloupci), přičemž jednotky časové řady musí být zachovány. Poté dojde k celkovému součtu hodnot dílčího výběru daného vzorkování. V uvedeném případě je celkový součet týdenních spotřeb roven 2, protože došlo v této situaci k náhodnému výběru 3 týdnů s nulovou spotřebou a pouze v jednom týdnu byla zaznamenána nenulová spotřeba ND rovna právě 2 kusům. Tento součet poté tvoří první náhodný vzorek spotřeby ND. Pro získání věrohodného souboru dat je proces opakován s daným počtem iterací. Obvykle se volí počet iterací větší než  $10^3$  opakování [4] [5].

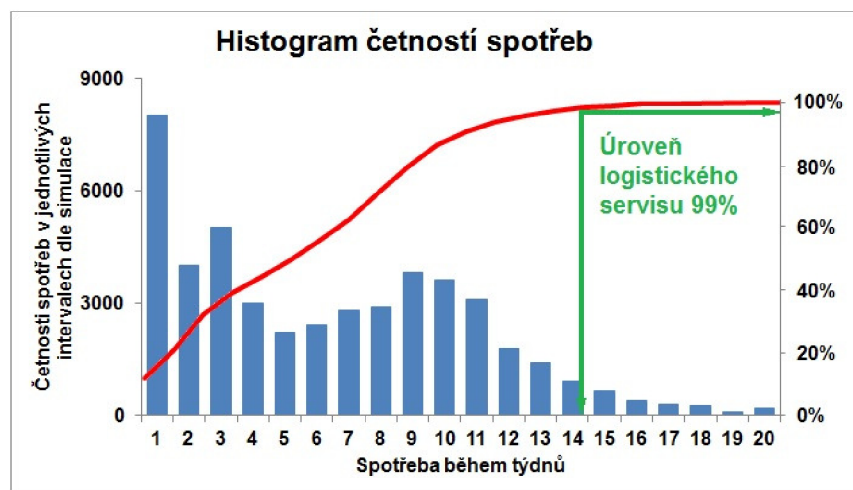


Obr. 11 Bootstrapping, příklad predikce spotřeb náhradních dílů na 4 týdny (náhodné výběry dílčích poptávek označeny červenými sloupci)

Díky tomuto postupu je získána stochastická charakteristika poptávky po ND během zvoleného období (v daném případě 4 týdnů), jež je zobrazena histogramem četností poptávky po ND (obr. 12). Obvykle první místo s největší četností v tomto histogramu zaujímá právě nulová poptávka, protože většina provedených simulací spotřeby ND je rovněž nula. Po tomto typickém výkyvu nulových spotřeb histogram ve většině případů pokračuje v mírně asymetrickém tvaru rozdělení pravděpodobnosti, často i s dvěma případně více vrcholy četností. Nicméně si je důležité uvědomit, že tvar každého histogramu je ovlivněn především charakterem daného ND. Nesmí dojít k opomenutí faktu, že je nutné stanovit úroveň logistického servisu. Díky této metodě je poté možné určit vhodnou úroveň skladových zásob ND s určitou pravděpodobností jejich dostupnosti. Toto definování probíhá na základě odečítání v grafu z vynesené distribuční funkce získané kumulovanou relativní četností



jednotlivých spotřeb. V uvedeném případě došlo ke stanovení logistického servisu na úrovni odpovídající 99 %, což po odečtení z tohoto histogramu odpovídá 14 kusů daného ND, které je nezbytné držet ve skladovém hospodářství za předpokladu respektování logistického servisu [4] [5].



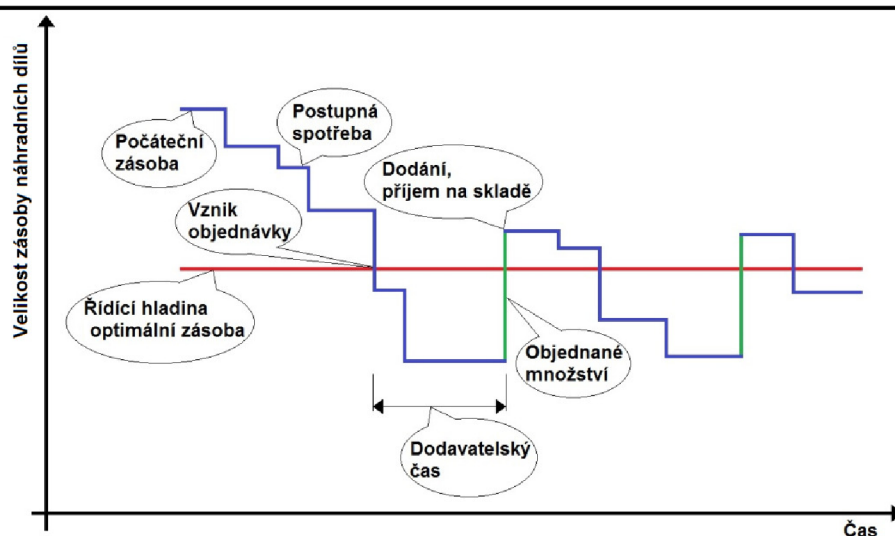
Obr. 12 Stochastická předpověď spotřeby na základě metodiky Smart-Willemain

## 2.3 SYSTÉM OBJEDNÁVÁNÍ NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Dle příslušné hladiny stanovené na základě jedné ze zvolených prediktivních metod, je dalším krokem nastavení vhodného systému zajišťujícího objednávání ND.

### 2.3.1 AUTOMATIZOVANÉ HLADINOVÉ ŘÍZENÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Hladinové řízení může pracovat na podobném principu jako na obr. 13, kde počáteční zásoba ND je průběžnou spotřebou postupně snižována až na úroveň optimální hladiny, respektive také řídicí objednací hladiny. V tomto okamžiku, kdy dojde k protnutí řídicí hladiny, informační systém automaticky odesílá objednávku dodavateli. Ta se skládá ze žádosti o zaslání další zásilky daného ND ve specifikovaném počtu. Tento počet je určen na základě zvolené prediktivní metody tak, aby korespondoval s dodací lhůtou dodavatele. Díky kombinaci jedné ze zvolených metod predikce a automatického hladinového řízení je možné dosáhnout požadovaného logistického servisu i v případě položek, které jsou spotřebovávány v rámci sporadické spotřeby.



Obr. 13 Automatizované hladinové řízení zásob náhradních dílů [5]

### 2.3.2 OBJEDNACÍ SYSTÉMY NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Pro dosažení správného a účelného řízení zásob je nutné využít určitého řídicího systému. Princip mnoha systémů je stejný jako ten, který byl nastíněn v kapitole 2.3.1. Při poklesu úrovně zásob pod předem stanovenou hladinu (objednací úroveň), dojde k vyslání signálu informujícího o potřebě vystavit objednávku za účelem doplnění zásoby. Tyto systémy pracují na principu řízení materiálového toku při vzniku aktuální potřeby dle stavu zásob. Neumožňují tedy předem zjistit okamžiky jak budoucí objednávky, tak i budoucí dodávky ND do skladu. Rovněž intervaly mezi jednotlivými objednávkami kolísají, protože jsou závislé mimo jiné na množstevních a časových výkyvech reálné poptávky od poptávky predikované [19].

Objednací úroveň zásob se nastavuje takovým způsobem, aby bylo dosaženo požadovaného logistického servisu dané skladové položky ND. Jinými slovy, aby se dosáhlo zajištění skutečné poptávky během očekávané délky intervalu. Vlastní zajištění musí být v rozmezí od vydání signálu o potřebě vytvoření objednávky až po přijetí příslušné dodávky do skladu, a to s požadovanou spolehlivostí celého procesu objednávání. Celou tuto dobu označujeme jako *pořizovací lhůtu*, která se skládá z těchto dílčích časů trvání daných činností:

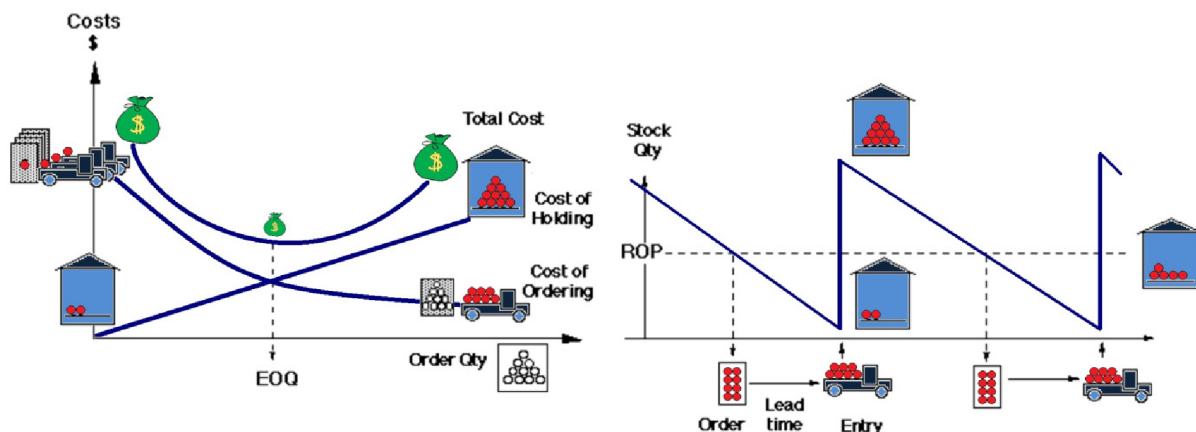
- doba reakce na signál, definování objednacího množství, výběr dodavatele a vyjednávání s ním;
- vypracování a doručení objednávky případně vytvoření a podepsání smlouvy;
- vlastní dodací lhůta dodavatele;
- doprava materiálu do skladu (v případě, že není zahrnuta do dodací lhůty dodavatele);
- příjemka a kontrola dodaného zboží;
- uskladnění dodaného zboží a zaevidování příjmu na skladu [19].

### 2.3.3 OPTIMÁLNÍ MNOŽSTVÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ

K nezákladnějším metodám sloužícím k určení vhodného množství skladových zásob patří metoda EOQ (Economic Order Quantity). Tato metoda v podstatě říká, že když dojde k poklesu daného ND na stanovenou úroveň ROP (ReOrder Point), je nutné objednat další



dávku  $Q$  (Reorder Quantity), viz obr. 14. Vstupy této metody jsou náklady (náklady na držení, objednávací náklady a náklady z nedostatku) a doba dodání  $ND$ , přičemž poslední uvedený vstupní parametr je uvažován jako fixní (v čase neměnný). Výstupům poté náleží již zmíněné množství náhradních dílů  $Q$ , které je nutno objednat, pokud nastane situace atakování stanovené hranice  $R$ . Při výpočtech jsou následně brány v potaz dané náklady spojené s  $ND$  stejně tak, jako dodací čas, průměrná poptávka a především daný typ rozdělení pravděpodobnosti poptávky. Tato metoda je široce používána společnostmi [8].



Obr. 14 Znárodnění podstaty metody EOQ [3]

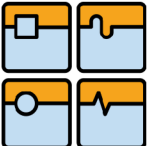
## 2.4 NÁKLADY NA DRŽENÍ ZÁSOB

Náklady jsou popisovány jako účelově zaměřená spotřeba či opotřebení výrobních činitelů, která je v kontextu s hospodářskou činností společnosti vyjádřena v penězích. Mezi výrobní činitele se řadí především strojní zařízení, vykonaná práce, externí služby, suroviny, materiály, polotovary a nakupované výrobky. V odborné literatuře jsou popisovány tři druhy nákladů:

- Objednávací náklady,
- Náklady na držení zásob,
  - náklady z vázanosti finančních prostředků,
  - náklady na skladový prostor a správu zásob,
  - náklady z rizika,
- Náklady z deficitu.

### 2.4.1 OBJEDNACÍ NÁKLADY NA ZÁSOBY

Jak již název této podkapitoly předestírá, objednávací náklady jsou spojeny s pořízením dávky určené k doplnění skladových zásob. Jedná se o náklady na jednu pořizovanou nákupní, výrobní nebo dopravní dávku zásob. Při nákupu jsou v relaci s vytvářením samotné objednávky, dopravními náklady, náklady na přejímku, zkontrolování a uskladněním dodávky, náklady na zaevidování příjmu zboží apod. Do těchto nákladů se překvapivě většinou nepočítá samotná nákupní hodnota zboží s výjimkou rozdílu v pořizovací ceně zboží [19].

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 29
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

#### 2.4.2 NÁKLADY NA DRŽENÍ ZÁSOB

- *Náklady z vázanosti finančních prostředků:* Mají odlišný charakter od klasických nákladů. Jsou rovněž charakterizovány jako náklady v důsledku ztráty příležitosti o ušlý zisk. Ve své podstatě odpovídají velikosti ušlého zisku z důvodu držení finančních prostředků ve formě fyzických zásob místo investice těchto financí do rozvoje. Tyto náklady se dají určit na základě průměrné hodnoty aktuálně držných zásob [19].
- *Náklady na skladový prostor a na správu zásob:* Jedná se o vynaloženou částku na provoz skladů a evidenci zásob. Jako nejčastější příklady těchto nákladů lze uvést energie, opravy, ostraha objektu, pojištění zásob i budov a rovněž mzdy všech zaměstnanců. Ačkoli tyto náklady mohou být do jisté míry závislé na průměrné velikosti uvažovaných zásob, velmi často se stává, že jsou fixní, a to především z důvodu plného nevyužití skladových ploch (nucené případně nenucené nevyužití). Stanovování těchto nákladů probíhá dvojí formou. První uvažuje určité procento z hodnoty průměrné zásoby. Druhá využívá kategorizace skladového sortimentu do několika tříd dle nároků na skladový prostor a dle podmínek skladování. Pro každou kategorii se poté odděleně vypočítají dané náklady [19].
- *Náklady z rizika:* Jsou spojeny s rizikovostí budoucí neprodejnosti, případně nepoužitelnosti naskladněných zásob. O neprodejnosti mluvíme především v souvislosti se zbožím nebo hotovými výrobky a nepoužitelné jsou poté výrobní zásoby a určité rozpracované zakázky. Mezi nejčastější rizika spadající do tohoto typu nákladů patří rizika znehodnocení zestárnutím, rizika větších změn ve výrobním programu nebo rizika poklesu poptávky. Dále náklady vzniklé díky poklesu cen na trhu nebo i nutnosti velké slevy u staršího typu výrobku v důsledku inovace, případně uvedení novějšího modelu na trh. Všechna výše zmíněná rizika jsou úzce propojena s délkou skladování. Celkové náklady se určují pro jednotlivé skladové položky obvykle odhadem jako určité procento z hodnoty průměrné zásoby [19].

#### 2.4.3 NÁKLADY Z DEFICITU ZÁSOB

Tento typ nákladů je rovněž možné charakterizovat jako náklady z vyčerpání daných zásob v případě, kdy nestačí aktuální skladové množství dané položky k uspokojení potřeb zákazníka. Zákazníky obvykle dělíme na externí a interní. U externích zákazníků jsou hlavními důsledky deficitu nesplnění zakázky a zrušení objednávky ze strany zadavatele a obrácení se v dané věci na konkurenční společnost. Díky tomu dochází k poškození dobré pověsti společnosti, což je v mnoha případech závažnější než okamžité ztráty. Nicméně peněžní vyčíslení posledního zmíněného negativa je jen velmi těžko proveditelné. Pod pojmem požadavků ze strany interního zákazníka je obrazně myšleno obslužení následujícího pracoviště výrobního procesu společnosti. Při deficitu dochází ke zhoršení plynulosti a efektivnosti vykonávané práce, respektive výrobního procesu, což je spojeno se zvětšením prostojů ve výrobě. Tato negativa jsou pocíťována především ve společnostech zaměřujících se na štíhlou výrobu. Obecně existuje snaha o vyrovnávání nákladů z deficitu a nákladů na držení zásob. Toto vyrovnávání je však velmi problematické, především z důvodu špatné odhadnutelnosti nákladů z deficitu, protože v jednotlivých případech nedostatků existují výrazné rozdíly mezi dílčími náklady [19].



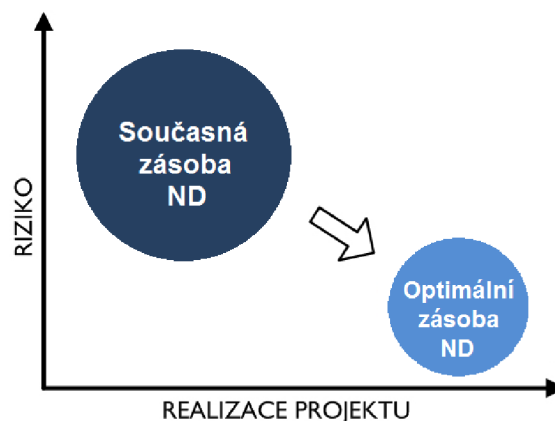
## 2.5 SYSTÉMY ŘÍZENÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Při určování jednotlivých nákladů zmíněných v kapitole 2.4 a navazujícím stanovení konkrétních rozhodnutí, je nezbytné brát v potaz individuální situaci náležící konkrétní konfiguraci daných skutečností.

### 2.5.1 SYSTÉMY ŘÍZENÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ V OBLASTI ÚDRŽBY

Řízení zásob náhradních dílů je odlišné svým přístupem od řízení zásob například vstupního materiálu výroby. Hlavní odlišnost vzniká v definování dostupnosti jednotlivých ND. Při klíčovém uvažování o dostupnosti (úrovně dostupnosti) ND se v případě běžné výroby spotřebovávající rychloobrátkový materiál setkáváme s hranicí mezi 90 – 95 %. Naopak v případě údržby je nezbytné zajištění téměř stoprocentní dostupnosti především kritických ND. Tato skutečnost pramení z obav možnosti deficitu specifického ND, a tím způsobení komplikací při výrobě. Nejzávažnější nedostatky ND mohou vést v případě poruchy k pozastavení, případně i zastavení výrobního procesu, a tím ke vzniku významných ztrát spojených se vznikem této situace (např. vícenáklady spojené s odstávkou apod.) [5].

Všeobecným cílem současného řízení spotřeby ND je především redukce úrovně (objemu) skladových zásob ND a zároveň ve zdánlivém rozporu udržení, případně zvýšení dostupnosti (snížení rizika deficitu dané položky) jednotlivých skladových zásob ND (obr. 15). Tento na první pohled očividný protiklad minimalizace zásob a zároveň zvýšení pravděpodobnosti dostupnosti je však opodstatněný. Při vhodném využívání nejruznějších progresivních metod pro řízení a predikci spotřeby ND je totiž možné dosáhnout těchto vytyčených cílů. V praxi rozlišujeme dva základní typy spotřeby: *stálá* a *sporadická*. První zmíněný typ je charakterizován jako dlouhodobá spotřeba s odběrem rychloobrátkových položek. Jedná se především o spotřební a spojovací materiál a je veskrze jednoduché definování její velikosti na základě běžných metod určených pro predikci budoucí spotřeby ND [5]. Sporadická spotřeba byla vysvětlena v kapitole 2.1



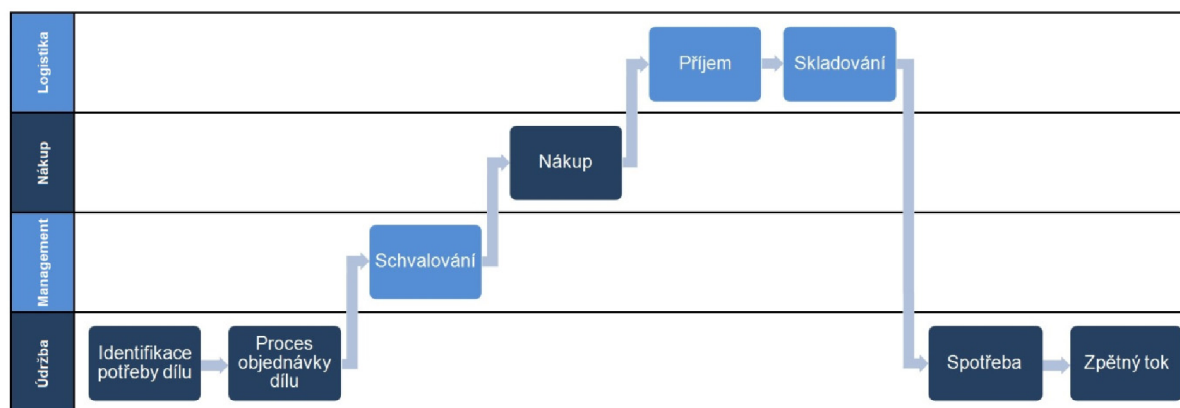
Obr. 15 Hlavní podstata řízení spotřeby zásob náhradních dílů [5]

Čas od času může dojít k selhání systému řízení zásob ND. Toto pochybení je poté následováno jedním ze třech typických projevů:

- *Přezásobení*: Zásoba ND, spotřebního, případně spojovacího materiálu je neúměrně vysoká.
- *Deficit*: Zásoba ND, spotřebního, případně spojovacího materiálu je neúměrně nízká.

- *Rostoucí trend:* Při podrobném prozkoumání historických dat dochází ke zjištění výrazného, ale ničím neodůvodněného trendu nárůstu velikosti skladových zásob [4].

Okolnosti eskalující v selhání řízení zásob ND vedou k vyslovení dvou otázek. „*Jakým způsobem je možné zastavit rostoucí trend zásob ND?*“ a rovněž „*Jakým způsobem je možné snížit zásoby náhradních dílů na vhodnou úroveň?*“ Je nezbytné si uvědomit, že pouze částečná odpověď na jednu z obou otázek problémy selhání neřeší. Důvod je přitom prozaický. Vlastní akutní snížení zásob nezabrání v rostoucím trendu, a s tím spojeným opětovným navýšením skladových zásob ND. Stejně tak jeho odstranění nepovede automaticky k regulaci skladových zásob na vhodnou úroveň. Příčina rostoucího trendu má ve většině případů procesní charakter, tudíž k nápravě toho problému musí dojít díky optimalizaci procesu nákupu a spotřeby ND, respektive jeho vlastního životního cyklu obr. 16. Až absolutní řešení všech vzniklých procesních problémů je klíčem pro úspěšnou, fungující a efektivní optimalizaci zásob ND [4].



Obr. 16 Zobecněný životní cyklus náhradního dílu [4]

## 2.6 KATEGORIZACE SKLADOVÝCH POLOŽEK NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Díky různým přístupům je v dnešní době možné kategorizovat skladové položky podle nejrůznějších kritérií a s nejrůznější prioritou řazení. Mezi zmíněné položky se řadí vstupní materiál sloužící přímo pro potřebu výroby, ale i velké množství ND. V této kapitole dochází k popisu způsobů kategorizace ND. Samotné kategorizování jednotlivých položek je vhodné pro snazší rozhodování o vhodném způsobu s jejich nakládáním [12].

Cílem je přitom právě efektivní dělení rozsáhlého skladového hospodářství ND na úseky, které v zásadě vyžadují odlišný přístup při samotném plánování a řízení zásob. Kategorizování jednotlivých položek rovněž slouží k vytipování potenciálně zajímavých částí četného portfolia ND, u kterého by mělo dojít k prioritnímu zájmu o řízení těchto zásob. Vhodný software poté dokáže umožnit moderování těchto zásob, protože při hlubším zamyšlení je v dnešní době již trochu archaismem řídit zásoby, provádět analýzy a segmentace a následné vizualizace bez vhodné počítačové podpory. Segmentace rovněž obsahuje konkretizaci vazeb mezi ND a příslušným zařízením, pro které jsou dané ND určeny. Vzniká tak kusovník ND, který představuje zajímavý nástroj pro sledování spotřeby ND, nákladovost v jednotlivých fázích životního cyklu i možnost identifikování kritických ND na jednotlivých strojních zařízeních [5].



Při zajišťování materiálových vstupů je nezbytný určitý způsob avizované kategorizace položek, který obecně zaručuje větší přehlednost a srozumitelnost. Vždy je totiž jednodušší seskupení položek s určitými společnými rysy a následně uplatnění vhodné strategie pro celou skupinu. Je nezbytné pochopit omezení a případně vyvstávající otázky, které se v této souvislosti nabízejí. Při provádění každé z analýz je nutné přistupovat primárně k základním charakteristikám jednotlivých skladových zásob. Například s ohledem k jejich množství, hodnotě, charakteru spotřeby nebo i samotné přesnosti spotřeby. Existuje mnoho způsobů kategorizace skladových zásob nejenom ND, přičemž každou z níže uvedených metod je možné přizpůsobit konkrétním potřebám dané firmy. Za předpokladu přesné evidence související s obstaráváním materiálových položek, správné volby počtu kategorií a hranic jednotlivých kategorií je možné velice efektivně identifikovat vlastní materiálové rezervy. Mezi nejznámější metody pro kategorizaci patří:

- Metoda ABC,
- Metoda XYZ,
- Sloučení metod ABC/XYZ,
- Matice EW,
- Rozhodovací kostka [12].

### 2.6.1 METODA ABC

Protože byla tato metoda shledána jako nejvhodnější pro zadaný problém, je i jako jediná z výčtu dostupných kategorizačních metod podrobněji popsána. Jedná se o důležitou a poměrně jednoduchou metodu, která je široce uplatitelná napříč podnikovým logistickým spektrem a dává obecnou představu o aktuálním stavu skladových zásob. Hlavním cílem této analýzy je zjištění, které oblasti ze skladového hospodářství je nutné věnovat zvýšenou pozornost. Metoda se sestává z těchto dílčích kroků jdoucích po sobě v dané posloupnosti:

- sběr dat;
- uspořádání dat (od největšího po nejmenší);
- hodnocení získaných a upravených dat.

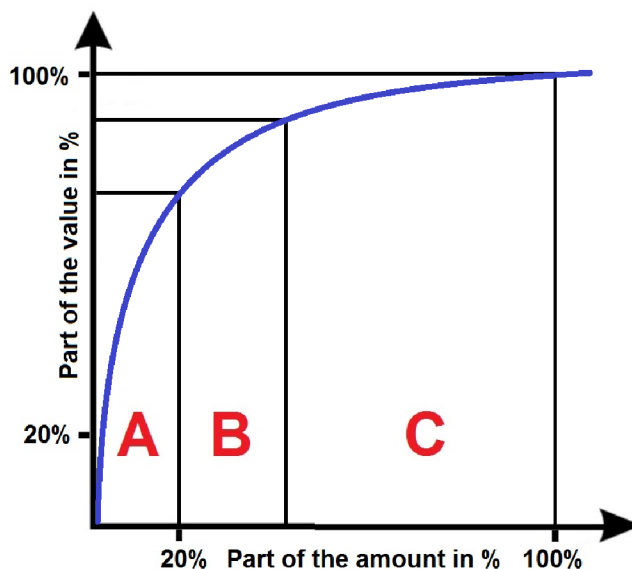
Samotné hodnocení probíhá formou určení procentuálního zastoupení každého podílu vzhledem k celkovému stavu. Hlavní pozitiva této metody spočívají v:

- oddělení podstatného od nepodstatného;
- nastavení transparentnosti a měřítek;
- stanovení výchozího bodu pro proces zlepšování (např. racionalizace);
- opatření pro určení přímého ekonomického dopadu (růst ekonomiky);
- umožnění oddělení údržby efektivně rozhodovat;
- krátkém a ekonomickém systému kontrol vedoucích k provedení nápravných opatření [1].

Z hlediska udržení přijatelné výšky úrovně skladových zásob nejenom ND je nezbytné pozorování podílu hodnoty pořizovacích cen jednotlivých skladových položek. Rovněž také monitorování jejich samotného množství. K tomuto je právě vhodná popisovaná metoda, která rozlišuje a následně třídí tyto skladové položky do třech (ABC), případně čtyřech (ABCD) kategorií dle požadované podrobnosti segmentace. Tato metoda je úzce propojena s Paretovým pravidlem 80/20. Toto pravidlo tvrdí, že 80 % důsledků je způsobeno pouze



20 % příčin. Při aplikaci na kategorizaci ND to znamená, že 20 % skladových položek tvoří přibližně 80 % z hodnoty celých skladových zásob v daném okamžiku. Jinými slovy, malý počet položek tvoří vysoký podíl hodnoty na celkovém objemu zásob ND. Pro následující grafické znázornění výsledků (obr. 17) se používá Lorenzova křivka [12].




Obr. 17 Lorenzova křivka, grafické znázornění podstaty ABC analýzy [1]

Existuje několik odlišných metodických přístupů při ABC analýze. Obvykle se dělí dle faktorů, které jsou při rozhodování brány v potaz. Nejčastěji se jedná o jedno, dvou případně tří faktorové metody, které zahrnují stejný počet charakteristických prvků. Samozřejmostí je, že neexistuje limitující počet faktorů potenciálně využitých ke klasifikaci, nicméně v praxi jsou nejčastěji využívány právě tyto tři přístupy. Jako příklad pro metodu obsahující pouze jeden faktor může být uveden parametr pravidelnosti spotřeb. V případě metody obsahující dva faktory například množství a cena dané položky. Jak již bylo uvedeno, tato metoda klasifikuje zásoby do třech tříd, viz obr. 18:

- *Třída A*: velmi důležitá až naléhavá;
- *Třída B*: důležitá až naléhavá;
- *Třída C*: méně důležitá, případně méně naléhavá [1].

Part of the amount in %		Part for the value in %
10%	<b>A</b>	60-85%
20-30%	<b>B</b>	10-25%
70-85%	<b>C</b>	5-15%

Obr. 18 Metoda ABC, rozložení tříd dle podílů jednotlivých položek [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Podrobnější popis dílčích kategorií:

- *Kategorie A*: Pokrývá přibližně 10 % (dle jiných zdrojů uváděno 10 – 20 %) položek s celkovým podílem okolo 60 – 85 % (70 – 80 %) na celkové hodnotě skladových zásob.
- *Kategorie B*: Odpovídá zhruba 20 – 30 % (20 – 40 %) položek při celkovém podílu okolo 10 – 25 % (15 – 20 %).
- *Kategorie C*: Reprezentuje přibližně 5 – 15 %, kdy tento počet odpovídá zhruba 70 – 85 % (50 – 70 %) z hodnoty skladových zásob.

Jednotlivé poměry počtu skladových položek vzhledem k celkové hodnotě skladových zásob se dle jednotlivých autorů liší, a je tedy čistě na zvážení dané společnosti, jaké hodnoty hranic tříd přijme za svoje vlastní [1] [12].

Na základě uvážení všech doposud zmíněných souvislostí bylo rozhodnuto, že koncept celé diplomové práce, potažmo návrh výpočtového modelu, jenž je nejpodstatnější částí této práce, bude vycházet právě z určování rizikovosti daného procesu řízení zásob náhradních dílů pro stroje a strojní zařízení ve výběhu. Samotný model bude dále uvažovat kombinaci rizik s dalšími nástroji vhodnými pro analýzu získaných dat (analýza stromu událostí, Paretova analýza, kategorizace metodou ABC a další).



### 3 SPOLEČNOST BOSCH DIESEL S.R.O. JIHLAVA A DEFINICE PRAKTICKÉHO PROBLÉMU



#### 3.1 BOSCH DIESEL S.R.O. JIHLAVA

Jako každá společnost příslušející do kategorie moderních představitelů úspěšných výrobců, tak i Bosch Diesel s.r.o. Jihlava (dále jen JhP) je strukturován do několika výrobních i nevýrobních (podpůrných) úseků:

- Obchodní úseky (Commercial units):
  - CAR – Car Pool;
  - CAS – Catering Services;
  - CFA – Controlling, Finance;
  - CP/PQA-JhP – Plant Quality Automotive;
  - DBE – Deployment Business Excellence;
  - HRL – Human resources local;
  - ICO – Information coordination;
  - LOG – Logistic.
- Výrobní úseky (Manufacturing units):
  - MFB – Manufacturing – Remanufacturing;
  - MFH – Manufacturing sector CP4 and CPN5;
  - MFP – Manufacturing sector CP3;
  - MFR – Manufacturing Rail, PCV, PLV.
- Technické úseky:
  - BPS – Bosch Production System;
  - DS-B1/ERR-Jh – Development department of Rail and RAK;
  - DS/ETC-Jh – Engineering Testing Centre;
  - DS/QMM-Jh – Quality management and methods;
  - FCM – Facility management;
  - HSE – Health, safety, environment;
  - TEF – Technical functions [9].

Oddělení údržby TEF podporuje interní zákazníky (jednotlivá výrobní oddělení) při jejich vlastní produkci na základě uplatňování znalostí o procesech, přípravou a dodržováním standardů a rovněž i projektovými pracemi pro optimalizaci kvality a nákladů. Toto oddělení nabízí podporu také pro další úseky JhP v oblastech managementu nástrojů a optimalizace výrobních procesů, konstrukce a výroby provozních prostředků, údržby výrobních strojů a zařízení, podporu v oblasti průmyslového inženýrství a v neposlední řadě napomáhá při správě technické dokumentace. Vlastní oddělení údržby je rozděleno do pěti segmentů:

- TEF1: Management nástrojů, vývoj a optimalizace NC programů, optimalizace klíčových výrobních procesů.
- TEF2: Návrhy, konstrukce a výroba provozních prostředků a přípravků, rozšiřování a přestavby strojů atd.
- TEF3: Bude podrobněji popsáno dále.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 36
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

- TEF6: Plánování investic a vyřazování dlouhodobého majetku.
- TEF10: Správa dokumentace výrobků pro výrobky DS v JhP [9].

Tato diplomová práce je zpracovávána v rámci oddělení TEF3. Zmíněné oddělení má za cíl zlepšovat procesy a technickou dostupnost při využití inovativních a efektivních postupů výrobních zařízení, redukovat náklady na údržbu a v neposlední řadě optimalizovat zásoby ND. Mezi hlavní činnosti tohoto segmentu údržby patří:

- Reaktivní údržba,
- Preventivní údržba,
- Prediktivní údržba,
- TPM autonomní údržba,
- Správa náhradních dílů,
- Generální opravy strojů,
- Přejímky strojů,
- Funkční změny,
- Revize,
- Fluid Management [9].


Další podrobnější informace vztahující se k historii vzniku a současnému výrobnímu programu společnosti jsou zmíněny například v mé bakalářské práci, která se rovněž zabývala praktickým úkolem zadaným z firemního prostředí Bosch:

JIRKA, L. *Optimalizace zkušebních programů vstřikovacích čerpadel vznětových motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 40 s.  
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc..  
Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=85130](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=85130).

### 3.1.1 TERMINOLOGIE V RÁMCI ODDĚLENÍ TECHNICKÝCH FUNKCÍ

Jako v každém firemním prostředí, tak i v rámci korporace Bosch je využívána určitá terminologie usnadňující společnou komunikaci mezi pracovníky, odděleními, divizemi případně pobočkami Bosch v rámci různých mezinárodních lokací. Níže jsou vysvětleny pojmy a zkratky související s problematikou diplomové práce:

- *MAZE*: Zkratka pro sklad náhradních dílů, případně zkratka pro samotné náhradní díly (Maschinen – Anlagen – Zubehör – Ersatzteile), součást oddělení TEF3.
- *Disponent MAZE*: Pracovník odpovědný za obstarávání a plánování ND v rámci působnosti TEF3.
- *MFx*: Jakýkoliv výrobní úsek.
- *MDS/Indira*: Znamená Master – Data – Server, systém založený na principu sdílení náhradních dílů prostřednictvím systému SAP mezi dalšími koncernovými závody Bosch.
- *Globální číslo*: Označení materiálu pro stejný náhradní díl v různých závodech koncernu Bosch.
- *CSM*: Znamená Central Spare part Management, tým disponentů náhradních dílů spravujících dispoziční pro 8 DS závodů.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- *P/P*: Znamená Plant/Plant dispatch, strategie alokace nadstavů daného ND soustředěném v příslušném závodu mezi ostatní závody, které využívají stejné ND.
- *Non-mover*: ND, který poslední 2 roky neměl žádnou spotřebu (pohyb ze skladu).
- *Slow-mover*: ND, který se spotřebovává maximálně 1 krát za 2 roky.
- *Normal-mover*: ND, který se spotřebovává v rozmezí 1 krát až 5 krát za rok.
- *Fast-mover*: ND, který se spotřebovává 6 krát nebo vícekrát za rok [6].

### 3.1.2 BOSCH SYSTÉM MAZE

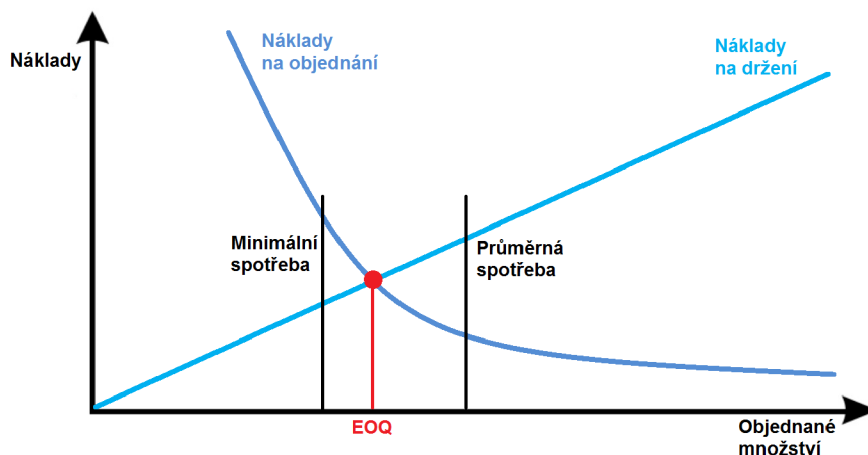
#### Nákup

V případě nákupu nového strojního zařízení je vyžadována i veškerá nezbytná dokumentace vztahující se k tomuto stroji. V té musí být zahrnut mimo jiné seznam ND a rovněž seznam dílů, u kterých dojde po čase používání dle zkušeností výrobce k opotřebení, přičemž tento seznam musí být nezávislý na kusovníku ND. V samotném seznamu jsou taktéž vyžadovány informace o výrobcu a přesné značení jednotlivých ND. Veškerá dokumentace spojená s nákupem musí být dodána v elektronické verzi usnadňující následné zpracování. Poté dochází k analyzování seznamu disponentem MAZE ve společné kooperaci se specialistou z oblasti údržby. Díky jejich vzájemným zkušenostem jsou vytipovány nezbytné ND, které budou nakoupeny společně se strojním zařízením a budou sloužit jako zásoba při neočekávané potřebě po daném ND v důsledku vzniku poruchy strojního zařízení. Existuje interní stanovisko, určující, že při nákupu ND současně s novým strojním zařízením, nesmí dojít k navýšení pořizovací hodnoty ND rámcově o více než 1,5 % z vlastní ceny nakupovaného strojního zařízení [6].

Jak je zřejmé, celá tato fáze spadá do kategorie predikce se všemi negativními důsledky. V tomto případě nejsou pracovníci se stoprocentní jistotou schopni určit, jakým způsobem se bude vyvíjet spotřeba jednotlivých ND. V reálu poté dochází často ke skutečnostem, kdy vzniká jistá forma přezásobení případně deficitů u určitých ND. V případě přezásobení je možné odprodat daný ND v rámci MDS/Indira při vystavení požadavku jiným závodem v průběhu životního cyklu strojního zařízení. Pokud nedojde k tomuto odprodání, hrozí na konci cyklu stroje jisté riziko nadbytečné zásoby určitých ND a s tím spojených nákladů z rizika popsané v kapitole 2.4.2. Rovněž dochází k řešení případného deficitu po ND, kdy jsou v případě akutní potřeby kontaktováni jednotliví členové tohoto propracovaného systému (MDS/Indira) s žádostí o prodej ND z jejich skladu. V tomto případě dochází k navýšení nákladů popsaných v kapitole 2.4.1 [6].

Jak již bylo popsáno v teoretické části této práce (kapitola 2.3.3, EOQ), každá skladová zásoba (ND, spotřební i spojovací materiál) má stanovené úrovně hladin (maximální a objednávací). Mezi těmito hladinami je nezbytně nutná stabilizace průměrné zásoby výše zmíněných skladových zásob v rámci sledovaného období. Jinak tomu nebývá v prostředí Bosch, kde dochází každodenně ke generování seznamu materiálů vyžadujících vystavení nové objednávky v důsledku poklesu jejich hladiny pod minimální požadovanou úroveň [6]. Samotný princip objednávání na bázi EOQ vychází ze stejné podstaty, nicméně v prostředí Bosch není uvažován jako ideální pouze zmíněný bod v daném diagramu (obr. 14), ale v závislosti na charakteristice daného ND jsou uvažovány dvě vertikální hranice (obr. 19), udávající interval, ve kterém se může daný bod pohybovat. Hranice blíže k vertikální ose celkových nákladů je určena minimální spotřebou za dané období, která byla určena metodikou na bázi Smart-Willemain popsanou v kapitole 2.2.2, avšak vyvinutou

a modifikovanou v prostředí Bosch. Vzdálenější hranice od vertikální osy nákladů popisuje průměrnou roční spotřebu daného ND určenou na základě analýzy historických dat. Rozhodnutí, v jaké pozici se daný bod bude nacházet, je udáno na základě specifikací jednotlivých ND (cena, průměrná doba dodání, kritičnost stroje, pro který je ND určen...).



Obr. 19 Systém EOQ v Bosch Diesel s.r.o. Jihlava

### Reklamační ND u strojů v záruce

V případě vzniku poruchy ND u stroje podléhajícího dodavatelské záruce, je povinen pracovník údržby vyplnit příslušný reklamační protokol při odevzdávání ND do skladu MAZE. Jestliže se jedná o ND, jehož nákupní cena je přibližně vyšší mezi 25000 Kč respektive 1000EUR, skladník MAZE vytvoří zakázku na reklamaci. Poté disponent MAZE začne komunikovat s dodavatelem daného ND a rovněž mu zašle veškerou potřebnou dokumentaci. Následně je dodavatel, na jeho pokyn, defektní díl odeslán. V případě uznání reklamační dodavatelem je zpětně odeslán nový, případně opravený díl, a to zpět na podavatele. Pokud dojde k zamítnutí reklamační, disponent MAZE rozhodne o dalším postupu nakládání s defektním ND. Tyto další kroky mohou představovat proces sešrotování (dále jen šrotace) u výrobce, zakoupení nového dílu, poslání daného ND zpět, případně vystavení zakázky na opravu ND přímo u dodavatele. Na začátku každého měsíce poté dochází ke zpětnému vygenerování provedených zakázek údržby v uplynulém měsíci, u kterých je případně možné uplatňovat náhrady. Kritéria pro vytipované zakázky jsou platná. Mezi ně se řadí trvající záruka v okamžiku prováděného úkonu a další specificky stanovené záruční podmínky ve smlouvě s dodavatelem. Poté jednotliví specialisté z oddělení údržby rozhodnou, zda je možné o dané náklady za provedené opravy žádat u dodavatele či nikoliv. V případě rozhodnutí o přiměřenosti údržbářské činnosti, která byla provedena, a její vhodnosti pro vystavení reklamační, je vypracován protokol obsahující veškeré nutné informace vztahující se k danému údržbářskému zákroku (zdůvodnění dané reklamační, doba výpadku strojního zařízení, náklady spojené se vznikem poruchy). Pokud dojde k uznání reklamační dodavatelem, je zpětně tomuto zaslána vystavená faktura. V případě, že dojde k zamítnutí reklamační, rozhodne odpovědný disponent MAZE o dalším postupu. Pokud by nastala situace, že při kontrole dodávky vznikne kvalitativní případně kvantitativní rozdíl mezi samotnou objednávkou a dodávkou, odešle vedoucí MAZE písemnou žádost o stornování objednávky společně s uvedením důvodu reklamační, fotodokumentací a dalšími podrobnostmi na oddělení logistiky. Toto oddělení poté stornuje příjem. Následně je vzniklá



situace řešena prostřednictvím oddělení nákupu. V současné době je ve většině případů uznáno pochybení ze strany dodavatele [6].





### Opravy ND

U všech strojů je stanovený systém daných oprav. Takřka všechny opravy jsou prováděny pracovníky údržbářského pracoviště a poté je u strojů v záruce uplatňováno záruční smluvní ustanovení (záruka na ND, proplacení doby aktivní údržby,...). V případě existující možnosti opravitelnosti defektního ND a zároveň vznesení požadavku na vlastní opravu, musí být daný ND odeslán do MAZE skladu. Tento díl je poté zařazen do procesu oprav, které se realizují jak v interním, tak externím prostředí, a to na základě náročnosti opravárenského úkonu. Pokud se jedná o opravu, kterou není možné realizovat v interním prostředí, dochází k odeslání defektního ND společně s poptávkou dodavateli. Ten následně posoudí, zda je možné v jeho prostředí provést daný opravárenský úkon. V případě možnosti provedení opravy dle stanovených podmínek je zpětně odeslána související nabídka s cenovou kalkulací. Následně dochází k posouzení výhodnosti nabídky disponentem MAZE. Hlavním kritériem je nákladnost zamýšlené opravy, kdy by nemělo dojít při opravě k překročení přibližně 60 % z ceny nového ND. V případě, že je oprava defektního ND rentabilní, vystaví disponent MAZE požadavek v systému SAP. Po vykonané opravě jsou tyto díly odeslány zpět zákazníkovi. Jedná-li se o opravu, kterou je možno realizovat ve firemním prostředí, dochází k vytvoření zakázky na opravu skladníkem. Defektní díl je uložen do zóny interních oprav a dle priority stanovené disponentem MAZE dochází k započítání vlastního opravárenského úkonu. Pracovník opravy si vyzvedne daný defektní kus včetně dílů potřebných k provedení uvažované opravy. Po ukončení opravárenských prací se zakázka ukončí a opravený kus je naskladněn dle místa určení [6].

### Vykonávání reaktivní údržby

Při vzniku poruchy se často stávalo, že nedocházelo k efektivnímu a včasnému upozornění všech zainteresovaných pracovníků. V návaznosti na tyto komplikace byl za účelem zlepšení informovanosti pracovníků údržby zaveden systém pagerů. Ten tvoří nastavbu pro stávající systém SAP. Díky tomu dochází k okamžitému předání informací o vzniku poruchy. V případě, kdy dojde ke vzniku více poruch, rozhoduje operativně směnový, případně hlavní mistr o prioritě oprav, a tudíž přemístění opravárenských sil na místo, kde je nutné vykonat daný údržbářský zásah. Rovněž bylo zavedeno nařízení o nezbytné přítomnosti obsluhy případně seřizovače z výrobního úseku MFx v místě aktuálního vykonávání opravy pracovníkem údržby. Priority zadávané výrobou při nahlášení poruch jsou:

- *Priorita A:* Velmi vysoká, kdy je nutné okamžitě řešit vzniklou situaci (kritický stroj stojí a v důsledku toho došlo k zastavení linky);
- *Priorita 1:* Vysoká, kdy je nutné okamžité řešení (kritický stroj stojí, ale nedošlo k zastavení linky);
- *Priorita 2:* Střední, kdy je požadovaná doba vyřešení stanovena do 2 hodin;
- *Priorita 3:* Nízká, kdy je požadovaná doba vyřešení stanovena do 4 hodin;
- *Priorita 4:* Velmi nízká, kdy je požadovaná doba vyřešení stanovena dle domluvy [6].

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 40
 	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

### **P/P strategie**

Jedná se o systematický přístup zaměřený na nakládání s ND. Cílem je snížení zásob ND ve skladech tím, že dochází k přesunu ND ze skladu, ve kterém je nadbytečný počet daného ND (určeno na základě historie spotřeb) do skladu jiného závodu v rámci koncernu, kde existuje naopak jeho deficit. Nákup ND od externího dodavatele je uskutečněn až v případě, kdy možnost přesunu ND z jednoho do druhého skladu není rentabilní (například v důsledku nákladů na přepravu). V případě schválení přesunu ND odesílajícím závodem, dojde k samotné realizaci. Jako dodavatel je poté v systému označen právě odesílající závod [6].

### **Systém MDS/Indira**

Tento systém umožňuje v případě vzniku náhlé, nečekané potřeby po daném ND, který není aktuálně naskladněn v místě potřeby (např. závod koncernu), určitou flexibilitu. Té je docíleno možností dodání (pomocí odprodeje) z jiného závodu zapojeného do tohoto systému. Při evidování vzniku potřeby disponent analyzuje zásoby daného ND v dalších závodech prostřednictvím tohoto systému. V případě nalezení shody dochází k zaslání požadavku na odprodej, protože proces nákupu i prodeje tohoto systému je realizován stejnou formou jako v případě externího dodavatele. Následně je nezbytné vyčkat na vyjádření od poptávaného závodu a v případě kladného ohlasu i vyčkání na zaslání parametrů nabídky od tohoto závodu. Jestliže se obě strany dohodnou, dochází k odeslání poptávaného dílce v daném termínu. Pokud dojde k opačné situaci a dochází k obdržení požadavku na ND z jiného závodu a za předpokladu existence dílu ve skladu poptávané pobočky, posoudí se možnost odeslání na základě velikosti aktuální spotřeby, ceny, dodací doby a kritičnosti stroje, pro který je díl určen. Dojde-li k rozhodnutí prodat ND, dochází k zaslání nabídky příslušné pobočce, která díl poptává. Poté již záleží na jejím akceptování případně zamítnutí pobočkou, která původní požadavek na poptávaný ND zaslala [6].

### **Systém vyřazování ND**

Pokud dojde k rozhodnutí o vyřazení strojního zařízení, je nezbytná i redukce případně úplná eliminace ND určených k tomuto stroji (závisí na zaměnitelnosti těchto dílů s jiným strojem v dané lokaci). Pracovníci k tomu určené průběžně doplňují seznam nepotřebných ND určených k vyřazení v důsledku prodeje, šrotace, případně přestavby stroje. Rovněž dochází v ročním intervalu k analýze skladových zásob, při které probíhá k vytipování ND potenciálně vhodných k vyřazení. Tento proces je určen především s ohledem na spotřebu, kdy dochází k označení drženého ND, u kterého nebyla zaznamenána poptávka déle než 3 roky (Non-mover). Následně jsou takto vytipované položky konzultovány s předními odborníky z oddělení údržby v kooperaci s disponenty MAZE, kteří na základě společného ustanovení určí ty díly, které je opravdu možné vyřadit ze skladového hospodářství [6].

### **Náhradní díly určené ke šrotaci**

Náhradní díly určené ke šrotaci jsou třikrát ročně nabízeny ostatním závodům k odkoupení. Samotné určení těch dílů, které jsou označeny statusem šrotace, provádí pracovníci údržby. Mezi díly, které nejsou nabízeny k odprodeji, jsou zařazeny veškeré ND skládající se výhradně, případně z větší části z pryže (řemeny, o-kroužky, gufera, atd.). Při nabízení ND určených k odprodeji dojde k vytvoření seznamu, který je následně rozeslán





do jednotlivých závodů. Příslušní pracovníci odpovědní za nákup ND mají poté několik dnů k vyjádření případného zájmu o dané ND. Pokud nevznikne poptávka po ND z daného seznamu jinými závody, dojde k nabídnutí ND externímu zákazníkovi, případně k sešrotování zbývajících nepotřebných ND [6].

### Vyřazování zásob

Šrotací je v obecném pohledu myšlen výdej materiálu ze skladu (ND, spotřební materiál,...) případně z dané části výrobního procesu, a to především v důsledku:

- Nízké obrátkovosti (dlouhá doba obratu zásob, vysoké zásoby v souvislosti s převzetím zásob k výrobkům, u nichž je, případně již byla, ukončena výroba).
- Zúžení výrobního programu, zakazu prodeje, překročení povolené skladovací doby, uplynutí doby nuceného zabezpečení ND.
- Reorganizace zásob v důsledku přesunu výrobních kapacit, spojení výrob.
- Vyřazení kvůli úpravám výrobku (řízené vývojem, výrobou nebo prodejem).
- Vyřazení nadbytečných materiálů, polotovarů a výrobků díky změnám zakázek případně zrušení zakázek zákazníky, které nelze zákazníkovi vyúčtovat.
- Vyřazení skladového náradí (pokud je bráno jako zásoba).
- Vyřazení ND [6].

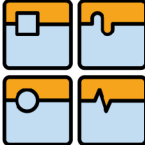
Naopak šrotací se nemyslí:

- Zmetky vzniklé při výrobě nebo v důsledku dodávek mezi výrobními závody.
- Výrobní odpady.
- Chybějící položky zjištěné díky provedené inventuře.
- Vlastní spotřeba (např. vývoj, zkoušky, předvádění, školení).
- Úbytky materiálu, které již byly účtovány do režijních nákladů.
- Ukončení používání a následné vyřazení strojního zařízení.
- Úbytek opakovaně použitelných obalů, a to po spotřebě nebo při výběhu výrobku.
- Akceptování nákladů na šrotování materiálu dodavatele, v případě učinění rozhodnutí dodavatelem o zpětném neodebrání vadného materiálu [6].

Vždy před provedením samotného procesu šrotace je nutné pečlivě prověřit, zda ND, náradí, výrobky nebo další materiál nemohou být stále použity, případně zda nemůže dojít k jejich likvidaci jiným způsobem než samotnou šrotací. Je tedy nezbytné prověřit, zda:

- Neexistuje možnost potenciálu budoucího využití dané položky v JhP.
- Neexistuje zpětný odběr položky dodavatelem.
- Není možná úprava, vylepšení, případně přestavba položky.
- Není nutné držet položky jako ND pro dané strojní zařízení.
- Neexistuje možnost využití dané položky v jiném závodě.
- Existuje možnost odprodeje externímu zákazníkovi [6].

Při uvažování o odprodeji externímu zákazníkovi je nezbytně nutné uvážit několik podmínek. První z nich je prodání položky za předpokladu neprozrazení jakékoliv formy firemního „Know-how“. Další je správné určení ceny, za kterou bude položka prodána. Poslední je skutečnost, že pro stanovení samotné ceny je nezbytná existence více nabídek.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 42
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Při splnění všech zmíněných podmínek je položka nabídnuta k odprodeji. Pokud nedojde v průběhu šesti týdnů k realizaci prodeje, je vystavena žádost o provedení procesu šrotace dané položky [6].

### 3.2 SPECIFIKACE PRAKTICKÉHO PROBLÉMU

Oddělení TEF3 vydalo v souvislosti s hledáním dalších možností spojených s redukováním skladových zásob ND požadavek na vypracování diplomové práce respektive na zpracování této problematiky. Cílem má být pokus o návrh strategie optimalizace skladových zásob ND uplatitelný pro široké spektrum strojního zařízení ve výběhu. Analýza probíhá na datech vztahujících se k roku 2016. Situace spojená s danou problematikou je následující. Jednotlivé výrobní úseky MFx vydávají roční business plány (dále jen BP) zaměřené na nejrůznější procesy související s průběhem jejich výroby v následujícím roce. Plán jako takový je poměrně komplexní a zahrnuje mnoho dílčích informací vztahujících se k rozvrhu výroby a jednotlivým termínům, náběhům nové výroby i zastavení dílčích úseků té stávající. S tím souvisí i plán odstávky určitých strojů, které se nacházejí na konci svého životního cyklu, případně je plánováno jejich budoucí nevyužití jako důsledek rušení dílčích výrob. V obou těchto případech jsou dané stroje označovány jako tzv. *stroje ve výběhu*.

S udržováním strojů v provozuschopném stavu je spojeno mnoho dílčích úkonů, mezi které patří i spravování jejich ND. Je logické, že pokud dojde k plánovanému odstranění daného stroje z výrobního závodu, není již důvod držet na skladě určité množství ND náležících k tomuto stroji. V tomto případě se jedná o ND výběhových strojů (respektive výběhového strojního zařízení). Některé ND jsou zaměnitelné, a jsou tedy určeny pro více strojů, tzn. nejenom pro ty, které jsou dle BP určeny k vyřazení ze skladových prostor. V tomto případě by mělo dojít k ponížení úrovně skladových zásob daného ND o určitý podíl. Toto množství, které je možné vyřadit, je poté závislé na mnoha nejrůznějších parametrech (intenzita spotřeb ND, množství strojů, na které je daný ND aplikovatelný apod.). Nicméně pouze intenzita spotřeby a počet strojů jako kritéria pro vyřazení daného množství zásob ND nestačí. Do daného procesu rozhodování vstupuje velké množství dalších parametrů procesu, které znesnadňují rozhodnutí o vyřazení určitého množství ND pro konkrétní stroj. Výčet těchto hlavních parametrů je uveden v kapitole 4.2.

Po stanovení množství ND určených k vyřazení, dochází ve většině případů k jejich vlastní nucené šrotaci, protože pouze malá část těchto ND najde zájemce k odprodeji, a to jak v interním, tak externím prostředí. To platí i v případech, kdy se jedná o unikátní díl použitelný pouze na daný výběhový stroj. Čas od času se najdou zákazníci ochotni odkoupit větší či menší množství standardních ND pro stroje ve výběhu, nicméně prodejní cena je pouze zlomkem částky, která byla zaplacená za pořízení vlastních nových dílů na počátku, kdy byl rovněž pořízen samotný stroj.

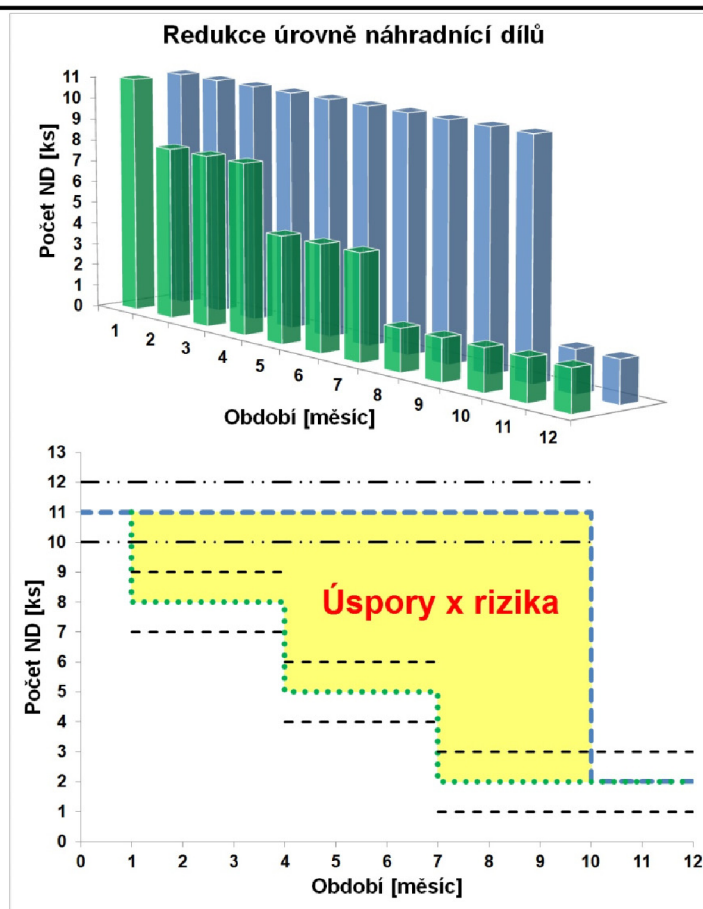
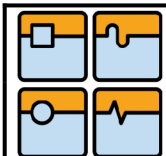
Stávající situace týkající se ND je nastavena takovým způsobem, že i přes zveřejnění BP počítajícího s vyřazením stroje během následujícího období (jeden rok dle BP), dochází stále k nákupu nových ND podle systému zmíněného v kapitole 2.3. Tento systém objednávání je podpořen softwarem na bázi metody Smart-Willemain, který byl za účelem zlepšení kvality a přesnosti predikce spotřeby ND vyvinut právě na oddělení TEF. Tato kombinace (automatizované hladinové řízení zásob ND dle EOQ a metoda predikce Smart-Willemain) má za hlavní cíl zamezit vzniku deficitu po ND. Jak je patrné, tento systém má udržet průměrné zásoby ND na určité úrovni. Jako příklad je uveden určitý ND



dle obr. 20, s nastavenými parametry: průměrná úroveň 11 kusů (modrá křivka), maximální hladina 12 a objednávací hladina 10 kusů. Po odstavení stroje na základě BP dojde ve skladě k likvidaci zbylých ND, případně k likvidaci pouze daného podílu vzhledem k dalším strojům, na které je daný ND použitelný (obr. 20, odstavení stroje proběhne v 10. měsíci). Toto skokové zbavení se většího množství ND (obr. 20, redukce počtu skladovaných zásob ND dle BP v desátém měsíci z 11 držných kusů na 2) s sebou přináší řadu nevýhod. Mezi největší patří skutečnost, že v daných případech je drženo do posledního provozního okamžiku stroje zbytečně velké množství ND. Ruku v ruce s držáním ND jdou náklady na skladování. Rovněž dochází k nákupům zbytečných ND, které jsou za nějaký čas vyšrotovány.

Pokud by bylo možné postupně snižovat zásobu ND na určitou úroveň, ať už nuceně (šrotací nebo odprodejem), případně v kombinaci s přirozeným poklesem způsobeným vlastní spotřebou, a to až do okamžiku zastavení stroje (obr. 20, zamýšlená postupná redukce průměrné hladiny ND, zelená křivka), došlo by k dosažení jistých úspor (obr. 20, žlutá výseč), a to především díky snížení nákladů na držení samotných ND a rovněž díky snížení pořizovacích nákladů na ND. V případě akutní potřeby po určitém deficitním ND, který by se momentálně nenacházel na skladě, je samozřejmostí jeho nezbytné dokoupení. Nicméně v obecném pohledu by se již nepočítalo s automatickým hladinovým řízením zásob ND na jedné (původní) úrovni v průběhu sledovaného období. Oproti tomu by bylo hladinové objednávání přizpůsobeno důsledkům řízení zásob ND. To znamená ve své podstatě úpravu objednávacích hladin dle zamýšleného trendu snižování zásob až do okamžiku zastavení stroje. Zabezpečení poklesu úrovně ND je bohužel svým způsobem závislé nejenom na intenzitě poruch daného strojního zařízení a s tím spojeným spotřebováváním ND, ale právě i na dalších okolnostech zmíněných v kapitole 4.2. To znamená, že v případě velké intenzity poruch daného strojního zařízení je kontraproduktivní účelné snižování úrovně ND, protože se tím vědomě vystavujeme riziku deficitu daného ND respektive riziku zastavení stroje.

Určení vhodného postupu, respektive doporučení pro snižování daných hladin ND, je stěžejním úkolem této diplomové práce. Zamýšlený systém redukce s sebou ale přináší jednu negativní skutečnost a tou je hrozící riziko časově významného zastavení stroje v důsledku deficitu daného klíčového ND, a to před samotnou (uvažovanou) plánovanou konečnou odstávkou. Tato situace může nastat především z důvodu aplikace zamýšleného nuceného snižování průměrné hladiny držných zásob ND. Celý postup vyřazování je nezbytné navrhnout takovým způsobem, aby bylo umožněno vyhnout se tomuto riziku nejlepším možným způsobem.



Obr. 20 Stávající systém (modrá hladina) a zamýšlený systém (zelená hladina) redukce úrovně zásob náhradních dílů pro strojní zařízení ve výběhu

Po definování zadaného problému vyvstávají tři klíčové otázky. První z nich je: „Jakým způsobem je možné určit vhodnou hladinu ND pro daný stroj v daném časovém intervalu tak, aby nehrozilo významnější riziko zastavení příslušného stroje v důsledku deficitu uvažovaného ND?“ Druhou otázkou je: „Jakým způsobem jsme schopni ovlivnit výši maximálních a objednacích hladin uvažovaného ND?“ Tyto otázky popisují problém celé této práce. K těmto základním otázkám náleží i další přidružená otázka. „Dojde při redukci hladin jednotlivých ND k tak výrazným úsporám, aby toto ušetření převážilo případné riziko zastavení stroje potažmo linky v důsledku deficitu daného ND během výběhového času?“



## 4 TVORBA VÝPOČTOVÉHO MODELU PRO STANOVENÍ MÍRY RIZIK

Vlastní tvorba výpočtového modelu začíná popsáním současného systému řízení zásob a specifikací jednotlivých dílčích úkonů.

### 4.1 ZMAPOVÁNÍ SOUČASNÉHO SYSTÉMU ŘÍZENÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ





Před započítáním tvorby výpočtového modelu je nezbytné popsat zlomové okamžiky v procesu spojeném s řízením zásob ND v JhP. Na základě zmapování jednotlivých činností probíhajících v současné době, bylo vytvořeno jednoduché řetězové schéma představující periodické řízení zásob ND (obr. 21) jež je rozděleno do třech hlavních kroků. Samotný řetězec reprezentující stávající proces řízení zásob ND je nutné chápat jako nikdy nekončící proces, při kterém dochází ke stanovování vhodných hladin ND (respektive vhodného počtu skladových zásob ND) pro všechny stroje v JhP pomocí kombinace automatizovaného hladinového řízení zásob ND dle EOQ a především díky metodě predikce spotřeby Smart-Willemain.



Obr. 21 Periodické řízení zásob náhradních dílů

Samotné periodické řízení zásob ND zobrazené na obr. 21 je možné popsat vcelku jednoduchým způsobem. Provoz stroje (modrá oblast) reprezentuje tu část procesu, kdy probíhá využití strojů standardním způsobem. Každoročně je zveřejněn daným oddělením MFx business plán (červená oblast) a v případě, kdy se daný stroj nachází na konci svého životního cyklu, případně se již nenachází pro tento stroj v JhP efektivní využití, je tomuto stroji v následujícím období změněn status na „plánovaný k vyřazení z aktivního provozu“. V daném případě, kdy se uvažuje, že bude stroj v nejbližší době vyřazen, dochází i k nutnosti určité redukce daného množství ND (zelená oblast) určených pro jeho preventivní údržbu, případně údržbu po poruše. Po vyřazení daného strojního zařízení a současném snížení daného množství ND se opět dostáváme k provozu ostatních strojů (modrá oblast), a to až do okamžiku zveřejnění nového business plánu počítajícího s případnou odstávkou dalších strojů. Jak je evidentní, tento proces se neustále opakuje v pravidelných cyklech, závislých na intenzitě definování business plánů (obvykle se jedná o roční cykly).

Toto jednoduché schéma je následně podrobně rozpracováno a rozšířeno v následujících kapitolách 4.1.1 a 4.1.2. Rozšíření spočívá v návrhu posloupností činností a rozhodovacích kroků spadajících především do kategorie provozu stroje (obr. 21, modrá oblast) a kategorie nakládání s ND po zveřejnění BP (obr. 21, zelená oblast). Tyto dílčí procesy mají totiž

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
 	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

významný vliv při rozhodování o stanovování nového způsobu snižování daných skladových zásob ND na základě návrhu vypracovaného touto diplomovou prací. Analýza dat (obr. 21, šedá oblast), která je následně provedena v kapitole 5, slouží jako příprava dat pro jejich následné zpracování navrženým výpočtovým modelem. Zároveň také slouží i jako podpůrný prostředek při hodnocení rentability celého přepracování stávajícího systému vyřazování ND, s přihlédnutím ke vzniku rizik spojených se zastavením výroby v důsledku deficitu vyřazeného ND. Avizované dílčí rozšíření následně slouží jako základ pro vytvoření vlastního výpočtového modelu zaměřeného na výpočty rizik spojené s případným zastavením stroje popřípadě linky (dle kritičnosti stroje).

#### 4.1.1 PROCES NAKLÁDÁNÍ S NÁHRADNÍMI DÍLY PO ZVEŘEJNĚNÍ BUSINESS PLÁNU

Pro podrobný popis procesu nakládání s ND po zveřejnění business plánu i pro následný návrh posloupností jednotlivých rozhodovacích činností je zvolena analýza ETA (Event Tree Analysis), která je rovněž známa jako analýza stromu událostí. Stromy událostí neboli diagramy příčin a následků (Cause Consequence Diagrams, zkratka CCD's) jsou vizuálními nástroji sloužícími k popisu pravděpodobného sledu událostí v rozmezí mezi iniciační událostí a libovolným počtem výstupů. Hlavní částí CCD's v každé úrovni je rozhodovací box obsahující otázky, respektive podmínky s možnostmi výstupů ANO/NE. Jednotlivé možnosti jsou spojeny cestami od předcházejících do následujících rozhodovacích boxů, případně přímo do výstupů. Rovněž je možné tuto základní strukturu doplnit o boxy obsahující komentáře, a to na jakékoli úrovni, za účelem zlepšení přehlednosti této grafické analýzy, respektive celého výpočtového modelu. Jednoduché stromy událostí (bez zpětnovazební smyčky) mohou být následně vyhodnoceny jednoduchým součinem daných pravděpodobností ANO/NE odpovídajícím daným boxům na základě kombinace různých kombinací dílčích cest [16].

Díky tomuto vizuálnímu nástroji je možné sledovat všechny nejdůležitější události, respektive v tomto případě rozhodovací činnosti, které mohou během situace stanovování rozhodnutí nastat (obr. 22). Rovněž je možné poměrně snadno stanovit pravděpodobnosti jednotlivých koncových situací ( $P_A - P_G$ ), ve kterých každý dílčí řetězec respektive cesta eskaluje. Toto stanovení je provedeno na základě součinu pravděpodobností jednotlivých situací indexovaných dle daných sloupců a pořadí v nich. Jako iniciační událost je stanoveno nakládání s ND po zveřejnění business plánu vydaného daným oddělením MFx. Vyhodnocení pravděpodobností daných eskalací spojených s nakládáním s ND, včetně vlastního popisu situace, jsou následující:

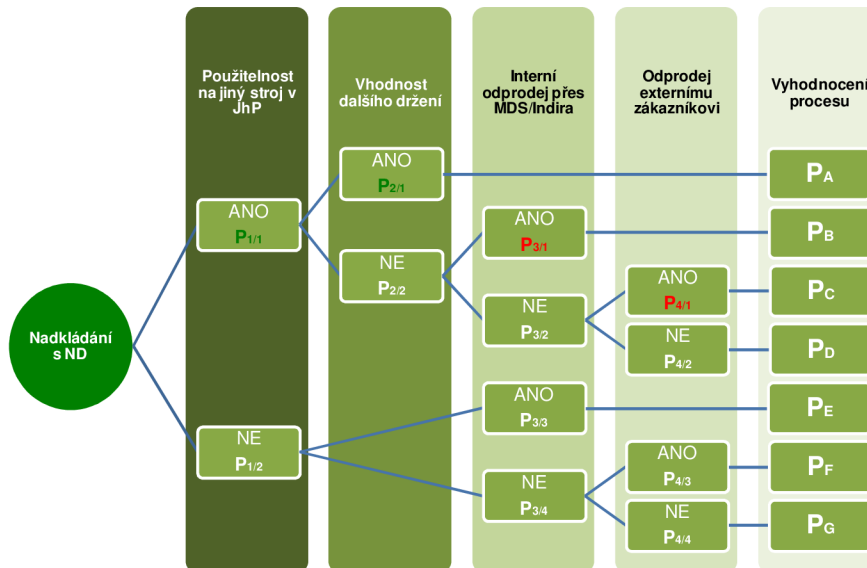
- **P<sub>A</sub>**: V tomto případě je předpokládáno, že se jedná o ND, který slouží jako skladová zásoba pro stroj, respektive strojní zařízení ve výběhu. Jeho použití je možné i na další stroje v JhP a po analýze je rozhodnuto, že rentabilnost dalšího držení v následujícím období právě pro tento stroj, který bude nadále v JhP využíván, je uspokojivá.
- **P<sub>B</sub>**: Daná situace je obdobná jako v případě s pravděpodobností vzniku  $P_A$ . Daný ND má status zásoby pro výběhový stroj, kdy je nicméně možná jeho použitelnost i na jiný stroj v JhP. Rentabilnost dalšího držení tohoto ND však není uspokojivá, například z důvodu nadbytku skladových zásob tohoto typu ND. V rámci systému MDS/Indira je však možné daný ND odprodat do jiného závodu koncernu.
- **P<sub>C</sub>**: Při této situaci je rovněž možné daný ND použít na jiný stroj v JhP, avšak rovněž se nejedná o ekonomicky výhodnou záležitost. Žádný ze závodů koncernu zapojený



do systému MDS/Indira nemá zájem daný ND odkoupit, a proto dochází k odprodeji externímu zájemci.



- **P<sub>D</sub>**: Jedná se o první případ z dosavadních variantních situací nakládání s ND, který končí šrotací uvažovaného ND. Ačkoliv je daný ND použitelný na jiný stroj v JhP, není rentabilní jeho další držení, stejně tak nemá nikdo z interních ani externích zákazníků zájem o jeho odkoupení. Jediné možné řešení snížení počtu tohoto typu ND je tedy jeho vlastní šrotace.
- **P<sub>E</sub>**: Při této situaci, kdy dané strojní zařízení dostane status výběhové a kdy daný ND není použitelný na jiný stroj v JhP, je možné ho odprodat přes zmíněný systém MDS/Indira.
- **P<sub>F</sub>**: Následuje po situaci s pravděpodobností vniku P<sub>E</sub>. V tomto případě rovněž nenachází daný ND žádné uplatnění v JhP. Žádný zákazník z interního prostředí nemá o daný ND zájem, avšak je možné daný ND odprodat externímu zájemci.
- **P<sub>G</sub>**: Druhý případ v řetězci rozhodovacích procesů o nakládání s ND, který vede ve šrotaci vlastního ND. V tomto případě se rovněž jedná o ND pro výběhový stroj, který však není použitelný na žádné jiné strojní zařízení v JhP. Z důvodu, že není nalezen zákazník jak z interního, tak externího prostředí, existuje pouze jediná možnost, a to odstranění daného ND formou šrotace.

Celkové pravděpodobnosti jednotlivých situací při nakládání s ND (šrotace, interní případně externí odprodej) jsou poté vyjádřeny jako součty dílčích pravděpodobností jednotlivých úkonů.



Obr. 22 Proces nakládání s náhradními díly

Za vysvětlenou stojí barevné zvýraznění dílčích pravděpodobností znázorněných třemi barvami (bílá, zelená, červená). Jedná se o vizuální interpretaci skutečnosti, zda jde o pravděpodobnost určenou na základě získaných dat (zelená barva), expertního odhadu (červená barva), případně o pravděpodobnost určenou jako závislou veličinu na základě jedné ze dvou předchozích možností (bílá barva).

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

#### 4.1.2 PROCES PROVOZU STROJE

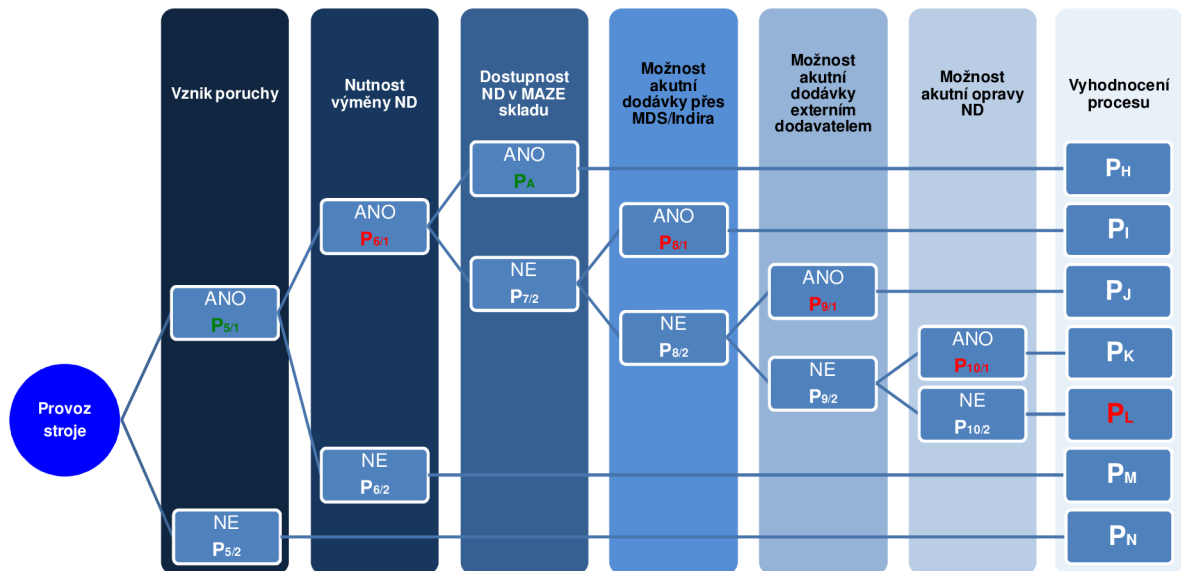
Provoz strojního zařízení (obr. 23) je rovněž popsán metodou ETA. Jako iniciační událost je definován právě provoz daného strojního zařízení, a to především s přihlédnutím k možnosti vzniku poruchy daného ND. I zde jsou všechny události zobrazeny v logické posloupnosti, tak jak by bylo pravděpodobně postupováno především v případě, kdy by právě došlo ke vzniku poruchy daného ND a následně by byla vyvíjena snaha o zabezpečení potřebného ND za účelem zmírnění vzniklých následků této situace. Jednotlivé koncové situace jsou popsány pravděpodobnostmi ( $P_H - P_N$ ), ve kterých stejně jako v předchozím případě každý dílčí řetězec vyúsťuje, a to na základě totožného principu jako v předešlé kapitole. Všechny události naznačené ve sloupcích jsou zobrazeny v logické posloupnosti, ke které by pravděpodobně docházelo v případě nutných stanovení dalších rozhodovacích kroků. Jednotlivá vyhodnocení pravděpodobností daných situací včetně vlastního popisu jsou následující:

- **$P_H$ :** Tato koncová pravděpodobnost odpovídá situaci, kdy dochází ke vzniku poruchy a zároveň vzniku potřeby výměny daného defektního ND. Ten se nachází v lokálním skladu MAZE, takže není problém s jeho dodáním na místo určení k porouchanému strojnímu zařízení. Použití právě pravděpodobnosti  $P_A$  určuje spojitost mezi tímto a předchozím řetězcem (nakládání s ND, kapitola 4.1.1). Pravděpodobnost získaná z předchozího řetězce totiž právě značí skutečnost (pravděpodobnost), s jakou se bude daný ND nacházet v lokálním MAZE skladu při vzniku akutní potřeby jeho dodání na místo určení (k porouchanému stroji).
- **$P_I$ :** V tomto případě vzniká porucha daného ND, který sice není dostupný v lokálním skladu MAZE, nicméně je možná jeho akutní dodávka přes systém MDS/Indira v čase, který nikterak nezpůsobí případné komplikace pro výrobu. Tento případ nastává většinou pro stroje, které nemají označení prio A (nejsou kritické pro výrobu).
- **$P_J$ :** Stejný případ jako u situace s pravděpodobností vzniku  $P_I$ . Jediný rozdíl je v nedostupnosti daného ND přes systém MDS/Indira. Tento deficit je však možné kompenzovat zrychlenou akutní dodávkou zabezpečenou externím dodavatelem daného ND. Rovněž v tomto případě nedochází k vážným komplikacím ve výrobě.
- **$P_K$ :** Zde situace dále eskaluje a existující potřeba daného ND, který není dostupný v lokálním MAZE skladu přes systém MDS/Indira ani v rámci zrychlené akutní dodávky od externího dodavatele, je řešena formou akutní opravy tohoto ND za předpokladu, že je možné úkon efektivně, rychle a rentabilně provést. Je nezbytné naplnit odhad možnosti provedení vlastního opravárenského zásahu v časovém rozmezí, které nezpomalí vlastní výrobní proces respektive takt linky.
- **$P_L$ :** Jedná se o nejhorší možný scénář při provozu daného strojního zařízení. Všechny snahy o nápravu vzniklé poruchové situace dodáním vhodného ND skončí fiaskem. Potřebný ND není dostupný v lokálním MAZE skladu ani přes systém MDS/Indira. Rovněž není možné jeho akutní dodání externím dodavatelem, ani zrychlená oprava v nezbytně krátkém čase. V tomto případě dojde k jistému zastavení výroby a následně k výrazným nákladům a tedy ztrátám. Z tohoto důvodu je také pro umocnění dojmu z potenciálně vzniklých následků a rovněž pro zvýraznění této pravděpodobnosti jako nejdůležitější pro následnou tvorbu výpočtového modelu provedeno označení příslušné pravděpodobnosti  $P_L$  pomocí červené barvy.
- **$P_M$ :** Zde dochází sice ke vzniku poruchy, ale není vyžadována výměna defektního ND. Tato porucha je nejčastěji charakterizována uvolněním například šroubových spojů, dorazů, pojezdů, případně zanesení čidel nebo trysek.





- $P_N$ : Tento stav během provozu vznikne, respektive nevznikne pouze v malém množství případů. Situace je charakterizována skutečností, kdy během provozu nedojde k sebemenší poruše, díky které by muselo dojít k nucenému zastavení daného strojního zařízení.



Obr. 23 Proces provozu stroje

I zde má barevné značení dílčích pravděpodobností stejný charakter a účel, jak bylo popsáno v posledním odstavci předešlé kapitoly 4.1.1.

## 4.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PROCES ROZHODOVÁNÍ PŘI ŘÍZENÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ

Existuje mnoho parametrů, faktorů a kritérií, které větší či menší měrou ovlivňují proces řízení zásob ND respektive proces rozhodování ve věci stanovení vhodných hladin ND pro stroje a strojní zařízení ve výběhu. Na základě sestavených logických řetězců z kapitol 4.1.1 a 4.1.2 v kombinaci společně se získanými daty jsou v této kapitole vytipovány a popsány právě faktory ovlivňující proces řízení zásob ND. Spousta z těchto parametrů však nemůže být efektivně vzata do úvahy při tvorbě výpočtového modelu, neboť není znám účinný a exaktní způsob vyjádření jejich inherentní závislosti na celkovém procesu rozhodování při řízení zásob ND. Tyto parametry jsou dle uvážení rozděleny do dvou hlavních kategorií (obr. 24), a to jako parametry týkající se přímo získaných dat, pomocí kterých by měl být následně navržen daný model určený pro řešení výpočtu rizik, a parametry spojené s dalšími okolnostmi. Všechny tyto parametry poté dohromady tvoří do jisté míry vstupy, které ovlivňují celý proces řízení zásob ND.


Data	Další okolnosti
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intenzita spotřeby ND</li> <li>• Druh spotřeby</li> <li>• Podíl spotřeb</li> <li>• Pořizovací cena</li> <li>• Dodací doba</li> <li>• Spotřeba v JhP</li> <li>• Aplikovatelnost na jiná strojní zařízení</li> <li>• Aktuální zásoba</li> <li>• Objednací hladiny</li> <li>• Maximální zásoba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Způsob likvidace ND</li> <li>• Dodání ND z jiného závodu</li> <li>• Velikost zásoby ND v dalších závodech</li> <li>• Kritičnost stroje</li> <li>• Reparabilita ND</li> <li>• Období vyřazení stroje</li> <li>• Zrychlená dodávka externím dodavatelem</li> <li>• Charakteristika poruchy</li> <li>• Rentabilita dalšího držení ND</li> <li>• Možnost odprodeje ND</li> <li>• Charakteristika ND</li> <li>• Směnnost</li> <li>• Změna vyráběného portfolia</li> <li>• Velikosti dílčích spotřeb ND</li> </ul>

Obr. 24 Faktory ovlivňující proces rozhodování při řízení zásob náhradních dílů

Vlastní specifikace jednotlivých dílčích parametrů je nezbytně nutná pro správné pochopení rozsáhlosti a komplexnosti řešené problematiky.

#### 4.2.1 PARAMETRY TÝKAJÍCÍ SE PŘÍMO ZÍSKANÝCH DAT:

- *Intenzita spotřeby ND*: Tento parametr přímo vychází z charakteristiky daného strojního zařízení respektive uvažovaného ND, především z pohledu jeho poruchovosti. Jedná se o jeden z nejdůležitějších parametrů uvažovaný v sestaveném výpočtovém modelu. Platí zde přímá úměra Čím větší je poruchovost daného strojního zařízení respektive uvažovaného ND, tím parametr nabývá na velikosti. Samotná definice tohoto parametru vychází z pohybu daného skladovaného ND za určité sledované období, přičemž není možné přesně určit, jakým způsobem bude tento proces probíhat. Tato skutečnost je způsobena především charakterem samotné spotřeby, která je ve většině případů tvořena sporadickou poptávkou po ND. Vlastní data jsou tvořena nikoliv pouze absolutní hodnotou tohoto parametru, který by přímo uváděl vlastní charakteristiku z hlediska inherentní poruchovosti, ale spotřebou daného ND za sledované období jak pro výběhový stroj, tak pro ostatní strojní zařízení v JhP, na kterých je daný ND aplikovatelný. Data jsou poté vyjádřena jako množství pohybu daného ND za sledované období.
- *Druh spotřeby*: Je vázaný účelem, pro jaký bylo jeho vyžádání ze skladu zamýšleno. Ve většině případů existují dva důvody, které vyúsťují v pohyb daného ND. První je vznik poruchy strojního zařízení s neodkladnou výměnou porouchaného ND (druh spotřeby po poruše). Druhý případ nastává v okamžiku, kdy dochází k vykonání plánované preventivní údržby spojené s výměnou daného ND, díky čemuž má být právě zamezeno vzniku neočekávané poruchy daného ND (druhy spotřeby pro plánovanou opravu).
- *Podíl spotřeb*: Je vyjádřen jako podíl spotřebovaných ND pro sledované strojní zařízení oproti ostatním strojům v JhP ve sledovaném časovém období. Vesměs se jedná o neceločíselný parametr, vycházející z jeho inherentní definice.
- *Pořizovací cena*: Nejedná se o primárně nejdůležitější parametr, díky kterému by se rozhodovalo o dalším nakládání s ND. Nicméně slouží jako vodítko pro zaměření se na ty ND, u kterých byla vynaložena větší finanční částka na jejich pořízení, a tudíž při nevhodném odstranění ze skladových prostor (např. šrotace)

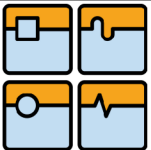
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

by došlo i k větší potenciální ztrátě v důsledku tzv. plýtvání zdroji. Cena ND má rovněž značný vliv na vyčíslování celkových nákladů na držení ND, neboť ty jsou tvořeny určitým procentem z uvažované ceny daného ND za předchozí rok.

- *Dodací doba:* Vztahuje se k externím dodavatelům příslušných ND. Toto kritérium je důležité při stanovování vhodných objednacích hladin jako jeden z parametrů, který by mohl ovlivnit deficit, případně přebytek daného ND na skladě.
- *Spotřeba v JhP:* Jedná se o celkovou spotřebu daného ND jak z hlediska spotřeby po poruše, tak v rámci spotřeby pro preventivní údržbu, a to za dané časové období, které je v našem případě vždy složené z ročních cyklů.
- *Aplikovatelnost na jiná strojní zařízení:* Parametr popisující počet strojů, u kterých je rovněž možné daný ND použít pro preventivní údržbu i při vzniku poruchy. Tento parametr popisuje tzv. zaměnitelnost daného ND (ve své podstatě představuje počet strojů, které mají ve svém kusovníku uveden totožný ND).
- *Aktuální zásoba:* Jedná se o velikost existující skladové zásoby daného ND vztaženou ke dni, kdy byla analýza provedena, případně ke dni, ve kterém byla data získána z příslušné databáze (respektive ke kterémukoliv jinému dni, kdy se tento parametr snažíme zjistit).
- *Objednací hladina:* Tento parametr je úzce propojen s parametrem dodací doby externího dodavatele příslušného ND. Popisuje minimální akceptovatelné množství skladovaného ND, kde při poklesu počtu ND ve skladu na tuto úroveň probíhá automatické generování nové objednávky. V této objednávce je požadavek na dodávku příslušného ND v blíže specifikovaném množství určeném pro doplnění skladové zásoby na maximální skladovou zásobu (respektive úroveň).
- *Maximální zásoba:* Jedná se o stanovenou horní hranici množství daného ND ve skladě, která nesmí být v rámci nové dodávky příslušného ND překročena. Ve své podstatě se jedná o maximální množství, které se může v daný okamžik nacházet na skladě.

#### 4.2.2 PARAMETRY TÝKAJÍCÍ SE NEPŘÍMO ZÍSKANÝCH DAT:

- *Způsob likvidace ND:* Samotný proces likvidace ND probíhá dvojí způsobem. První je realizován jako odprodej internímu, případně externímu zákazníkovi za předpokladu získání pouze zlomkové částky z původní pořizovací ceny. Druhým způsobem je šrotace, při které dochází ve většině případů k vynaložení dodatečných nákladů spojených s provedením tohoto úkonu. Pouze v malém procentu případů dojde k získání nepatrných částek za odprodej daného ND, a to především při zamýšleném prodeji na druhotné suroviny (měď, cín, ocel, atd.).
- *Dodání ND z jiného závodu:* Jedná se o způsob akutní dodávky potřebného ND.
- *Velikost zásoby ND v dalších závodech:* Tento parametr je úzce spojen s možností dodání ND z jiného závodu koncernu zapojeného do systému MDS/Indira. V případě vzniku potřeby po daném ND v JhP a v případě, že je následně nalezen odpovídající závod, který vlastní potřebný ND, to bohužel ještě automaticky neznamená okamžité odeslání daného ND do JhP bez případných komplikací. Příslušný závod, který byl poptáván po daném ND, musí mít dostatečnou velikost zásoby daného ND pro svoje vlastní potřeby a pouze v případě, kdy nebude hrozit potenciální deficit tohoto ND pro jejich výrobu, je možné odeslání daného ND do JhP.
- *Kritičnost stroje:* Je rozdělena do dvou kategorií jako prio A představující důležitý (kritický neboli kriticky důležitý) stroj se zvýšenou prioritou a prio B s nižší prioritou.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

V praxi to znamená, že pro stroje s vyšší prioritou je drženo více klíčových ND jako pojistka proti případným deficitům při vzniku požadavku na dodání daného ND z lokálního MAZE skladu ze strany údržby.

- *Reparabilita ND*: V souvislosti s danou problematikou je pro tento parametr chápán jako charakteristika ND z hlediska opravitelnosti. Ve své podstatě se jedná o rozdělení ND do dvou kategorií, a to opravitelné v rámci firemního prostředí a neopravitelné, respektive neopravitelné v čase, který je akceptovatelný pro výrobu (neovlivní standardní takt linky).
- *Období vyřazení stroje*: U typově stejných strojů nedochází k odstavení v přesně daných momentech, ale na základě stanoveného okamžiku uvedeného v BP, který vydala výroba. V praxi to znamená, že dochází během roku k odstavení například třech stejných obráběcích center, nicméně přesný čas (měsíc, týden,...) odstavení je u každého stroje individuální.
- *Zrychlená dodávka externím dodavatelem*: Parametr, popisující aktuální schopnost externího dodavatele flexibilně reagovat na požadavek okamžité akutní dodávky deficitního ND do JhP v požadovaném čase, kvalitě, provedení atd.
- *Charakteristika poruchy*: Charakterizuje, zda při vzniku poruchy dochází zároveň k nutnosti výměny ND nebo stačí provést drobný opravárenský úkon (seřízení dorazů nebo pojezdů, utažení šroubových spojů, případně vyčištění zanesených čidel nebo trysek) pro uvedení ND do opětovného provozuschopného stavu.
- *Rentabilita dalšího držení ND*: Kritérium určující, zda je z ekonomického hlediska výhodné zachovávat daný ND ve skladovém hospodářství nebo daným způsobem snížit zásobu tohoto ND za účelem snížení celkových nákladů na držení ND.
- *Možnost odprodeje ND*: Popisuje možnost snížit zásoby ND pomocí odprodeje (nikoliv šrotací, případně vlastní spotřebou), a to jak internímu, tak externímu zákazníkovi.
- *Charakteristika ND*: Jednoduše je možné tento parametr popsat jako skutečnost, že vždy existuje více druhů ND z hlediska udržení jejich funkčního stavu vzhledem k vlastním provozu a vytíženosti daného strojního zařízení. Toto rozdělení koresponduje s intenzitou využití jak vlastních strojů, tak samotných ND obsažených v těchto strojních zařízeních. Logický spor vzniká nečistota v případech, kdy s rostoucím zatížením, případně pracovní dobou paradoxně klesá poruchovost. Typický příklad je takový, že zatímco většina mechanických součástí podléhá klasickému procesu opotřebení (s rostoucí dobou provozu případně s rostoucím vytížením roste i vlastní opotřebení, kapitola 1), jiné skupině součástí zvýšené vytížení případně nepřetržitý provoz z větší míry vyhovuje. Proto u druhé zmíněné skupiny ND docílujeme právě tímto způsobem větších životností (krokové motory, elektronické pojezdy,...).
- *Směnnost*: Určitým způsobem je tento parametr v jisté relaci s inherentní charakteristikou ND z hlediska vlastního opotřebení v závislosti na vytížení daného strojního zařízení. Při změně směnných modelů klesá, případně roste vlastní vytížení strojů (odpovídá počtu odpracovaných hodin, intenzitě výroby atd.), což se přímo odráží ve vytíženosti provozuschopných strojních zařízení. Typickým příkladem je náběh nového výrobku, u kterého se předpokládá zvýšená poptávka, a tudíž se musí standardní směnový model pěti pracovních dnů změnit například na nepřetržitou výrobu apod.
- *Změna vyráběného portfolia*: Při výrobě rozdílných výrobků na jednom strojním zařízení během sledovaného období dochází rovněž ke vzniku různých typů poruch



v závislosti na nastavení jednotlivých výrobních procesů (řezné rychlosti, posuvy, rozdílná charakteristika obráběného materiálu,...).

- *Velikosti dílčích spotřeb ND*: Mezi další parametr, který by měl být brán v úvahu, patří nejenom intenzita spotřeb, ale i velikosti jednotlivých dílčích spotřeb. Ve své podstatě se jedná o množství, které bylo pro jeden opravárenský úkon (jednu zakázku) odebráno ze skladiště. Pokud máme například určité strojní zařízení (pásové dopravníky, vícevřetenová obráběcí centra atd.) obsahující více totožných ND (ložiska, šrouby atd.), je rozhodující určit typ odběru. Tedy zda došlo k odběru pouze jednoho, případně více ND, a to za účelem minimalizace vzniku poruchy, nebo zda bylo odebráno ze skladiště více kusů ND například za účelem preventivní údržby. Toto rozhodnutí může rovněž výrazným způsobem ovlivnit analýzu získaných dat.

### 4.3 OBECNÝ KONCEPT VYTVOŘENÉHO MODELU PRO STANOVENÍ MÍRY RIZIK

Celý koncept vytvořeného modelu pro výpočet rizik, porovnávající ve své podstatě různé kombinace nákladů na držení zásob ND (dle aktuálních počtů ND ve skladě) a s tím právě i přidružená rizika, vznikl po poměrně dlouhých úvahách o možnostech řešení zadané problematiky. Model je v podstatě navržen takovým způsobem, aby sloužil jako plnohodnotný nástroj pro predikci spotřeby ND a je založený na úplně jiném přístupu než v současné době používaná metodika Smart-Willemain. Tato stávající metodika je sice natolik propracovaná, že poměrně s vysokou přesností vyhodnocuje možné scénáře spotřeby ND, nicméně neuvažuje spoustu dílčích parametrů, které jsou zmíněny v kapitole 4.2. Díky tomu dochází k občasným krátkodobým deficitům určitých ND, kde jejich spotřeba nebyla vhodně predikována, což se odráží v nedostupnosti těchto ND v případě akutní potřeby při vzniku poruchy daného strojního zařízení. Oproti tomu navržený model uvažuje i další, specifické parametry zmíněné v kapitole 4.2. Myšlenka je taková, že buďto je možné plně spoléhat na navržený algoritmus, případně po vyhodnocení hladin pomocí stávající metodiky Smart-Willemain vytipovat „zajímavé“ ND pomocí Pareto analýzy zmíněné v kapitole 2.6.1, kde nejpravděpodobnějším kritériem pro toto vytipování bude pravděpodobně cena daného ND. Následně může dojít k analyzování těchto materiálů právě pomocí navrženého modelu a tím k ověření, zda v každém z případů došlo ke správnému nastavení jednotlivých hladin pomocí stávající metodiky Smart-Willemain.

Základní myšlenka pro vlastní tvorbu modelu je položena již v kapitolách 4.1.1 a 4.1.2, kde dochází ke zmíněnému popisu dílčích scénářů, jak při procesu nakládání s ND, tak i při provozu strojního zařízení. Samotná myšlenka tvorby výpočtového modelu pro vyhodnocování úspor ze změny průměrné zásoby ND a s tím spojené změny úrovně rizik je založena na propojení těchto na první pohled velmi vzdálených, až nesouvisejících řetězců. Nicméně, díky tomuto propojení je možné získat pravděpodobnost ( $P_L$ ) vzniku nejhoršího možného scénáře, a to zastavení stroje nebo i celé linky v případě, že dojde k poruše na kritickém stroji. Model je totiž koncipován právě takovým způsobem, aby uvažoval nejhorší možnou situaci (variantu jednotlivých dílčích scénářů, respektive eskalací), a to zastavení stroje, respektive linky během uvažovaného období v důsledku nedostupnosti daného ND v případě akutní potřeby, především při vzniku poruchy. První řetězec popsáný v kapitole 4.1.1 má za účel stanovit především koncovou pravděpodobnost  $P_A$ , která je pro další použití při tvorbě modelu v této fázi klíčová. Tato pravděpodobnost značí na konci daného řetězce procesu nakládání s ND skutečnost, respektive pravděpodobnost, s jakou se bude daný ND nacházet v MAZE skladu. Propojení obou řetězců pomocí definování koncové

situace (zastavení stroje, respektive linky) v procesu provozu strojního zařízení je realizováno právě přes tuto pravděpodobnost  $P_A$  získanou z procesu řízení zásob ND. Při pohledu na druhý řetězec popsaný v kapitole 4.1.2 vztahující se k provozu stroje se uvažuje následovně. Jak již bylo zmíněno, model počítá s nejhorším možným stavem, a to zastavením stroje, případně linky během období do vyřazení daného strojního zařízení z provozu. Propojení obou řetězců, případně definování koncové situace počítá v tomto řetězci s již zmíněným předpokladem o nejhorší možné skutečnosti (zastavením stroje v důsledku dílčích skutečností) s odpovídající pravděpodobností vzniku. Tato nejhorší možná situace je popsána avizovanou pravděpodobností  $P_L$ . Ta vznikla jako součin dílčích pravděpodobností popsaných právě v kapitole 4.1.2. Díky takto získané pravděpodobnosti je následně možné dále rozvíjet výpočtový model pomocí zamýšlené posloupnosti jednotlivých kroků.

Následující krok je již úzce spojen s určením potenciálního rizika zastavení stroje, respektive linky během sledovaného období. To, zda se jedná o riziko zastavení stroje nebo linky záleží na tom, zda se jedná o kritický stroj či nikoliv. Z avizované obecné definice rizika (součin pravděpodobnosti vzniku dané rizikové situace a velikosti případných následků) je následně dále vycházeno. Vlastní riziko je na základě tohoto vztahu určeno, a to pomocí matematického součinu výše zmíněné pravděpodobnosti  $P_L$ , hodinové sazby stroje a délky období do vyřazení strojního zařízení dle BP. To znamená, že výpočtový model uvažuje období (měsíc) vyřazení daného strojního zařízení. Díky výše zmíněnému postupu dochází na konci této fáze tvorby modelu k získání hodnoty nákladů na riziko (riziko zastavení stroje respektive linky do okamžiku jeho vlastního vyřazení z aktivního provozu). Pro nastavení vyhodnocovacího mechanismu jsou vzaty do úvahy různé kombinace rizik, průměrné počty ND v MAZE skladu, náklady na držení ND, období vyřazení stroje i úspory v důsledku změny průměrného počtu ND. Model rovněž počítá i s dalšími parametry oproti metodice Smart-Willemain. Každá varianta těchto dílčích kombinací je následně dle volby uživatele tohoto modelu individuálně vyhodnocena. V případě dosažení nejlepšího možného výsledku (kombinace jednotlivých parametrů) je tento výsledek patřičně zvýrazněn a rovněž podpořen grafickým výstupem. Díky tomu je uživatel schopný na první pohled určit, jaké zvolit „ideální“ nastavení pro danou konfiguraci dílčích parametrů.

#### 4.4 PODROBNÝ POPIS VYTVOŘENÉHO MODELU PRO STANOVENÍ MÍRY RIZIK

Výpočtový model je naprogramován v tabulkovém procesoru Microsoft Excel a výsledný soubor je pojmenován jako „Rizika“. Samotný výpočtový model se sestává celkově z šesti listů (obr. 25). Jednotlivé listy jsou popsány v následujících kapitolách.



Obr. 25 Listy výpočtového modelu „Rizika“

##### 4.4.1 LIST „VSTUPNÍ DATA“ VÝPOČTOVÉHO MODELU

Jak již název tohoto listu napovídá, list vstupních dat je ve své podstatě pilířem celého výpočtového modelu. Do tohoto listu musí uživatel manuálně vyplnit všechny potřebné údaje proto, aby bylo umožněno modelu správně pracovat a uživatel mohl tento nástroj efektivně využívat. První část tohoto listu (od sloupce A po sloupec Q) je zobrazena na obr. 26, druhá poté (od sloupce R po AM) na obr. 27. Uvedený náhled listu je rozdělený řezem pro lepší přehlednost, což je důvod pro zobrazení dvou dílčích obrázků.



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	!!!Poznámka pro vyplnění: x - data, y - expertní odhad	Počet totožných strojů, pro které je výpočet uvažován	Plánovaný měsíc vyřazení stroje	Použitelnost na jiný stroj v JhP			Vhodnost dalšího držení						Interní odprodej přes MDS/Indira				Odprodej externímu zákazníkovi
2	<b>Materiál</b>	[ks]	[měsíc]	[ks]	P <sub>11</sub> [-]	P <sub>12</sub> [-]	b [ks]	P <sub>21</sub> [-]	P <sub>22</sub> [-]	P <sub>31</sub> [-]	P <sub>32</sub> [-]	P <sub>33</sub> [-]	P <sub>34</sub> [-]	P <sub>41</sub> [-]	P <sub>42</sub> [-]	P <sub>43</sub> [-]	P <sub>44</sub> [-]
3	F00N.E00.193	3	10	5	0.80000	0.20000	0	0	1	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96
4	F00N.E00.414	3	10	68	0.98529	0.01471	23	0.338	0.662	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96
5	F00N.E00.484	3	10	69	0.98551	0.01449	5	0.072	0.928	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96
6	F00N.E02.017	3	10	158	0.99367	0.00633	35	0.222	0.778	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96
7	F00N.E02.027	3	10	30	0.96667	0.03333	5	0.167	0.833	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96
8	F00N.E02.124	3	10	52	0.98077	0.01923	24	0.462	0.538	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96
9	F00N.E03.841	3	10	20	0.95000	0.05000	0	0	1	0.05	0.95	0.05	0.95	0.04	0.96	0.04	0.96



Obr. 26 List „Vstupní data“, první část listu výpočtového modelu „Rizika“

R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
	Vznik poruchy		Nulnost výměny ND		Dostupnost ND v MAZE skladu	Možnost akut. dod. přes MDS/Ind.		Možnost akut. dod. exter. dod.		Možnost akutní opravy ND		Hodnová sazba stroje/linky	Průměrná cena ND	Stávající objednávací hladina	Stávající maximální hladina	Délka sledovaného období
	[ks]	P <sub>51</sub> [-]	P <sub>52</sub> [-]	P <sub>53</sub> [-]	P <sub>72</sub> [-]	P <sub>81</sub> [-]	P <sub>82</sub> [-]	P <sub>91</sub> [-]	P <sub>92</sub> [-]	P <sub>101</sub> [-]	P <sub>102</sub> [-]	hl [Kč/hod]	[Kč]	S <sub>01</sub> [ks]	S <sub>02</sub> [ks]	T [hod]
2	0.00008	0.99992	0.90	0.10	1.00000	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	5111.59	1	1	8640
1	0.00004	0.99996	0.90	0.10	0.66674	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	45653.30	9	9	8640
1	0.00004	0.99996	0.90	0.10	0.92859	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	6071.54	2	2	8640
1	0.00004	0.99996	0.90	0.10	0.77988	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	45.71	15	25	8640
1	0.00004	0.99996	0.90	0.10	0.83889	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	30.95	4	8	8640
1	0.00004	0.99996	0.90	0.10	0.54734	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	84.69	8	20	8640
1	0.00004	0.99996	0.90	0.10	1.00000	0.25	0.75	0.25	0.75	0.15	0.85	250 000	7632.50	2	2	8640

Obr. 27 List „Vstupní data“, druhá část listu výpočtového modelu „Rizika“

Parametry vyjádřené bez příslušné matematické funkce reprezentují data získaná z databáze SAP, případně reprezentují expertní odhad. Do daného algoritmu je nezbytné jejich manuální zadání. V případě tohoto listu, se jedná o manuálně zadávané parametry ve sloupcích: A, B, C, D, G, J, N, R, U, X, Z, AB, AD, AE, AF, AG, a AH. Ostatní parametry jsou automaticky dopočítány pomocí stanovených matematických funkcí na základě zmíněných parametrů. **Nesmí být opomenut fakt, že všechna data musí být seřazena dle materiálu (dle abecedy, od A po Z) již před vkládáním do listu „Vstupní data“ tohoto modelu, a to po celou dobu používání daného modelu!** Tím je dosažena správná funkce modelu. Pro všechny parametry jsou v záhlaví tabulky uvedeny jednotky, ve kterých musí být doplněny do vlastní tabulky. V následujícím výčtu jsou uvedeny jednotlivé matematické funkce, případně pouze jednotlivé parametry (zadané manuálně), a to vždy pro n-tý řádek a konkrétní sloupec dle obr. 26 a obr. 27:

- *Sloupec A:* F0X.XXX.XXX,  
kde: F0X.XXX.XXX [-] je daný materiál,
- *Sloupec B:*  $n_{ni}$ ,  
kde  $n_{ni}$  [ks] je počet totožných strojů, pro které je výpočet uvažován,
- *Sloupec C:*  $T_{vni}$ ,  
kde  $T_{vni}$  [měsíc] je plánovaný měsíc vyřazení stroje/jů,
- *Sloupec D:*  $a_{ni}$ ,  
kde  $a_{ni}$  [ks] je počet ostatních strojů v JhP, na kterých je daný ND zaměnitelný,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 56
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- *Sloupec E*: rovnice 1,

$$P_{1/1ni} = 1 - P_{1/2ni}, \quad (1)$$

kde  $P_{1/1ni}$  [-] je pravděpodobnost použitelnosti daného ND na jiný stroj v JhP,  $P_{1/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nepoužitelnosti daného ND na jiný stroj v JhP,

- *Sloupec F*: rovnice 2,

$$P_{1/2ni} = \frac{1}{a_{ni}}, \quad (2)$$

- *Sloupec G*:  $b_{ni}$ ,

kde  $b_{ni}$  [ks] je spotřeba daného ND pro ostatní stroje v JhP za sledované období, bez uvažovaného/ných stroje/jů,

- *Sloupec H*: rovnice 3,

$$P_{2/1ni} = \frac{b_{ni}}{a_{ni}}, \quad (3)$$

kde  $P_{2/1ni}$  [-] je pravděpodobnost vhodnosti dalšího držení daného ND v MAZE skladu,

- *Sloupec I*: rovnice 4,

$$P_{2/2ni} = 1 - P_{2/1ni}, \quad (4)$$

kde  $P_{2/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nevhodnosti dalšího držení daného ND v MAZE skladu,

- *Sloupec J*:  $P_{3/1ni}$ ,

kde  $P_{3/1ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira,

- *Sloupec K*: rovnice 5,

$$P_{3/2ni} = 1 - P_{3/1ni}, \quad (5)$$

kde  $P_{3/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira,

- *Sloupec L*: rovnice 6,

$$P_{3/3ni} = P_{3/1ni}, \quad (6)$$

kde:  $P_{3/3ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira,





- *Sloupec M*: rovnice 7,

$$P_{3/4ni} = 1 - P_{3/3ni}, \quad (7)$$

kde  $P_{3/4ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira,

- *Sloupec N*:  $P_{4/1ni}$ ,

kde  $P_{4/1ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi,

- *Sloupec O*: rovnice 8,

$$P_{4/2ni} = 1 - P_{4/1ni}, \quad (8)$$

kde  $P_{4/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi,

- *Sloupec P*:  $P_{4/3ni}$ ,

kde  $P_{4/3ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi,

- *Sloupec Q*: rovnice 9,

$$P_{4/4ni} = 1 - P_{4/3ni}, \quad (9)$$

kde  $P_{4/4ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi,

- *Sloupec R*:  $r_{ni}$ ,

kde  $r_{ni}$  [ks] je celkový počet poruch daného ND během sledovaného období na uvažovaném/ných stroji/jích,

- *Sloupec S*: rovnice 10,

$$P_{5/1ni} = 1 - P_{5/2ni}, \quad (10)$$

kde  $P_{5/1ni}$  [-] je pravděpodobnost vzniku poruchy daného ND na uvažovaném/ných stroji/jích,

- *Sloupec T*: rovnice 11[20],

$$P_{5/2ni} = e^{(-\lambda_{ni}t)}, \quad (11)$$

kde je  $P_{5/2ni}$  [-] pravděpodobnost bezporuchového provozu daného ND na uvažovaném/ných stroji/jích,  $e$  je Eulerovo číslo [-],  $\lambda_{ni}$  [ $\text{hod}^{-1}$ ] je intenzita poruch daného ND,  $t$  je jedna hodina provozu [hod],

- *Sloupec U*:  $P_{6/1ni}$ ,

kde je  $P_{6/1ni}$  [-] pravděpodobnost nutnosti výměny daného defektního ND při vzniku poruchy na uvažovaném/ných stroji/jích,

- *Sloupec V*: rovnice 12,

$$P_{6/2ni} = 1 - P_{6/1ni}, \quad (12)$$

kde je  $P_{6/2ni}$  [-] pravděpodobnost nenutnosti výměny daného defektního ND při vzniku poruchy na uvažovaném/ných stroji/jích,

- *Sloupec W*: rovnice 13,

$$P_{7/2ni} = 1 - P_{Ani}, \quad (13)$$

kde  $P_{7/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nedostupnosti daného ND v MAZE skladu,  $P_A$  [-] je pravděpodobnost uvažované koncové situace zmíněné v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec X*:  $P_{8/1ni}$ ,

kde  $P_{8/1ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti akutní dodávky daného ND přes systém MDS/Indira,

- *Sloupec Y*: rovnice 14,

$$P_{8/2ni} = 1 - P_{8/1ni}, \quad (14)$$

kde  $P_{8/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti akutní dodávky daného ND přes systém MDS/Indira,

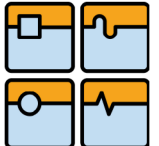
- *Sloupec Z*:  $P_{9/1ni}$ ,

kde  $P_{9/1ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti akutní dodávky daného ND externím dodavatelem,

- *Sloupec AA*: rovnice 15,

$$P_{9/2ni} = 1 - P_{9/1ni}, \quad (15)$$

kde  $P_{9/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti akutní dodávky daného ND externím dodavatelem,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 59
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- *Sloupec AB*:  $P_{10/1ni}$ ,  
kde  $P_{10/1ni}$  [-] je pravděpodobnost možnosti akutní opravy daného defektního ND,
- *Sloupec AC*: rovnice 16,  
$$P_{10/2ni} = 1 - P_{10/1ni}, \quad (16)$$
kde  $P_{10/2ni}$  [-] je pravděpodobnost nemožnosti akutní opravy daného defektního ND,
- *Sloupec AD*:  $H_{Sni}$ ,  
kde  $H_{Sni}$  [Kč/hod] je hodinová sazba stroje/linky, pro které je výpočet uvažován,
- *Sloupec AE*:  $C_{NDni}$ ,  
kde  $C_{NDni}$  [Kč] je průměrná cena daného ND,
- *Sloupec AF*:  $S_{OHni}$ ,  
kde  $S_{OHni}$  [ks] je stávající objednacích hladina daného ND,
- *Sloupec AG*:  $S_{MHni}$ ,  
kde  $S_{MHni}$  [ks] je stávající maximální hladina daného ND,
- *Sloupec AH*:  $T_{ni}$ ,  
kde  $T_{ni}$  [hod] je délka sledovaného období.

V záhlaví tabulky rovněž nechybí krátký popis pro upřesnění a usnadnění práce s modelem korespondující především s navrženým řetězcem nakládání s ND. Tento řetězec je rovněž zobrazený v Listu „Schéma“. Rozšířené popisy jednotlivých veličin je možné najít v Listu „Popis proměnných“. V levém horním rohu tohoto listu „Vstupní data“ (obr. 26, souřadnice buňky A1) nechybí upozornění avizované v kapitole 4.1.1 o barevném rozlišení jednotlivých parametrů, kde zeleně zvýrazněné položky v záhlaví tabulky odpovídají datům získaných z databáze SAP. Oproti tomu červené jsou stanoveny na základě expertního odhadu. Poslední ze zmíněných (bílé, respektive černé dle kontrastu s pozadím) jsou závislou veličinou na základě jedné ze dvou předchozích možností a není třeba jejich přepisování, protože jsou dopočítány na základě stanovených matematických rovnic.

#### 4.4.2 LIST „VÝSTUPNÍ DATA“ VÝPOČTOVÉHO MODELU

Druhý list pojmenovaný jako „Výstupní data“ je pokračováním respektive výstupem listu zmíněného v předchozí kapitole. Z tohoto listu již může uživatel vyčíst určité informace týkající se dané problematiky. Mezi nejdůležitější parametry objevující se v tomto listu se řadí pravděpodobnosti koncových situací při nakládání s ND, stávající průměrná zásoba ND a především parametr vztahující se k nákladům na riziko zastavení stroje případně linky do okamžiku vyřazení stroje. První část tohoto listu (od sloupce A po sloupec O) je zobrazena na obr. 28, druhá (od sloupce P po V) poté na obr. 29. Uvedený náhled listu je rovněž

i v tomto případě rozdělený řezem pro lepší přehlednost, což je důvodem zobrazení dvou dílčích obrázků.

		Pravděpodobnosti vzniku dílčích scénářů při nakládání s náhradními díly								Pravděpodobnosti vzniku dílčích scénářů při provozu stroje							
1	Materiál	$P_A[-]$	$P_B[-]$	$P_C[-]$	$P_D[-]$	$P_E[-]$	$P_F[-]$	$P_G[-]$	$P_H[-]$	$P_I[-]$	$P_J[-]$	$P_K[-]$	$P_L[-]$	$P_M[-]$	$P_N[-]$	$P_O[-]$	
3	F00N.E00.193	0.00000	0.04000	0.03040	0.72960	0.01000	0.00760	0.18240	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.00001	0.00003	0.00001	0.00001	
4	F00N.E00.414	0.33326	0.03260	0.02478	0.59465	0.00074	0.00056	0.01341	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	
5	F00N.E00.484	0.07141	0.04570	0.03474	0.83365	0.00072	0.00055	0.01322	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	
6	F00N.E02.017	0.22012	0.03868	0.02940	0.70548	0.00032	0.00024	0.00577	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	
7	F00N.E02.027	0.16111	0.04028	0.03061	0.73467	0.00167	0.00127	0.03040	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	
8	F00N.E02.124	0.45266	0.02641	0.02007	0.48163	0.00096	0.00073	0.01754	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	
9	F00N.E03.841	0.00000	0.04750	0.03610	0.86640	0.00250	0.00190	0.04560	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	

Obr. 28 List „Výstupní data“, první část listu výpočtového modelu „Rizika“

	P	Q	R	S	T	U	V
	Prav. koncové situace při nakládání s ND			Poruchovost		Naklady na riziko zastavení stroje/linky do okamžiku vyřazení stroje	Průměrná zásoba ND na skladě
	$P_S[-]$	$P_Q[-]$	$P_R[-]$	MTBF [hod]	$\lambda$ [1/hod]	$R_S$ [Kč]	$S_{PZ}$ [ks]
	0.91200	0.05000	0.03800	4320	7.72E-05	59 763.28 Kč	1
	0.80807	0.03334	0.02534	8640	3.86E-05	19 923.63 Kč	9
	0.84687	0.04643	0.03529	8640	3.86E-05	27 748.22 Kč	2
	0.71125	0.03899	0.02964	8640	3.86E-05	23 304.63 Kč	20
	0.76507	0.04194	0.03188	8640	3.86E-05	25 067.86 Kč	6
	0.49917	0.02737	0.02080	8640	3.86E-05	16 355.65 Kč	14
	0.91200	0.05000	0.03800	8640	3.86E-05	29 882.22 Kč	2

Obr. 29 List „Výstupní data“, druhá část listu výpočtového modelu „Rizika“

Stejně jako v předchozím případě, tak i zde je uveden výčet použitých matematických funkcí. Pro každou z funkcí je rovněž v záhlaví tabulky (obr. 28 a obr. 29) uvedena jednotka odpovídající dané veličině. Dané matematické funkce (mimo sloupce A) jsou pro dané sloupce a konkrétní n-tý řádek tabulky následující:

- *Sloupec A:* FOX.XXX.XXX,

- *Sloupec B:* rovnice 17,

$$P_{Ani} = P_{1/1ni} P_{2/1ni}, \quad (17)$$

kde:  $P_{Ani}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec C:* rovnice 18,

$$P_{Bni} = P_{1/1ni} P_{2/2ni} P_{3/1ni}, \quad (18)$$

kde:  $P_{Bni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec D:* rovnice 19,

$$P_{Cni} = P_{1/1ni} P_{2/2ni} P_{3/2ni} P_{4/1ni}, \quad (19)$$

kde:  $P_{Cni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,



- *Sloupec E*: rovnice 20,

$$P_{Dni} = P_{1/1ni} P_{2/2ni} P_{3/2ni} P_{4/2ni}, \quad (20)$$

kde:  $P_{Dni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec F*: rovnice 21,

$$P_{Eni} = P_{1/2ni} P_{3/3ni}, \quad (21)$$

kde:  $P_{Eni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec G*: rovnice 22,

$$P_{Fni} = P_{1/2ni} P_{3/4ni} P_{4/3ni}, \quad (22)$$

kde:  $P_{Fni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec H*: rovnice 23,

$$P_{Gni} = P_{1/2ni} P_{3/4ni} P_{4/4ni}, \quad (23)$$

kde:  $P_{Gni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.1,

- *Sloupec I*: rovnice 24,

$$P_{Hni} = P_{5/1ni} P_{6/1ni} P_{Ani}, \quad (24)$$

kde:  $P_{Hni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec J*: rovnice 25,

$$P_{Ini} = P_{5/1ni} P_{6/1ni} P_{7/2ni} P_{8/1ni}, \quad (25)$$

kde:  $P_{Ini}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec K*: rovnice 26,

$$P_{Jni} = P_{5/1ni} P_{6/1ni} P_{7/2ni} P_{8/2ni} P_{9/1ni}, \quad (26)$$

kde:  $P_{Jni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec L*: rovnice 27,

$$P_{Kni} = P_{5/1ni} P_{6/1ni} P_{7/2ni} P_{8/2ni} P_{9/2ni} P_{10/1ni}, \quad (27)$$

kde:  $P_{Kni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec M*: rovnice 28,

$$P_{Lni} = P_{5/1ni} P_{6/1ni} P_{7/2ni} P_{8/2ni} P_{9/2ni} P_{10/2ni}, \quad (28)$$

kde:  $P_{Lni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec N*: rovnice 29,

$$P_{Mni} = P_{5/1ni} P_{6/2ni}, \quad (29)$$

kde:  $P_{Mni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec O*: rovnice 30,

$$P_{Nni} = P_{5/2ni}, \quad (30)$$

kde:  $P_{Nni}$  [-] je pravděpodobnost dané koncové situace popsané v kapitole 4.1.2,

- *Sloupec P*: rovnice 31,

$$P_{\check{S}ni} = P_{Dni} + P_{Gni}, \quad (31)$$

kde:  $P_{\check{S}ni}$  [-] je pravděpodobnost šrotace daného ND,

- *Sloupec Q*: rovnice 32,

$$P_{ioni} = P_{Bni} + P_{Eni}, \quad (32)$$

kde:  $P_{ioni}$  [-] je pravděpodobnost interního odprodeje přes systém MDS/Indira,

- *Sloupec R*: rovnice 33,

$$P_{eoni} = P_{Cni} + P_{Fni}, \quad (33)$$

kde:  $P_{eoni}$  [-] je pravděpodobnost externího odprodeje přes systém MDS/Indira,

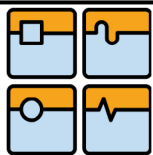
- *Sloupec S*: rovnice 34,

$$MTBF_{ni} = \frac{T_{ni}}{r_{ni}}, \quad (34)$$

kde:  $MTBF_{ni}$  [-] je střední doba mezi poruchami,

- *Sloupec T*: rovnice 35,

$$\lambda_{ni} = \frac{1}{MTBF_{ni} n_{ni}}, \quad (35)$$



- *Sloupec U*: rovnice 36,

$$R_{Sni} = \frac{P_{Lni} H_{Sni} T_{ni}}{12} T_{Vni} Z_{Rni}, \quad (36)$$

kde:  $R_{Sni}$  [Kč] je celkové riziko zastavení stroje/linky během sledovaného období,

- *Sloupec V*: rovnice 37,

$$S_{PZni} = \frac{S_{OHni} + S_{MHni}}{2}, \quad (37)$$

kde:  $S_{PZni}$  [ks] je průměrná zásoba daného ND na skladě.

Záhlaví tabulky je rovněž jako v předchozím listu doplněno krátkým popisem jednotlivých veličin pro upřesnění a usnadnění práce s modelem. I v tomto případě je rovněž možné najít rozšířené popisy jednotlivých veličin v Listu „Popis proměnných“.

#### 4.4.3 LIST „VYHODNOCENÍ“ VÝPOČTOVÉHO MODELU

Poslední z aktivních (uživatelsky výkonných) listů, jenž je pojmenován jako „Vyhodnocení“, je rozšířením předchozího listu „Výstupní data“ popsaného v kapitole 4.4.2. Samotný list obsahuje dvě tabulky a jeden grafický diagram. První ze zmíněných tabulek (obr. 30, souřadnice buněk A1 – E8) je určena k načtení potřebných údajů, ze kterých jsou následně určeny příslušné veličiny v druhé tabulce (obr. 31, souřadnice buněk A10 – G32). Zmíněný graf (obr. 32) poté slouží jako vizuální doplněk především ke druhé tabulce. Při načítání dat stačí vložit požadovaný materiál do buňky E1 jako text a následně se již ostatní potřebné informace automaticky dohledají v předchozích listech výpočtového modelu. Toto automatické vyhledávání je odůvodněním, proč byla v kapitole 4.4.1 zvýrazněna nezbytná podmínka o seřazení dat dle abecedy (automatická funkce vyhledávání vychází z nastaveného algoritmu této funkce v prostředí Microsoft Excel).

	A	B	C	D	E
1			<b>Materiál (vyplnit pouze toto!!!)</b>		F00N.E00.414
2			Stávající objednávací hladina	$S_{OH}$ [ks]	12
3			Stávající maximální hladina	$S_{MH}$ [ks]	12
4			Průměrná zásoba ND na skladě	$S_{PZ}$ [ks]	12
5			Celkové riziko zastavení stroje/linky	$R_s$ [Kč]	19 923.631 Kč
6			Průměrná cena daného ND	$C_{ND}$ [Kč]	45 653.296 Kč
7			Délka sledované historického období	$T$ [hod]	8640
8			Plánovaný měsíc vyřazení stroje	$T$ [měsíc]	10

Obr. 30 List „Vyhodnocení“, první část listu výpočtového modelu „Rizika“

10	A	B	C	D	E	F	G	H
	Průměrná zásoba ND na skladě	Změna velikosti průměrné zásoby ND	Poměr změny rizika v důsledku změny průměrné zásoby ND	Náklady na držení průměrné zásoby ND do okamžiku vyřazení stroje	Náklady na riziko zastavení stroje/linky do okamžiku vyřazení stroje	Úspory při změně průměrné velikosti zásoby ND do okamžiku vyřazení stroje	Vyhodnocení: Úspory x rizika do okamžiku vyřazení stroje	Porovnání velikosti celkových potenciálních úspor v důsledku změny průměrné zásoby ND
	SPZ [ks]	ZPZ [ks]	ZR [-]	NDZ [Kč]	RS [Kč]	U [Kč]	V [Kč]	P [Kč]
11	22	10	0.545	-75 327.938 Kč	-10 867.435 Kč	-34 239.972 Kč	-45 107.407 Kč	-25 183.776 Kč
12	21	9	0.571	-71 903.941 Kč	-11 384.932 Kč	-30 815.975 Kč	-42 200.907 Kč	-22 277.276 Kč
13	20	8	0.600	-68 479.944 Kč	-11 954.179 Kč	-27 391.978 Kč	-39 346.156 Kč	-19 422.525 Kč
14	19	7	0.632	-65 055.947 Kč	-12 583.346 Kč	-23 967.980 Kč	-36 551.327 Kč	-16 627.695 Kč
15	18	6	0.667	-61 631.950 Kč	-13 282.421 Kč	-20 543.983 Kč	-33 826.404 Kč	-13 902.773 Kč
16	17	5	0.706	-58 207.952 Kč	-14 063.740 Kč	-17 119.986 Kč	-31 183.726 Kč	-11 260.094 Kč
17	16	4	0.750	-54 783.955 Kč	-14 942.724 Kč	-13 695.989 Kč	-28 638.712 Kč	-8 715.081 Kč
18	15	3	0.800	-51 359.958 Kč	-15 938.905 Kč	-10 271.992 Kč	-26 210.897 Kč	-6 287.265 Kč
19	14	2	0.857	-47 935.961 Kč	-17 077.398 Kč	-6 847.994 Kč	-23 925.393 Kč	-4 001.761 Kč
20	13	1	0.923	-44 511.964 Kč	-18 391.044 Kč	-3 423.997 Kč	-21 815.042 Kč	-1 891.410 Kč
21	12	0	1.000	-41 087.966 Kč	-19 923.631 Kč	0 000 Kč	-19 923.631 Kč	0 000 Kč
22	11	-1	1.091	-37 663.969 Kč	-21 734.871 Kč	3 423.997 Kč	-18 310.873 Kč	1 612.758 Kč
23	10	-2	1.200	-34 239.972 Kč	-23 908.358 Kč	6 847.994 Kč	-17 060.363 Kč	2 863.268 Kč
24	9	-3	1.333	-30 815.975 Kč	-26 564.842 Kč	10 271.992 Kč	-16 292.850 Kč	3 630.781 Kč
25	8	-4	1.500	-27 391.978 Kč	-29 885.447 Kč	13 695.989 Kč	-16 189.458 Kč	3 734.173 Kč
26	7	-5	1.714	-23 967.980 Kč	-34 154.797 Kč	17 119.986 Kč	-17 034.811 Kč	2 888.821 Kč
27	6	-6	2.000	-20 543.983 Kč	-39 847.263 Kč	20 543.983 Kč	-19 303.280 Kč	620.352 Kč
28	5	-7	2.400	-17 119.986 Kč	-47 816.715 Kč	23 967.980 Kč	-23 848.735 Kč	-3 925.104 Kč
29	4	-8	3.000	-13 695.989 Kč	-59 770.894 Kč	27 391.978 Kč	-32 378.917 Kč	-12 455.285 Kč
30	3	-9	4.000	-10 271.992 Kč	-79 694.526 Kč	30 815.975 Kč	-48 878.551 Kč	-28 954.920 Kč
31	2	-10	6.000	-6 847.994 Kč	-119 541.789 Kč	34 239.972 Kč	-85 301.817 Kč	-65 378.185 Kč

Obr. 31 List „Vyhodnocení“, druhá část listu výpočtového modelu „Rizika“

Dané matematické funkce objasňující jednotlivé buňky tabulky dle obr. 31 jsou pro dané sloupce a konkrétní n-tý řádek tabulky následující:

- *Sloupec C*: rovnice 38,

$$Z_{Rni} = \frac{SPZni}{SPZni + ZPZni}, \quad (38)$$

kde:  $Z_{Rni}$  [ks] je poměr změny rizika v důsledku změny průměrné zásoby daného ND,

- *Sloupec D*: rovnice 39,

$$N_{DZni} = -\frac{0.09 C_{NDni} SPZni}{12} T_{Vni}, \quad (39)$$

kde:  $N_{DZni}$  [Kč] jsou náklady na držení průměrné zásoby ND do okamžiku vyřazení stroje,

- *Sloupec F*: rovnice 40,

$$U_{ni} = -\frac{0.09 C_{NDni} ZPZni}{12} T_{Vni}, \quad (40)$$

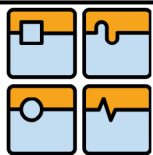
kde:  $U_{ni}$  [Kč] jsou úspory při změně průměrné velikosti zásoby ND do okamžiku vyřazení stroje,

- *Sloupec G*: rovnice 41,

$$V_{ni} = U_{ni} + R_{Sni}, \quad (41)$$

kde:  $V_{ni}$  [Kč] je vyhodnocení: Úspory vs. rizika do okamžiku vyřazení stroje,





- *Sloupec H*: rovnice 42,

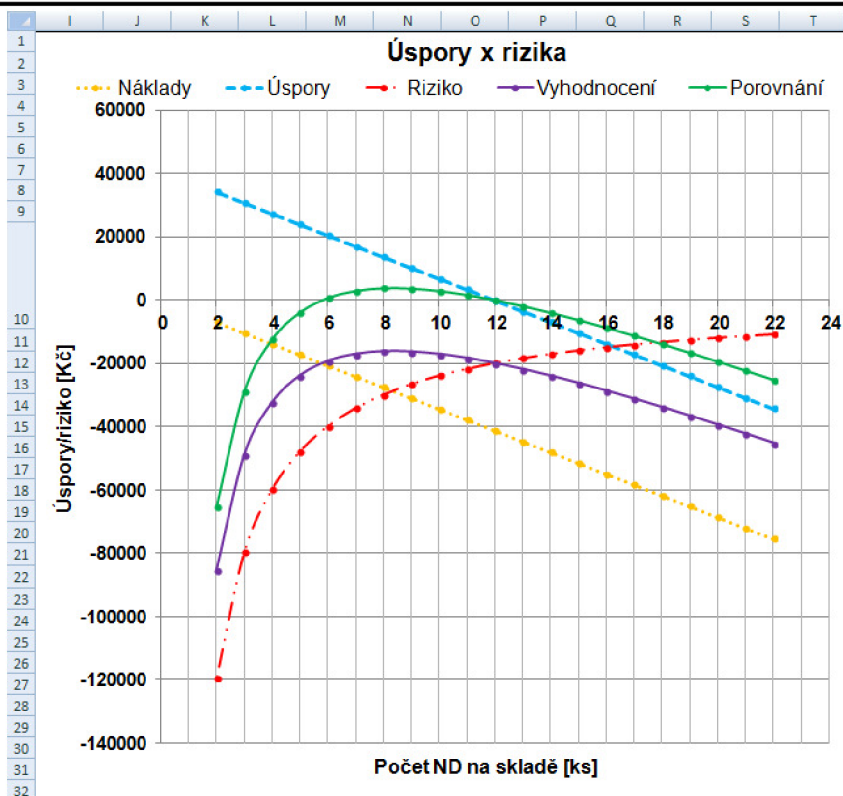
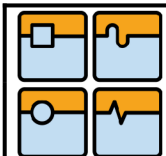
$$P_{ni} = V_{ni+1} - V_{ni}, \quad (42)$$

kde:  $P_{ni}$  [Kč] porovnání velikosti celkových potenciálních úspor v důsledku změny průměrné zásoby ND.

Pokud došlo ke správnému načtení příslušného materiálu v tabulce dle obr. 30, dochází k automatickému přepočítání veškerých parametrů v tabulce dle obr. 31. Tato tabulka porovnává především úspory ze zamýšlených změn průměrného počtu ND a s tím spojenými změnami nákladů na rizika zastavení stroje, případně linky, a to až do okamžiku plánovaného vyřazení stroje. Všechny výstupní finanční parametry (obr. 31, sloupce D, E, F, G, H) jsou koncipovány tak, že v případě záporné hodnoty dané částky dochází k deficitu, a tudíž i potenciální ztrátě (záporná hodnota daného finančního aspektu značí situaci, kdy je nutné potenciální částku vynaložit, tzv. „peníze jdou z kapsy pryč“). Naopak kladné částky značí přebytek a tedy potenciální zisk, respektive možné úspory. Záporné hodnoty změny velikosti průměrné zásoby ND (obr. 31, sloupec B) poté značí snižování stavu průměrné zásoby ND a naopak. Tato tabulka je naprogramována takovým způsobem, že v případě nejlepší možné varianty dle kombinace daných parametrů dochází k zvýraznění celého řádku zelenou výplní buněk, a to i v případě, kdy vyhodnocení (obr. 31, sloupec G) vychází v záporných hodnotách. Tento fakt je zapříčiněn skutečností, že i v tomto případě je nalezena nejlepší možná kombinace daných parametrů (dle nastavení výpočtového modelu), ačkoli existující riziko převyšuje případné potenciální úspory, dosažené díky redukci průměrné zásoby ND. Pro střední řádek tabulky (obr. 31, řádek 22) je použito ohraničení z důvodu zvýšení přehlednosti a především vyznačení výchozího stavu, respektive stávajícího stavu odpovídajícího aktuální situaci stávajícího počtu ND na skladě a tomu odpovídajícím rizikům.

Graf uvedený na obr. 32 je grafickou vizualizací tabulky dle obr. 31. Osa x reprezentuje průměrný počet ND ve skladě. Na ose y je poté možné najít veškeré finanční aspekty. V tomto grafu se nachází pět barevných křivek (oranžová - Náklady, modrá - Úspory, červená - Riziko, fialová - Vyhodnocení a zelená - Porovnání) odpovídající barevnému provedení v tabulce dle obr. 31. Nejdůležitější je zelená křivka (Porovnání), u které je v případě lokálního maxima shoda se zvýrazněným řádkem v tabulce dle obr. 31. Jedná se o stejná data interpretována různými způsoby. Díky této kombinaci (tabulka a graf) je možné efektivně optimalizovat skladové zásoby, tzn. najít nejlepší možnou kombinaci daných parametrů.

Jak je evidentní z grafu, křivky nákladů a úspor jsou lineární, a tedy přímo úměrné počtu ND ve skladu (klesající trend se zvyšujícím se počtem ND v MAZE skladu). Oproti tomu křivky rizik, vyhodnocení a úspor mají určitý nelineární průběh s rostoucím trendem směrem k vyšším počtům ND v MAZE skladu až do extrému funkce, kde dochází opět k poklesu. Tento průběh je však u každého materiálu (daného ND) individuální a v jiných případech nemusí souhlasit s popisem uvedeným v předchozí větě.



Obr. 32 List „Vyhodnocení“, třetí část listu výpočtového modelu „Rizika“

Jednotlivé zdrojové kódy odpovídající prostředí Microsoft Excel jsou uvedeny v příloze č. I.

#### 4.4.4 LIST „POPIS PROMĚNNÝCH“ VÝPOČTOVÉHO MODELU

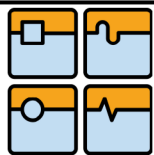
V tomto listu jsou přehledným způsobem vysvětleny jednotlivé parametry (veličiny) použité v předchozích třech listech zmíněných v kapitolách 4.4.1, 4.4.2 a 4.4.3. Celý tento list je rovněž uveden v příloze č. II.

#### 4.4.5 LIST „SCHÉMA“ VÝPOČTOVÉHO MODELU

V listu „Schéma“ jsou pro osvětlení daného modelu a jeho jednotlivých souvislostí uvedena tři schémata: periodické řízení zásob ND (obr. 21) jako „spojovací člen“ pro schéma procesu nakládání s náhradními díly (obr. 22) a pro schéma provozu stroje (obr. 23).

#### 4.4.6 LIST „NÁVOD NA POUŽITÍ“ VÝPOČTOVÉHO MODELU

Jak již název posledního listu naznačuje („Návod na použití“), zde je zveřejněn stručný návod a tipy pro práci s navrženým modelem. Celý návod je uveden v příloze č. III. Tento návod byl vytvořen jako dodatkový materiál pro usnadnění práce s vlastním výpočtovým modelem. Uživatel je díky němu schopný efektivně využít tento výpočtový model jako „optimalizační nástroj“, a to přesně takovým způsobem, pro jaký byl navržen.



## 5 ANALÝZA ZÍSKANÝCH DAT VZTAHUJÍCÍCH SE K PRAKTICKÉMU PROBLÉMU

V této kapitole dochází především k demonstraci praktického využití navrženého výpočtového modelu u vybraných strojních zařízení. Nejprve jsou popsána data, získaná z firemního prostředí Bosch. Tato specifikace je nezbytná pro vytvoření představy o vstupních parametrech určených pro zamýšlenou analýzu realizovanou pomocí výpočtového modelu. Následně dochází k rozboru jednotlivých výpadků provozního stavu daného strojního zařízení za předešlý rok 2015. Po analýze výpadků poté dochází k vlastnímu vyhodnocení velikosti potenciálních úspor dosažitelných v důsledku redukcí hladin zásob jednotlivých ND a s tím spojené redukce případných rizik v důsledku potencionálního navýšení průměrné zásoby ND na skladě. Všechny tyto zamýšlené kroky jsou realizovány rovněž pro vybrané strojní zařízení.

### 5.1 POPIS DATABÁZÍ ZÍSKANÝCH DAT

Data získaná z firemního prostředí představují dvě tabulkové databáze vztahující se k dané problematice. První z nich je naznačena na obr. 33 a představuje část business plánu pro rok 2016. Druhá tabulka již představuje vlastní data odpovídající zvoleným strojním zařízením, které jsou v našem případě tři totožná obráběcí centra a pračka dílců. Tyto stroje byly vytipovány právě z první zmíněné tabulkové databáze (business plánu pro rok 2016) jako „zajímavé“ pro demonstraci využití navrženého modelu.

#### 5.1.1 TABULKOVÁ DATABÁZE – BUSINESS PLÁN PRO ROK 2016

V této tabulkové databázi představující část business plánu pro rok 2016 se celkově nachází 217 položek, představujících opravdu rozličné stroje a strojní zařízení (brusky, obráběcí centra, řezačky, pračky, dopravníky, řídicí jednotky,...). Tato část BP určuje mimo jiné další způsob nakládání s vybranými strojními zařízeními v daném roce. Jak je patrné z obr. 33, uvažovaná databáze je koncipována celkově do šesti sloupců:

- *Inventární číslo*: Označuje číslo, pod kterým je daný stroj zaznamenán v inventáři.
- *Název stroje*: V tomto sloupci je vždy uveden název stroje a jeho bližší specifikace.
- *Výrobek*: Představuje produkt, respektive oddělení, na kterém je daný stroj případně přístroj doposud aktivně využíván.
- *Datum aktivace*: Popisuje okamžik, kdy byl stroj uveden do aktivního provozu.
- *Prodej*: Tento sloupec vyjadřuje skutečnost, zda bude stroj odprodán (PRAVDA) nebo sešrotován (NEPRAVDA) po vyřazení z aktivního provozu.
- *Plánované datum vyřazení*: Předpokládané datum ukončení činnosti daného stroje.

Inventární číslo	Název stroje	Výrobek	Datum aktivace	Prodej	Plánované datum vyřazení
------------------	--------------	---------	----------------	--------	--------------------------

Obr. 33 Tabulková databáze - Business plán pro rok 2016

Z tohoto seznamu byla po poradě vytipována příhodná strojní zařízení, která jsou zajímavé pro následnou analýzu pomocí navrženého modelu. Při této volbě došlo ke zvolení dvou sfér strojních zařízení. První z nich je tvořena třemi totožnými obráběcími centry, u kterých se v daném roce 2016 počítá s ukončením vlastního provozu v důsledku snižování

kapacit výroby produktu vyráběného právě na těchto strojích. Druhé strojní zařízení je poté pračka sloužící k očištění výrobků před další fází výrobního procesu se stejným statusem jako obráběcí centra tzn. určena k vyřazení.

Dalším důvodem pro výběr těchto okruhů strojů je fakt, že skýtají kombinace takřka všech uvažovaných parametrů z kapitoly 4.2, takže při analyzování dojde v zásadě k uvážení veškerých možností, které mohou v případě řízení zásob ND pro tyto stroje nastat. Rozhodujícím kritériem pro vybrání právě těchto strojních zařízení byl rovněž i fakt, že se jedná o poměrně velké stroje s rozsáhlým skladovým hospodářstvím ND, takže v případě jejich odstavení z aktivního provozu dojde k redukci potenciálně velkého počtu ND.

### 5.1.2 TABULKOVÁ DATABÁZE – POHYBY NÁHRADNÍCH DÍLŮ

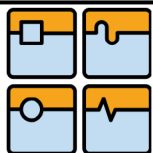
Tato druhá ze zmíněných tabulkových databází (obr. 34) reprezentuje dva soubory obsahující data za předchozí rok 2015 získaná z firemní databáze SAP. V souboru vztahujícím se k obráběcím centrům se celkově nachází 891 položek nejrůznějších druhů ND. V druhém souboru náležícím zvolené pračce dílců je poté zaznamenáno 411 položek. V obou případech se jedná se o rozličné položky s rozdílnými měrnými jednotkami (sady, kusy i metry) odpovídající charakteru ND. Z tohoto počtu je 736 položek aktivních a 155 neaktivních, tzv. „uspaných“ pro obráběcí centra a 356 položek aktivních a 55 neaktivních pro pračku. Pod pojem „uspané ND“ si je možno představit položky, které již nejsou dále objednávány na základě rozhodnutí disponentů MAZE. Je to z toho důvodu, že díky analýze historických dat došlo ke zjištění, že v průběhu určitého období nebyl zaznamenán žádný pohyb (žádná spotřeba) těchto ND v důsledku opravy ani u jednoho ze strojních zařízení, a proto byly vyhodnoceny jako nerelevantní pro další udržování ve skladovém hospodářství.

Materiál	Popis materiálu	Spotřeba po poruše - vybrané stroje	Spotřeba po poruše - ostatní stroje	Použití v JhP	Výpadek 2015	Objednávací hladina	Maximální hladina	Základní měrná jednotka	Průměrná cena
----------	-----------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------	--------------	---------------------	-------------------	-------------------------	---------------

Obr. 34 Tabulková databáze - Data za rok 2015

Jak je patrné z obr. 34, tabulka dat pohybu náhradních dílů se skládá z deseti sloupců:

- *Materiál*: Představuje označení daného ND dle systému firemního značení.
- *Popis materiálu*: Jedná se o krátkou specifikaci daného ND.
- *Spotřeba po poruše - vybrané stroje*: Je definována jako spotřeba daného ND po poruše pro vybrané stroje za jednotlivé měsíce.
- *Spotřeba po poruše - ostatní stroje*: Stejný parametr jako v předchozím případě s tím rozdílem, že se jedná o spotřebu po poruše pro ostatní stroje mimo zvolená strojní zařízení (obráběcí centra, pračka).
- *Použití v JhP*: Počet strojních zařízení v JhP, na které je daný ND použitelný.
- *Výpadek 2015*: V případě poruchy daných strojních zařízení, představuje dobu prodlevy, korespondují s provozuneschopnými stavy těchto strojů.
- *Objednávací hladina*: Zásoba jakéhokoliv ND v MAZE skladu, kde v případě poklesu daného počtu ND na tuto úroveň dochází k automatickému odeslání objednávky na zaslání určitého počtu ND dodavateli.
- *Maximální hladina*: Maximální možná zásoba daného ND v MAZE skladu.



- *Základní měrná jednotka:* Představuje specifikaci daného ND (kus, metr, sada).
- *Průměrná cena:* Cena, za kterou je v průměru daný ND nabízen dodavatelem.

### 5.1.3 ANALÝZA PŘEDCHOZÍCH VÝPADKŮ VÝROBY PRO ROK 2015

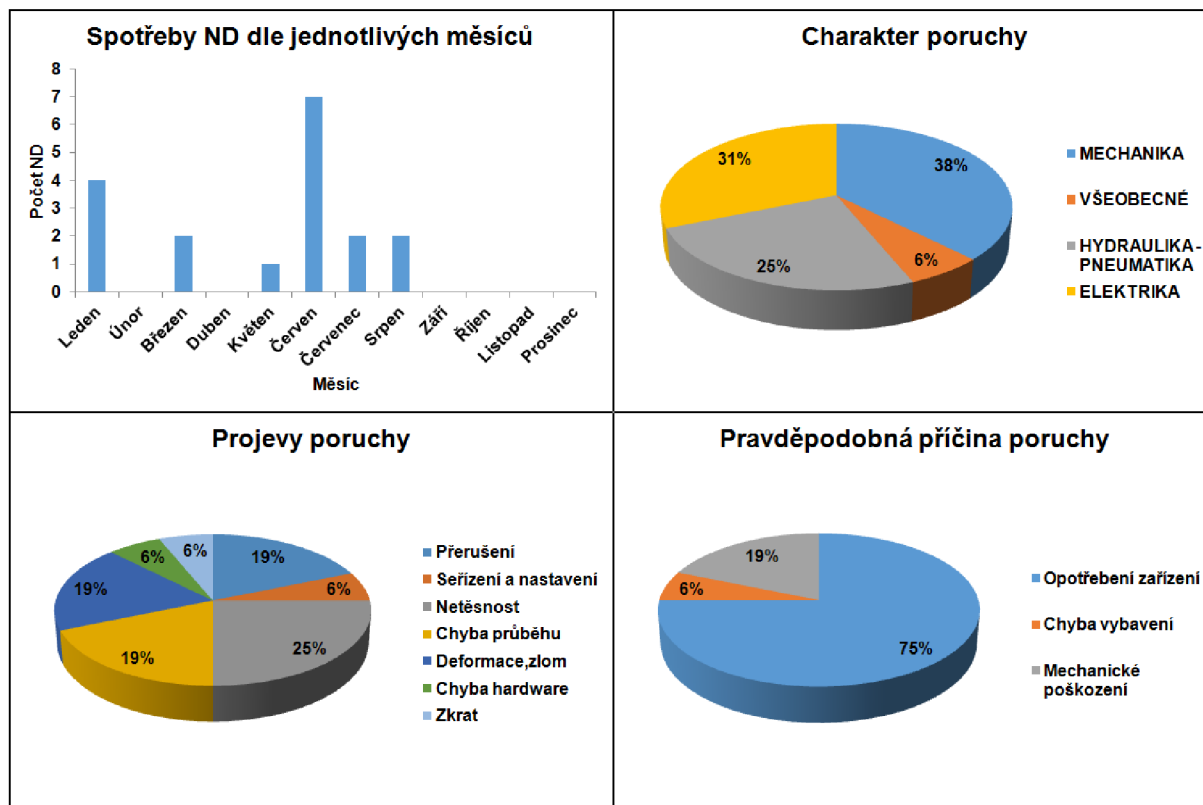
Samotná analýza předchozích výpadků výroby byla zpracována pouze pro vybraná obráběcí centra, a to z důvodu, že charakter i povaha poruch byly takřka stejné u obou oblastí strojních zařízení. Tyto poruchy se lišily pouze nepatrnými rozdíly (průměrná cena ND, procentuální zastoupení, doba výpadku...). Problematika výpadků výroby resp. zastavení vybraných obráběcích center spadá do kategorie vzniku provozuneschopného stavu daného strojního zařízení z vnitřních příčin. Ze získaných dat byly selektovány výpadky vztahující se k těmto výše zmíněným strojům, kde všechna potřebná data k jednotlivým výpadkům jsou uvedena v příloze č. IV. Následně byla provedena analýza těchto dat. Jak je uvedeno v tab. 1, za předchozí rok 2015 došlo celkově k dvanácti výpadkům (k nucenému zastavení vybraných strojů), přičemž celkově bylo při následných nezbytných opravách spotřebováno 18 ND v celkové hodnotě 78 236 Kč. Pro určení průměrného počtu ND na jednu opravu došlo k podílu celkového počtu spotřebovaných ND a počtu poruchových stavů, což po vykonání odpovídalo necelým dvěma ND připadajícím na jednu opravu. Průměrná cena ND byla 6 519 Kč a průměrná doba výpadku byla necelou půlhodinu. Nicméně při podrobném zaměření se na jednotlivé doby výpadků je evidentní, že v případě průměrné doby výpadku se nejedná o směrodatný údaj, protože ve čtyřech případech nebyl uveden celkový čas dané opravy (zakázky) v příslušné databázi. Je na zvážení, zda se jedná pouze o ledabylé vyplnění povinných údajů v databázi výpadků, nebo byla skutečně porucha téměř okamžitě opravena. Rovněž průměrná cena spotřebovaných ND na zakázku je v zásadě pouze orientační, neboť v mnoha případech byl spotřebován ND s pořizovací hodnotou několika desítek korun a na druhou stranu nejdražší díl měl hodnotu desítky tisíc korun, což ovlivnilo výslednou průměrnou částku.

Tab. 1 Základní údaje vztahující se k výpadkům obráběcích center za rok 2015

Počet zakázek	12 ks
Počet spotřebovaných ND	18 ks
Průměrný počet spotřebovaných ND na zakázku	1.5 ks
Cena spotřebovaných ND za celý rok	78 236 Kč
Průměrná cena spotřebovaného ND na zakázku	6 519.63 Kč
Průměrná doba výpadku	0.48 hod

Grafické vyhodnocení jednotlivých výpadků za rok 2015 pro vybraná obráběcí centra představuje rozbor jednotlivých poznámek vyplněných do databáze příslušným pracovníkem údržby, který daný opravárenský úkon prováděl. Jak je z obr. 35 patrné, k největší spotřebě ND došlo v červnu s celkovou bilancí 7 kusů. Druhým měsícem s největším počtem spotřebovaných ND je poté leden se 4 kusy. Naopak v únoru, dubnu, září, říjnu, listopadu a prosinci nedošlo k odběru žádného ND, což koresponduje se skutečností, že nedošlo k žádné poruše uvažovaných obráběcích center. Ve většině případů měly poruchy mechanický charakter (38 % případů), na druhém místě jsou poruchy elektrické povahy (31 % případů). Na třetím místě jsou následně poruchy hydraulicko-pneumatické povahy (25 %). Poslední oblastí jsou poruchy se statusem všeobecné (6 %), do kterých je možné zahrnout blíže nespecifikované události. Při projevech poruch došlo v 25 % případů k netěsnostem soustav, vedoucích provozní a chladicí kapaliny. O druhé místo s 19 % se dělí poruchy s určitou chybou průběhu, poruchy zapříčiněné deformací případně lomem určité části komponenty

stroje a rovněž i poruchy způsobené úplným přerušením procesu. Naopak pouze v 6 % případů došlo k chybám hardwaru, zkratům a nuceným zastavením z důvodu seřízení či nastavení dané komponenty. Na základě těchto stanovisek byla následně vytvořena statistika, která udává, že v 75 % případů došlo ke vzniku poruchy, a to v důsledku opotřebení zařízení, respektive určitého ND. Na druhém místě se poté s 19 % nachází mechanické poškození a na třetím místě poté chyba vybavení (6 %). Vlastní popis opravárenských činností je velice různorodý a zahrnuje rozličné činnosti (výměna pneumatických spojek, přetěsnění, výměna relé, demontáž pístnice, vyčištění špon pod paletou, atd.)



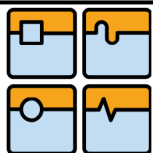
Obr. 35 Vyhodnocení výpadků vybraných obráběcích center za rok 2015

## 5.2 STANOVENÍ HODINOVÉ SAZBY PRO VYBRANÁ STROJNÍ ZAŘÍZENÍ

Před zahájením samotné analýzy dat pomocí navrženého modelu je nezbytné stanovení jednoho velice důležitého parametru, a to hodinové sazby stroje, protože tento parametr nebyl zveřejněn daným oddělením TEF. V důsledku toho musí být proveden expertní odhad, který může být však zatížen značnou nepřesností.

### 5.2.1 STANOVENÍ HODINOVÉ SAZBY - OBRÁBĚCÍ CENTRUM

Dle ceníku je daný produkt, který je vyráběn na vybraných obráběcích centrech, respektive celé lince, prodáván zhruba za 20 000 Kč. Existuje předpoklad, že rabat na každém z výrobků je zhruba 100 %, což je přibližně 10 000 Kč. Za směnu (8 hodin) se vyrobí na celé lince v průměru 600 ks daného výrobku, což znamená přibližně 75 ks za hodinu. Při vynásobení hodinové produkce a rabatu z jednoho finálního výrobku odpovídá hodinová sazba linky zhruba 750 000 Kč. V důsledku toho, že se daná obráběcí centra nacházejí na začátku výrobního procesu v JhP (dochází na nich k obrábění polotovarů, které jsou



tvořeny výkovky), bylo odhadnuto, že tato obráběcí centra přispívají zhruba 20 % přidané hodnoty z celkově vzniklé přidané hodnoty na celé lince, což odpovídá částce 150 000 Kč pro všechny tři stroje dohromady. Po vydělení třemi (přepočít na jeden stroj), obdržíme hodinovou sazbu pro jedno obráběcí centrum přibližně 50 000 Kč při plném vytížení. Nicméně tyto stroje vyrábějí v současné době zhruba na hranici 30 % své skutečné kapacity, takže aktuální hodinová sazba pro jedno zvolené obráběcí centrum je dle odhadu přibližně 15 000 Kč. Tento údaj (tab. 2) je následně použit ve výpočtovém modelu.

Tab. 2 Stanovení hodinové sazby obráběcího centra

Cena vyráběného produktu na trhu	20 000 Kč
Rabat	10 000 Kč
Velikost produkce za směnu	600 ks
Velikost produkce za hodinu	75 ks
Hodinová sazba celé linky	750 000 Kč
Poměrná část pro daný úsek výrobního procesu	150 000 Kč
Hodinová sazba pro jeden stroj (100% vytíženost)	50 000 Kč
Hodinová sazba pro jeden stroj (30% vytíženost)	15 000 Kč

### 5.2.2 STANOVENÍ HODINOVÉ SAZBY - PRAČKA DÍLCŮ

I v tomto případě, kdy chceme analyzovat data vztahující se k vybrané pračce dílců, je nejprve nezbytné stanovit hodinovou sazbu tohoto stroje, protože i v tomto případě nebyl tento parametr zveřejněn daným oddělením TEF. V důsledku toho musí být i zde proveden expertní odhad. Dle ceníku je daný produkt, který je vyráběn na dané lince, přibližně rovněž prodáván za 20 000 Kč. Rabat je uvažován v tomto případě stejný, což je přibližně 10 000 Kč. Za směnu (8 hodin) se vyrobí na celé lince stejný počet kusů daného výrobku, což odpovídá i stejné hodinové produkci 75 ks. Při následném vynásobení hodinové produkce a rabatu z jednoho finálního výrobku odpovídá hodinová sazba linky zhruba stejné částce, a to 750 000 Kč. V důsledku toho, že se pračka dílců nachází přímo za obráběcími centry a nachází se tedy rovněž takřka na začátku výrobního procesu v JhP, bylo odhadnuto, že tato pračka přispívá zhruba 5 % z přidané hodnoty vzniklé na celé lince, což odpovídá částce 37 500 Kč. Tento údaj (tab. 3) je následně použit ve výpočtovém modelu, neboť daná pračka je v současnosti vytížená na 100 %.

Tab. 3 Stanovení hodinové sazby pračky dílců

Cena vyráběného produktu na trhu	20 000 Kč
Rabat	10 000 Kč
Velikost produkce za směnu	600 ks
Velikost produkce za hodinu	75 ks
Hodinová sazba celé linky	750 000 Kč
Hodinová sazba pro stroj	37 500 Kč

### 5.3 ANALÝZA DAT POMOCÍ NAVRŽENÉHO VÝPOČTOVÉHO MODELU PRO STANOVENÍ MÍRY RIZIK

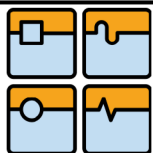
Na základě navrženého modelu bylo provedeno analyzování dat, popsaných v kapitole 5.1.2. Vlastní data, vztahující se k obráběcím centrům a následně analyzována pomocí výpočtového modelu, jsou uvedena v příloze č. V. Data týkající se pračky dílců jsou následně uvedena v příloze č. VI. Výsledky, obdržené v tomto procesu, jsou zaznamenány v tab. 4 a tab. 5. Jak je z těchto tabulek patrné, v případě změn stávající průměrné zásoby ND

na danou úroveň u každého ND (respektive materiálu dle interního značení) na základě akceptování výpočtového modelu, je možné dosáhnout odhadované celkové úspory 30 986 Kč, a to v případě pouze 15 položek z celkových 736 aktivních položek u obráběcích center a 121 416 Kč, a to v případě pouze 22 položek z celkových 356 aktivních položek u pračky dílců. U ostatních ND jak pro obráběcí centra, tak pro pračku nebyla analýza provedena z jednoho prostého důvodu. Pro vykonání potřebné analýzy u ostatních ND pomocí navrženého modelu chyběl jeden z hlavních parametrů, a to intenzita poruch za sledované období, který je určen na základě spotřeb jednotlivých ND pro analyzovaný stroj. Pouze u těchto 15 ND pro obráběcí centra, respektive 22 ND pro pračku, došlo k jistému pohybu ND (spotřebně právě za toto sledované období), a to v rozmezí jednoho až dvou kusů u obráběcího centra a jednoho až pěti kusů u pračky. Na základě tohoto parametru totiž právě dochází k výpočtu avizované intenzity poruch, což je nezbytná položka, která je uvažována ve výpočtovém modelu. Rovněž není model vhodný pro analyzování spotřebního materiálu s měrnou jednotkou metry, neboť dochází k značnému zkreslení výsledků analýzy, proto jsou vhodné pouze materiály s měrnou jednotkou kusy.

Tab. 4 Výsledky analýzy dat za rok 2015 pomocí navrženého modelu – obráběcí centra

Materiál	Stávající průměrná zásoba ND [ks]	Optimální průměrná zásoba ND [ks]	Změna velikosti průměrné zásoby ND [ks]	Porovnání velikosti celkových potenciálních úspor v důsledku změny průměrné zásoby ND [Kč]
F00N.E00.193	1	3	2	1 624 Kč
F00N.E00.414	9	2	-7	19 966 Kč
F00N.E00.484	2	3	1	83 Kč
F00N.E02.017	20	30	10	424 Kč
F00N.E02.027	6	16	10	845 Kč
F00N.E02.124	14	24	10	317 Kč
F00N.E03.841	2	3	1	25 Kč
F00N.E06.951	2	12	10	2 980 Kč
F00N.E11.050	2	-	-2	27 Kč
F00N.E13.827	8	18	10	325 Kč
F00N.E13.828	8	18	10	788 Kč
F00N.E14.884	8	18	10	900 Kč
F00N.E15.769	2	4	2	368 Kč
F00N.E16.443	4	14	10	1 422 Kč
F03C.F15.757	2	+	-2	892 Kč
			<b>Celkem</b>	<b>30 986 Kč</b>



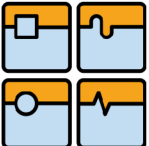


Tab. 5 Výsledky analýzy dat za rok 2015 pomocí navrženého modelu – pračka dílců

Materiál	Stávající průměrná zásoba ND [ks]	Optimální průměrná zásoba ND [ks]	Změna velikosti průměrné zásoby ND [ks]	Porovnání velikosti celkových potenciálních úspor v důsledku změny průměrné zásoby ND [Kč]
F00N.E01.456	1	11	10	6 470 Kč
F00N.E01.565	4	14	10	10 053 Kč
F00N.E02.128	13	23	10	4 859 Kč
F00N.E03.574	3	13	10	24 024 Kč
F00N.E03.697	7	17	10	2 968 Kč
F00N.E04.012	5	15	10	3 427 Kč
F00N.E05.064	2	12	10	6 354 Kč
F00N.E05.339	4	14	10	5 381 Kč
F00N.E06.459	11	21	10	2 841 Kč
F00N.E09.428	1	3	2	3 221 Kč
F00N.E09.450	1	4	3	4 120 Kč
F00N.E11.463	1	3	2	3 650 Kč
F00N.E15.081	1	11	10	6 990 Kč
F00N.E15.979	3	13	10	5 339 Kč
F00N.E16.414	2	4	2	1 911 Kč
F00N.E16.416	1	2	1	2 128 Kč
F00N.E17.924	2	6	4	8 382 Kč
F00N.E17.954	5	6	1	95 Kč
F00N.E20.190	22	32	10	4 166 Kč
F00N.E21.910	4	14	10	9 880 Kč
F00N.E22.412	2	12	10	5 151 Kč
F00N.E24.989	1	-	-1	6 Kč
			<b>Celkem</b>	<b>121 416 Kč</b>

Pro rozšíření portfolia analyzovaných ND bylo uvažováno mnoho možností, kterými by bylo možné chybějící parametr intenzity spotřeb doplnit. Za předpokladu zjištění buďto spotřeb dalších ND z delší historie dat pro vybrané stroje, případně zjištění intenzity poruch těchto ND u dodavatele, by bylo možné pokrýt zdatelně širší spektrum těchto ND a provést tak jejich analýzu. Další možností je odhad intenzity poruch případně intenzity spotřeb jednotlivých ND na základě kvalifikovaného odhadu. Nicméně tyto možnosti již s sebou přinášejí jistá rizika spojená s nepřesnostmi dílčích odhadů, a proto nemohou být brána v úvahu na prvním místě. Taktéž by bylo možné vyhledat podobný ND, který by se přibližně rovnal svojí charakteristikou sledovanému ND. Bohužel, tato představa se nezakládá na objektivních předpokladech týkajících se skutečnosti, že ve své podstatě každý ND je jedinečný, specifický a není možné definovat jeho charakteristiku (v našem případě intenzitu poruch) na základě jiného výrobku.

Nicméně pokud by došlo k dohledání příslušného parametru intenzity poruch pro jednotlivé ND, existuje potenciál případných úspor v podobě 736 ND, které jsou stále aktivní a především potenciál úspor pro 228 ND z nich, které mají větší objednávací hladinu než 1 ks u obráběcích center. U pračky dílců poté existuje potenciál případné úspory v podobě 356 ND, které jsou stále aktivní a především potenciál úspor pro 179 ND z nich, které mají větší objednávací hladinu než 1 ks. V obou případech, kde je objednávací hladina vyšší než 1 ks existuje případně možnost modifikovat případné hladiny z počáteční úrovně o určitý počet ND na nižší úroveň. Pokud vezmeme v úvahu průměrnou zásobu těchto dílců na skladě, jedná se o částku přesahující 5 000 000 Kč pro obráběcí centra a více než 1 000 000 Kč pro pračku dílců, a to pouze při uvažování právě aktivních ND s objednávací hladinou větší než 1 ks u obou typů strojních zařízení. Je evidentní, že se tedy jedná o velký potenciál

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 74
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

případných úspor v důsledku změn hladin i za předpokladu redukce skladových zásob o pouhých 5 až 10 %. V globálním měřítku celého JhP a případně i celého koncernu se poté jedná o několikanásobně větší a tudíž i potenciálně zajímavější částky.

#### **5.4 NÁVRH STRATEGIE NOVÉHO POSTUPU VYŘAZOVÁNÍ ZÁSOB NÁHRADNÍCH DÍLŮ**

Vytvořený výpočtový model, navržený pro stanovování patřičných hladin ND, je založen na odlišné podstatě, respektive využívá odlišného pohledu na danou problematiku oproti stávající metodě využívané pro řízení zásob ND. Zatímco stávající metodika stanovování hladin jednotlivých ND na základě bootstrappingu uvažuje především historická data založená na spotřebách jednotlivých ND v kombinaci s kritičností daného strojního zařízení, navržený model je založen na zcela odlišném principu uvažujícím potenciální vznik rizik zastavení daného strojního zařízení, které porovnává s náklady na držení daných ND. Díky tomuto držení ND poté dochází k minimalizaci rizik vzniku potenciálního deficitu daného ND. Samotný výsledek porovnání by měl být takový, že díky vhodného hladině by měly být co nejnižší náklady na držení ND a zároveň co nejnižší náklady na případné riziko vzniku deficitu po daném ND. Mezi největší nevýhody stávajícího systému patří skutečnost, že není rozlišena spotřeba pro jednotlivé stroje, ale je sledovaný pouze pohyb daného ND v celém skladovém hospodářství, tzn. mimo jiné, není brán v potaz jeden z hlavních parametrů v nově navrženém výpočtovém modelu, a to podíl poruch sledovaného strojního zařízení oproti ostatním strojům.

Tento výrazný nedostatek je poté velice obtížně překonatelný při zvažování redukce daných ND například v definované situaci, kdy existuje jistý zájem na odstavení daného strojního zařízení na konci vlastního životního cyklu dle BP, kde existuje i jistý požadavek redukce ND náležící tomuto stroji. Při hlubším uvažování je tento problém v současné době možné překonat jenom za pomoci kvalifikovaného odhadu stanovujícího rozhodnutí, že uvažovaný ND „snad nebude třeba držet na skladě“, a proto je možné jeho vyskladnění. Díky této skutečnosti nezřídka vznikají situace, kdy je akutní poptávka po daném ND, který se bohužel momentálně nenachází v MAZE skladu. Toto je problémem především u kritických strojních zařízení, kde jejich zastavení znamená zastavení celé výrobní linky. V případě nedostupnosti daného ND následně hrozí avizované výrazně dlouhé zastavení strojního zařízení, způsobující nemalé ztráty na zisku společnosti, respektive nedodržení termínů zákaznických dodávek a s tím spojené ztráty zákaznické důvěry. Aby se v případě této vzniklé situace zabránilo velkým ztrátám, je poté daný ND požadován odpovědným pracovníkem v co nejkratším čase, takže v historii nejedné společnosti nastávají situace, kdy byl daný ND zrychleně dodán do dané lokace taxi službou, případně dokonce i helikoptérou. Částky za tento způsob dopravy jsou sice výrazné, nicméně pořád jsou nižší než potenciální ztráty v důsledku dlouhodobého zastavení výrobní linky. Nyní vyvstávají dvě otázky: *„Není možné se vyvarovat tohoto druhu plýtvání, spojené s deficitem daného ND na základě nesprávného rozhodnutí o vyskladnění daného ND ze skladu?“*, respektive *„Je možné najít efektivní nástroj, který by mohl v těchto situacích výrazně přispět v řešení této problematiky?“*





Jak již bylo zmíněno v prvním odstavci této kapitoly, navržený výpočtový model vychází z úplně jiné podstaty než stávající systém. Mimo vlastní uvažovaná historická data (jako v případě bootstrappingu) jsou navíc do tohoto algoritmu zahrnuty i parametry specifikující současnost i potenciální vznik daných situací v budoucnosti. Celkově se uvažuje



33 závislých i nezávislých vstupních proměnných, ze kterých vychází 42 rovnic, na jejichž základě jsou uvažovány možné situace, přičemž největší pozornost je věnována nejhoršímu možnému scénáři, a to zastavení daného strojního zařízení v důsledku zmaření všech snah o včasnou nápravu této negativní situace. Díky takto nastavenému systému je možné daleko efektivnějším způsobem postihnout možné situace, a tudíž nezakládat rozhodnutí pouze na historii, ale uvažovat i vznik dané možné situace v budoucnosti.

Při návrhu strategie postupu vyřazování zásob ND v návaznosti na zveřejněném BP, by měly být nejprve v navrženém výpočtovém modelu důsledně vyplněny veškeré vstupní parametry. Rovněž je doporučeno řídit se návodem k obsluze tohoto modelu pro eliminaci možných chybných analýz, a tudíž i stanovení neprůkazných výsledků. Několik vstupních parametrů bylo stanoveno na základě expertního odhadu, protože neexistuje databáze, která by zabezpečovala odpovědi týkající se otázek stanovení těchto parametrů. Je vhodné se zaměřit a prodiskutovat relevanci těchto expertních odhadů, i když nepřispívají tak významnou měrou k celkovému výsledku stanovenému pomocí tohoto výpočtového modelu (mimo expertně stanovené hodinové sazby stroje). Při vyhodnocování analyzovaných dat je vhodné se zaměřit dle Paretova pravidla především na 20 % nejnákladnějších ND, protože u nich je největší potenciál případných úspor. Obecně je možné říci, že tento výpočtový model není použitelný pouze na stroje a strojní zařízení, ale v případě úpravy daných vstupních parametrů je možné tento nástroj využít i v případě strojních zařízení, u kterých se počítá s pokračováním jejich využívání (ještě se nenachází na konci svého životního cyklu, případně je zamýšleno zachovat jejich činnosti ve výrobním procesu).

Jako každý model, tak i tento navržený výpočtový nástroj je pouze abstrakcí reálného průběhu daného sledu jednotlivých událostí, které mohou nastat v případě řízení zásob ND. S tímto faktem jdou ruku v ruce určité nepřesnosti. V tomto případě je možné nepřesnosti tohoto modelu shrnout do několika poznatků. Vstupní parametry založené na expertním odhadu mohou být zatíženy určitou nepřesností, i když ve většině případů tato rozhodnutí stanovují zkušení pracovníci, kteří si daná rozhodnutí mohou dovolit z toho titulu, že disponují dlouholetými zkušenostmi, takže jsou schopni vyslovit poměrně relevantní stanoviska k jednotlivým parametrům. Taktéž parametry stanovené na základě historických dat jsou zatíženy jistou nepřesností, neboť ačkoli je budoucnost odrazem historie, v případech především sporadické poptávky po ND na základě nepředvídatelného vzniku poruch neexistuje stoprocentní jistota správnosti výsledku. Při uvažování určených nákladů na držení daných ND, jež jsou odvozeny jako 9 % z průměrné hodnoty zásob ND na skladě, existuje jistá podmínka správnosti předpokladu vztahující se k započítání dalších dílčích nákladů na držení zásob ND. Částka odpovídající právě 9 % z průměrné ceny ND na skladě je společností každoročně placena jako daň za držení těchto skladových zásob. Ostatní náklady spojené se skladováním ND nejsou na základě rozhodnutí poradců TEF uvažovány, neboť jsou zahrnuty do hodinové sazby údržby. Pro uvažovaný model by bylo vhodnější zakomponovat tyto přidané náklady (platy zaměstnanců, pojištění budov, energie, obsazená skladová plocha daným ND atd.) do celkové rozvahy, neboť by nepochybně došlo k jistému zpřesnění celkového výsledku. Toto tvrzení je podpořeno faktem, že vypočtená rizika jsou porovnávána ve své podstatě pouze s cenou průměrné zásoby ND, respektive s určitým podílem, který je nutné zaplatit jako daň z držení, a není uvažována například zmíněná zastavěná plocha v důsledku setrvání daného ND ve skladě po určitou dobu. Jako příklad je možné uvést určitou míru rizika, které by bylo možné absolutně eliminovat například navýšením stávající průměrné zásoby 10 ks daného ND například na hodnotu 100 ks (určeno dle navrženého výpočtového modelu). Je evidentní, že ačkoliv je pořizovací cena jednoho ND

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Str. 76

zanedbatelná oproti pravděpodobnosti vzniku rizika zastavení výrobního procesu, není opodstatněné kupovat dalších 90 ks ND jako pojistku proti případnému deficitu především z důvodu, že i když se jedná o levný ND, tak díky jeho rozměrům by mohlo dojít k zastavení výrazné plochy skladiště a následně by již nebyl prostor pro důležitější ND. Proto je tento model v současném stavu vhodný především pro avizovaných 20 % položek selektovaných dle Paretova pravidla, neboť se jedná právě o potenciálně „nejzajímavější“ ND. Předposledním ze zmíněných omezení je skutečnost, že mnoho ND má objednávací hladinu stanovenou na úroveň 1 ks, takže v tomto případě téměř neexistuje potenciál pro případnou redukci průměrné zásoby. Tato skutečnost je spojená především s klíčovými ND, u kterých je zamýšleno, že minimálně 1 ks by měl být vždy přítomen v MAZE skladu (i za předpokladu vázání značného kapitálu - odvod 9 %, případně zastavení skladového prostoru), a to jako pojistka proti zastavení kritického stroje respektive celé linky v důsledku vzniku deficitu po tomto ND. Nakonec, u poptávek po skladových zásobách, kdy je vlastní generování objednávky na dodání nového ND sestaveno na základě sporadické a mnohdy nevypočitatelné poruchy, je velice obtížné analyzovat historická data v případech, kdy došlo jenom ke zlomku spotřeb z celkového listu ND určených pro dané strojní zařízení. Nízká spotřeba ND na daném stroji je na jednu stranu dobrá vlastnost charakterizující vysokou spolehlivost daného strojního zařízení, nicméně na druhou stranu je o to obtížnější definovat ty ND, u kterých dojde k poruše, potažmo definovat jejich odpovídající zásobu na skladě za účelem zabránit kritickému deficitu po těchto ND v případě vzniku poruchy, pokud nejsou dostupná historická data. Tento problém se dá částečně vyřešit získáním parametru intenzity poruch, případně střední doby mezi poruchami k jednotlivým ND od jejich dodavatele, i když ve většině případů se tento údaj od skutečnosti liší (reálný provoz v JhP, případně jiné výrobní podmínky, podnebí atd.).



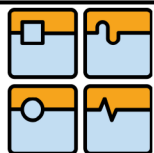
## ZÁVĚR

Při zpětném pohledu na hlavní úkol, a to navržení řešení pro stávající situaci řízení zásob náhradních dílů pro stroje a strojní zařízení ve výběhu je možné vyslovit obecné zhodnocení, že se úspěšně podařilo navrhnout požadovanou metodiku. Ta spočívá ve formě výpočtového modelu pro stanovení míry rizik v kombinaci s příslušnými doporučeními. Nejprve bylo nezbytné definovat základní parametry, vstupy a výstupy ovlivňující uvažovaný proces. Díky podrobné analýze jednotlivých souvislostí vztahujících se ke vzpomínanému řízení zásob náhradních dílů a následnému vytipování jednotlivých parametrů, byla úspěšně započata tvorba výpočtového modelu. V dalším kroku, při vlastním utváření modelu, bylo využito Analýzy stromu událostí. Díky ní došlo k popisu jednotlivých pravděpodobností vztahujících se k procesu nakládání s náhradními díly a procesu provozu daného strojního zařízení. Pomocí kombinace těchto procesů bylo následně možné získat pravděpodobnost koncové situace, která byla dále použita při stanovování míry rizik. Posléze byla tato rizika porovnána s náklady na držení jednotlivých skladových položek.

Při analýze předchozích výpadků výrobních činností v důsledku poruch obráběcích center, došlo dle získaných dat k rozepsání klíčových parametrů týkajících se uvažovaných poruch. Poté bylo vykonáno vlastní vyhodnocení. Zjistilo se, že více než 75 % výpadků bylo způsobeno s největší pravděpodobností opotřebením daného strojního zařízení. Charakter poruch byl vesměs smíšený s největším podílem mechanických poruch (38 %) a poruch elektrického rázu (31 %).

Simulace variantních zadání a vlastní vyhodnocení bylo provedeno na dvou typech strojů. Prvním z nich jsou tři totožná obráběcí centra a druhým poté pračka dílců. U prvních ze zmíněných strojů došlo ke zjištění, že v případě optimalizace vybraných náhradních dílů na základě doporučení výpočtovým model, je možné dosáhnout celkové úspory 30 986 Kč u jednoho obráběcího centra v době od začátku roku 2016 do okamžiku vyřazení tohoto stroje. Daná úspora je dosažitelná v případě pouze 15 položek z celkových 736 uvažovaných náhradních dílů. Pro umožnění analyzování dalších položek je nezbytné získat parametry intenzity poruch, případně střední doby mezi poruchami pro tyto náhradní díly. V druhém případě vztahujícím se k pračce dílců došlo ke stanovení celkových potenciálních úspor ve výši 121 416 Kč rovněž v časovém intervalu do okamžiku vyřazení tohoto stroje. Potenciální úspora je tvořena změnou hladin u 22 položek. U ostatních 356 uvažovaných položek je rovněž nutné získat jeden z výše zmíněných parametrů.

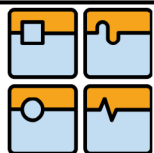
Návrhu strategie postupu vyřazování zásob obsahuje zpočátku popis a vysvětlení odlišné podstaty mezi stávajícím systémem určujícím odpovídající hladiny náhradních dílů na bázi bootstrappingu a navrženým výpočtovým modelem. U každého z přístupů byly rovněž popsány klady a zápory. V neposlední řadě byl doporučen vhodný postup při užívání navrženého modelu pro získání adekvátních výsledků v kombinaci s dalšími principy, jako například užitím Paretova pravidla. Závěrem je možné říci, že ačkoliv má výpočtový model některé nedostatky zmíněné v předchozí kapitole, jedná se o funkční rozhodovací nástroj. Navíc při podrobné rešerši současných prací nebyl nikde žádný podobný přístup, potažmo celistvý model uveden, a to ani v případě zahraničních zdrojů. Tato práce může tedy sloužit i jako inspirace pro následnou modifikaci, zdokonalení a korekci vlastního přístupu dalšími inovátory v této oblasti.

**POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE**

- [1] HINRICHS, Bernd. *ABC-ANALYSIS* [online]. EMDEN: University of Applied Sciences, 2011 [cit. 2016-01-09]. Dostupné z: <http://www.hs-emden-leer.de/forschung-transfer/projekte/controlling-lexikon/controlling-themen/a/abc-analysis.html>
- [2] WILLEMAIN, Thomas R., Ph.D. *Accurate Forecasts of Spare Parts Demand* [online]. Belmont,: Smart Software, Inc., 2012, s. 42 [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <https://www.informs.org/content/download/264931/2499962/file/Smart Software Accurate Forecasts of Spare Parts Demand.pdf>
- [3] *CERN - European Organization for Nuclear Research: Administrative Information Services* [online]. 2004 [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: <https://ais.web.cern.ch/ais/apps/lims/EXCEPT~1convert.html>
- [4] HLADÍK, Tomáš, Marek ŠUCHA a Petr TULACH. *Efektivní řízení zásob náhradních dílů v údržbě* [online]. Praha: LOGIO s.r.o., 2009 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.logio.cz/wp-content/uploads/2009/11/efektivni-rizeni-zasob-nahradnich-dilu-v-udrzbe.pdf>
- [5] *Efektivní řízení zásob náhradních dílů v údržbě* [online]. IT SYSTEMS, 2009(1-2) [cit. 2016-01-11]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/efektivni-rizeni-zasob-nahradnich-dilu-v-udrzbe.htm>.
- [6] *Firemní a školící materiály, směrnice* Robert Bosch GmbH. [cit. 2016-01-18].
- [7] SYNTETOS, Aris A., M. Zied BABAI a Everette S. GARDNER. *Forecasting Intermittent Inventory Demands: Simple Parametric Methods vs. Bootstrapping\** [online]. 2014, February 18, 2014, s. 31 [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: [http://www.bauer.uh.edu/gardner/docs/pdf/Forecasting intermittent demand R2 \(JBR\) 3.pdf](http://www.bauer.uh.edu/gardner/docs/pdf/Forecasting intermittent demand R2 (JBR) 3.pdf)
- [8] WILLEMAIN, Thomas R., Ph.D. *INFORMS/MAS Tutorial: Managing Spare Parts* [online]. Rensselaer Polytechnic Institute: Smart Software, Inc., 2012, s. 74 [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <https://www.informs.org/content/download/264930/2499958/file/Smart Software Managing Spare Parts INFORMS Phoenix.pdf>
- [9] BOSCH DIESEL s.r.o., *Intranet*, [online]. [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: [http://www.intranet.bosch.com/rbcj/plant/index\\_cz.asp/](http://www.intranet.bosch.com/rbcj/plant/index_cz.asp/).
- [10] BYRD, Daniel M. a C. Richard. COTHERN. *Introduction to risk analysis: a systematic approach to science-based decision making*. Rockville, MD: Government Institutes, c2000. ISBN 08-658-7696-7.
- [11] DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK. *Logistika - procesy a jejich řízení*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2003, 334 s. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 80-722-6521-0.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 79
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [12] *Elektronický odborný časopis o technologii, technice a logistice v dopravě: Metódy na podporu rozhodovania o spôsobe obstarávania materiálových vstupov výrobných podnikov* [online]. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2010, 5(III) [cit. 2016-01-09]. ISSN 1801-674X. Dostupné z: [http://pernerscontacts.upce.cz/19\\_2010/Sedliak.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/19_2010/Sedliak.pdf)
- [13] LOUIT, D, R PASCUAL, D BANJEVIC a AKS JARDINE. Optimization models for critical spare parts inventories—a reliability approach. *Operational Research Society Ltd.* [online]. 2011, , 14 [cit. 2016-05-14]. ISSN 0160-5682.
- [14] LEGÁT, Václav a Martin STÁVEK. *Preventivní údržba zvyšuje bezporuchovost a snižuje riziko kritické poruchy* [online]. Česká společnost pro jakost, 2013 [cit. 2016-01-13]. ISBN 978-80-02-02486-6. Dostupné z: [http://www.csq.cz/fileadmin/user\\_upload/Spolkova\\_cinnost/Odborne\\_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/sbornik\\_192\\_52.pdf](http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/sbornik_192_52.pdf)
- [15] HELEBRANT, František, Ladislav HRABEC a Jan BLATA. *Provoz, diagnostika a údržba strojů* [online]. VYSOKÁ ŠKOLA BĀŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA FAKULTA STROJNÍ. Ostrava, 2013, s. 219 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF.pdf>
- [16] SMITH, David John a C. Richard. COTHERN. *Reliability, maintainability, and risk: practical methods for engineers*. 6th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN 07-506-5168-7.
- [17] JAFNI A., Ibrahim, Imran KAMAL, Udin ZULKIFLI M. a Hasni NOR. *Risk based prediction technique on critical spare parts requirement for plant producer*. *Asian Research Publishing Network*[online]. 2015(10), 7 [cit. 2016-05-14]. ISSN 1819-6608.
- [18] EMMETT, Stuart. *Řízení zásob: jak minimalizovat náklady a maximalizovat hodnotu*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, vi, 298 s. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-1828-3.
- [19] HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT. *Řízení zásob: logické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přeprac. vyd. Praha: Profess, 1998, 236 s. Poradce controllingu. ISBN 80-852-3555-2.
- [20] HAMMER, Miloš. *Spolehlivost 1: Učební materiály*. Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. [cit. 2016-04-07].
- [21] *Tools for making acute risk decisions with chemical process safety applications*. New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, c1995. ISBN 08-169-0557-6.
- [22] HRDLIČKOVÁ, Zuzana. *Základní rozdělení pravděpodobnosti: Diskrétní rozdělení pravděpodobnosti* [online]. Brno: UM FSI v Brně, 2009 [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: [mathonline.fme.vutbr.cz/download.aspx?id\\_file=628](http://mathonline.fme.vutbr.cz/download.aspx?id_file=628)

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ***Zkratky a symboly použité v textu*

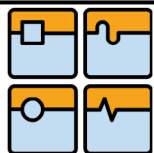
BP	Business Plán
CMB	Condition-Based Maintenance
EOQ	Economic Order Quantity
ETA	Event Tree Analysis
JhP	Bosch Diesel s.r.o. Jihlava
LT	Lead Time
MAZE	Sklad náhradních dílů, případně zkratka pro samotné náhradní díly
MDS/Indira	Systém pro sdílení náhradních dílů prostřednictvím SAP v rámci koncernu Bosch
MFX	Výrobní úsek
ND	Náhradní díl
SAP	Systems-Applications-Products in data processing
TEF	Technical Functions

*Zkratky a symboly použité ve výpočtovém modelu*

a	[ks]	Počet ostatních strojů v JhP, na kterých je daný ND zaměnitelný
b	[ks]	Spotřeba daného ND pro ostatní stroje v JhP za sledované období, bez uvažovaného/ných stroje/jů
$C_{ND}$	[Kč]	Průměrná cena daného ND
$H_S$	[Kč/hod]	Hodinová sazba stroje/linky, pro které je výpočet uvažován
MTBF	[hod]	Střední doba mezi poruchami daného ND
n	[ks]	Počet totožných strojů, pro které je výpočet uvažován
$N_{DZ}$	[Kč]	Náklady na držení průměrné zásoby ND do okamžiku vyřazení stroje
P	[Kč]	Porovnání velikosti celkových potenciálních úspor v důsledku změny průměrné zásoby ND
$P_{1/1}$	[-]	Pravděpodobnost použitelnosti daného ND na jiný stroj v JhP
$P_{1/2}$	[-]	Pravděpodobnost nepoužitelnosti daného ND na jiný stroj v JhP
$P_{10/1}$	[-]	Pravděpodobnost možnosti akutní opravy daného defektního ND
$P_{10/2}$	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti akutní opravy daného defektního ND
$P_{2/1}$	[-]	Pravděpodobnost vhodnosti dalšího držení daného ND v MAZE skladu
$P_{2/2}$	[-]	Pravděpodobnost nevhodnosti dalšího držení daného ND v MAZE skladu
$P_{3/1}$	[-]	Pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira
$P_{3/2}$	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira
$P_{3/3}$	[-]	Pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND



		přes systém MDS/ Indira
P <sub>3/4</sub>	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND přes systém MDS/ Indira
P <sub>4/1</sub>	[-]	Pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi
P <sub>4/2</sub>	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi
P <sub>4/3</sub>	[-]	Pravděpodobnost možnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi
P <sub>4/4</sub>	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti odprodání daného ND externímu zákazníkovi
P <sub>5/1</sub>	[-]	Pravděpodobnost vzniku poruchy daného ND na uvažovaném/ných stroji/jích
P <sub>5/2</sub>	[-]	Pravděpodobnost bezporuchového provozu daného ND na uvažovaném/ných stroji/jích
P <sub>6/1</sub>	[-]	Pravděpodobnost nutnosti výměny daného defektního ND při vzniku poruchy na uvažovaném/ných stroji/jích
P <sub>6/2</sub>	[-]	Pravděpodobnost nenutnosti výměny daného defektního ND při vzniku poruchy na uvažovaném/ných stroji/jích
P <sub>7/2</sub>	[-]	Pravděpodobnost nedostupnosti daného ND v MAZE skladu
P <sub>8/1</sub>	[-]	Pravděpodobnost možnosti akutní dodávky daného ND přes systém MDS/Indira
P <sub>8/2</sub>	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti akutní dodávky daného ND přes systém MDS/Indira
P <sub>9/1</sub>	[-]	Pravděpodobnost možnosti akutní dodávky daného ND externím dodavatelem
P <sub>9/2</sub>	[-]	Pravděpodobnost nemožnosti akutní dodávky daného ND externím dodavatelem
P <sub>eo</sub>	[-]	Pravděpodobnost odprodeje daného ND externímu zákazníkovi
P <sub>io</sub>	[-]	Pravděpodobnost interního odprodeje přes systém MDS/Indira
P <sub>ξ</sub>	[-]	Pravděpodobnost šrotace daného ND
r	[ks]	Celkový počet poruch daného ND během sledovaného období na uvažovaném/ných stroji/jích
R <sub>S</sub>	[Kč]	Celkové riziko zastavení stroje/linky během sledovaného období
S <sub>MH</sub>	[ks]	Stávající maximální hladina daného ND
S <sub>OH</sub>	[ks]	Stávající objednací hladina daného ND
S <sub>PZ</sub>	[ks]	Průměrná zásoba daného ND na skladě
T	[hod]	Délka sledovaného období
T <sub>V</sub>	[měsíc]	Plánovaný měsíc vyřazení stroje
U	[Kč]	Úspory při změně průměrné velikosti zásoby ND do okamžiku vyřazení stroje
V	[Kč]	Vyhodnocení: Úspory x rizika do okamžiku vyřazení stroje
Z <sub>PZ</sub>	[ks]	Změna velikosti průměrné zásoby daného ND
Z <sub>R</sub>	[-]	Poměr změny rizika v důsledku změny průměrné zásoby daného ND
λ	[hod <sup>-1</sup> ]	Intenzita poruch daného ND



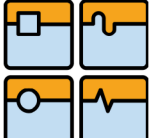
## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

### Seznam obrázků

Obr. 1 Hodnotový tok výroby .....	10
Obr. 2 Vanová křivka opotřebení.....	11
Obr. 3 Konečná fáze průběhu Vanové křivky .....	12
Obr. 4 Strukturní podstata managementu rizik.....	14
Obr. 5 Blokové schéma procesu ošetřování rizik .....	14
Obr. 6 Rovnovážný stav zásob neboli “The Sweet Spot .....	18
Obr. 7 Optimální úroveň mezi náklady na riziko a náklady na skladování.....	20
Obr. 8 Základní model pro výpočet míry rizik .....	20
Obr. 9 Systém pohybu u neopravitelných náhradních dílů.....	21
Obr. 10 Systém pohybu u opravitelných náhradních dílů.....	22
Obr. 11 Bootstrapping, příklad predikce spotřeb náhradních dílů na 4 týdny .....	25
Obr. 12 Stochastická předpověď spotřeby na základě metodiky Smart-Willemain .....	26
Obr. 13 Automatizované hladinové řízení zásob náhradních dílů.....	27
Obr. 14 Znázornění podstaty metody EOQ .....	28
Obr. 15 Hlavní podstata řízení spotřeby zásob náhradních dílů .....	30
Obr. 16 Zobecněný životní cyklus náhradního dílu .....	31
Obr. 17 Lorenzova křivka, grafické znázornění podstaty ABC analýzy .....	33
Obr. 18 Metoda ABC, rozložení tříd dle podílů jednotlivých položek.....	33
Obr. 19 Systém EOQ v Bosch Diesel s.r.o. Jihlava.....	38
Obr. 20 Stávající systém a zamýšlený systém redukce úrovně zásob náhradních dílů .....	44
Obr. 21 Periodické řízení zásob náhradních dílů .....	45
Obr. 22 Proces nakládání s náhradními díly .....	47
Obr. 23 Proces provozu stroje.....	49
Obr. 24 Faktory ovlivňující proces rozhodování při řízení zásob náhradních dílů .....	50
Obr. 25 Listy výpočtového modelu „Rizika“ .....	54
Obr. 26 List „Vstupní data“, první část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	55
Obr. 27 List „Vstupní data“, druhá část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	55
Obr. 28 List „Výstupní data“, první část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	60
Obr. 29 List „Výstupní data“, druhá část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	60
Obr. 30 List „Vyhodnocení“, první část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	63
Obr. 31 List „Vyhodnocení“, druhá část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	64
Obr. 32 List „Vyhodnocení“, třetí část listu výpočtového modelu „Rizika“ .....	66
Obr. 33 Tabulková databáze - Business plán pro rok 2016 .....	67
Obr. 34 Tabulková databáze - Data za rok 2015 .....	68
Obr. 35 Vyhodnocení výpadků vybraných obráběcích center za rok 2015.....	70

### Seznam tabulek

Tab. 1 Základní údaje vztahující se k výpadkům obráběcích center za rok 2015 .....	69
Tab. 2 Stanovení hodinové sazby obráběcího centra.....	71
Tab. 3 Stanovení hodinové sazby pračky dílců .....	71
Tab. 4 Výsledky analýzy dat za rok 2015 pomocí navrženého modelu – obráběcí centra.....	72
Tab. 5 Výsledky analýzy dat za rok 2015 pomocí navrženého modelu – pračka dílců.....	73

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 83
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## SEZNAM PŘÍLOH

*Příloha č. I:* Zdrojový kód jednotlivých listů výpočtového modelu „Rizika“

*Příloha č. II:* List „Popis proměnných“ výpočtového modelu „Rizika“

*Příloha č. III:* List „Návod na použití“ výpočtového modelu „Rizika“

*Příloha č. IV:* Rozpis výpadků za rok 2015 pro vybraný stroj

*Příloha č. V:* Analyzovaná data obráběcích center ve výpočtovém modelu „Rizika“

*Příloha č. VI:* Analyzovaná data pračky dílců ve výpočtovém modelu „Rizika“