# Aplikace moderních nástrojů a metod managementu jakosti v procesu výroby

Bc. Iveta Šedivá

Diplomová práce
2010

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2009/2010

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení: | **Bc. Iveta ŠEDIVÁ** |
| Studijní program: | **N 3909 Procesní inženýrství** |
| Studijní obor: | **Výrobní inženýrství** |
| Téma práce: | **Aplikace moderních nástrojů a metod managementu jakosti v procesu výroby** |

Zásady pro vypracování:

1. **Principy a koncepce managementu jakosti**
2. **Používané metody a nástroje zabezpečování jakosti**
3. **Princip a použití rozhodovacího diagramu a FMEA metod**
4. **Aplikace metody FMEA technologického procesu černění**
5. **Vyhodnocení a doporučení provedené FMEA**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:


**1. VDA 4 – Zajišťování kvality před sériovou výrobou. Kapitola: FMEA produktu, FMEA procesu, 2007**
**2. PLURA J.:Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Computer Press Praha, 2001**
**3. ČSN EN ISO 9001:2008 Systémy managementu jakosti**
**4. Nenadál,J. a kol.: Moderní systémy řízení jakosti. Management Press, Praha, 1998**


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Hrdina**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2010**

Ve Zlíně dne 21. ledna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
*děkan*

L.S.

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická

doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
*vedoucí katedry*

Příjmení a jméno: Šedivá Iveta Obor:Výrobní inženýrství

# P R O H L Á Š E N Í

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně .....

.....

*[1)] zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:*
*(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.*

*(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*
*(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*
*[2)] zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*
*(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*
*[3)] zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*
*(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*
*(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*
*(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## ABSTRAKT

V diplomové práce jsou uvedeny principy a teoretické základy managementu jakosti. Déle se zde nachází detailní popis teorie sedmi nových nástrojů managementu jakosti a princip analýzy FMEA. Tyto nástroje a metody managementu jakosti jsou v praktické části aplikovány na proces povrchová úprava kovů - černění.

Klíčová slova: management jakosti, sedm nových nástrojů managementu jakosti, analýza FMEA, povrchová úprava kovů

## ABSTRACT

In this dissertation has been stated principles and teoretical foundations of management guality. I also describe seven new devices of management quality and principle FMEA analysis. This devices and this managemet quality are applying in metal finishing.

Keywords: management guality, seven new devices of management quality, FMEA analysis, metal finishing

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH


**ÚVOD** ..... **10**

**I TEORETICKÁ ČÁST** ..... **11**

**1 PRINCIPY A KONCEPCE MANAGEMENTU JAKOSTI** ..... **12**

1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ MANAGEMENTU JAKOSTI ..... 12

1.2 SOUČASNÉ KONCEPCE MANAGEMENTU JAKOSTI ..... 13

1.2.1 Koncepce odvětvových standardů ..... 13

1.2.2 Koncepce managementu jakosti na bázi norem ISO ..... 15

1.2.3 Koncepce managementu jakosti na bázi TQM ..... 18

**2 ZLEPŠOVÁNÍ V SYSTÉMECH MANAGEMENTU JAKOSTI** ..... **21**

**3 SEDM NÁSTROJŮ MANAGEMENTU JAKOSTI** ..... **22**

3.1 AFINITNÍ DIAGRAM (DIAGRAM AFINITY) ..... 23

3.2 RELAČNÍ DIAGRAM (DIAGRAM VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ) ..... 24

3.3 SYSTEMATICKÝ (STROMOVÝ) DIAGRAM ..... 26

3.4 MATICOVÝ DIAGRAM ..... 27

3.5 ANALÝZA ÚDAJŮ V MATICI ..... 29

3.5.1 Analýza hlavních komponentů ..... 30

3.5.2 Stanovení vzdáleností mezi vícerozměrnými proměnnými ..... 30

3.5.3 Mapa (vjemová mapa, poziční mapa) ..... 31

3.5.4 Plošný diagram ..... 32

3.6 DIAGRAM PDPC ..... 34

3.7 SÍŤOVÝ DIAGRAM ..... 35

**4 METODA FMEA** ..... **39**

4.1 FMEA NÁVRHU PRODUKTU ..... 39

4.2 FMEA PROCESU ..... 42

4.3 SYSTÉMOVÁ FMEA ..... 44

**II PRAKTICKÁ ČÁST** ..... **45**

**5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI** ..... **46**

5.1 TECHNOLOGIE ČERNĚNÍ ..... 47

5.1.1 Proces černění ..... 47

**6 FMEA PROCESU ČERNĚNÍ** ..... **50**

**7 APLIKACE FMEA PROCESU** ..... **53**

7.1 SESTAVENÍ TÝMU ..... 53

7.2 VYTVOŘENÍ FORMULÁŘE PRO TÝM FMEA ..... 53

7.3 HODNOCENÍ ..... 56

7.3.1 Hodnocení stavu před realizací opatření ..... 57

7.3.2 Hodnocení stavu po zavedení opatření ..... 62

7.4 VYHODNOCENÍ ..... 63
**8 NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ ..... 66**
8.1 ANALÝZA NÁPRAVNÝCH PROTIOPATŘENÍ ..... 66
**9 KONTROLA OPATŘENÍ ..... 70**
**ZÁVĚR ..... 71**
**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ..... 72**
**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK ..... 73**
**SEZNAM OBRÁZKŮ ..... 74**
**SEZNAM TABULEK ..... 75**

# ÚVOD

Celý svět se neustále vyvíjí a zlepšuje. V současné době se kladou stále větší požadavky na jakost neboli kvalitu. A to jak na jakost služeb, tak na kvalitu hotových výrobků a s tím spojených návrhů. Abychom dosáhli co nejlepší jakosti a udrželi se tak na trhu mezi obrovskou konkurencí, zavádíme v systému řízení organizací management jakosti. Jeho součástí jsou principy a koncepce, kterými bychom se měli řídit, abychom uspěli. S nimi budeme postupně seznámeni.

Déle nám v managementu jakosti a při jeho neustálém zlepšování napomáhají nástroje jakosti. Máme sedm nástrojů managementu jakosti. Jak se všechno vyvíjelo a ztěžovalo, bylo vymyšleno sedm nových nástrojů managementu. S těmi se taktéž podrobněji seznámíme.

A nakonec si ukážeme metodu FMEA. Úzce souvisí s jedním z nástrojů, jež se nachází mezi sedmi novými nástroji managementu. Zjistíme, že tato metoda má tři odvětví ( FMEA proces, FMEA návrh a systémová FMEA). V teoretické části si je vysvětlíme, abychom je následně mohli praktikovat v praktické části.

K aplikaci metody FMEA a dalších nástrojů managementu jakosti nám sloužila firma Martin Švajda, která se zabývá povrchovou úpravou kovů – černěním.

# I. TEORETICKÁ ČÁST

# 1 PRINCIPY A KONCEPCE MANAGEMENTU JAKOSTI

## 1.1 Historický vývoj managementu jakosti

Historický počátek jakosti nelze přesně určit. První písemný doklad, který se zachoval, se řadí do období vlády Chamurapiho v letech 1792 až 1750. Byl to šestý vládce první babylonské dynastie. Za akt jakosti je považováno ustanovení z Chamurapiho zákoníku týkající se jakosti bezpečnosti stavby a sankcí za porušení těchto ustanovení. Tento zákoník nařizoval při pádu domu a tím zaviněném úmrtí majitele, aby stavitel byl potrestán smrtí. Pokud by při pádu domu majitel nezemřel, ale byl zabit někdo jiný např. syn majitele, musí byt stavitel potrestán zabitím vlastního syna. Dochované pozůstatky zákoníku jsou uloženy v Paříži v Louvru. Zákoník a obsahuje až 282 zákonných ustanovení a epilogů.

Následné zprávy se tradují kolem roku 1700 před našim letopočtem. Na pobřeží Středomořského moře se usídlili Féničané a postupně začali rozvíjet řemeslnou výrobu. Umělci dodávali do paláce, dle zadaných požadavků panovníka, své výrobky. Před tím než byli přijati, královští kontroloři je prohlédli a v případě nesplnění kritérií (dnes - neshoda se specifikací) řemeslníky trestali useknutím ruky.

V dnešní době sankce za nesplnění požadavků už naštěstí nejsou tak krvavé. S postupem času se doba měnila a s ní sankce zlidšťovaly. Přesto se trest useknutí rukou uchoval až do začátku novověku.

Teprve rozvoj fyziky zhruba od 18. století umožnil, aby vznikly vhodné předpoklady pro systematickou péči o jakost. Nejvýznamnější bylo asi zavedení měření fyzikálních veličin, poznání principu vyměnitelnosti mechanických součástí v technických zařízeních a rozvoj metrologie.

Jakost má velice dlouhou historii a proto si připomeneme alespoň klíčové body jejího rozvoje:

- Začátkem 30. let byla vytvořena základní aplikace statistických metod pro oblast jakosti
- Tyto modely našly největší uplatnění ve dvou posledních letech 2. světové války ve vojenské výrobě (hlavně v USA)

- Po 2. světové válce se myšlenka jakosti rozšířila do Japonska a tehdejší myslitelé ji dali podobu, kterou se řídíme do dnešní doby ( Ishikawa, Juran, Deming )
- Vznikla řada národních a nadnárodní institucí zabývající se jakostí v Americe, v Evropě ( Evropská organizace pro jakost - EOQ, Evropská nadace pro management kvality – EFQM ) a postupně i v dalších zemích
- Vznikl systém oceňování organizací a jednotlivců za jakost
- Roku 1998 vznikla Evropská charta jakosti

## 1.2 Současné koncepce managementu jakosti

V podnikatelském i neziskovém sektoru je mnoho různých činností, které potřebují daný přístup při zabezpečování jakosti. K tomu nám v současné době slouží tři základní koncepce:

1. Koncepce odvětvových standardů
2. Koncepce ISO
3. Koncepce TQM

### 1.2.1 Koncepce odvětvových standardů

Tato koncepce je z historického hlediska nejstarší. Už v sedmnáctém století mnohé společnosti měly potřebu vytvářet systémy jakosti. Požadavky na tyto systémy zanesly do norem, které měly a stále mají platnost v jednotlivých odvětvích. Těmi se museli řídit i všichni dodavatelé těchto firem.

Domníváme se, že mezi nejstarší principy zabezpečování jakosti patří postupy Správné výrobní praxe (GMP – Good Manufacturing Practice). Ty se uplatňují především ve farmaceutickém průmyslu při výrobě, přepravě, skladování a distribuci léků. Jejím cílem je zajistit, aby lék byl vhodně použit a aby pacienti nebyli vystaveni riziku způsobenému nedostatečnou kvalitou, závadností nebo neúčinností léčiva.

GMP stanovuje pro výrobní procesy řadu požadavků, které se stávají „standardními“ i v dalších postupech zabezpečování jakosti [6].

- Výrobní a kontrolní operace musí být jasně specifikovány
- Všechny výrobní faktory (procesy, zařízení, materiál, obaly, vhodné skladovací prostory a logistika) jsou zabezpečeny v požadované způsobilosti
- Existuje kvalifikovaný personál, který má k dispozici jasné instrukce a určenou odpovědnost
- Výrobky jsou průběžně kontrolovány dle určených postupů
- Jsou vedeny příslušné záznamy
- Jsou uspokojivě řešeny jakékoliv odchylky a neshody [6]

V přístupech GMP je kladen důraz i na čistotu všech provozů, sanitaci (zabezpečování zdravotně nezávislé výroby), na hygienické zásady, vyloučení kontaminací, uchovávání rozhodujících vzorků (surovin, hotových výrobků), na existenci postupů sražení jakékoliv šarže z oběhu, nastanou-li pochybnosti o její jakosti.

Nad rámec běžných přístupů zabezpečování jakosti patří Správná laboratorní praxe (GLP – Good Laboratory Practice). Tento přístup stanovuje doporučení pro zabezpečování jakosti v laboratorní praxi, především ve zkušebních laboratořích. Tyto požadavky byly na počátku devadesátých let standardizovány v podobě Evropské normy – EN řady 45 000 a od roku 2000 platí pro systém zabezpečování jakosti.

Principy GMP nejsou uplatňovány jen ve farmaceutickém průmyslu, ale mohou být aspoň z části využity v potravinářském průmyslu. Při aplikaci této metody by měly být respektovány požadavky systému HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points). Tyto požadavky jsou v podobě *stanovení kritických bodů v technologii a výroby* v našich podmínkách upraveny legislativně. Zavedením tohoto procesu do praxe určíme kritická místa ve výrobním procesu. Předejdeme tak možnému riziku zdravotní závadnosti, zejména v důsledku biologických, chemických nebo fyzikálních činitelů. Také je nutné stanovit pro každý identifikovaný kritický úsek kritické meze, určit opatření k jejich prevenci nebo zmírnění, provést jejich kontrolu a vést o všem evidenci.

Další oblastí, kde najdeme uplatnění příkladu této koncepce je oblast těžkého strojírenství, kde využíváme ASME kódy. API standardy zabezpečují jakost produkce olejářských trubek, speciální směrnice AQAP zabezpečují jakost v rámci NATO a v poslední době zejména standardy QS 900, VDA6.1 a další definují požadavky na systém jakosti u dodavatelů automobilového průmyslu.

Tyto standardy se vyznačují různými přístupy, ale mají jeden společný znak – jsou náročnější než požadavky definované všeobecně platnými standardy ISO řady 9000.

### 1.2.2 Koncepce managementu jakosti na bázi norem ISO

K vytvoření a používání norem ISO a jí podobné došlo v důsledku globalizace tržního prostředí. Poprvé se tak stalo v padesátých letech minulého století po vzniku NATO. Při této příležitosti se sešly organizace z oblastí s různými kulturními tradicemi a ukázalo se, že již osvědčené technické normy, předpisy a ověřené metody nejsou dostatečné pro dosažené potřebné shody ve všech aspektech. Z tohoto důvodu byly vypracovány společné zásady managementu a kritéria pro posuzování jejich naplňování a dodržování. Tímto opatřením se přispěje k vyřešení všech situací ve dvoustranném vztahu, jež by mohly ohrožovat zájmy celého společenstva. Tyto normy se označují jako AQAP (Allied Quality Assurance Publications).

Mezinárodní organizace pro normy ISO zveřejnila v roce 1987 sadu norem, která se zabývala technickými požadavky na systém managementu jakosti. Vzorem pro jejich vypracování byla norma AQAP, která popisuje požadavky na dodavatele NATO. Původně tato pětice norma byla označována jako ISO řady 900:1987.

V roce 1994 došlo k prvnímu prozkoumání obsahu a pokusu o odstranění možných nedostatků v těchto normách. Za možné problémy byla považována formálnost, značný důraz na dokumentaci, problém s aplikací těchto norem u malých organizaci, avšak nic z toho se neprokázalo za problematické a formální přístup charakterizovaný 20 prvky zůstal zachován.

Jednalo se o následující prvky [6]:

1. odpovědnost vedení
2. systém jakosti
3. přezkoumání smlouvy
4. řízení návrhu
5. řízení dokumentů a záznamů
6. nakupování
7. řízení výrobku dodaného zákazníkem
8. identifikace a sledovatelnost výrobku
9. řízení procesu
10. kontrola a zkoušení
11. řízení kontrolního a měřícího zařízení
12. stav po kontrole a zkouškách
13. řízení neshodného výrobku
14. opatření k nápravě a preventivní opatření
15. manipulace, skladování a balení
16. řízení záznamu o jakosti
17. interní prověrky jakosti
18. výcvik
19. servis
20. statistické metody [6]

Struktura norem ISO řady 9000:1994 se časem rozšířila a velmi se zvětšil i jejich počet. Orientace v těchto normách začínala být stále obtížnější. Také se vyskytly problémy s aplikací systému managementu jakostí definovaného množinou 20 prvků. Normy ISO řady 9000:1994 svým obsahem přestávaly odpovídat soudobým trendům a tak se začalo

pracovat na rozsáhlé revizi těchto norem. Tato revize skončila 15. 12. 2000 a byla zveřejněna oficiální verze nových norem ISO řady 9000:2000.

Soustava norem ISO 9000:2000, která je v ČR zavedena jako ČSN EN ISO 9000:2001 (česká verze byla vydána v roce 2001) je tvořena trojicí norem

- ISO 9000:2000 Systému managementu jakosti – Základy, zásady a slovník
- ISO 9000:2000 Systému managementu jakosti – Směrnice pro zlepšování výkonnosti a doplněna směrnicí pro auditování
- ISO 9000:2000 Systému managementu jakosti – Požadavky (souvisí s předcházející směrnicí)
- ISO 19 011 Směrnice pro auditování systému managementu jakosti a systémů environmentálního managementu [6].

*Norma ISO 9000:2000 Systému managementu jakosti – Základy, zásady a slovník* obsahuje výklad zásad managementu jakosti a výkladový slovník termínů, které patří a používají se v tomto oboru. Tyto zásady byly po dobu 15 let získávány v praxi shromažďovány analyzovány a zformovány do této normy.

Osm hlavních principů managementu jakosti:

- Orientace na zákazníka
- Vedeni lidí
- Angažovanost zaměstnanců
- Orientace na proces
- Systémový přístup k managementu
- Kontinuální zlepšování
- Příprava rozhodnutí na základě faktů
- Vzájemně výhodné vztahy s dodavateli

*ISO 9000:2000 Systému managementu jakosti – Požadavky* – obsahuje kritéria na systém managementu, neboli co se musí udělat, aby byl zákazník s výsledkem spokojen. Kvalita začíná dobrou znalostí potřeb a požadavků zákazníka. Pokračuje zpracováním tohoto zadání do návrhu, realizací a výslednému doručení hotového produktu k zákazníkovi. K úspěšnému splnění požadavků zákazníka je nutné zapojit celý systém organizace a jejího managementu jakosti.

*ISO 9000:2000 Systému managementu jakosti – Směrnice pro zlepšování výkonnosti a doplněna směrnicí pro auditování* – zahrnuje hlavní požadavky managementu jakosti, aby byla zajištěna výkonnost, efektivita, účinnost, vhodnost a přiměřenost.

Nejdůležitější požadavky dle souboru norem ISO řady 9000:2000 lze shrnout do bodů:

- Základní požadavky na systém
- Povinnosti na vedení organizace
- Procesy na řízení zdrojů
- Požadavky na všechny podstatné procesy realizace produktu
- Požadavky na měření, analýzy a zlepšování systému managementu jakosti

### 1.2.3 Koncepce managementu jakosti na bázi TQM

Přístup TGM (Total Quality Management) byl prvně zpracován během druhé poloviny dvacátého století zejména v Japonsku, následně v USA a Evropě. Tento přístup není založen na předem přesně definovaných požadavcích, ale je postaven na filosofii zajišťování jakosti a je představován názory „otců“ jakosti, jimiž jsou: E.Deminga, J.Jurana, K. Ishikawa. Postupně je doplňována o názory dalších teoretiků a o praktické zkušenosti firem, které uvedená doporučení dále rozvíjely. V praxi je tato koncepce realizována prostřednictvím různých modelů. Ty vymezují rámec jednotlivých oblastí TQM a slouží k posuzování úrovně řízení organizací. Kriteria těchto modelů slouží jako podklady pro udělování cen za jakost.

Nejstarší zaznamenané požadavky na jakost jsou japonské Demingovy ceny za jakost z 50.let. Pak následovala z konce osmdesátých let první podoba americké Národní ceny Melcolma Baldrige. Na evropském kontinentě byla až začátkem dvacátých let připravena kritéria pro Evropskou cenu za jakost (EQA – The Europe Qualita Award). Principy příslušná kriteria a hodnocení vypracovala Evropská nadace pro management kvality (EFQM – European Foundation for Duality Management). Tento model byl označen názvem Evropský model TGM. V průběhu devadesátých let byl velmi významně inovován a na jaře 1999 představen pod změněným názvem EFQM Model Excellence. Přívlastek Excellence je chápán jako vynikající působení organizace v oblasti řízení i dosahování výsledků, vycházejících ze souboru základních principů.

Tento souboru zahrnuje [6]:

- Orientaci na výsledky
- Zaměření na zákazníka
- Vůdcovství a státnost účelu
- Management prostřednictvím procesů a faktů
- Rozvoj a zapojení pracovníků
- Neustálé učení se, zlepšování a inovaci
- Vzájemně prospěšné partnerství
- Sociální odpovědnost

Obě základní koncepce řízení organizací, prescriptivní (koncepce ISO) a neprescriptivní (TQM) stavějí víceméně na stejných principech. Koncepce ISO se zaměřuje například na odvětvové standardy, kdy požadavky na systém řízení jsou definovány ustanoveními příslušných standardů a u TQM v podstatě filozofie nevychází z předem přesně definovaných požadavků. Jedná se o zásady, na níž se prakticky shodují všichni odborníci a k nimž se v celém světě dospělo na základě mnohaletých zkušeností. V tabulce (Tab. 1). je provedeno porovnání základních principů.

*Tab. 1. Principy managementu organizací.*

| **Principy managementu jakosti podle ISO řady 9000:2000** | **Principy Excellence podle EFQM Modelu Excellence** |
|---|---|
| 1. Zaměření na zákazníka | 1. orientace na výsledky |
| 2. Vedení a řízení zaměstnanců | 2. Zaměření na zákazníka |
| 3. Zapojení zaměstnanců | 3. Vůdcovství a státnost záměru |
| 4. Procesní přístup | 4. Management prostřednictvím procesů a faktů |
| 5. Systémový přístup k managementu | 5. Rozvoj a zapojení lidí |
| 6. Neustálé zlepšování | 6. Neustálé učení se, inovace a zlepšování |
| 7. Přístup k rozhodování | 7. Rozvoj partnerství |
| 8. Vzájemně prospěšné dodavatelské vztahy | 8. Sociální zodpovědnost |

Při porovnávání obou koncepcí se může na první pohled zdát, že EFQM Modelu Excellence uvádí explicitně dva principy, které nemají ekvivalent v principech ISO řady 9000.2000. Pokud se zaměříme blíže na vývoj a změny v ISO normě řady 9000 z roku 2000 zjistíme, že tento rozdíl je jen zdánlivý.

# 2 ZLEPŠOVÁNÍ V SYSTÉMECH MANAGEMENTU JAKOSTI

Neustálé zlepšování v systémech managementu jakosti je nikdy nekončící proces. Je to nepřetržitý proces, který slouží k uspokojení požadavků zákazníka. Ty se časem vyvíjejí a jsou stále náročnější. Konkurenční trh je veliký, a proto se každá organizace musí snažit o dokonalost svého produktu a tím i zdokonalovat procesy, které s tímto produktem souvisí. Dosažený zlepšeného stavu je začátek pro další zlepšování.

Neustálé zlepšování je jedním z principů managementu jakosti (TQM) a je jedním z důležitých zásad vycházejících požadavků na systém managementu jakosti podle norem souboru ISO 9000:2000

Tento proces vyžaduje podporu vrcholového vedení, které musí poskytnout důkaz o své angažovanosti a efektivnosti zlepšování. Musí umět dobře posoudit příležitost pro zlepšování a potřebu změn v systému managementu jakosti. Všechno je nutné měřit, analyzovat, zlepšovat a zaznamenávat.

Je vhodné předcházet problémům zavedením preventivních opatření a případné nedostatky, které se již vyskytly, napravovat.

Zlepšování by se mělo stát cílem každé organizace. K tomu je potřeba vytvořit vhodné podmínky. K zajištění budoucnosti organizace a spokojenosti všech zaangažovaných stran musí vedení vytvořit kulturu, která aktivně zapojuje všechny zaměstnance do hledání příležitostí pro celkové zlepšování.

# 3 SEDM NÁSTROJŮ MANAGEMENTU JAKOSTI

Mezi důležité metody a nástroje managementu jakosti patří sedm základních nástrojů managementu jakosti. Své uplatnění najdou například při zlepšování managementu jakosti a při řešení problémů operativního řízení jakosti. Tyto nástroje byly rozvinuty v Japonsku zejména K. Ishikawou a W. E. Demingem.

Sedm základních nástrojů managementu jakosti:

1. Vývojový diagram
2. Diagram příčin a následků
3. Formulář pro sběr dat
4. Paterův diagram
5. Histogram
6. Bodový diagram
7. Regulační diagram

K nástrojům managementu jakosti také patří sedm nových nástrojů jakosti. Od sedmi základních nástrojů jakosti se odlišuje nejen tím, že se jedná o zcela odlišnou skupinu nástrojů jakosti, ale i svým použitím. Tyto nástroje jsou vhodné zejména při plánování jakosti, v rámci něhož je potřeba zpracovávat různorodé informace, definovat cíle jakosti a stanovit vhodné postupy a metody jejich dosažení.

Sedm nových nástrojů managementu jakosti:

1. Afinitní diagram (diagram afinity)
2. Relační diagram (diagram vzájemných vztahů)
3. Systematický (stromový) diagram
4. Maticový diagram
5. Analýza údajů v matici

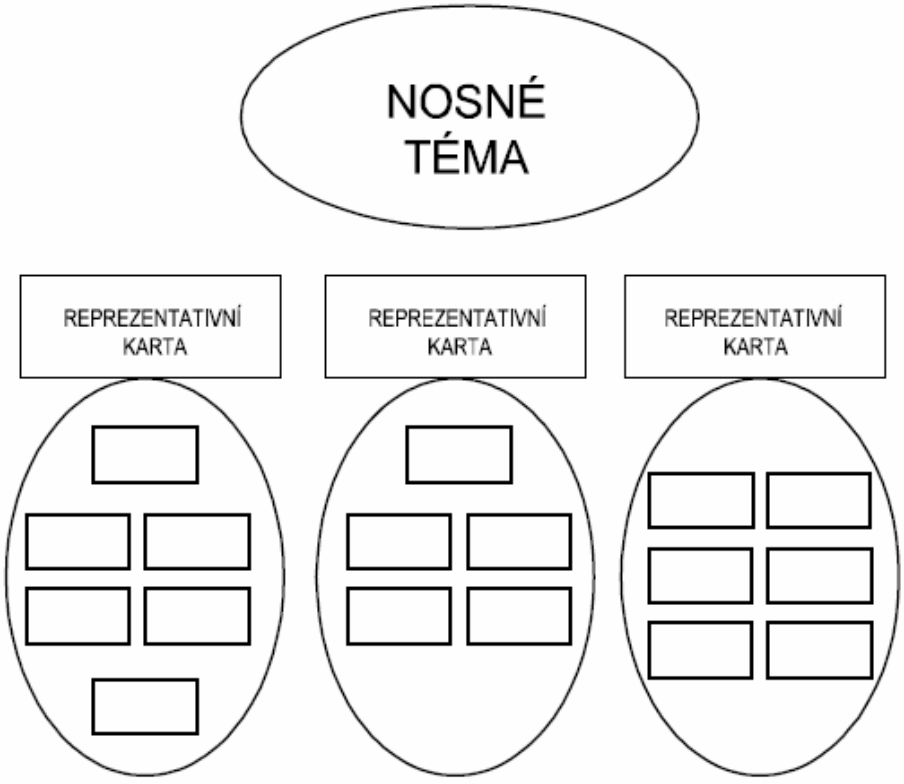
6. Diagram PDPC
7. Síťový diagram

## 3.1 Afinitní diagram (diagram afinity)

Afinitní diagram (Afinity Diagram) (Obr. 1) je někdy také označován jako diagram příbuznosti či shlukový diagram. [8]

Používá se pro vytvoření a uspořádání velkého množství informací zabývajícím se určitým problémem. Informace jsou uspořádané do přirozených skupin a tím diagram pomáhá objasnit strukturu řešených problémů. Je velice využíván zejména v případech, kde tradiční postupy selhaly, a nedostali jsme se k požadovanému cíli.

Při tvoření afinitního diagramu je důležité mít vhodný tým. Ze zkušeností vyplívá, že složení týmu ze samých odborníků v dané profesi, není až tak vhodné. Daleko vhodnější je obohatit složení týmu i o tzv. neodborníky. Ti sice nemají s daným problémem zkušenosti, ale mají důležité všeobecné znalosti.




*Obr. 1. Struktura afinitního diagramu.*

Jako první tým shromáždí pomocí metody brainstorming všechny své náměty k řešenému problému. Metoda brainstorming je založená na principu volné spontánní diskuze na dané téma. Poté tým může své náměty rozšířit za pomoci dalších zdrojů jako je např. literární rešerše, konzultace s odborníky, přímé pozorování atd. Všechny získané náměty se průběžně zapisují na kartičky a ty se v další fázi seřazují, podle podobnosti námětu, do přirozených skupin. Ohraničením těchto skupin a jejich pojmenováním se vytvoří afinitní diagram. Někdy se ještě diagram může doplnit o zobrazení vzájemných vazeb mezi náměty či samotnými skupinami. Pro lepší porozumění struktury afinitního diagramu se doporučuje prezentace diagramu.

Afinitní diagram je na rozdíl od řady diskuzí vysoce efektivní metodou. Při řešení problému je totiž zpracováváno velké množství námětů a všechny jsou v grafu plně využity. U diskuzí nebo jiných metod se o řadě námětů ani neuvažuje a mnoho myšlenek zůstává dokonce nevysloveno. Zobrazení struktury problému pomocí afinitního diagramu vede k hlubšímu pochopení řešeného problému a je velmi dobrým východiskem pro jeho řešení.

Nejčastěji se afinitní diagram používá v případech, kdy je řešený problém velice složitý a obtížně zpracovatelný. Proto se do řešení zapojují skupiny řešitelů, kteří zvládají řešit obtížné problémy netradičním způsobem. Diagram lze doporučit v řadě situací při hledání podstaty problému a následného způsobu jeho řešení. Lze ho dobře využít při hledání odpovědí například na tyto otázky: „Co všechno můžeme udělat pro zlepšení jakosti našich výrobků?“; „Jak zvýšit účinnost vzdělávání pracovníků?“; „Jaké vlastnosti by mel mít náš nový výrobek?“; „Jak dosáhnout lepší motivace pracovníků?“; „Jak koncipovat politiku jakosti firmy?“ atd.

## 3.2 Relační diagram (diagram vzájemných vztahů)

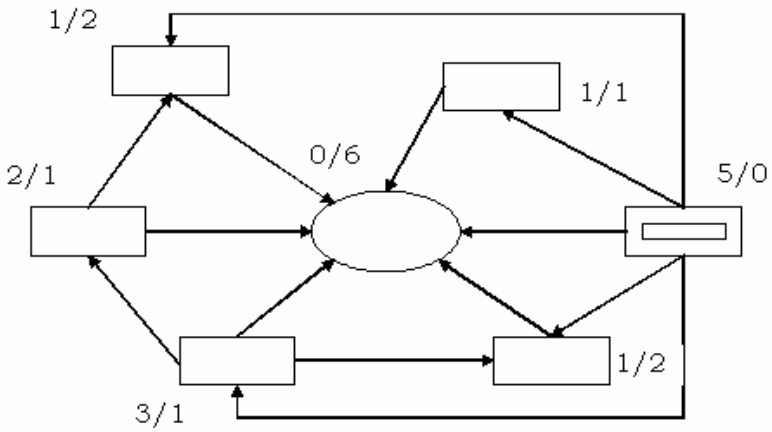
Diagram vzájemných vztahů (Obr. 2) umožňuje identifikovat logické nebo příčinné souvislosti mezi jednotlivými náměty, jež se vztahují k řešenému problému [2]. Je to nástroj, který se uplatňuje zejména tehdy, když studovaný problém je charakterizován složitými logickými nebo příčinnými vazbami a vyžaduje jejich dokonalé pochopení.

Při sestrojování regulačního diagramu, můžeme vycházet z námětů vytvořených při sestavování afinitního diagramu. Obvykle se však nepracuje se všemi vytvořenými náměty, ale jen s jednotlivými skupinami námětů, nebo jen s náměty v jedné vybrané skupině.

Postup je následující. Kartičky s náměty se vyskládají na pracovní plochu kolem řešeného problému a členové týmu analyzují jejich vzájemné příčinné nebo logické souvislosti. Po zjištění vztahu se zakreslí mezi náměty a problém šipky, které mají orientaci od příčiny či východiska k následku. Po tomto týmovém posouzení se pro každou kartičku s námětem počet vystupujících a vstupujících šipek. Námět na kartičce, od níž vychází nejvíce šipek směrem ven, představuje klíčové východisko nebo klíčovou příčinu problému (záleží, zda jde o logické nebo příčinné vazby). A námět na kartičce, k níž směřuje nejvíce šipek, představuje klíčový následek. Také se stanovuje pořadí ostatních námětů od klíčového východiska či příčiny ke klíčovému následku.

Při zpracovávání diagramu je nutné, aby se tým několikrát sešel a někdy je i dokonce nezbytné, aby byla provedena samostatná šetření, která by vedla k objasnění všech vzájemných vztahů zaznamenaných v grafu. Výsledný diagram vzájemných vztahů umožňuje lépe porozumět struktuře a vzájemným souvislostem mezi dílčími součástmi stanoveného problému a určit si priority při jeho řešení.

Nejčastěji se diagram využívá při hledání odpovědí na otázky typu: „Jak spolu souvisí nízké prodejnosti našich výrobků a která příčina je klíčová?“; „Kde začít a jak postupovat při zlepšování jakosti našich výrobků?“; „Co všechno může ovlivnit toto nápravné opatření a jak tyto efekty spolu souvisí?“ atd.



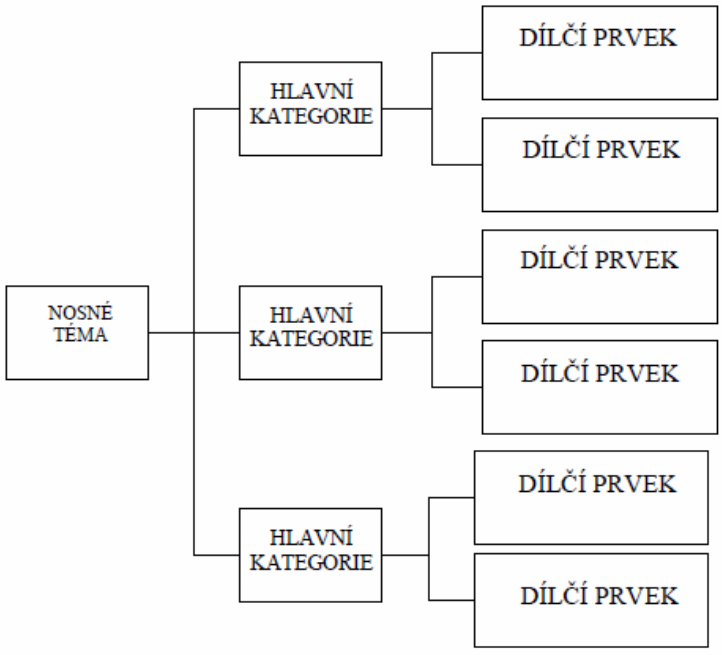

*Obr. 2. Struktura diagramu vzájemných vztahů.*

## 3.3 Systematický (stromový) diagram

Systémový diagram (Obr. 3), někdy také označován jako stromový diagram (Obr.3), je názorným zobrazením systematické dekompozice určitého celku na jednotlivé dílčí části. Lze ho využít v mnoha případech, například k rozložení problému na dílčí problémy, vytvoření plánu řešení problému, zobrazení struktury příčin problému atd.

Asi nejvýznamnějším uplatněním systematického diagramu je postupné rozložení požadovaného cíle na jednotlivé menší činnosti, které jsou potřebné provést k dosažení onoho cíle. Postupný rozklad cíle by měl být proveden natolik, aby byly zřejmé konkrétní dílčí úkoly a pracovníci za ně zodpovědní.

Systematický diagram se opět tvoří v týmu. V případech, kdy byl již daný problém zpracován za pomocí afinitního diagramu nebo diagramu vzájemných vztahů, můžeme využít již zapsaných námětů na kartičkách. Zpracování systematického diagramu je založen na systematickém rozložení daného problému, jež se provádí postupným přiřazováním kartiček s náměty, které vždy rozvíjejí předcházející úroveň až do dostatečně podrobných úrovní. Tuto dekompozici dosahujeme zvolením vhodných otázek. V případě zjištění nemožnosti zpracování diagramu důsledkem logických mezer, tým se snaží, za pomocí brainstormingu, o doplnění dalších rozvíjejících námětů.

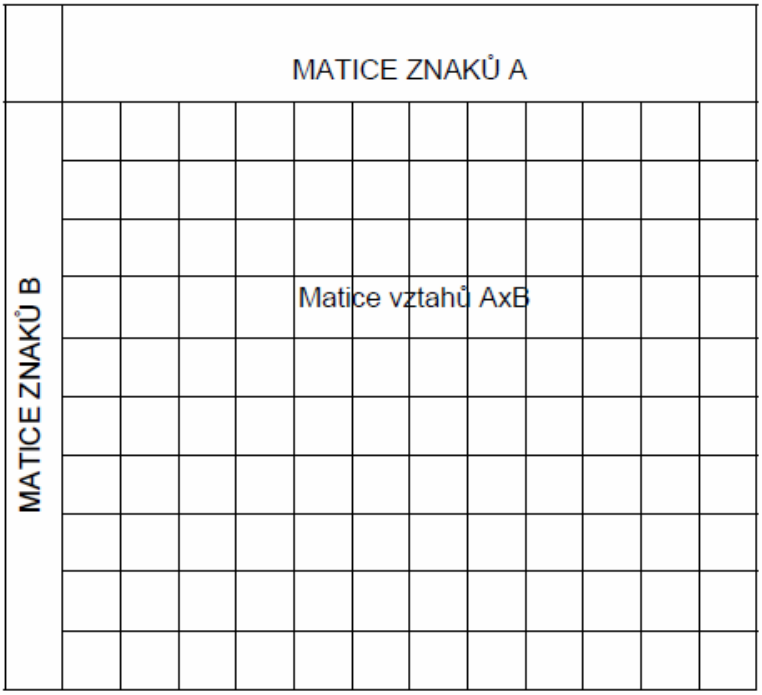



*Obr. 3. Systematický (stromový) diagram.*

## 3.4 Maticový diagram

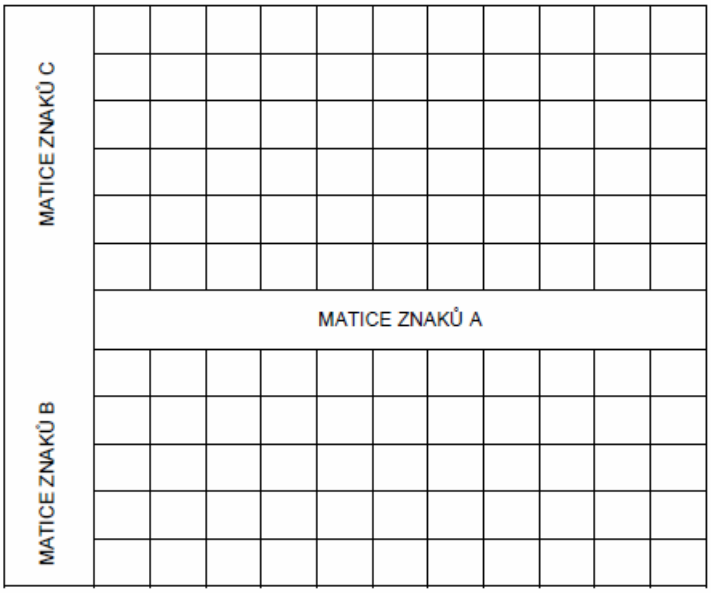
Maticový diagram (Obr. 4) se uplatňuje při posuzování vzájemných souvislostí mezi dvěma nebo více oblastmi problému. Jeho použití pomáhá vyhledat a odstranit „bílá místa“ v informační bázi vztahující se k problému a optimalizovat hodnoty nejdůležitějších prvků jednotlivých oblastí. Nejčastěji se používají maticové diagramy tvaru „L“. Dále se používají maticové diagramy typu „T“, „Y“ a „X“, ale i ty vycházejí z kombinací několika diagramů tvaru „L“.

Maticový diagram tvaru „L“ se skládá ze dvou částí, tabulky a matice. Skládá se z řady prvků a vysvětluje souvislosti mezi dvěma oblastmi. Jednotlivé oblasti (vícerozměrné proměnné) představují např. seznam položek, vlastnosti výroby, parametry procesu atd.



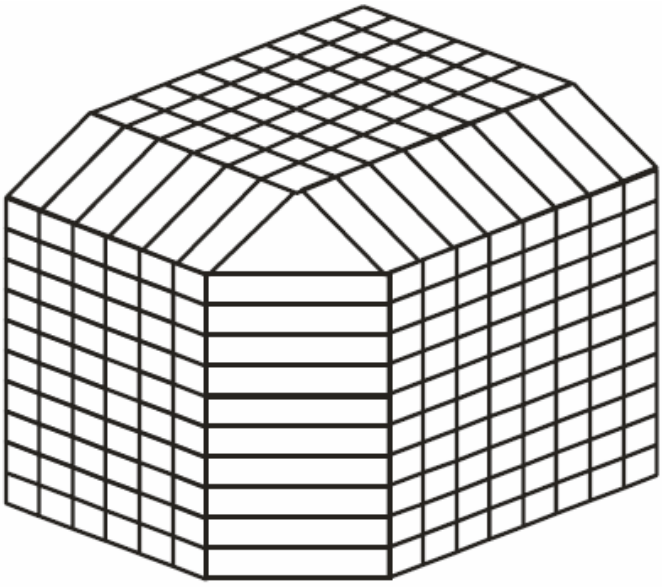

*Obr. 4. Matice tvaru „L“.*

Maticový diagram tvaru „T“ (Obr. 5) se používá při uspořádání tří odlišných oblastí (např. vlastnosti prvku, požadavky zákazníka, údaje z procesu). Matice v diagram tvaru „T“ zobrazují pouze vztah mezi dvěma dimenzemi. Z tohoto důvodu je zapotřebí použít kombinaci oblastí, pro objasnění veškerých vztahů mezi jednotlivými oblastmi.



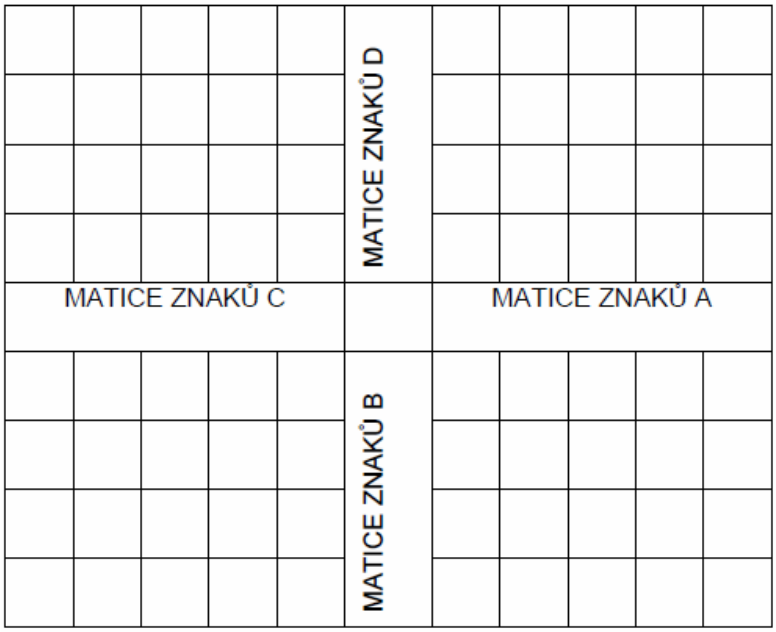

Obr. 5. Matice tvaru „T“.

Maticový diagram tvaru „Y“ (Obr. 6) se používá pro uspořádání tří dimenzí tématu, ale na rozdíl od diagramu tvaru „T“, je schopen zobrazit všechny vztahy jednotlivých oblastí najednou. Z toho důvodu je diagram tvaru „Y“ výhodnější.



Obr. 6. Matice tvaru „Y“.

Maticový diagram tvaru „X“ (Obr. 7) se používá pro uspořádání čtyř odvětví tématu a to maximálně po dvou. Vzájemné propojení údajů je možné až analýzou maticových dat.




*Obr. 7. Matice tvaru „X“.*

## 3.5 Analýza údajů v matici

Analýza údajů v matici se zaměřuje zejména na porovnávání různých variant (vícerozměrných proměnných) charakterizovanou řadou kriterií (prvků) a výběr nejvhodnější varianty. Příslušnými variantami mohou být jednotlivé výrobky, jednotlivé verze návrhu, jednotliví dodavatelé, suroviny z různých lokalit, pracovníci apod.[3]

Než začneme provádět analýzu údajů v matici, musíme nejprve zvolit vhodná kritéria výběru nejvhodnější varianty (prvku) a následně definovat soubor možných variant. Dále musejí být shromážděny informace o hodnotách jednotlivých kritérií (prvků) a přesně určeny příslušné hodnoty pro optimální variantu. Nejvhodnější varianta je vybrána na základě vyhodnocení, které nám udává, která z uvedených variant se souborem posuzovaných kritérií se nejvíce blíží optimální variantě.

Pro analýzu údajů v matici se využívá těchto metod:

a) analýza hlavních komponentů

b) stanovení vzdáleností mezi vícerozměrnými proměnnými

c) mapa (vjemová mapa, poziční mapa)

d) plošný diagram

### 3.5.1 Analýza hlavních komponentů

Analýza hlavních komponentů patří mezi vícerozměrné statistické metody z oblasti faktorové analýzy užívané k redukci počtu prvků vícerozměrných proměnných [1]. Při její aplikaci se pomocí lineárních se pomocí lineárních kombinací původních prvků vytvářejí nové „umělé“ prvky. Tyto hlavní komponenty vysvětlují maximum celkového rozptylu původního prvku. Jde o latentní veličiny, které obvykle nelze přímo určit, ale mohou mít určitou věcnou interpretaci a ta pomůže při odhalení struktury řešeného problému.

Podaří-li se vyjádřit podstatnou část celkové variability původních prvků pomocí několika hlavních komponentů, umožní tato metoda podstatné snížení počtu kritérií výběru a celý výběr nejvhodnějších variant velmi zjednoduší.

### 3.5.2 Stanovení vzdáleností mezi vícerozměrnými proměnnými

Při použití této analýzy se porovnávají vícerozměrné proměnné (varianty) pomocí vhodně zvolené matriky vzdáleností. Postupně shromáždíme co nejvíce objektivních údajů o prvcích posuzovaných proměnných, vymezíme ideální proměnné a přistoupíme k vlastnímu vyhodnocení.

K stanovení vzdálenosti mezi vícerozměrnými proměnnými se nejčastěji používá Minkowského matrika vzdáleností, u nichž se sčítají absolutní hodnoty rozdílů mezi hodnotami jednotlivých prvků dvou posuzovaných proměnných:

$$D_{ik} = \sum_{j=1}^{n} \left| x_{ij} - x_{kj} \right| \qquad (1)$$

$D_{ik}$ ……..vzdálenost mezi proměnnými *i* a *k*

$x_{ij}$ ……hodnota j-tého prvku proměnné *i*

$x_{kj}$ ……hodnota j-tého prvku proměnné *k*

$n$ ..…….počet sledovaných prvků

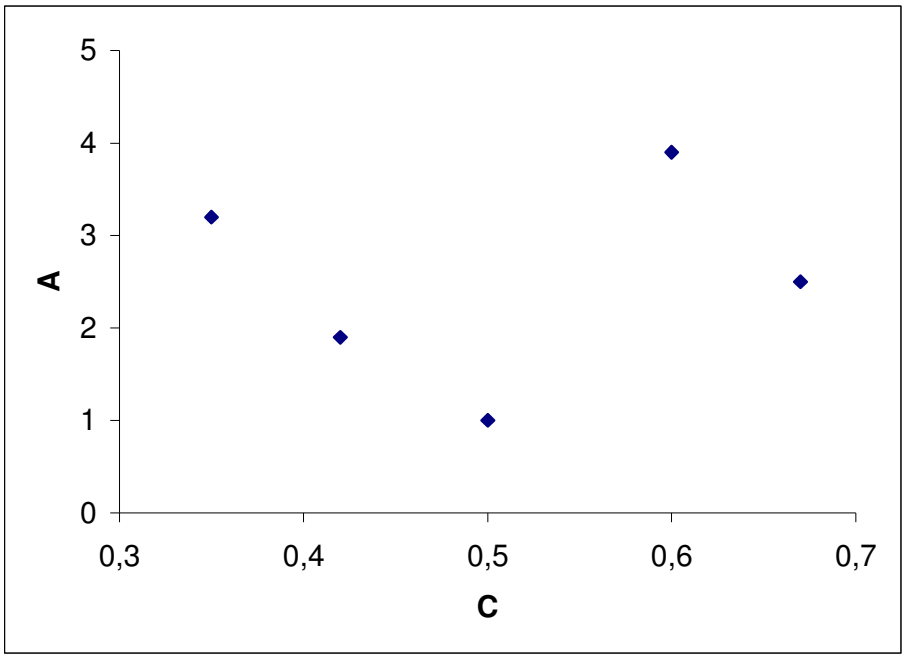
Abychom správně vyhodnotili výpočty těchto vzdáleností, musejí být splněny některé požadavky. Sledované prvky (znaky jakosti) by měly být ve vztahu ke sledovanému problému stejně důležité, na sobě nezávislé a číselné hodnoty všech prvků by měly být vzájemně srovnatelné. Není-li tomu tak, je potřeba provést vhodnou transformaci hodnot (např. zavedení bodového hodnocení).

Vypočtené údaje se mezi sebou porovnávají a především se porovnávají k ideální proměnné. Proměnné, které jsou blíže ideální proměnné, můžeme hodnotit jako ideální. Na rozdíl od nich, proměnné, které mají větší vzdálenost, jsou méně ideální.

### 3.5.3 Mapa (vjemová mapa, poziční mapa)

Mapa se využívá pro grafické zobrazení pozice posuzovaných proměnných (variant) v jedné rovině. Nevýhodou této metody je možnost zobrazit v jedné mapě pouze dva prvky (kritéria). Je to zapříčiněné tím, že rovina je určena pouze dvěma souřadnicemi, a proto můžeme použít pouze dvě kritéria. V případech, kdy máme vícerozměrné proměnné, je třeba vybrat pouze dva prvky, které jsou z cíle analýzy nejdůležitější a nebo můžeme zpracovat vícero různých map. Zobrazení pozic jednotlivých variant v mapě umožňuje vyhodnotit, která varianta je z hlediska daných kritérií nejblíže optimu.

Na obrázku (Obr. 8) je uveden příklad mapy. Je zde znázorněno porovnávání tří čísel s ohledem na dvě kritéria A a C. Můžeme vidět, že optimálnímu číslu se nejvíce blíží hodnota čísla jedna.




*Obr. 8. Mapa s kriterii A a C.*

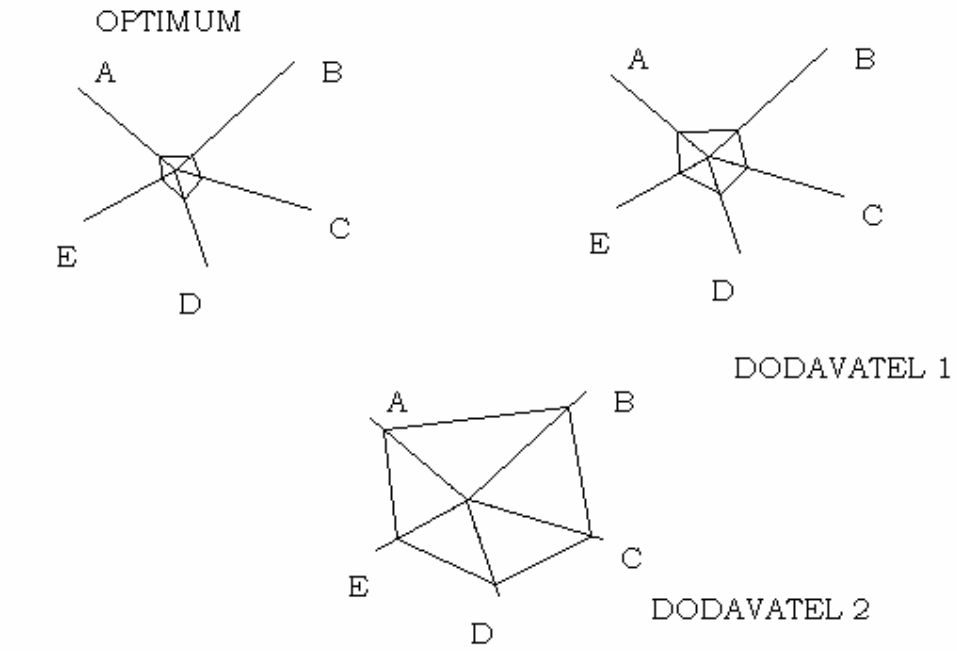
### 3.5.4 Plošný diagram

Plošný diagram neboli také plošný graf umožňuje grafické porovnání vícerozměrných proměnných obsahujících tři a více prvků. Každá hodnota prvku je vynesena na paprskovitou samostatnou osu. Počet os odpovídá počtu sledovaných prvků. Při spojení vynesených hodnot se vytvoří ohraničení plocha. Ta charakterizuje vlastnosti proměnné z hlediska všech sledovaných prvků. Vymezené plochy umožňují názorné porovnání různých proměnných.

K tomu, aby plošné diagramy byly dostatečně vyhovující, je třeba na všech osách zajistit stejný směr k lepším hodnotám prvku. Neboli jinak řečeno, aby všechny směry byly volené od středu nebo do středu os. Pokud toto dodržíme, vznikne nám plocha a podle velikosti (nejmenší nebo největší plocha) nám charakterizuje optimum. Stejný směr k lepším hodnotám prvků můžeme zajistit vhodně zvolenými kriterii, nebo jejich vhodnou transformací.

Existuje více typů plošných diagramů. Odlišují se od sebe především ve způsobu vytváření stupnice na osách. Pro příklad můžeme uvést „diagram slunečních paprsků“ a naproti němu „hvězdicový graf“ neboli také označován jako „polygon“.

V případě „diagramu slunečních paprsků“ (Obr. 9) jsou stupnice na jednotlivých osách tvořeny tak, že v jejich polovině leží průměrná hodnota daného prvku (ze všech zobrazených proměnných) a další hodnoty stupnice jsou stanoveny tak, aby celková délka osy právě odpovídala zvolenému sudému násobku směrodatné odchylky tohoto prvku [6]. Příslušný násobek se volí hned na začátku konstrukce a musí vyhovovat zobrazení hodnot všech prvků veškerých proměnných. Na obrázku vidíme příklad diagramu slunečních paprsků při použití pěti různých kritérií a optimum. Nejvíce se danému optimu blíží graf (dodavatel) jedna.




*Obr. 9. Diagram slunečních paprsků.*

Pokud by se jednalo o „polygon“ osy diagramu (paprsky) nepřesahují plochu příslušného mnohoúhelníku. Osy diagramu odpovídají maximální hodnotě prvku a volíme si u nich jednotkovou délku. Paprsky odpovídající minimální hodnotě představují zvolený podíl této

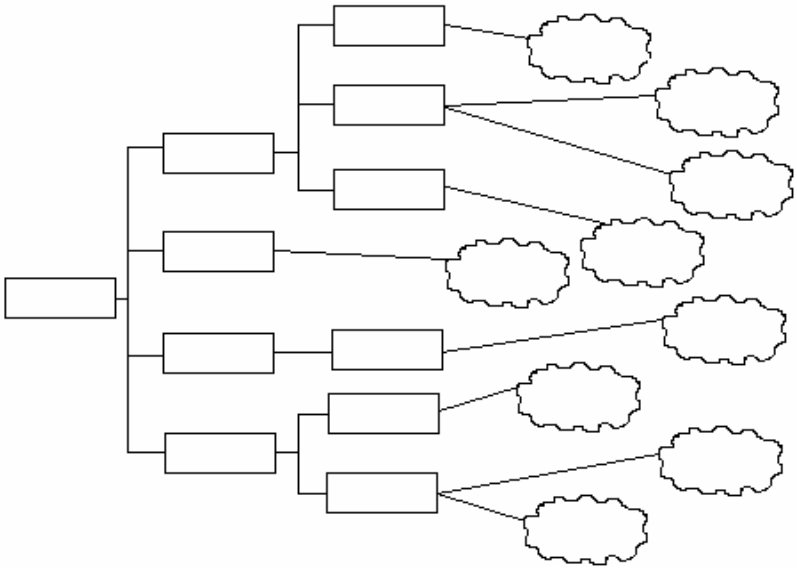
jednotkové délky. V případě proměnných, které mají hodnoty příslušného prvku mezi maximální a minimální hodnotou, odpovídají délky příslušných paprsků relativním hodnotám prvků.

## 3.6 Diagram PDPC

Diagram PDPC (Obr. 10) je nástroj, s jehož pomocí se identifikují možné problémy, které mohou nastat při realizaci plánovaných činností, a navrhují se vhodná protiopatření. Jeho použitím je možné zmenšit riziko vzniku problému při provádění plánovaných činností. Základní postup u tohoto nástroje je totožný s metodou FMEA procesu.

Diagram PDPC vychází většinou ze systematického diagramu, který dekomponuje stanovené cíle na jednotlivé dílčí činnosti. Následně se v týmu využívá metoda brainstormingu hledající odpovědi na otázky typu: „Jaké problémy mohou při zajišťování této činnosti nastat?“, „Jaká opatření by měla být naplánována, abychom předešli těmto možným problémům?“.

Odpovědi na druhou otázku, a tím jsou myšleny plánovaná opatření, se zapisují vpravo do analyzovaných procesů. Aby se struktura diagramu PDPC odlišila od struktury systematického diagramu, nepíší se navrhnutá opatření do hranatých rámečků, ale do rámečků připomínající obláčky.



*Obr. 10. Struktura diagramu PDPC.*

Při hledání vhodných opatření je možné využít těchto opatření:

- Vyhnutí se problému – nalezení jiných možných činností.
- Snížení pravděpodobnosti výskytu problému – upravit nebo doplnit činnosti, které vedou k snížení pravděpodobnosti výskytu problému.
- Připravenost na možný výskyt problému – plánování činností, které vedou k zvládnutí problému, pokud by nastal.

Nejčastěji se diagram PDPC využívá, když se jedná o nové úkoly nebo o nové podmínky jejich řešení, když plán činností je složitý, zvyšuje se riziko výskytu problému nebo když je dosažení cíle striktně limitováno. Ve výsledné formě diagram PDPC ukazuje základ plánu preventivních opatření proti možným problémům a výrazně přispívá k tomu, aby se věci dařily hned napoprvé.

## 3.7 Síťový diagram

Síťový diagram nebo také síťový graf se využívá pro stanovení vhodného optima harmonogramu průběhu složitých činností a jejich následné sledování. Zpracováním tohoto grafu se získají cenné podklady pro stanovení vhodných opatření pro zkrácení celkové doby trvání činnosti, pro rychlé posouzení vlivu zpoždění jednotlivých činností na časový harmonogram apod. Je důležitý zejména v případech, kdy se konečný cíl skládá z vícero dílčích činností.

Síťový graf lze využít v mnoha oblastech managementu jakosti, například při zpracování projektů vývoje novách produktů, projektů zlepšování jakosti, projektů zavádění systémů managementu, při synchronizaci těchto plánů a ostatními aktivitami managementu jakosti atd.

Ještě než se začne tým zabývat vlastní konstrukcí síťového diagramu, doporučuje se sestrojit diagram vývojový. Prvním krokem při sestrojování tohoto diagramu je určení všech dílčích činností, které je třeba pro dosažení stanoveného cíle provést. Jednotlivé činnosti je vhodné zaznamenat na kartičky. Toto nám následně při jejich postupném přesouvání ukáže, jak na sebe tyto činnosti navazují a které činnosti mohou být prováděny

paralelně. Tým také posuzuje, zda je nutné všechny stanovené činnosti do plánu zařadit, nebo lze některé nedůležité vynechat.

Sestavený vývojový diagram obsahuje výchozí údaje pro konstrukci síťového diagramu. Ten by nám měl poskytnout odpovědi například na tyto otázky: „Jaký je očekávaný termín dokončení projektu?“, „Jaký je harmonogram zahájení a ukončení činnosti projektu?“, „Které činnosti mají určité časové rezervy?“, „Které činnosti musí být ukončeny přesně podle harmonogramu, aby nedošlo k celkovému zpoždění?“.

Nejčastěji se k získání odpovědí na tyto otázky používá tzv. hranově definovaný síťový graf. V tomto grafu se nacházejí uzly označené kolečky a představují zahájení a ukončení jednotlivých dílčích činností. Pak jsou v grafu znázorněny orientované spojnice (hrany) mezi těmito uzly a ty představují jednotlivé činnosti. Každý uzel se v pořadí návaznosti označí čísly. Uzel, do kterého žádná spojnice nevstupuje, představuje počáteční uzel sítě a uzel, z něhož žádná spojnice nevystupuje, představuje konečná uzel sítě. Čísla uzlů se používají k jednoznačnému označení činností, například mezi uzly *i* a *j* probíhá činnost (*i,j*). Pokud se stane, že některé činnosti probíhají paralelně, je vhodné pro jednoznačnou identifikaci činnosti do síťového grafu zařadit tzv. fiktivní činnost, která je označována čárkovaně a nespotřebovává žádný čas.

Pro jednotlivé dílčí činnosti tým stanovuje dobu jejich trvání ($t_{ij}$). Tyto doby, mohou být normovány nebo se musí odhadnout na základě názorů členů týmu. Po stanovení doby trvání všech činností se v síťovém diagramu provádějí výpočty, jejichž cílem je u každé činnosti stanovit [3]:

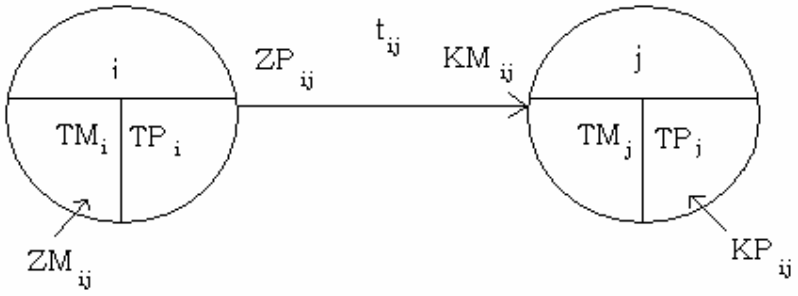
a) Nejdříve možný začátek - $ZM_{ij}$, tedy čas, kdy nejdříve může být činnost (*i,j*) zahájena.

b) Nejpozději přípustný začátek - $ZP_{ij}$, tedy čas, kdy nejpozději musí být činnost (*i,j*) zahájena.

c) Nejdříve možný konec - $KM_{ij}$, tedy čas, kdy nejdříve může být činnost (*i,j*) ukončena.

d) Nejdříve přípustný konec - $KP_{ij}$, tedy čas, kdy nejdříve musí být činnost (*i,j*) ukončena, jestliže projekt má být dokončen podle plánu.

Uzly v síťovém diagramu (Obr. 11) se rozdělují na tři části, do nich se zaznamenává číslo uzlu (i), nedřívější čas uzlu ($TM_i$) a nejpozdější čas uzlu ($TP_i$).




*Obr. 11. Struktura údajů v síťovém grafu .*

Při vlastních výpočtech se vychází z počátečního uzlu sítě, u něhož je relativní čas vyjádřen rovnicí:

$$TM_l = ZM_{lj} = 0 \tag{2}$$

Následně se postupuje po jednotlivých spojnicích, které představují činnosti, k dalším uzlům. U každé činnosti se nejprve vypočítá možný konec a to podle vztahu:

$$KM_{ij} = TM_i + t_{ij} \tag{3}$$

$t_{ij}$ …doba trvání činnosti $(i,j)$

Na základě hodnot nejdříve možných konců činností vstupujících do určitého uzlu se stanoví nejdřívější čas uzlu. Je to čas, kdy nejdříve mohou být zahájeny činnosti, jež z daného uzlu vycházejí. Tento čas se určí jako maximální hodnota nejdříve možných konců všech činností končících v daném uzlu a zapisuje se do vzorce:

$$TM_j = \max_i KM_{ij} \tag{4}$$

Jestliže do uzlu vstupuje pouze jedna činnost, pak nejdříve možným koncem činnosti je současně nejdřívějším časem daného uzlu. Hodnoty tohoto času uzlu se využívají pro další výpočty, protože představují nejdříve možné začátky všech činností, jež z daného uzlu vycházejí:

$$ZM_{jk} = TM_j \tag{5}$$

Uvedené výpočty probíhají postupně na všech dalších uzlech, až do doby kdy dosáhnou Konečného uzlu sítě.

Nejpozději přípustné začátky a nejpozději přípustné konce se počítají v opačném směru. Při výpočtu nejpozději přípustných začátků se vychází z konečného uzlu a postupuje se směrem k počátečnímu uzlu podle vztahu:

$$ZP_{ij} = TP_j - t_{ij} \tag{6}$$

Nejpozdější čas uzlu počítáme z nejpozdějších začátků všech činností vycházejících z daného uzlu (uzlu *i*):

$$TP_i = \min_j ZP_{ij} \tag{7}$$

Hodnoty nejpozdějších časů uzlů přitom současně odpovídají hodnotám nejpozději přípustného konce všech činností, které do uzlu vstupují, a toto můžeme matematicky znázornit:

$$KP_{ij} = TP_j \tag{8}$$

Po zjištění všech termínů se v síťovém diagramu stanoví kritická cesta. Je to cesta začínající v počátečním uzlu sítě a vedoucí až do posledního uzlu sítě. Trvá nejdéle a je to sled činností, které nemají žádnou časovou rezervu. Pro činnosti ležící na kritické cestě (kritické činnosti) tedy platí, že jejich nejdříve možný začátek je současně nejpozději přípustný začátek. A také platí, že nejdříve možný konec je současně nejpozději přípustným koncem. Lze to znázornit vzorci:

$$ZM_{ij} = ZP_{ij} \tag{9}$$

$$KM_{ij} = KP_{ij} \tag{10}$$

Zpoždění jakýchkoliv z činností ležících na kritické cestě bude zpožďovat celý projekt.

# 4 METODA FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) představuje týmovou analýzu možností vzniku vad u posuzovaného návrhu, ohodnocení jejich rizika a návrh a realizaci opatření vedoucích ke zlepšení jakosti návrhu [1].

Typy metody FMEA:

1. FMEA návrhu produktu – analýza možností vzniku vad, jejich příčin a následků používaná pouze u produktu

2. FMEA procesu - analýza možností vzniku vad, jejich příčin a následků používaná pouze v procesu

Mezi hlavní přínosy metody FMEA patří:

- prevence nízké jakosti
- možnost ohodnotit riziko možných vad a stanovit vhodná opatření k odstranění těchto vad
- optimalizace návrhu ještě před realizací
- zjištění a zaznamenání cenných informací o produktu nebo procesu

FMEA návrhu výrobku nebo procesu probíhá v základních fázích:

a) analýza a hodnocení současného stavu;
b) návrh opatření;
c) hodnocení stavu po realizaci opatření.

## 4.1 FMEA návrhu produktu

Pomocí FMEA návrhu produktu (FMEA konstrukce) se zajišťuje co nejkompletnější zkoumání návrhu výrobku s cílem již ve fázi návrhu odhalit všechny možné nedostatky,

které by tento navrhovaný výrobek mohl mít, a ještě před jeho schválením k realizaci, nedostatky odstranit.

Zavedení metody FMEA se nejčastěji osvědčilo při navrhování nových výrobků, při jejich změně, nebo při předcházení očekávaných problémů u konkrétních dílů vzhledem k jejich použití.

a) analýza a hodnocení současného stavu

Jako první, při FMEA návrhu, seznámí odpovědný pracovník (autor řešení) členy týmu s požadavky zákazníka, navrhovaným řešením, s jednotlivými komponenty produktu a s jejich základními charakteristikami a funkcemi. Poté se produkt systematicky rozčlení na jednotlivé součásti a postupně se provádí vlastní analýza.

Při analýze současného stavu je prvním krokem zpracování přehledu všech možných vad jednotlivých součástí daného řešení, které by mohly u dané součásti v průběhu její životnosti nastat. Mezi možné vady se řadí i ty, které mohou nastat pouze při určitých zvláštních podmínkách provozu. Veškeré vady se popisují jako fyzikální jevy.

U jednotlivých možných vad pak tým postupně analyzuje všechny možné následky, čímž jsou myšleny především možné následky dopadu na zákazníka, které mohou možné vady přinášet. Obecně lze říct, že každá vada může mít několik následků.

Také se ke každé možné vadě stanoví všechny možné příčiny, které mohou danou vadu vyvolat. Možné příčiny vad musí být popsány co nejkonkrétněji, abychom k nim mohli, při dalším zpracování, nalézt nejvhodnější opatření.

Další součástí analýzy současného stavu je analýza stávajících kontrolních postupů. Ty jsou používány ještě před zahájením realizační fáze, při ověřování, zda řešení bylo vhodně navržené.

Při hodnocení současného stavu se u každé vady posuzují tři kritéria:

1. význam vady
2. očekávaný výsledek vady
3. odhalitelnost vady

Hodnocení se provádí pomocí hodnotících tabulek a bodové stupnice od 1 do 10 trestných bodů. Záznamy v tabulkách nám ukazují stručné charakteristiky odpovídajících úrovní hodnocení.

V některých případech má vada několik možných následků, které jsou pro zákazníka nežádoucí. V takových případech se hodnocení vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady.

Při pravděpodobnosti výskytu vady tým hodnotí technické možnosti vzniku vady za pravděpodobnou dobu života produktu nebo dílu. Většinou se při hodnocení vychází ze zkušenosti s podobným výrobkem. Pravděpodobnost vzniku vady je spjata s pravděpodobností výskytu určité příčiny, tedy jedná se o posouzení pravděpodobnosti vzniku vady vyvolané určitou příčinou.

V případě odhalitelnosti vady příslušné hodnocení vyplívá z posouzení účinnosti stávajících kontrolních postupů používaných k posuzování návrhu produktu. V případě, že odhalitelnost vady či její příčiny je vysoká, je bodové hodnocení nízké, pokud ale vadu ani její příčinu používanými kontrolními prostupy prakticky nelze odstranit, je naopak bodové hodnocení vysoké [1].

Po stanovení všech tří bodových hodnocení se po každou možnou vadu vypočítá integrované kritérium tzv. rizikové číslo. To zjistíme součinem příslušných bodových hodnocených jednotlivých kriterií.

RIZIKOVÉ ČÍSLO = VÝZNAM x VÝSKYT x ODHALITELNOST

Hodnoty tohoto čísla se pohybují v rozmezí od 1 do 1000.

b) návrh opatření

U konečné skupiny nejrizikovějších možných vad vyvolaných příslušnými příčinami členové týmu navrhují vhodná opatření, která by riziko těchto možných vad snížila.

Tato opatření by měla být v případě možných nebezpečných vad zaměřena na snížení významu. V jiných případech by se měla zaměřit na snižování pravděpodobnosti výskytu vady a až poté by mělo následovat zvyšování odhalitelnosti vady.

První práce týmu FMEA se uzavírá návrhem opatření. Ten je předložen odpovědnému vedoucímu ke schválení, přidělení odpovědnosti za uskutečnění a stanovení termínů.

c) hodnocení stavu po realizaci opatření.

Po realizaci opatření probíhá poslední fáze analýzy FMEA. Stejný tým za použití stejné hodnotící stupnice, jako při hodnocení současného stavu, hodnotí nová rizika jednotlivých možných vad, na které byla příslušná opatření zaměřena. Všechna provedená opatření a příslušná bodová hodnocení i s nově naměřenými hodnotami rizikových čísel se zaznamenávají do základního formuláře.

Posouzení změn příslušných hodnot rizikových čísel umožňuje vyhodnotit účinnost provedených operací. K tomu, aby bylo možné považovat příslušná rizika za přijatelná, je nutné, aby došlo k poklesu rizikového čísla pod jeho kritickou hodnotu. Pokud se to u některých možných vad nestane, je nutné navrhnout lepší opatření a po provedení znovu přepočítat hodnoty rizikových čísel.

## 4.2 FMEA procesu

FMEA procesu se obvykle provádí před zahájením výroby nových či inovovaných výrobků nebo při změnách technologického postupu a obvykle následuje po FMEA návrhu produktu, na kterou navazuje a jejíchž výsledků využívá [1].

Analýza FMEA procesu je podobná jako analýza FMEA návrhu produktu. Při analýza FMEA procesu tým nehledá příčiny možných vad produktu v navrhovaném řešení produktu, ale v navrhovaném postupu realizace.

Provedením FMEA procesu se obvykle pověřuje pracovník vývoje technologie, který týmu FMEA předkládá návrh procesu realizace produktu. Technologický postup by měl zahrnovat všechny fáze výroby a také podvýrobní operace až do doby, než dojde k předání výrobku zákazníkovi. Návaznost operací se většinou zaznamenává do vývojového diagramu, který by měl být přiložen k provedené analýze.

a) analýza a hodnocení současného stavu

V případě FMEA procesu se postupně analyzují jednotlivé operace procesu a to přesně v pořadí, jak na sebe tyto operace navazují.

Tým má za úkol odhalit všechny možné vady, které se mohou vyskytnout na vyráběném produktu v průběhu jedné dané operace. Týká se to všech vad, jak těch, které se přenesou do konečného produktu, tak vad, které mohou způsobit, že některá z následujících operací bude neúspěšná.

V dalším kroku tým FMEA analyzuje působení možných vad na zákazníka, a to jak vnitřního tak i vnějšího. Vnitřním zákazníkem jsou myšleny následující operace nebo pracoviště. Vnější zákazník je konečný uživatel.

Ke každé možné vadě se určí všechny možné příčiny, které se hledají jen v nedostatcích procesu a ne návrhu produktu. U stanovených vad a jejich příčin se nejprve analyzují používaná preventivní opatření a následně tým FMEA analyzuje kontrolní postupy. Ty v procesu slouží k tomu, aby případný výskyt vad byl včas odhalen.

Jak v případě FMEA návrhu produktu, tak v případě FMEA procesu se provádí hodnocení významu, očekávaného výskytu a odhalitelnosti vady. Stejné je také použití desetibodové stupnice. Odlišnosti jsou v definování jednotlivých kriterií a v používaných hodnotících tabulkách.

Význam vady se vztahuje k nejvážnějšímu následku vady. V případě očekávaného výskytu vady se posuzuje pravděpodobnost, že v průběhu dané operace vzniknou vlivem dané příčiny produkty s danou možnou vadou.

V poslední fázi, ještě než součást opustí místo výroby nebo montáže, dochází k posouzení účinnosti používaných kontrolních postupů pro odhalení možné vady.

Rizikové číslo jednotlivých možných vad vyvolaných určitou příčinou se zjišťuje a stanovuje stejně jako u FMEA návrhu produktu. Vypočítáme ho ze součinu bodového hodnocení významu vady, pravděpodobnosti výskytu vady a pravděpodobnosti odhalení vady.

b) návrh opatření

U konečné skupiny nejrizikovějších možných vad vyvolaných příslušnými příčinami s hodnotami rizikového čísla přesahujícími zvolenou kritickou hodnotu nebo vad, jejich význam byl ohodnocen nejvyššími body, je úkolem týmu FMEA procesu navrhnout opatření, které riziko těchto možných vad sníží.

Souhrn všech doporučených opatření tým předá odpovědnému vedoucímu ke schválení, přidělení odpovědnosti a určení termínu realizace.

c)hodnocení stavu po realizaci opatření.

Po provedení opatření se provádí opětovné hodnocení vad, na které byla opatření zavedena. Zjištěné výsledky umožňují posoudit účinnost jednotlivých opatření a případně opětovně vyřadit možné vady s vysokým číslem rizikovosti.

## 4.3 Systémová FMEA

Nejnovějším vývojovým stupněm metody FMEA je FMEA systémová. Využívá se na analýzu konstrukčního a výrobního procesu výrobku. Pomocí ní lze posoudit funkčnost a vzájemné působení jednotlivých komponentů komplexního systému.

Cíl systémové FMEA je zabránit vzniku možných chyb systému už při jeho navrhování. Využívá porovnávání systému a služeb na věcně podložené rozhodování o návrhu a nebo výběru systému.[5]

Při systémové FMEA je důležité věnovat pozornost bezpečnosti a spolehlivosti plánovaného systému a dodržovat zákonné požadavky.

# II. PRAKTICKÁ ČÁST

# 5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Aplikace moderních nástrojů a metod proběhla ve firmě Martin Švajda. Jak už název firmy napovídá, zakladatel a zároveň vedoucí této firmy je pan Martin Švajda.

Firma byla založena 1.3.1999. Původně sídlila v areálu firmy Moravan Otrokovice a.s. v Otrokovicích. Pak se přesunula do areálu Napajedla-Padělky.

Zabývá se povrchovou úpravou kovů – černěním. Dříve se zabývali i tepelným zpracováním kovů - kalením, ale bylo to finančně nevýhodné, a proto se zaměřili především na černění kovů.

Černí především části zbraní, převlečné matice, opěrné nátrubky a mnohé další (Obr. 12).

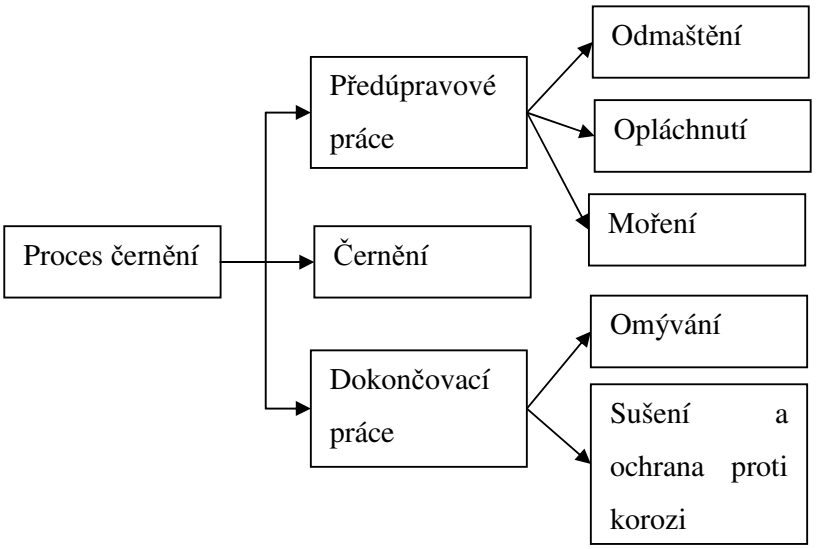
Firma je moderně vybavena. Černící vany mají rozměry 2200 x 800 x 800mm. Můžou se zde černit hřídele až do délky 3500 mm a velké kusy až do hmotnosti 500 kg. Povrchovou úpravu provádějí co nejrychleji. Nejčastěji do druhého dne a některé menší zakázky na počkání. Pracují pro více než 140 odběratelů z celé Moravy a i z Čech.

*Obr. 12. Černěné výrobky.*

## 5.1 Technologie černění

Je to povrchová úprava, při níž v oxidačním prostředí dochází k vytvoření chemicky stálé povrchové vrstvy. Tato vrstva má jak dekorační účel, tak i ochranný účinek před korozí. Ten je avšak omezen, ale můžeme ho vylepšit nanesením konzervačních prostředků.

Při procesu nedochází ke změně rozměrů důsledkem působení tepla, proto se černění často používá jako povrchová úprava přesných obrobků (strojní součásti, měřící či optické přístroje, zbraně), ale vhodné je i pro drobné spotřební zboží, které není vystaveno korozním prostředí.




*Obr. 13. Stromový diagram procesu černění.*

### 5.1.1 Proces černění

1. Ještě než dojde k samotnému procesu černění, musejí být zpracovávané obrobky očištěny. Tedy zbaveny částeček kovů, rzi a očistit od olejů, tuků, leštících past a mazacích prostředků. V případě, že by na povrchu obrobku zůstaly nečistoty, mohlo by dojít k nekvalitnímu zabarvení. Z tohoto důvodu se používají některé následující pracovní činnosti:

    - Odmaštění

- Opláchnutí
- Moření
- Leštění
- Pískování
- Omílání

2. Když je obrobek důkladně očištěn nastává fáze černění. Nejprve se přistoupí k přípravě černící lázně. Černění probíhá ve vanách o velikosti 2200 x 800 x 800mm. Roztok oxidační lázně se připravuje vsypáním chemické směsi - HYDROXIDU SODNÉHO + DUSITANU SODNÉHO + DUSIČNANU SODNÉHO - za stálého míchání do studené vody. Na jednu lázeň se připravuje 1000 litrů roztoku. Směs chemikálií je v přesně daném poměru 6:3:1. Na přípravu lázně se musí zásadně používat studená voda, protože rozpouštění je silně exotermické a při zapnutém ohřívání nebo při použití teplé vody by mohlo dojít k varu a k převaření lázně. Po rozpouštění stoupne teplota lázně až o 80$^{o}$C. Po ukončení exotermní reakce se lázeň opět promíchá a zahřeje na 138$^{o}$C.

3. Vnoření obrobku. Díly se zavěšují do černící lázně na stojanech, v sítech nebo v bubnech, méně často se zavěšují na drátech.

   Při černění na stojanech nebo v bubnech je potřeba zabránit vzniku opěrných ploch, ke kterým se roztok černící soli nedostane a proto se nedosáhne jejich obarvení. To vyžaduje pohyb (natřásání nebo otáčení) vsázky. Pohyb černěných obrobků ale nesmí být příliš intenzivní, aby nedocházelo k mechanickému poškozování vytvářené vrstvy.

   Při vkládání dílů je potřeba dbát na to, aby se lázeň příliš neochladila, a proto patřičně zvýšit topný příkon do zařízení pro černění.

4. V lázni díly zůstávají až do docílení výsledné tmavé barvy. Podle stavu barvicí látky a velikosti povrchu černěného obrobku se určuje čas ponoření. U malých výrobků to může být 10 minut, u výrobků větších rozměrů až 90 minut.

5. Po ukončení černící fáze je potřeba obarvené obrobky důkladně omýt od zbytků solí. Tím se vyloučí pozdější vykrystalizování solí a i další možné nežádoucí účinky. Omývání probíhá ve vícero nádržích s vodou. Zpracovávaný materiál musí být v nádrži v neustálém pohybu. Účinky omývání se výrazně zvýší použitím horké vody nebo přidáním ultrazvuku. Vzniklé odpadní vody se zbytky černících solí se musí před vypuštěním do veřejné kanalizace zpracovávat podle předpisů – „Rámcový předpis pro vypouštění do odpadní vody“.

6. Po omytí se na povrch zpracované plochy obrobku nanáší protikorozní ochrana. Nanášení této vrstvy se skládá ze dvou menších kroků. Nejprve probíhá vysoušení a poté naolejování.

# 6 FMEA PROCESU ČERNĚNÍ

Postup černění je velmi rozvětven na mnoho samostatných činností, které jsou zařazeny před samotným barvením v černící lázni a po něm. Při těchto jednotlivých procesech může dojít k nesprávnému provedení a následnému vzniku vad na černěném obrobku. Také v případě vynechání některého z procesů (odmaštění, leštění, moření, … ), nebo naopak při zařazení některého procesu navíc (nitridování, kalení, … ) může vzniknout vada na černěném povrchu. Také při samotném barvení v černící lázni může dojít k mnoha nedostatkům s následkem vzniku vady.

Nejvíce vad se objeví při černění nové série obrobků. U série obrobků již mnohokrát černěných, se vady vyskytují méně, a pokud se vyskytnou, je o mnoho jednodušší lokalizovat jejich příčinu. U obrobku černěného poprvé se příčiny vad určují obtížněji. Určit příčinu problému může trvat i mnoho měsíců.

Vad, jež se můžou vyskytnout, je mnoho. Některé jsou popsány v odborné literatuře a známe i jejich příčinu, jiné jsou zatím nepopsané v publikacích a jejich příčiny se musejí složitě hledat. K tomuto hledání napomáhají nástroje a metody managementu jakosti.

Pár možných vad je zaznamenáno v tabulce a je k nim i přiřazena souvislost s možnou příčinou. Na levé straně tabulky je seznam možných vad, které se vyskytují poměrně často a v horní části je seznam příčin vad. Souvislosti mezi příčinou a vadou jsou označeny symbolem.

Jak nám ukazuje legenda symbolů – celočerný puntík ukazuje, že spolu vada a příčina úzce souvisí. Skoro pokaždé, když se takto označená vada objeví, přiřazené černé kolečko nám ukazuje nejpravděpodobnější příčinu.

Bíle vybarvený kruh s černým ohraničením nám ukazuje již nižší pravděpodobnost, že možná vada bude způsobena zrovna přiřazenou příčinou, ale i tento faktor může výsledné zabarvení velice ovlivnit.

Pokud vada nemá s uvedenou příčinou žádnou souvislost, kolonka je zcela prázdná.

| PŘÍČINY / VADY | Špatná koncentrace černící lázně | Nedostatečné řízení teploty lázně | Nedostatečná předúprava | Čas ponoření obrobku | Nečistoty v lázni |
|---|---|---|---|---|---|
| Nedostatečné, částečné, lehce červené vybarvení | ● | ● | | | |
| Vybarvení do rezavě hnědé až do zelené barvy | ● | ● | | | ○ |
| Stíratelný, rzi podobný nános | | ● | ○ | | |
| Tmavočerný, rzi podobný nános | ○ | ○ | | ● | ○ |
| Nedochází k přebírání barvy | ○ | ○ | ● | ● | ○ |
| Světlé skvrny | | | ● | | |
| Nerovnoměrné obarvení, podobné dešťovým kapkám | ○ | | ○ | | ● |

Legenda vztahů v tabulce:

● … silně souvisí

○ ... středně souvisí

(prázdná kolonka) … nesouvisí spolu

V roce 2009 obdržela firma Martin Švajda novou zakázku. Při prvním pokusu černění zaběhlým způsobem se objevilo na černěném povrchu hned několik vad. Tyto vady a jejich řešení byly lehce nezvyklé a bylo zapotřebí přizvat odborníka na proces černění a využít nástroje a metody managementu jakosti pro uspořádání návrhů. V tomto případě bylo nejvhodnější využít metody FMEA.

Protože firma Martin Švajda nemá žádné zkušenosti s touto metodou a s nástroji jakosti všeobecně, rozhodlo se vedení firmy spolupracovat s Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně, kde jsem byla jedním ze členů sestaveného týmu.

# 7 APLIKACE FMEA PROCESU

## 7.1 Sestavení týmu

Ještě než se začneme zabývat sestavováním tabulek a řešením problému, je důležité sestavit odpovědný tým. Ten by se měl skládat z lidí, jež rozumí alespoň malé části daného problému. Každý nemusí být zrovna odborník, ale měl by procesu rozumět. Jako jeden z důležitých členů byl zvolen pan Švajda. Je to zakladatel, majitel, vedoucí a také pracovník firmy. Protože problém byl velice náročný na vyřešení, byl přizván odborník Ing. Chromý, který je zaměstnanec firmy TECHNOSERVIS MT, s.r.o, která sídlí ve Veselí nad Moravou. Dále je dobré mít v týmu člověka, který se s černěním setkává takřka každodenně, ale vidí věci z pohledu dělníka. Byl to zaměstnanec ve firmě Martin Švajda pan Kubina.

Protože firma se nikdy předtím s metodou FMEA nesetkala, obrátila se tedy na UTB ve Zlíně, na Ing. Hrdinu, aby jim s tímto úkolem pomohl a dohlédl na správnost řešení. Mým úkolem bylo je s metodou seznámit a vysvětlit postup při sestavování a vyplňování tabulky pro FMEA analýzu.

## 7.2 Vytvoření formuláře pro tým FMEA

Samotný formulář se skládá z takzvané hlavičky formuláře a samotné tabulky FMEA analýzy.

Hlavičku formuláře (Obr. 14) můžeme vidět na obrázku 14. Skládá se z názvu a z interních informací firmy, jakými jsou jména, datumy, firemní označení a jiná data. Hlavička nijak neovlivňuje podstatné části FMEA formuláře, pouze pomáhá při zařazení a lepší orientaci v informacích při opětovné vyhledání tohoto formuláře

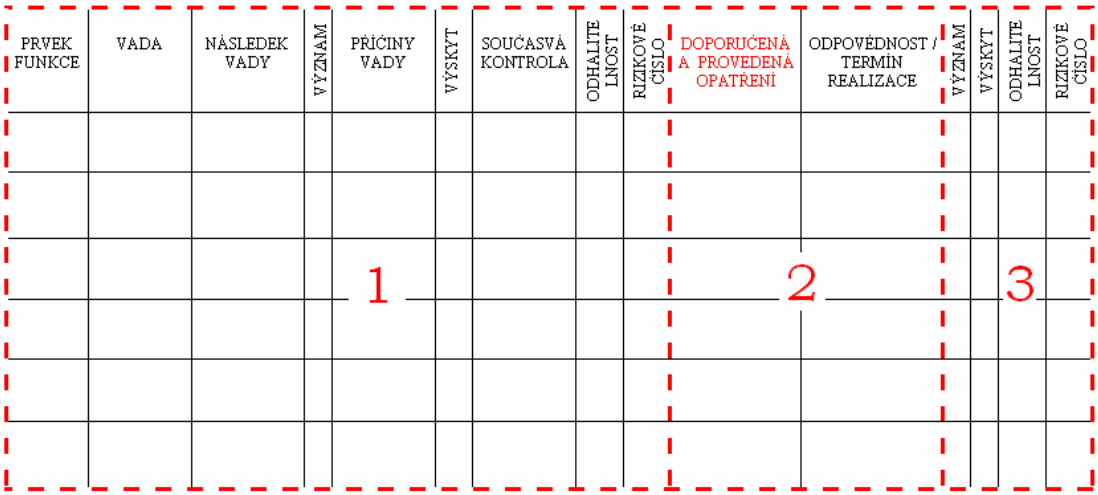
FMEA PROCESU ČERNĚNÍ

| | | |
|---|---|---|
| Firma: | Odpovědnost za návrh: | FMEA číslo: |
| Proces/rok: | Datum zpracování: | Zpracoval: |
| Základní tým: | | |

*Obr. 14. Hlavička FMEA formuláře.*

Tabulku pro FMEA analýzu návrhu procesu můžeme vidět na obrázku (Obr. 15). Skládá ze třech částí:

1. analýza a hodnocení současného stavu,
2. návrh opatření,
3. hodnocení stavu po realizaci opatření.




*Obr. 15. Fáze analýzy FMEA.*

DOPORUČENÁ A PROVEDENÁ OPATŘENÍ jsou na obrázku označena červeně. Chtěli jsme tím upozornit na fakt, že DOPORUČENÁ OPATŘENÍ spadají pod skupinu dva, neboli návrh opatření, a PROVEDENÁ OPATŘENÍ už patři do třetí skupiny, hodnocení stavu po realizaci opatření. Tyto dvě kolonky jsme sloučili z důvodu ušetření místa.

Jako prví se zabýváme analýzou a hodnocením současného stavu. Do první kolonky označené jako PRVEK/FUNKCE vpisujeme popis analyzovaného procesu. V našem případě se jedná o proces černění litiny. Tým se podrobněji zabýval procesem černění a jeho částmi, příslušným materiálem, bezpečností a ochranou životního prostředí při skladování odpadu. V případě, že proces zahrnuje samostatné operace, u nichž můžou vznikat různé závady, jako v našem případě, můžeme pojednat o operacích jako o jednotlivých prvcích. My jsme si však tuto cestu nezvolili a analyzujeme proces jako celek. Analyzovaný proces by se měl uvádět co nejstručněji.

Následně členové týmu sepisují VADY, jež by mohly při černění vzniknout. Uvádějí se všechny vady i ty, jež jsou zdánlivě nepatrné, a nebo se vyskytují zřídka. Nám se vyskytly pouze dvě vady – necelistvost vybarvení povrchu a rzi podobný nános. Tyto vady jsou velice závažné a na obrobcích vybrané zakázky se vyskytovaly pokaždé.

Tím byl obrobek znehodnocen natolik, že už nebyl použitelný a stal se z něho nežádoucí odpad. V lehčích případech byla nutná oprava výrobku opětovným přečerněním. Veškeré následky se sepisují do kolonky NÁSLEDKY VADY.

Přistoupíme ke kolonce PŘÍČINY VAD. Zde se sepisují všechny možné příčiny, které mají vliv na vznik vady. U obou vad, jak u necelistvosti vybarvení povrchu, tak u nánosu podobnému rzi, se vyskytly dvě totožné příčiny. První nedostatek vznikl hned při předúpravě obrobku, kdy obrobek byl nedostatečně předupraven. U vady necelistvost vybarvení povrchu bylo patrně zanedbáno odmaštění.

Dále obrobek putoval do černící lázně. Tam byla zjištěna další příčina vad - kal v černící lázni. Údržba černící lázně je velice náročná, neustále dochází k odpařování určitého množství vody, černící soli se na základě chemických procesů neustále opotřebovávají a odcházejí s barveným materiálem. Proto je potřeba pravidelně přidávat vodu nebo soli. Při dodržování správného postupu dochází k zavlečení nečistot jen minimálně. Pokud k zavlečení nečistot dojde, vytvoří se kal a vznikají vady na výrobku. Kal je nutné manuálně odstranit. V horším případě se musí vypustit celá černící lázeň. Po vyčištění černících van a vytvoření nové černící lázně, problém vzniku obou vad neustále ve velké míře přetrvával.

Nakonec byly nalezeny nejzávažnější příčiny vad. U necelistvosti vybarvení povrchu to byl nevhodný postup technologie a u nánosu podobného rzi to bylo nevhodné složení černící lázně.

Kolonka SOUČASNÁ KONTROLA obsahuje soupis způsobů stávajícího zabezpečení proti vzniku možných vad. Důležité je předcházet vzniku příčin vad, a pokud se již vyskytnou, dbát na jejich včasné odhalení.

V procesu černění lze provádět kontrolu velice obtížně. V podstatě to není v průběhu procesu možné. Proto se obrobek kontroluje, až po projití kompletním procesem černění. Tato kontrola je pouze vzhledová. Jediné, co je možné lépe kontrolovat, je znečištění černící lázně. Tato lázeň byla kontrolována před začátkem každé série obrobků.

Nyní přecházíme do druhé fáze tvorby tabulky pro analýzu FMEA a tím je návrh opatření. V této části se nachází kolonka DOPORUČENÁ OPATŘENÍ a ODPOVĚDNOST/TERMÍN REALIZACE. Protože doporučení opatření, byla zároveň i provedená opatření, které sepisujeme až ve třetí fázi analýzy FMEA, tyto dvě kolonky jsme sloučili v jednu – DOPORUČENÁ A PROVEDENÁ OPATŘENÍ.

Mezi DOPORUČENÁ A PROVEDENÁ OPATŘENÍ se píší návrhy opatření, které zabrání nebo aspoň omezí vznik vad. Poté, co jsou schváleny jako prospěšné, se aplikují do procesu.

Při problému necelistvost vybarvení povrchu byla navrhnuta a provedena dvě opatření. Jedním je opakované vnoření obrobku do černící lázně a druhým je zpřísněná kontrola kalu v lázni. Na příčinu vady nedostatečná předúprava jsme nenavrhovaly žádná opatření, protože hodnota rizikového čísla byla nejnižší a zároveň byla pod kritickou hodnotou 126. Tato hodnota je zvolená hranice, kdy riziková čísla s nižší hodnotou, než je tato hranice, nejsou považována za tak závažná. Je možné navrhnout protiopatření, ale příčina není moc závažná, proto jsme od navrhnutí opatření upustili.

U vady vznik rzi podobný nános jsme navrhli a provedli opatření nové složení černící lázně a opět jsme zintenzivnili kontrolu kalu v lázni.

U žádné vady jsme nenavrhovaly nápravná opatření na příčinu vady nedostatečná předprava.

Do kolonky ODPOVĚDNOST/TERMÍN REALIZACE se zapisuje jméno stanoveného pracovníka, který je odpovědný za doporučené opatření a datum provedení těchto opatření.

V poslední fázi tvorby tabulky pro analýzu FMEA nalezneme hodnocení stavu po realizaci. Této fázi náleží kolonka PROVEDENÁ OPATŘENÍ. Jak jsem již uvedla, kolonka PROVEDENÁ OPATŘENÍ se sloučila s kolonkou DOPORUČENÁ OPATŘENÍ. Také v této fázi probíhá číselné ohodnocení stavu po realizaci opatření s číselným výsledkem.

## 7.3 Hodnocení

Hodnocení probíhá ve dvou fázích (Obr. 15). Jako první se hodnotí současný stav a poté následuje hodnocení stavu po realizaci opatření. Obě tyto části mají stejné části hodnocení

- VÝZNAM, VÝSKYT, ODHALITELNOST. Poslední kolonka RIZIKOVÉ ČÍSLO nám ukazuje výsledný součet.

Obr. *16. Tabulka FMEA s označením kolonek pro hodnocení.*

### 7.3.1 Hodnocení stavu před realizací opatření

VÝZNAM je známka spojená se závažností vady. Hodnota této známky je od 1 do 10. Hodnotí se dopad vady na zákazníka. Hodnota čísla se odhaduje podle tabulky (Tab. 2), která se přizpůsobuje procesu, na který je FMEA analýza aplikována. Ohodnocení číslem 1 nemá žádný následek na zákazníka. Vada nemá žádný následek a dále se neanalyzuje. Oproti tomu, při hodnocení číslem 10, se jedná o vadu, která bez výstrahy ovlivňuje bezpečí zákazníka nebo porušuje požadavky dané zákonem.

V našem případě byly všechny následky vad ohodnoceny číslem 7. Všechny vady a jejich následky jsou vážné. Nehodnotili jsme čísly 8, protože tato hodnota nám říká, že výrobek ztrácí hlavní funkci. Náš výrobek, i kdyby nebyl černěn, tak splňuje svou funkci, pouze se rychleji opotřebuje. Známky 9 a 10 udávají, že výrobek je životu nebezpečný. Hodnota 6 nám udává nefunkčnost pouze z hlediska pohodlí. Nižší známky spíše hodnotí nepodstatné detaily, kterých si někdy zákazník vůbec nemusí všimnout.

*Tab. 2. Hodnocení významu vady.*

| Následek vady | Význam vady | Hodnocení |
|---|---|---|
| Nebezpečný – bez výstrahy | Vada bez výstrahy ovlivňuje bezpečnost výrobku nebo dodržování zákonných požadavků. | **10** |
| Nebezpečný – s výstrahou | Vada ovlivňuje bezpečnost výrobku nebo zákonných požadavků s výstrahou. | **9** |
| Velmi vážný | Nefunkční výrobek se ztrátou hlavní funkce. | **8** |
| Vážný | Funkční výrobek se sníženou výkonností. Zákazník je nespokojen. | **7** |
| Střední | Funkční výrobek s nefunkční částí zajišťující pohodlí. Zákazník pociťuje nepohodlí. | **6** |
| Nízký | Funkční výrobek, ale části zajišťující pohodlí pracují na nižší úrovni. Zákazník pociťuje určitou nepohodlnost. | **5** |
| Velmi nízký | Ozdobné nebo tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená většina zákazníků. | **4** |
| Malý | Ozdobné nebo tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená průměrný zákazník. | **3** |
| Velmi malý | Ozdobné nebo tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená náročný zákazník. | **2** |
| Žádný | Žádný následek. | **1** |

Dále tabulka analýzy FMEA většinou obsahuje kolonku označenou pojmem KLASIFIKACE nebo KRITIČNOST. Tento sloupec může sloužit pro hodnocení nějaké speciální charakteristiky týkající se procesu, nebo také může sloužit pro zdůraznění závad s vysokou prioritou. Nejčastěji se využívá, aby okamžitě upozornila na závadu, která by ohrožovala život. Při naší analýze k takové závadě nedošlo, ani k žádné mimořádné

události, která by vyžadovala doplnění, proto jsme tuto kolonku nemuseli vyplňovat a tudíž jsme ji zcela vypustily z FMEA formuláře.

Všechny vady byly ohodnoceny v sloupečku VÝSKYT. Hodnotí se pravděpodobnost, že se jednotlivá příčina vyskytne. Využívá se k tomu stupnice čísel od 1 do 10. Pro zajištění srozumitelnosti hodnocení pro všechny zúčastněné se má používat soustavný systém známkování výskytu uvedený v tabulce (Tab. 3). Známka výskytu je relativní v rámci analýzy FMEA a nemusí vyjadřovat skutečnou pravděpodobnost výskytu. Máme li k dispozici statické údaje, měli bychom je využít, ale pokud je nemáme, známka je subjektivní na základě slovního popisu v levém sloupci tabulky a jakýchkoliv získaných údajů, které jsou k dispozici. Znázorněná tabulka je pouze vodítkem, které bychom měli aplikovat na náš proces.

*Tab. 3. Pravděpodobnost výskytu vady.*

| **Pravděpodobnost závady** | **Možné četnosti závad** | **Známka** |
|---|---|---|
| Velmi vysoká:Neustálé závady | ≥ 100 na tisíc prvků | 10 |
| | 50 na tisíc prvků | 9 |
| Vysoká: Časté závady | 20 na tisíc prvků | 8 |
| | 10 na tisíc prvků | 7 |
| Mírná:Občasné závady | 5 na tisíc prvků | 6 |
| | 2 na tisíc prvků | 5 |
| Nízká: Poměrně málo závad | 1 na tisíc prvků | 4 |
| | 0,5 na tisíc prvků | 3 |
| Vzácná: Závada je nepravděpodobná | 0,1 na tisíc prvků | 2 |
| | ≤ 0,010 na tisíc prvků | 1 |

Například příčiny vad nedostatečná předúprava a kal v černící lázni se vyskytly jen u velice malého množství výrobků, na rozdíl od příčin nevhodný postup a nevhodné složené lázně, proto jsme příčinu vady kal v černící lázni řadily do kategorie *„Nízká: Poměrně málo závad“* a příčinu vady nedostatečnou předpravu před černěním jsme zařadili do kategorie *„Vzácná. Závada je nepravděpodobná“*. Těmto zařazením odpovídá hodnocení v rozmezí od 1 do 4. Kal v černící lázni se vyskytoval více často, než nedostatečná předúprava před černěním a byl ohodnocen číslem 4. Nedostatečná předúprava před černěním získala ohodnocení číslem 3.

Další dvě příčiny vad byly pro danou vadu o mnoho závažnější. Vyskytovaly se u většiny výrobků, proto jsme se rozhodli zařadit je do kategorie *„Velmi vysoká: Neustálé závady“* . Nevhodné složení černící lázně samo o sobě říká, že musí být ohodnoceno nejvyšší známkou. U nevhodného postupu technologie jsme váhali mezi hodnocením devět a deset, ale nakonec jsme se rozhodli pro hodnocení 9. Zdálo se nám, že vada postihuje o pár kusů méně.

Jediným způsobem, jak se dá známka výskytu snížit, je odstranit aspoň z části příčinu.

ODHALITELNOST je známka hodnotící opatření k odhalení, uvedené ve sloupci současná kontrola. Při určování hodnoty známky se opět řídíme tabulkou (Tab. 4), přičemž hodnota známky 10 znamená, že odhalení vady, při dané kontrole, je skoro nemožné. Oproti tomu známka 1 nám říká, že vada bude téměř jistě danou kontrolou odhalena.

Při procesu černění se kontrola provádí velice obtížně. V podstatě to je nemožné, proto by ODHALITELNOST měla být hodnocena vyššími čísly. Kontrola se provádí až po ukončení procesu černění a to pouze vizuální. Přesto se většina vad odhalí, než se dostane výrobek k zákazníkovi. Bohužel, na konci procesu nám odhalení vad moc nepřispěje k dokonalému výsledku a proto je nutné nedostatky v procesu odstranit a černění opakovat. Rozhodli jsme se pro hodnocení číslem 8. V kolonce s kontrolou před vložením série obrobků jsme hodnotili číslem 7. Probíhá pouze vizuální kontrola. Nehodnotili jsme vyšším číslem, protože kal v lázni se dá rozpoznat pouze pohledem. Nižší číslo jsme nevolili, protože kontrola není dostatečná.

*Tab. 4. Hodnocení odhalitelnosti vady.*

| Odhalení | Kritéria | Druhy kontroly | | | Návrh rozsahu metod odhalení | Známka |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | | |
| Téměř vyloučené | Absolutní jistota že nebude odhalen | | | X | Nedá se odhalit, nekontroluje se | 10 |
| Velmi nepravděpodobné | Pravděpodobně nebude odhaleno | | | X | Pouze náhodné kontroly | 9 |
| Nepravděpodobné | Nástroje řízení mají malou šanci poruchu odstranit | | | X | Řízení se provádí jenom vizuální kontrolou | 8 |
| Velmi nízká právděpodobnost | Nástroje řízení mají malou šanci poruchu odhalit | | | | Řízení se provádí jenom vizuální kontrolou | 7 |
| Nízká pravděpodobnost | Nástroje řízení mohou poruchu odhalit | | X | X | Řízení se provádí pomocí diagramu např. SPC | 6 |
| Mírná pravděpodobnost | Nástroje řízení mohou poruchu odhalit | | X | | Řízení se opírá o měření, když součásti opustily pracoviště, nebo kontrolu kalibrem sta procent součásti. | 5 |
| Poněkud vyšší pravděpodobnost | Nástroje řízení mají dobrou šanci poruchu odhalit | X | X | | Odhalování chyb v následných operacích, nebo kontrolou kalibrem prováděná po seřízení a kontrola prvního kusu | 4 |
| Vysoká pravděpodobnost | Nástroje řízení mají dobrou šanci poruchu odhalit | X | X | | Odhalení chyb na pracovišti, nebo v následujících operacích např. několika násobná přejímka | 3 |
| Velmi vysoká pravděpodobnost | Nástroje řízení poruchu téměř jistě odhalí | X | X | | Odhalení chyb na pracovišti Automatické měření na pracovišti | 2 |
| Téměř jistota | Nástroje řízení odhalí poruchu s jistotou | X | | | Neshodné součásti se nevyrábějí, prvek byl proti vzniku vad ošetřen | 1 |

### 7.3.2 Hodnocení stavu po zavedení opatření

Po určení preventivních opatření se odhadne a zapíše hodnocení VÝZNAMU, VÝSKYTU, ODHALITELNOSTI. Pokud není v některém řádku přijato opatření, hodnocení se nevyplňuje. Hodnocení probíhá zcela totožně jako při hodnocení současného stavu. Hodnotící tým, tabulky, význam čísel zůstává stejný, jen hodnocený stav je už po zavedení nápravných opatření.

V kolonce VÝZNAM jsme všude ponechali hodnocení číslem 7. A to z důvodu, že následky možných vad neovlivníme. Můžeme pouze zamezit jejich výskytu. Bohužel stoprocentní odstranění závad není možné, i když to může být jen nepatrné procento. I kdyby se objevil jen jeden vadný kus v celé zakázce, pořád budou následky stejné – reklamace vadného kusu, nepoužitelnost kusu s vadou a nutná náprava.

Hodnoty v kolonce VÝSKYT již jde lépe změnit. Po zavedení vícečetného ponoření do černících van byla pravděpodobnost výskytu necelistvosti vybarvení povrchu snížena na minimum. Proto hodnota čísla klesla na jedničku. Stejně tomu bylo i u závady rzi podobný nános. Příčina byla napravena a výskyt závady je již nepravděpodobný.

U výskytu kalu v lázni, bylo doporučené a následně provedené opatření hodnoceno číslem 3 stejně jako při hodnocení současného stavu. Nebylo navrhnuto a provedeno žádné opatření, které by výskytu kalu v lázni zabránilo. Nicméně bylo navrhnuto a provedeno opatření, které kal v lázni pomůže lépe odhalit a tím zabránit vzniku vad.

V sloupci s příčinou vady nedostatečná předúprava před černěním nebylo doporučeno žádné opatření, tudíž nebyla provedena náprava a není co hodnotit. Nedostatečnou předúpravu zjistíme až na výsledném výrobku, což už je pozdě. Nenalezli jsme žádný způsob prevence.

Jako poslední vyplňujeme kolonku s hodnotami ODHALITELNOSTI. Při zvoleném opatření zintenzivnění kontroly jak na začátku, tak i v průběhu černění v lázni můžeme o mnoho lépe kontrolovat tvorbu kalu v černící lázni. Proto se známka snížila až na hodnotu 3.

Původní známka osm u nevhodného složení černící lázně a nevhodného technologického postupu, zůstala nezměněna. Je to tím, že schopnost odhalit tuto závadu se nezměnila.

Zbylé dvě kolonky zůstaly bez čísel, protože nebylo navrhnuto žádné preventivní opatření, u kterého bychom mohli hodnotit odhalitelnost.

## 7.4 Vyhodnocení

K vyhodnocování analýzy FMEA nám slouží hodnota rizikového čísla. Díky této hodnotě můžeme seřadit vady v procesu podle jejich rizik. Toto číslo může nabývat hodnot od 1 do 1000.

Vypočteme jej za pomocí vzorce:

RIZIKOVÉ ČÍSLO = VÝZNAM x VÝSKYT x ODHALITELNOST

Nejprve se zaměříme na výpočet k stavu před provedením opatření a poté ho porovnáme s vypočtenou hodnotou rizikového čísla po provedení opatření. Tyto hodnoty by se od sebe měly významě lišit, přičemž hodnota rizikového čísla po realizaci by měla být nižší. Není-li tomu tak, i když rizikové číslo ještě jednou pro kontrolu spočítáme, tak jsme při návrhu opatření postupovali nesprávně a nežádoucí vznikání vad se naším přičiněním zhoršilo. Tento případ se snad v praxi stává jen zřídka. Pokud se ovšem stane, měli bychom návrh opatření přepracovat a opětovně vyhodnotit. A to tolikrát, dokud hodnota rizikového čísla nebude nižší než před realizací opatření.

Liší-li se hodnoty rizikového čísla jen minimálně a rizikové číslo po provedení opatření je nižší, taktéž bychom se měli zamyslet nad návrhem nových lepších opatření a hodnocení přepracovat.

Pokud je rizikové číslo po provedení opatření výrazně nižší, je stav ideální.

# FMEA PROCESU ČERNĚNÍ

Firma: Martin Švajda | Odpovědnost za návrh: Bc. Šedivá | FMEA číslo: 1/2010

Proces/rok: 2009/2010 | Datum zpracování: 20.2.2010 | Zpracoval: Bc. Šedivá

Základní tým: Švajda, Ing. Chromí, Kubin, Ing. Hrdina, Bc. Šedivá

| PRVEK FUNKCE | VADA | NÁSLEDEK VADY | VÝZNAM | PŘÍČINY VADY | VÝSKYT | SOUČASNÁ KONTROLA | ODHALITELNOST | RIZIKOVÉ ČÍSLO | DOPORUČENÁ A PROVEDENÁ OPATŘENÍ | ODPOVĚDNOST / TERMÍN REALIZACE | VÝZNAM | VÝSKYT | ODHALITELNOST | RIZIKOVÉ ČÍSLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Černění litiny | Necelistvost vybarvení povrchu | Reklamace dodavatele | 7 | Nedostatečná předúprava před černěním | 2 | Po skončení procesu černění | 8 | 112 | Žádné | | | | | |
| | | | | Kal v černící lázni | 4 | Před vložením série obrobků | 7 | 196 | Na začátku i v průběhu černění | Kubin / 1.4.2010 | 7 | 4 | 3 | 84 |
| | | Nepoužitelnost výrobku | 7 | Nevhodný postup technologie | 9 | Po skončení procesu černění | 8 | 504 | Opakované vložení do černící lázně | Kubin / 1.4.2010 | 7 | 1 | 8 | 56 |
| | Rzi podobný nános | Nutná oprava - přečernění | 7 | Nedostatečná předúprava před černěním | 2 | Po skončení procesu černění | 8 | 112 | Žádné | | | | | |
| | | | | Kal v černící lázni | 4 | Před vložením série obrobků | 7 | 196 | Na začátku i v průběhu černění | Kubin / 1.4.2010 | 7 | 4 | 3 | 84 |
| | | | | Nevhodné složení černící lázně | 10 | Po skončení procesu černění | 8 | 560 | Nové složení černící lázně | Kubin / 1.4.2010 | 7 | 1 | 8 | 56 |

Analýzou FMEA bylo zjištěno:

V případě vady rzi podobný nános bylo nejvyšší rizikové číslo s hodnotou 560. I ze všech rizikových čísel v tabulce FMEA bylo nejvyšší. Důvodem je nevhodné složení černící lázně. Kontrola také není dostatečná, ale proces se lépe provádět nedá. Proto bylo stanoveno nápravné opatření - nové složení černící lázně. Toto opatření snížilo rizikové číslo na neuvěřitelnou hodnotu 56.

Déle u této vady bylo rizikové číslo o hodnotě 196. bylo to způsobeno nedostatečnou kontrolou kalu v černící lázni. Jako nápravné opatření jsme navrhli zintenzivnit kontrolu. Hodnota rizikového čísla klesla na 84.

Nejnižší rizikové číslo 112, bylo při nedostatečné předúpravě před černěním. A to i přes nedostatečnou kontrolu. Protože rizikové číslo nepřesáhlo námi určenou rizikovou hodnotu 126, nenavrhovali jsme žádná protiopatření.

V případě vznikání vady necelistvost vybarvení povrchu, bylo nejvyšší rizikové číslo 504. Důvodem je špatný technologický postup. Kontrola taktéž není ideální. Zavedením nápravného opatření, čímž byla změna postupu technologie, se snížilo rizikové číslo na hodnotu 56.

U výskytu kalu v černící lázni zapříčiňující necelistvost vybarvení povrchu se postupovalo stejně jako v předešlém případě. Rizikové číslo bylo po zavedení intenzivnější kontroly sníženo z hodnoty 196 na hodnotu 84.

Nejnižší rizikové číslo 112 u vady necelistvost vybarvení povrchu bylo zapříčiněno nedostatečnou předúpravou před černěním a nezajištěním včasné kontroly. Přesto tato hodnota je pod zvolenou mezní hodnotou 126, a proto jsme se dále nezabývali navrhováním protiopatření.

# 8 NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

Ve firmě Martin Švajda byly zjištěny dvě vady - rzi podobný nános a nedostatečné vybarvení povrchu. U těchto vad byla zjištěna jejich příčina a následně bylo navrhnuto a sepsáno řešení.

Vzniklé chyby a nápravná opatření:

1. Rzi podobný nános – nové složení černící lázně

Tuto vadu odstraníme změnou černící lázně. Byla zvolena směs: HYDROXID SODNÝ + DUSITAN SODNÝ + KON XC litina (DUSIČNAN SODNÝ + THIOSÍRAN SODNÝ). Tato směs vychází ze složení prvotní černící lázně a přidává se do ní výrobek firmy TECHNOSERVIS MT, s.r.o.

2. Nedostatečné vybarvení na částech obrobku - opakované vložení do černící lázně

Zlepšení barvícího účinku lze dosáhnout systémem se dvěma nebo se třemi lázněmi. V tomto případě se provozují dvě černící lázně se vzájemně rozdílnými koncentracemi solných roztoků, a následně s rozdílnými teplotami varu. V první lázni se pracuje s teplotou okolo 138$^{o}$C, v druhé lázni s teplotou okolo 142$^{o}$C. Po každém jednotlivém kroku černění se díly zanoří do vody a opláchnou se. Po takovém dvojitém nebo trojitém černění dostanou všechny za běžných podmínek špatně obarvitelné díly sytou tmavou barvu.

## 8.1 Analýza nápravných protiopatření

Týmem byla sepsána opatření pro odstranění nedostatků. Při vyhodnocování FMEA analýzy jsme zjistili jejich pozitivní vliv. Odstranili jsme tím závady a proces může pokračovat. Nesmíme však zapomenout na rovnocenné vyhodnocení případných negativ, která tato nová opatření sebou mohou přinést. Musíme zvažovat veškerá rizika, jež by mohla nastat například z hlediska jakosti, ekonomičnosti, ekologičnosti a bezpečnosti. Zejména v případech, kdy by mohlo pochybení vést k dalekosáhlým důsledkům, je

zapotřebí zvážit všechna možná rizika, která by mohla nastat. K tomu nám poslouží diagram rozhodovací diagram.

Cílem rozhodovacího diagramu neboli diagramu PDPC je usměrnit rozhodování o možných opatřeních do budoucnosti s akceptací možných rizik při aplikaci v praxi, a zároveň stanovit protiopatření k jejich zamezení.

Při tvorbě se postupuje následovně. Nejprve se stanoví cíl neboli to, čeho chceme dosáhnout.

My jsme měli dva problémy. První je necelistvost vybarvení povrchu při černění a další je tvorba rzi podobného nánosu na obrobku. Našim záměrem bylo tyto vady odstranit, a proto jsme navrhli protiopatření. Teď potřebujeme tato protiopatření zanalyzovat, zda jejich zavedení nepřinese firmě velké finanční či jiné těžkosti. Našim cílem je zjistit dopad těchto protiopatření.

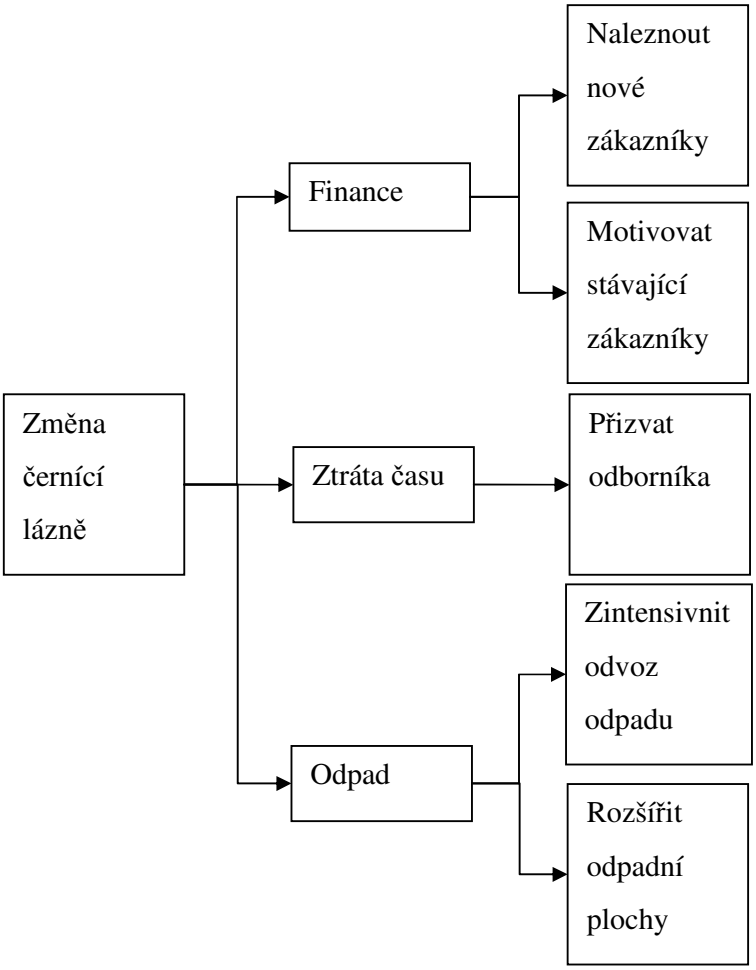
Protože máme dvě protiopatření a každé bude mít jiný dopad, musíme vytvořit dva rozhodovací diagramy. Jako první se budeme zabývat tím, jaký dopad měla změna černící lázně. Tohoto protiopatření chceme docílit, proto jej zapíšeme do první kolonky (Obr. 17).

Dále se zabýváme možnými problémy, jež by toto protiopatření mohlo přinést. Při zavádění a zkoušení zda tato lázeň je zcela vyhovující jsme zjistily, že by mohly nastat tyto problémy – ztráta financí, časová a nárůst možného odpadu.

Proto zavedeme protiopatření. Nedostatek financí, můžeme vyřešit rozšířením okruhu odběratelů. Naleznout nové zákazníky není snadné, ale firma má dobrou pověst. Při zlepšení reklamy by to mohlo být reálné. Také by se firma měla zaměřit na stávající zákazníky. Zamyslet se nad vhodným druhem motivace, jako je například množstevní sleva, nebo možnost doručení zhotovených kusů do určité vzdálenosti zdarma.

Ztráta času při hledání vhodné černící lázně je skoro neodstranitelná. Jediná pomoc je přizvat vhodného odborníka.

Odpadem myslíme, jak nevhodně složená černící lázeň, tak zmetky, jež vznikly při procesu černění. Chemický odpad (soli) je nutné skladovat dle zákona, aby nedošlo k narušení životního prostředí. Pokud je odpadu nadbytek, musíme naleznout nové odpadní plochy a zajistit včasný odvoz odpadu.




*Obr. 17. Digram PDPC - možná rizika při změně černící lázně.*

Při sestavování dalšího rozhodovacího diagramu (Obr. 18) se zaměřujeme na cíl několikanásobné vložení do černící lázně. Přesněji dáno vložení do jedné černící vany a po ukončení černění a opláchnutí opakované vložení do druhé černící vany s odlišnou teplotou lázně.

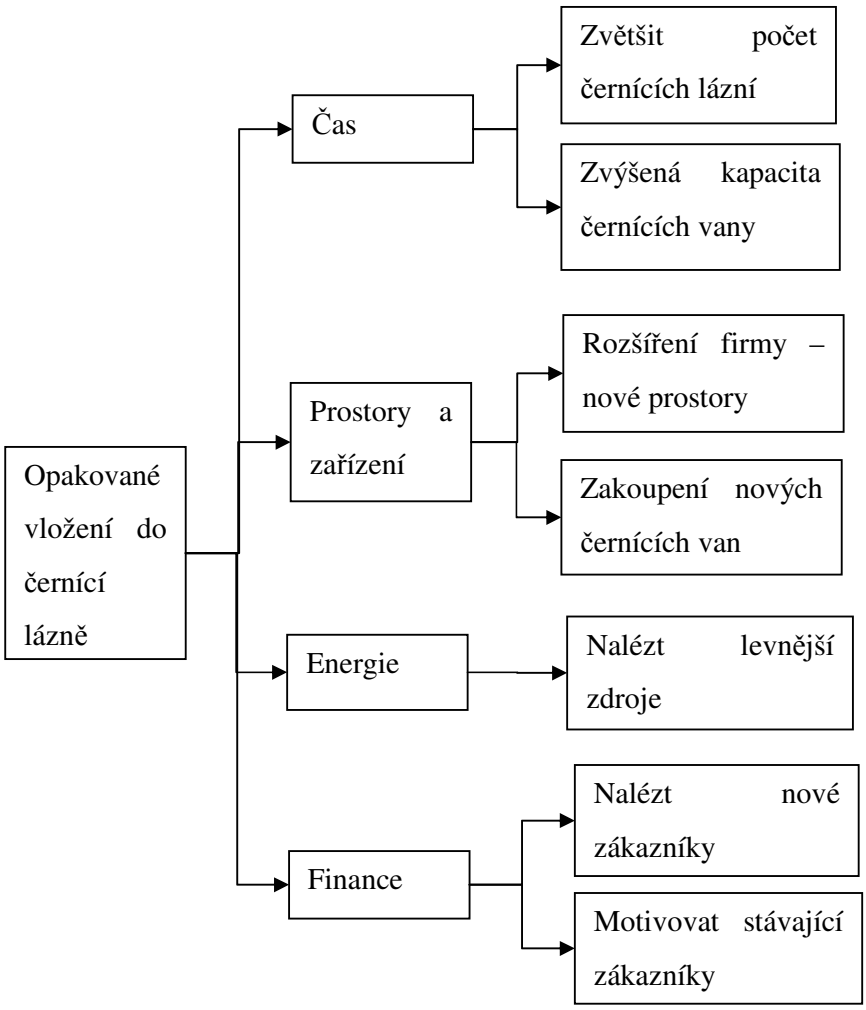
V důsledku tohoto opakovaného děje se vyskytly určité problémy. Mezi prvními je ztráta času při černění. Obrobek se totiž musí černit nadvakrát. S tím souvisí i další problém - prostory a zařízení. Musíme mít dostatek van, ve kterých budeme černění provádět a ty musíme někam umístit. A pokud zvětšíme počet van a znásobíme proces, ale pořád budeme mít stejný počet obrobků připravených k černění, zvýší se i nároky na provoz a vzroste spotřeba energie. Jako poslední a zároveň nejčastější problém se vyskytl možný nedostatek financí.

Nad všemi těmito možnými problémy se tým zamýšlel a navrhl protiopatření. U problému se ztrátou času, navrhl protiopatření zvětšit počet černících lázní, popřípadě zakoupit nové vany, které by mohly mít i větší objem.

Problém prostory a zařízení zahrnuje jak problém s tím v čem černit, tak problém kde černění provozovat. Problém v čem, vyřešíme zakoupením nových černících van. A na něj navazuje problém kde tyto vany umístit. To by se dalo vyřešit rozšířením firmy, nejlépe do vedlejší budovy.

Se zvýšenou spotřebou elektrické energie musíme v každém případě počítat. Firma by měla nalézt levnější zdroje a mohla by se zaměřit i na alternativní zdroje energie.

Problém financí a s tím spojená protiopatření zůstává stejný jak v předešlém případě. Bylo by dobré hledat nové zákazníky a motivovat ty stávající.




*Obr. 18. Diagram PDPC – opakované vložení do černící lázně.*

# 9 KONTROLA OPATŘENÍ

Firma Martin Švajda je malá a nemá tak rozsáhlé možnosti jako větší firmy. Přesto se po prozkoumání všech možných rizik a s nimi spojených opatření rozhodla, zavést změnu černící lázně a vícečetné černění do procesu. Porovnáním analýzy FMEA s diagramy PDPC se zjistilo, že zavedení těchto opatření proti vzniku vad je výhodné.

Protiopatření byla zavedena do procesu dne 1. 4. 2010. Toto datum bylo zapsáno do tabulky FMEA spolu se jménem pracovníka, jež byl pověřen dohledem nad dodržováním a správností doporučených opatření.

Následné provedené kontroly doporučených opatření potvrdily správnost navržené a zavedené FMEA do praxe. Po zavedení změny technologie procesu černění se již nevyskytly žádné vady, ani reklamace na černění ze strany zákazníků.

# ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá nástroji a metodami používanými v managementu jakosti. První část práce zahrnuje teoretický popis těchto nástrojů a metod. Nejprve se zabývá významem managementu jakosti a nutností jeho neustálého zlepšování. Dále zjistíme, jaké nástroje a metody k tomu slouží a budou podrobně popsány.

V praktické části tyto nástroje a metody byly využity v procesu černění ve firmě Martin Švajda, která se nachází v areálu firem u Napajedel.. Především jsme se zaměřili na metodu FMEA a diagramy PDPC, které s touto metodou úzce souvisí. Ale byly použity i další nástroje managementu jakosti.

Firma se potýkala se dvěma velice závažnými problémy, které vedly k nespokojenosti zákazníka a následné reklamaci. Za pomocí analýzy FMEA sestavený tým vyhodnotil následky těchto vad a navrhli možné zlepšení. Po porovnání všech kladů a záporů doporučených opatření, vedení firmy přistoupilo k zavedení těchto opatření do provozu.

Po prvotních zkouškách procesu na výrobku, bylo zjištěno výrazné zlepšení a odstranění všech vad jež předtím vznikaly. I po měsíční kontrole, proces stále funguje jak byl navržen a nevznikají nechtěné vady.

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] PLURA, J. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Computer Press, Praha, 2001, 244 s. ISBN 80-7226-543-1.

[2] NENADÁL, J., NOSKIEVIČOVÁ, D., PETŘÍKOVÁ, R., PLURA, J., TOŠENOVSKÝ, J. Moderní systémy řízení jakosti/Duality Management. Management Press, Praha, 1998. 283s.

[3] MIZUNO, S. Řízení jakosti. Praha, 1993

[4] VDA 4.2. Zabezpečování jakosti před sériovou výrobou. Česká společnost pro jakost, Praha, 2001. 67 s.

[5] ČSN EN ISO 9001:2008 Systémy managementu jakosti

[6] NENADÁL, J., PLURA, J., HUTYRA, M., PETŘÍKOVÁ, R. Základy managementu jakosti. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2005. 145s. ISBN 80-248-0969-9.

[7] HORÁLEK, V. Jednoduché nástroje řízení jakosti I. ČSJ, Praha, 2004.

[8] HORÁLEK, V. Jednoduché nástroje řízení jakosti II. ČSJ, Praha, 2004.

[9] JANEČEK, Z. Jakost – potřeba moderního člověka. Národní informační středisko pro podporu jakosti, Praha, 2004. 106 s. ISBN 80-02-01687-4

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$D_{ik}$ Vzdálenost mezi proměnnými *i* a *k*

$x_{ij}$ Hodnota j-tého prvku proměnné *i*

$x_{kj}$ Hodnota j-tého prvku proměnné *k*

n Počet sledovaných prvků

$ZM_{ij}$ Nejdříve možný začátek.

$ZP_{ij}$ Nejpozději přípustný začátek.

$KM_{ij}$ Nejdříve možný konec.

$KP_{ij}$ Nejpozději přípustný konec.

$TM_i$ Nedřívější čas uzlu.

$TP_i$ Nejpozdější čas uzlu.

$t_{ij}$ Doba trvání činnosti (*i,j*).

i, j Číslo uzlu.

# SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. 1. Struktura afinitního diagramu.* ..... 23
*Obr. 2. Struktura diagramu vzájemných vztahů.* ..... 25
*Obr. 3. Systematický (stromový) diagram.* ..... 26
*Obr. 4. Matice tvaru „L“.* ..... 27
Obr. 5. Matice tvaru „T“. ..... 28
Obr. 6. Matice tvaru „Y“ ..... 28
*Obr. 7. Matice tvaru „X“.* ..... 29
*Obr. 8. Mapa s kriterii A a C.* ..... 32
*Obr. 9. Diagram slunečních paprsků.* ..... 33
*Obr. 10. Struktura diagramu PDPC.* ..... 34
*Obr. 11. Struktura údajů v síťovém grafu .* ..... 37
*Obr. 12. Černěné výrobky.* ..... 46
*Obr. 13. Stromový diagram procesu černění.* ..... 47
*Obr. 14. Hlavička FMEA formuláře.* ..... 53
*Obr. 15. Fáze analýzy FMEA.* ..... 54
Obr. *16. Tabulka FMEA s označením kolonek pro hodnocení.* ..... 57
*Obr. 17. Digram PDPC - možná rizika při změně černící lázně.* ..... 68
*Obr. 18. Diagram PDPC – opakované vložení do černící lázně.* ..... 69

# SEZNAM TABULEK

*Tab. 1. Principy managementu organizací.* ..... 20
*Tab. 2. Hodnocení významu vady.* ..... 58
*Tab. 3. Pravděpodobnost výskytu vady.* ..... 59
*Tab. 4. Hodnocení odhalitelnosti vady.* ..... 61