

Aplikace modulu FMEA systému EISOD ve firmě Rogum Rožnov p/R

Aplication of modul FMEA of
system EISOD in company
Rogum Rožnov p/R

Bc. Jaromír Janík

Diplomová práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Oficiální zadání diplomové práce

1. *Jméno a příjmení diplomanta:* Bc. Jaromír Janík
Studijní skupina: 27
Ročník studia: V.
2. *Jméno a kontaktní adresa vedoucího diplomové práce:* Doc. Ing. Petr Briš, Csc.
3. *Název diplomové práce:*
Aplikace modulu FMEA systému EISOD ve firmě Rogum Rožnov p/R
4. *Zásady pro zpracování:*
 1. Stanovte cíle řešení diplomového projektu
 2. Zhodnoťte teoretická východiska pro řešení
 3. Proveďte analýzu současného stavu ve firmě Rogum Rožnov p/R
 4. Zhodnoťte výsledky analýzy a navrhněte východiska pro zlepšení
 5. Zpracujte ideový záměr racionalizace
 6. Propracujte projektové řešení vybraného prvku ideového záměru
 7. Zhodnoťte navrhované řešení

Souhlas vedoucího diplomové práce:

Vedoucí diplomové práce souhlasí s údaji uvedenými ve všech předchozích bodech a hodnotí název zadání jako přesný a výstižný a zásady pro zpracování jako úplné a přesné.

Podpis vedoucího diplomové práce:

Prohlášení diplomanta:

Diplomant prohlašuje, že souhlasí, aby jeho návrh byl s případnými úpravami ředitele ústavu předán k podpisu děkanovi FaME a zveřejněn.

Podpis diplomanta:

Datum odevzdání:

Převzal:

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval/a samostatně a použitou literaturu jsem citoval/a.

Ve Zlíně, 10. 05. 2005

.....

jméno diplomanta

Abstrakt

Tato diplomová práce je úzce zaměřena na analýzu metody FMEA (analýza možností vzniku vad a jejich následků), protože tato metoda stále nalézá široké uplatnění v řadě průmyslových odvětví jako metoda minimalizující rizika spojená s výrobkem ve fázi konstrukce, návrhu a procesu výroby. V první části této práce je položena teoretická základna, kde jsou uvedeny mimo jiné druhy analýzy FMEA, cíle, rozsah použití a jednotlivé kroky při jejím provádění. Analytická část je koncipována jako praktický manuál k práci s modulem FMEA počítačového systému EISOD a závěrečná kapitola ukazuje za pomoci případových studií, kde každá z nich je zaměřena na jeden typ analýzy FMEA, praktický postup při vytváření a vyplňování FMEA formulářů, který by měl posloužit firmě Rogum Rožnov p / R jako návod pro implementaci této metody při výrobě.

Abstract

This diplom project is strict oriented on analysis of method FMEA (Failure mode and effects analysis), because this method always find wide using in the range of industrial sectors as the method minimize risk linked with product in the phase of construction, project and process of the production. In the first part of this project is placed the theoretical base, where are introduced out of other classes of the analysis FMEA, targets, extent of using and single steps by her pursue. The analytical part is composed as practical manual for the working with the modul FMEA of the computer system EISOD and the final chapter show with help the case essayes, where each of them is oriented on the one type of the analysis FMEA, practical procedure by creating and filling out FMEA forms, what should serve company Rogum Rožnov p / R as instructions for introduce this method by production.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1.1 FMEA – ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU PORUCH A JEJICH NÁSLEDKŮ.....	12
1.2 FMEA KONSTRUKCE VÝROBKU	15
1.3 FMEA NÁVRHU VÝROBKU.....	16
1.4 FMEA PROCESU	31
1.5 SYSTÉMOVÁ FMEA VÝROBKU A PROCESU	40
1.6 ZÁVĚREČNÉ SHRNTÍ POUŽITÍ METODY FMEA V PODNIKU	44
2 ANALYTICKÁ ČÁST.....	44
2.1 PRAKTICKÝ NÁVOD K POUŽITÍ MODULU ANALÝZY FMEA SYSTÉMU EISOD	45
2.1.1 Role	47
2.1.2 Workflow FMEA.....	49
2.1.3 Dialogová okna.....	55
2.1.4 Číselníky.....	62
3 PROJEKTOVÁ ČÁST	65
3.1 PŘÍPADOVÁ STUDIE Č. 1 – FMEA KONSTRUKCE.....	74
3.2 PŘÍPADOVÁ STUDIE Č. 2 – FMEA NÁVRHU VÝROBKU.....	76
3.3 PŘÍPADOVÁ STUDIE Č. 3 – FMEA PROCESU	77
4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU.....	79
ZÁVĚR.....	81
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	83
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
SEZNAM TABULEK	85
PŘÍLOHA	86

ÚVOD

Kromě nákladů má jakost i další dimenzi a tou je čas. Zvládnutí časového faktoru při prosazení výrobku s novými parametry jakosti na trhu patří k rozhodujícím faktorům úspěšnosti firmy.

I to je jedním z důvodů, proč do jednotlivých fází vývoje a konstruování výrobku, projektování výrobních systémů, i samotného systému péče o jakost proniká informační technika. Pokud základ organizační integrace péče o jakost tvoří normy ISO 9000-9004, technická integrace takového systému vzniká používáním tzv. CAQ systémů, tj. systémů s počítačem podporovaným zabezpečováním jakosti (Computer Aided Quality Assurance).

Mnohé systémy, které jsou propagovány pod označením CAQ, jsou však jen částí komplexních systémů péče o jakost. Většina programových produktů z této oblasti se zaměřuje na zkoušení a vstupní kontrolu materiálu, resp. na zkoušky ve výrobě s automatickým snímáním, analýzou a archivací údajů. Pokud však hovoříme o počítačové podpoře v celopodnikovém systému péče o jakost, je třeba budovat automatizovaný systém vzájemným propojením následujících oblastí:

- zpracování informací z trhu (reklamace, požadavky zákazníků, jakost u konkurence)
- propojení na celopodnikový informační systém (CAD, technologie, plánování a řízení výroby, výroba, ekonomika apod.)
- projektování jakosti (počítačem podporovaná příprava zkušebních postupů, OFF LINE péče o jakost)
- provádění zkoušek a kontrola jakosti
- analýza zkoušek a zpracování dokumentace.

K budování systémů CAQ je však třeba poznamenat, že dnes existuje široké spektrum technických a programových prostředků, které mohou účinně podporovat a integrovat řadu činností v systému péče o jakost (kontrolní a snímací zařízení, vyhodnocovací a monitorovací prostředky, zpracování protokolů aj.). Všechny tyto nástroje je třeba chápat jen jako podpůrné prostředky, které samy o sobě v podniku nevytvářejí a neřeší systém péče o jakost. Mnohé užitečné metody (FMEA, Taguchiho metody a jiné) nemají podporu v systémech CAQ, které jsou dostupné na trhu a mnohé přístupy ke zvyšování jakosti vycházejí z lidského potenciálu (kroužky jakosti, QFD apod.). Dobře fungující systém péče o jakost však vyžaduje dokonalé

informace a jejich rychlé zpracování, při kterém mohou být počítače a automatizační technika při správném používání velkým přínosem.

Systém CAQ se nedá koupit, takový systém si musí podnik vybudovat, i když některé komponenty CAQ jsou dostupné na trhu (počítačové sítě, databáze, měřicí a kontrolní technika, programové vybavení). Tento systém by měl splňovat především následující požadavky:

- zohlednění individuálních požadavků podniku, tj. měl by být "ušitý na míru",
- pružnost a otevřenost, tj. schopnost změn a dalšího rozšiřování,
- využívání schopností člověka (nestavět člověka do polohy zadavatele údajů a plnění příkazů počítače, ale poskytovat pracovníkovi podpůrný nástroj - archivátora, analyzátor, výpočtáře apod.),
- integrovanost s dalšími podnikovými informačními systémy, která umožní pohodlnou a spolehlivou výměnu údajů. Nelze zapomínat ani na komunikaci se zákazníky, servisem a dodavateli, která při současné komunikační technice není technickým problémem vycházet z kompaktní a spolehlivé databáze jakosti (údaje o jakosti měnit na informace a znalosti),
- při integraci respektovat existující standardy (např. QDES – Quality Data Exchange Standard).

Dále je třeba si uvědomit, že systém CAQ je jen součástí celopodnikové strategie a systému péče o jakost, a ne jeho náhradou. Pro takový systém je nutné vytvořit nejdříve organizační předpoklady a je rozumné začínat s podobným projektem jen v jedné části podniku a potom ho postupně rozšiřovat. Podstatně se tak může snížit riziko a náklady na korekce chyb v systému.

Tak jako při všech investicích do nové techniky si však především musíme jasně definovat svou situaci a cíle, protože ne každý podnik musí bezpodmínečně nasadit počítačovou techniku do všech oblastí péče o jakost:

- např. při velkosériové výrobě s vysokým stupněm automatizace je možné budovat 100% automatickou kontrolu jakosti v procesu výroby,
- při výrobě komplexních výrobků se složitými komponenty může být vhodné investovat do automatizace kontrolních a měřicích operací, které by mohly redukovat časy na komplexní zkušební činnosti,
- při výrobě na specifické zakázky může být výhodné orientovat se na plánování a

vykonávání komplexních zkoušek, vystavení certifikátů jakosti, kde může informační propojení překračovat rámec podniku,

- při výrobě s vysokým počtem dodavatelů (např. v automobilovém průmyslu) může být zase vhodné investovat do počítačem podporovaného zkoušení a kontroly nakoupených částí a materiálů.

Počítačová integrace podniku automaticky nezabezpečí integrované řešení všech oblastí CIM (technicko-technologických a provozně-organizačních) a z toho vyplývající synergický účinek. Počítačové systémy jsou jen doplňkem a jedním z nástrojů takovéto integrace, jejíž těžiště je především v organizaci a v lidech, protože lidé integrují počítače a ne počítače lidi. Ano, integrujícím prvkem v podniku je skutečně člověk.

V opojení možnostmi moderní techniky a technologie stál však pracovník podniku častokrát na pokraji zájmu, přičemž jsme si neuvědomovali, že je to nejpružnější, nejinteligentnější a zároveň nejnenahraditelnější prvek ve výrobním podniku. I když bez počítačů v řízení, systémů CAD, pružných výrobních systémů a jiných automatizovaných prvků to asi dále nepůjde, mnohé firmy do této oblasti investovali nemalé finanční částky, přičemž uvěřily, že technika automaticky vyřeší všechny problémy a že se dá účinně používat bez odpovídajících přeměn v lidech a organizaci.

1 TEORETICKÁ ČÁST

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) představuje týmovou analýzu možností vzniku vad u posuzovaného návrhu, ohodnocení jejich rizika a návrh a realizaci opatření vedoucích ke zlepšení jakosti návrhu [2]. Má induktivní charakter a je jednou ze základních metod plánování a zlepšování jakosti a důležitou součástí přezkoumání návrhu. Zkušenosti ukazují, že použitím této metody lze odhalit 70 až 90 % možných neshod [1].

Metoda FMEA byla vyvinuta v šedesátých letech v USA a byla původně určena pro analýzy spolehlivosti složitých systémů v kosmickém výzkumu (byla vyvinuta NASA pro projekt Apollo) a jaderné energetice. Velmi brzy se však začala využívat k prevenci výskytu neshod v dalších oblastech, přičemž k největšímu rozšíření došlo zejména v automobilovém průmyslu. V Evropě tuto metodu začala jako první používat v roce 1977 firma Ford a například v koncernu Volkswagen se běžně uplatňuje od roku 1984.

V českém ekvivalentu mezinárodní normy věnované metodě FMEA [6] se anglický název překládá jako „Analýza způsobů a důsledků poruch“, častěji se však užívá volný překlad „Analýza možností vzniku vad a jejich následků“ [4, 8].¹

Mezinárodní norma věnovaná metodě FMEA popisuje dvě alternativy metody: metodu FMEA - „analýzu způsobů a důsledků poruch“ a její rozšířenou podobu metodu FMECA – „analýzu způsobů, důsledků a kritičnosti poruch“. V pojetí této normy metoda FMEA nezahrnuje hodnocení rizika možných způsobů poruch (vad vyvolaných určitou příčinou). U metody FMECA je doplněno hodnocení kritičnosti důsledků poruch a pravděpodobnosti způsobů poruch a celková kritičnost se na základě těchto dvou kritérií vyhodnocuje v tzv. grafu kritičnosti. V metodikách automobilového průmyslu se však standardně používá označení FMEA a přitom tyto postupy obsahují hodnocení rizika.

V praxi se uplatňují zejména postupy podle metodiky amerických výrobců automobilů QS-9000: FMEA [7] nebo podle metodiky německého sdružení automobilového průmyslu

¹ Poznámka:

V této práci je v souvislosti s metodou FMEA dána přednost běžně užívanému volnému překladu „Analýza možností vzniku vad a jejich následků“. Porucha je definována jako „ukončení schopnosti objektu plnit požadovanou funkci“, zatímco vada jako „neplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití“. Pomineme-li, že porucha je jev a vada stav (měli bychom porovnávat poruchu a vznik vady nebo poruchový stav a vadu), lze dojít k závěru, že příslušné definice nejsou zásadně rozdílné. Z hlediska účelu aplikace metody FMEA však vada, resp. její vznik postihuje širší spektrum negativních jevů působících na spokojenost zákazníka, neboť zahrnuje i situace, kdy dochází k jakémukoliv zhoršení plnění požadavků ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití. Analýzu možných vad je přitom vhodné rozšířit o analýzu dalších možných neshod, které sice neovlivní vhodnost výrobku k zamýšlenému použití, ale mohou ovlivnit spokojenost zákazníka, případně výrazně zvýšit výrobní náklady.

VDA 4.2 [8], jejichž základní principy se prakticky neliší. Nejčastěji se doposud používají zejména dva druhy FMEA: FMEA návrhu výrobku (FMEA konstrukce) pro analýzu návrhu výrobků, jejich prvků a částí a FMEA procesu pro analýzu procesů, v nichž výrobky vznikají. Možnosti uplatnění metody FMEA jsou však mnohem širší. Lze ji rovněž aplikovat při analýze návrhu služby, systému nebo procesu řízení jakosti [3, 5] a rovněž na jakékoliv jiné procesy.

Pro používání metody FMEA hovoří celá řada argumentů. Uvedme alespoň ty hlavní. Aplikace metody FMEA:

- představuje systémový přístup k prevenci nejakosti;
- snižuje ztráty vyvolané nízkou jakostí výrobků;
- zkracuje dobu řešení vývojových prací;
- optimalizuje návrh a vede ke snížení počtu změn ve fázi realizace (umožňuje „dělat věci správně napoprvé“);
- umožňuje ohodnotit riziko možných vad a na jeho základě stanovit priority opatření, vedoucích ke zlepšení jakosti návrhu;
- podporuje účelné využívání zdrojů;
- vytváří velice cennou informační databázi o výrobku, využitelnou pro podobné výrobky;
- poskytuje podklady pro zpracování nebo zlepšení plánu jakosti;
- je důležitou součástí kontrolního systému v oblasti tvorby návrhu;
- zlepšuje image a konkurenceschopnost organizace;
- pomáhá zvýšit spokojenost zákazníka;
- náklady vynaložené na její provedení jsou jen zlomkem nákladů, které by mohly vzniknout při výskytu vad.

Kromě těchto uvedených předností metody FMEA je potřeba samostatně zdůraznit její výrazný psychologický efekt, který spočívá v posílení spoluzodpovědnosti širšího okruhu pracovníků za navrhovaný výrobek či proces a ve zlepšené komunikaci mezi jednotlivými útvary. Významným přínosem jejího používání je rovněž „uvědomění si možných rizik“.

Používání metody FMEA je doporučováno normami souboru ISO 9000:2000 a je stále častěji požadováno zákazníky, kteří si takto ověřují, že výrobce posoudil a vyhodnotil

všechna rizika, která mohou vést k selhání výrobku či procesu, a provedl vše pro minimalizaci těchto rizik. Náklady na provedení analýzy FMEA jsou minimální a jsou vyváženy jistotou, že bylo učiněno vše pro bezproblémovou realizaci návrhu výrobku nebo procesu.

Metoda FMEA se používá zejména pro nové nebo inovované výrobky nebo procesy, avšak lze ji aplikovat i na stávající výrobky a procesy. V případě analýzy nových výrobků či procesů by měla být zahájena dostatečně včas, v podstatě když je zpracována první koncepce řešení. Čím později bude zahájena, tím vyšší náklady a časové ztráty lze očekávat při realizaci případných změn. Včasné zahájení analýzy FMEA je rovněž důležité z toho důvodu, aby se do plánovaného zahájení výroby podařilo navržená opatření realizovat. Při změnách návrhu v dalších fázích vývoje by se aplikace metody FMEA měla opakovat.

FMEA je metodou, kterou je nutno aplikovat v týmu, neboť její velkou výhodou je právě využití znalostí a zkušeností celé řady odborníků. V týmu by měli mít své zastoupení pracovníci vývoje, konstrukce, technologie, výroby, zkušeben, útvaru řízení jakosti, servisu a další „nositelé znalostí“, mají v něm však své místo také například zástupci ekonomického útvaru nebo zásobování. Zákazníka obvykle zastupují pracovníci marketingu. Jak pro FMEA návrhu výrobku, tak pro FMEA procesu je složení týmu podobné - rozdíl je zejména v osobě pracovníka, který k analýze předkládá příslušný návrh výrobku nebo procesu. Při FMEA návrhu výrobku je tímto pracovníkem pracovník zodpovědný za vývoj výrobku, při FMEA procesu je to obvykle pracovník zodpovědný za návrh technologie výrobního procesu. Pro efektivní práci týmu je důležité metodické a organizační řízení práce týmu zkušeným moderátorem.

Analýza FMEA návrhu výrobku nebo procesu probíhá v těchto fázích:

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

Průběh analýzy FMEA se průběžně zaznamenává do formuláře FMEA. Vyplněný formulář FMEA by však neměl být pouhým záznamem o jakosti, ale živým dokumentem dokládajícím soustavnou péči o zlepšování jakosti produkce. Součástí formuláře je podrobná hlavička, v níž jsou specifikovány základní údaje o analyzovaném návrhu, odpovědných pra-

covních a času provedení. Příklady formulářů pro FMEA návrhu výrobku a FMEA procesu používaných v metodice QS - 9000 [7] jsou uvedeny na obr. 5.1 a obr. 5.4.

1.1 FMEA – analýza možností vzniku poruch a jejich následků

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je metoda používaná hlavně v předvýrobních etapách na preventivní odstranění potencionálních poruch a chyb. Tato metoda pomáhá identifikovat nejkritičtější a nejpravděpodobnější chyby ve výrobku anebo v procesu. Metoda FMEA umožňuje rozeznat v různých fázích návrhu výrobků anebo procesů co nejdříve možnosti vzniku poruch, určit jejich možné následky, ohodnotit rizika a bezpečně jim předejít. Použité druhy FMEA spolu souvisí a vycházejí jeden z druhého.

Cílem FMEA je již v předvýrobních etapách vypracování podrobného rozboru celého výrobku z hlediska jeho poruchovosti a uskutečnění takových nápravných opatření již v stadiu konstrukce a technické přípravy výroby, aby se dosáhla s minimálními ztrátami produkce výrobku podle dopředu stanovených požadavků.

Hlavní myšlenka FMEA vychází z toho, že pro každý projev poruchy na nejnižší úrovni (např. součástky stroje) se analyzují možné lokální anebo systémové následky. FMEA se používá v těchto formách:

- **FMEA konstrukce - FMEA-K** zkoumá všechny možné selhání systému, přičemž vychází z jeho funkcí. Možné příčiny poruch mohou být konstrukčního, ale i výrobního charakteru. Pracovní skupinu obvykle vede zkušený konstruktér.
- **FMEA procesu (výrobní) - FMEA-P** zkoumá všechny potencionální poruchy procesu výroby a montáže a jejich příčiny a určuje potřebné nápravné opatření jako při FMEA konstrukce. Pracovní skupinu vede pracovník příslušného oddělení výroby, technické přípravy výroby, zabezpečování kvality anebo průmyslového inženýrství.
- **FMEA výrobku - FMEA-V** zkoumá konstrukci a výrobní proces výrobku

jako celek a analyzuje je v jednom projektu FMEA. Dochází k tomu nejčastěji ve formě "FMEA nakupovaného dílu". Tato je iniciována zákazníkem/odběratelem a obvykle ji zákazník řídí a koordinuje (na rozdíl od předcházejících dvou, které obvykle organizuje a zodpovídá za ne příslušné oddělení konstrukce anebo výroby).

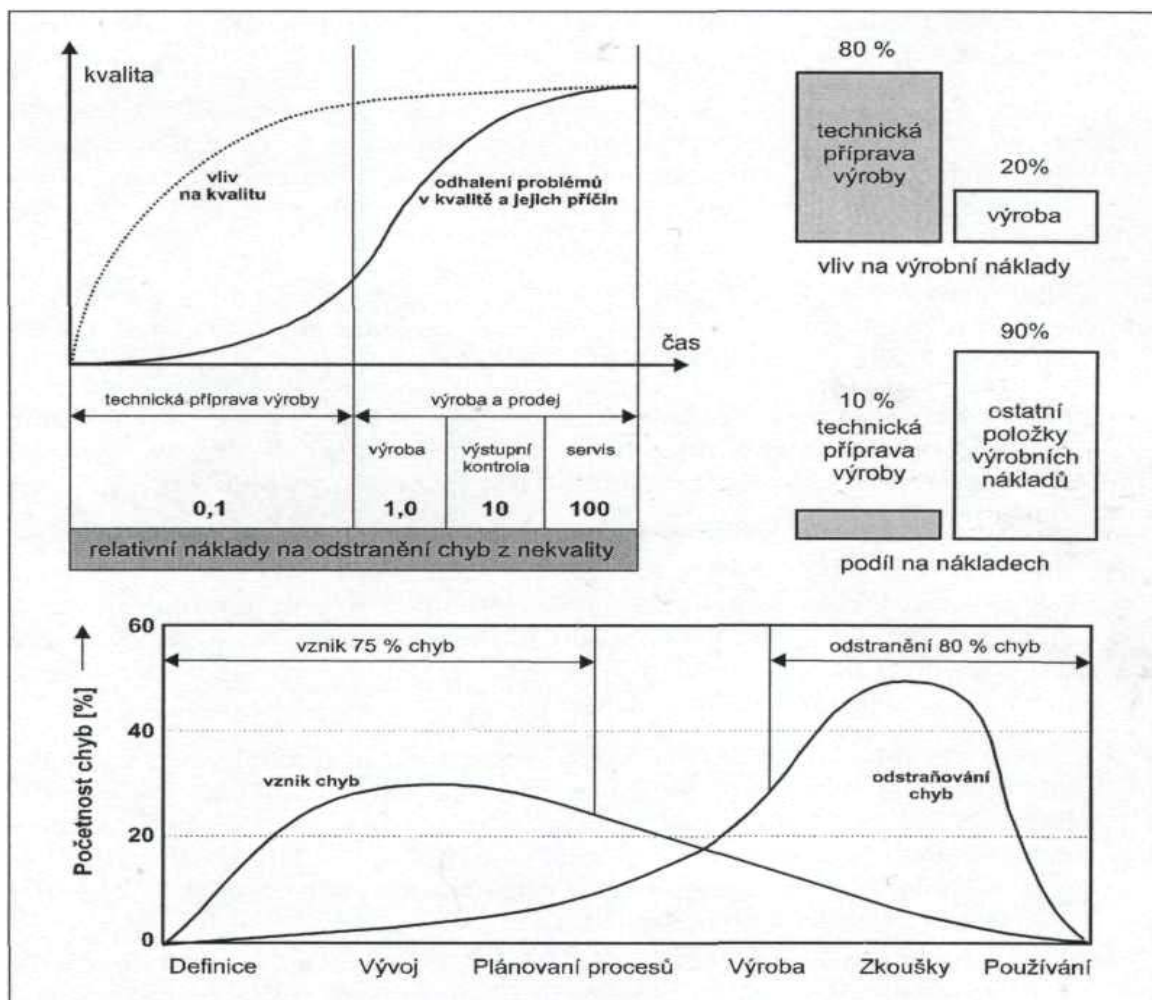
- **FMEA výrobních prostředků - FMEA-VP** optimalizuje výrobní prostředky a používá se jako součást programů TPM s cílem snížit rizika možných poruch důležitých zařízení.

FMEA jako analyticko-systematická metoda se nepoužívá izolovaně, ale je součástí strategie plánování kvality a plánování prověrek kvality. Náklady na realizaci analýz jsou vyváženy jistotou, že se udělalo všechno pro bezproblémový náběh sériové výroby. Dá se tak předejít mnohým nepříjemným a nákladným zkušenostem ve výrobě a v provozu výrobku.

Nejčastěji se provádí FMEA-K a FMEA-P. Obě dvě analýzy spolu úzce obsahově souvisí, naproti tomu jsou ve formulaci zadání a v sestavě pracovních skupin rozdílné.

Proč je to důležité?

FMEA je orientována hlavně na předcházení příčin poruch a chyb v předvýrobních etapách. Význam této prevence a vliv technické přípravy výroby na pružnost, kvalitu, čas a náklady je znázorněný na obr. 1.1. Levá část obrázku ukazuje všeobecně známou skutečnost - čím dříve zachytíme chybu, tím méně nás to stojí. Problém je v tom, že i když jsou hlavní vlivy na kvalitu soustředěny v předvýrobních etapách, tak tyto problémy odhalíme většinou až ve výrobě.



Obr. 1.1 Vliv technické přípravy výroby (TPV) na pružnost, kvalitu, čas a náklady [7]

Kde a kdy se to používá?

Jak již bylo uvedeno - FMEA má použití hlavně v předvýrobních etapách jako metoda předcházení chybám a poruchám. Dá se však využít v libovolné fázi životního cyklu technického systému - při konstruování, projektování, náběhu výroby, ale i ve výrobě jako součást zákaznických auditů, anebo při zlepšování výrobních zařízení a systémů. FMEA byla vyvinuta na analýzy spolehlivosti složitých systémů ve fázi návrhu a vývoje výrobků v oblasti kosmického výzkumu a jaderné energetiky v USA (60. léta), postupně se rozšířila i do ostatních odvětví průmyslu (1977 Ford, konec 70. roků v Československu ve výzkumu spolehlivosti, Ford v dokumentaci od roku 1984,

postupně všechny velké automobilky jako např. Tatra v Kopřivnici, Škoda a.s. Mladá Boleslav, Volkswagen Bratislava).

Jak se to používá?

FMEA používá systematický postup a formuláře na formalizaci duševních pochodů, které obvykle vykonává konstruktér, průmyslový inženýr anebo technolog.

1.2 FMEA konstrukce výrobku

Vypracovává ji příslušné konstrukční oddělení pro nové anebo změněné díly v čase:

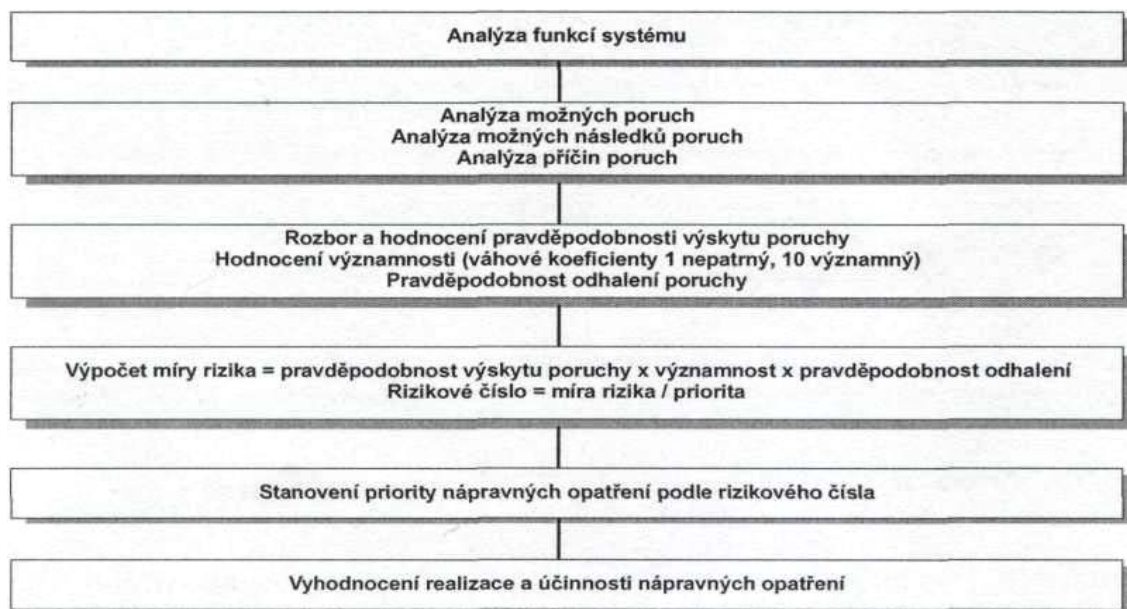
- zahájení konstrukčních prací,
- při změnách výrobku.

V druhém případě se berou do úvahy poznatky z výroby, zkušební, zkoušek životnosti a provozu. Pro převzaté díly není FMEA-K potřebná.

Základní úlohy a řešitelský tým

Základní úlohou při FMEA-K je vzít do úvahy všechny možné jevy, které by později při výrobě anebo v provozu mohly vésti k těžkostem.

Řešitelský tým FMEA projektu je složený obvykle z následujících profesí - vývoj, konstrukce (vedení týmu), technická příprava výroby, výroba, oddělení kvality, zkušebny, ekonomika, logistika, zásobování, *zákazníci*, průmyslové inženýrství.



Obr. 1.2 Postup kroků při FMEA konstrukce [3]

1.3 FMEA návrhu výrobku

Pomocí FMEA návrhu výrobku (FMEA konstrukce) se zajišťuje co nejúplnější zkoumání návrhu výrobku s cílem již v etapě návrhu odhalit všechny možné nedostatky, které by navrhovaný výrobek mohl mít, a ještě před jeho schválením realizovat opatření, která by tyto nedostatky odstranila.

Zkušenosti ukazují, že její použití je účelné zejména v těch případech, kdy se jedná o:

- návrh nových dílů nebo jejich změny;
- návrh použití jiných materiálů;
- změnu požadavků zákazníků;
- používání výrobku v jiných podmínkách;
- změnu požadavků na bezpečnost a ekologickou nezávadnost;
- díly, u nichž se v minulosti projevily provozní nedostatky;
- díly, u nichž lze očekávat problémy.

Analýza a hodnocení současného stavu

Práce týmu FMEA návrhu výrobku začíná tím, že odpovědný pracovník (autor řešení) všechny členy týmu podrobně seznámí s požadavky zákazníka a s navrhovaným řešením výrobku; s jeho jednotlivými díly a s jejich základními charakteristikami a funkcemi. K tomu účelu se výrobek systematicky rozčlení, například s využitím systematického diagramu, na jednotlivé součásti (*Prvek/Funkce* - viz obr. 1.3) a postupně se provádí vlastní analýza.

Prvním krokem analýzy současného stavu u jednotlivých součástí daného řešení je zpracování přehledu všech možných vad, které by u dané součásti mohly v průběhu plánovaného života výrobku nastat. Možné vady se přitom popisují jako fyzikální jevy a je k nim potřeba zařadit i takové vady, které mohou vzniknout pouze za určitých zvláštních podmínek provozu.

U jednotlivých možných vad (*Možná vada*) tým analyzuje všechny možné následky (*Možné následky vady*), ke kterým mohou možné vady vést, přičemž jako následek vady se chápe působení vady na zákazníka, tedy jak zákazník bude výskyt dané vady vnímat. Obecně platí, že každá vada může mít několik následků. Následek vady je přitom potřeba posuzovat jak z hlediska dané součásti, tak z hlediska celého výrobku.

Ke každé možné vadě tým FMEA analyzuje všechny možné příčiny (*Možné příčiny/mechanismy vady*), které mohou danou vadu vyvolat. Vzhledem k tomu, že se jedná o analýzu návrhu výrobku, je potřeba příslušné příčiny hledat v případných nedostacích navrhovaného řešení. V případech, kdy nalezení všech možných příčin vyžaduje hlubší zkoumání, je vhodné využít diagram příčin a následku. Možné příčiny vad musí být popsány přesně a výstižně, aby bylo možno v případě potřeby nalézt vhodná opatření k jejich odstranění.

Příklady možných vad, možných následků vad a možných příčin vad jsou uvedeny v tab. 1.1.

Tab. 1.1 Příklady možných vad, možných následků vad a možných příčin vad u FMEA návrhu výrobku [1]

Možné vady	Možné následky vad	Možné příčiny vad
deformace	ztráta funkce	nevhodné konstrukční řešení
koroze	omezená funkce	špatná specifikace materiálu
opotřebení	špatný vzhled	nesprávná tloušťka materiálu
uvolnění	hlučnost	nesprávné tolerance
vibrace	nepravidelný chod	nevyváženost
netěsnost	zhoršené ovládání	nevhodné těsnění
přerušení obvodu	ohrožení života	nedostatečná ochrana proti vlivu prostředí

Před vlastním hodnocením tým ještě analyzuje a zaznamenává používané kontrolní postupy (*Stávající způsoby posuzování návrhu*), jimiž se ověřuje vhodnost navrhovaného řešení před jeho uvolněním do výroby. Jedná se například o zkoušky prototypů, laboratorní testy, fyzikální nebo matematické modelování, oponentury, testy prováděné na ověřovací sérii atd.

Pro urychlení práce týmu a sjednocení záznamů v příslušných kolonkách se někdy využívají katalogy možných vad, možných důsledků vad a možných příčin vad. Rovněž lze využít některý ze softwarových produktů nabízených na trhu. Využití počítačové podpory při analýze FMEA samozřejmě nenahrazuje tvůrčí činnost týmu, může však urychlit záznam průběhu analýzy a příslušná hodnocení.

Po provedené analýze následuje hodnocení současného stavu, při kterém se u identifikovaných možných vad hodnotí tři základní hlediska:

- význam vady;
- očekávaný výskyt vady;
- odhalitelnost vady.

K hodnocení se v metodikách automobilového průmyslu používá desetibodová stupnice v rozmezí od 1 do 10 bodů (jedná se o „trestné“ body).

V případě významu vady (*Význam*) tým posuzuje, jak jsou možné následky vady pro zákazníka závažné. V případech, kdy určitý projev vady může vést k několika různým následkům, se příslušné hodnocení vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady. V případě, že Následek vady znamená ohrožení bezpečnosti, je bodové hodnocení vysoké (9 nebo 10 bodů), v případě že vznik vady pro zákazníka neznámá žádný následek, odpovídá bodové hodnocení minimální hodnotě (1 bod) (viz tab. 1.2). Pokud se možná vada týká některé zvláštní charakteristiky výrobku (kritické, klíčové, hlavní, významné) nebo některý z následků vady vede k porušení bezpečnostních, zdravotních, ekologických či jiných právních norem, označuje se to v samostatné kolonce (*Kritičnost*) zvláštním symbolem.

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 dodržování 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 pocítuje nepohodlí.	6
Nízký	Funkční výrobek, ale části zajišťující pohodlí pracují na nižší úrovni. Zákazník pocítuje určitou nespokojenost.	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

Systém _____ Subsystem _____ Součást _____ Model _____ Základní tým _____		FMEA NÁVRHU VÝROBKU		Číslo FMEA _____ Strana _____ z _____ Zpracoval _____ Datum provedení FMEA: (původní) _____ (revidovaná) _____	
		Zodpovědnost za návrh _____ Datum _____			

Prvek Funkce	Možná vada	Možné následky vady	Význam	Kritičnost	Možné příčiny/ mechanismy vady	Výskyt	Stávající způsoby posuzování návrhu	Odhalitelnost	Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpověd- nost Termín realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	Rizikové číslo

Obr. 1.3 Formulář FMEA návrhu výrobku [4]

V případě očekávaného výskytu vady (*Výskyt*) tým hodnotí technické možnosti vzniku vady v průběhu doby plánovaného života výrobku. Hodnocení vychází zejména ze zkušeností s podobnými výrobky nebo může být založeno na výsledcích modelování a počítačových simulací. Očekávaný výskyt vady se přitom vztahuje k určité příčině vady, tedy jedná se o posouzení pravděpodobnosti vzniku vady vyvolané určitou příčinou. Příslušné bodové hodnocení roste s možným výskytem vad u daných výrobků (viz tab. 1.3).

Tab. 1.3 Hodnocení očekávaného výskytu vady při FMEA návrhu výrobku [7]

Pravděpodobnost výskytu vady	Možný výskyt vad	Hodnocení
Velmi vysoká: vada je téměř nevyhnutelná	> 1 ze 2	10
	1 ze 3	9
Vysoká: opakované vady	1 z 8	8
	1 z 20	7

Střední: občasné vady	1 z 80	6
	1 z 400	5
	1 z 2 000	4
Nízká: relativně málo vad	1 z 15 000	3
	1 ze 150 000	2
Vzdálená: vada je nepravděpodobná	< 1 z 1 500 000	1

V případě odhalitelnosti vady (*Odhalitelnost*) příslušné hodnocení vychází z posouzení účinnosti stávajících kontrolních postupů, používaných k posuzování návrhu výrobku (*Stávající způsoby posuzování návrhů*) před jeho uvolněním do výroby (viz tab. 1.4).

V případě, že odhalitelnost vady či její příčiny je vysoká, je bodové hodnocení nízké. Pokud ale vadu ani její příčinu používanými kontrolními postupy prakticky nelze odhalit, je naopak bodové hodnocení vysoké.

Po stanovení všech tří bodových hodnocení se pro každou možnou vadu, která může vzniknout vlivem určité příčiny, vypočte integrované kritérium, tzv. rizikové číslo (RPN - Risk Priority Number, RPZ – Risiko - Prioritätszahl, příp. MR/P - Míra rizika/Priorita), které představuje součin příslušných bodových hodnocení jednotlivých kritérií:

$$\text{Rizikové číslo} = \text{Význam} \times \text{Výskyt} \times \text{Odhalitelnost}$$

Hodnota rizikového čísla by měla sloužit ke stanovení pořadí důležitosti jednotlivých možných vad vyvolaných určitou příčinou. Vzhledem k tomu, že jednotlivá dílčí kritéria jsou hodnocena v rozmezí od jednoho do deseti bodů, může se rizikové číslo pohybovat v rozmezí od 1 do 1000. Je však potřeba si uvědomit, že rizikové číslo může v tomto rozmezí nabývat pouze vybraných hodnot, přičemž jejich rozdělení není rovnoměrné. Možných kombinací jednotlivých dílčích hodnocení je sice tisíc, ale některých hodnot rizikového čísla nelze dosáhnout a některé se mohou při různých kombinacích opakovat. Charakter rozdělení hodnot rizikových čísel získaných ze všech možných kombinací hodnocení je pro ilustraci znázorněn na obr. 1.4. Tento charakter rozdělení se rovněž projevuje v tom, že aritmetický průměr

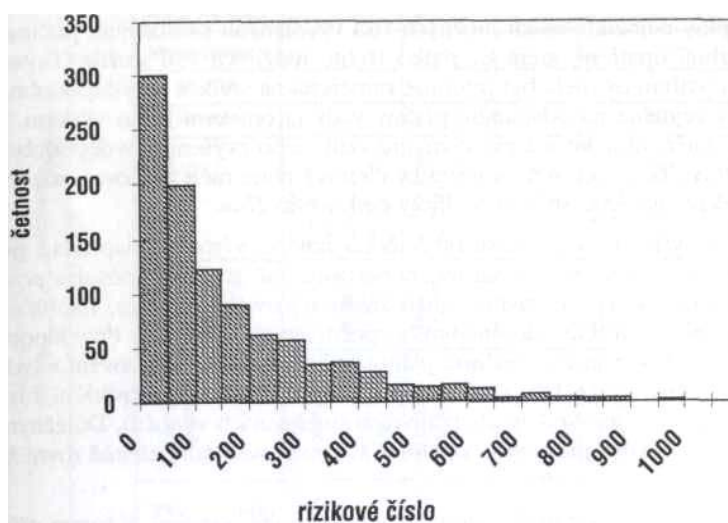
hodnot rizikového čísla získaných ze všech možných kombinací hodnocení činí 166,4 a například hodnota mediánu je 105.

Tab. 1.4 Hodnocení odhalitelnosti vady při FMEA návrhu výrobku [7]

Odhalitelnost	Pravděpodobnost odhalení vady při posuzování návrhu výrobku	Hodnocení
Absolutně nemožná	Posuzování návrhu výrobku neodhalí možnou příčinu vady ani následnou vadu nebo se posuzování neprovádí.	10
Velmi vzdálená	Velmi vzdálená možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	9
Vzdálená	Vzdálená možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	8
Velmi malá	Velmi malá možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	7
Malá	Malá možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	6
Průměrná	Průměrná možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	5
Mírně nadprůměrná	Mírně nadprůměrná možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	4
Vysoká	Vysoká možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	3

Velmi vysoká	Velmi vysoká možnost, že posuzování návrhu výrobku odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	2
Téměř jistá	Posuzování návrhu výrobku téměř jistě odhalí možnou příčinu vady nebo následnou vadu.	1

Po provedeném hodnocení a stanovení rizikových čísel následuje vyčlenění skupiny těch možných vad, jejichž riziková čísla jsou příliš vysoká, a bude nutné navrhnout opatření ke snížení rizika. K tomuto účelu se nejčastěji používá porovnání dosažené hodnoty rizikového čísla se stanovenou kritickou hodnotou. Často používanou kritickou hodnotou rizikového čísla je hodnota 125, která odpovídá průměrnému hodnocení všech dílčích kritérií. Kritickou hodnotu rizikového čísla může stanovit zákazník, u důležitých výrobků bývá požadovaná hranice nižší. Kromě hodnoty rizikového čísla je vždy potřeba ještě analyzovat ty možné vady, u nichž některé z dílčích kritérií dosahovalo vysoké hodnoty [4] (viz tab. 1.5).



Obr. 1.4 Charakter rozdělení hodnot rizikových čísel získaných ze všech možných kombinací hodnocení

Tab. 1.5 Zvláštní situace při hodnocení rizika možných vad a potřeba opatření [4].

Význam	Výskyt	Odhalitelnost	Charakteristika	Potřeba opatření
1	1	1	Ideální, cílový stav	NE
1	1	10	Bezpečně řízený proces	NE
10	1	1	Vada se nedostane k zákazníkovi	NE
10	1	10	Vada se může dostat k zákazníkovi	ANO
1	10	1	Častá, snadno odhalitelná vada, která ale stojí peníze	ANO
1	10	10	Častá vada, která se může dostat k zákazníkovi	ANO!
10	10	1	Častá vada velkého významu	ANO!
10	10	10	„Tady není nic v pořádku!“	ANO!

Návrh opatření

U konečné skupiny nejrizikovějších možných vad vyvolaných příslušnými příčinami členové týmu navrhuji opatření, která by riziko těchto možných vad snížila (*Doporučená opatření*). Tato opatření by měla být prioritně zaměřena na snížení pravděpodobnosti výskytu vady, tedy zejména na odstranění příčiny vady či omezení jejího výskytu. Mohou však být rovněž směřována ke snížení významu vady nebo zvýšení pravděpodobnosti jejího odhalení. Při volbě vhodných opatření by členové týmu měli zvažovat, zda jejich realizací dojde k dostatečnému snížení hodnoty rizikového čísla.

Pravděpodobnost výskytu vady lze snížit změnou návrhu výrobku, například použitím vhodnějšího materiálu, zesílením místa možného porušení, změnou způsobu povrchové

ochrany atd. Význam vady lze rovněž snížit změnou návrhu výrobku, například zálohováním určité funkce výrobku, doplněním bezpečnostních prvků atd. Pravděpodobnost odhalení vady lze zvýšit zejména změnou plánovaných postupů posuzování návrhu. Příkladem takové změny může být zavedení počítačové simulace, provádění funkčních zkoušek na prototypu, či provedení alternativních ověřovacích výpočtů. Důležitým kritériem, které musí tým FMEA při návrhu opatření zvažovat jsou samozřejmě rovněž náklady na jejich realizaci.

Pro snížení rizika možné vady může být navrženo i několik opatření. V tomto případě je však žádoucí zajistit, aby každé z těchto opatření mohlo být vyhodnoceno samostatně.

Návrhem opatření se uzavírá první etapa práce týmu FMEA. Návrhy opatření jsou předloženy odpovědnému vedoucímu (vedoucímu útvaru odpovědného za návrh výrobku) ke schválení, přidělení odpovědnosti za realizaci a stanovení příslušných termínů (*Odpovědnost, Termín realizace*).

Hodnocení stavu po realizaci opatření

Tato fáze analýzy FMEA probíhá po realizaci opatření. Prvním krokem práce týmu je seznámení se skutečně provedenými opatřeními a jejich zaznamenání do formuláře FMEA (*Provedená opatření*). Tímto krokem se ověřuje, zda opatření byla realizována v souladu s návrhem. Poté následuje nové hodnocení rizika možných vad u navrhovaného výrobku po provedení těchto opatření. Při tomto opakovaném hodnocení by složení týmu mělo být stejné jako u prvního hodnocení a tým by měl používat stejné hodnotící tabulky. Opakované hodnocení by přitom mělo být provedeno nejen u těch možných vad vyvolaných příslušnou příčinou, u nichž byla realizována opatření, ale i u těch, jejichž riziko mohla realizovaná opatření ovlivnit.

Posouzení změn příslušných hodnot umožňuje vyhodnotit účinnost provedených opatření. Aby bylo možné příslušná rizika považovat za přijatelná, mělo by dojít k poklesu rizikového čísla pod jeho kritickou hodnotu. Pokud se to u všech analyzovaných možných vad nepodaří

zajistit, je potřeba navrhnout účinnější opatření a po jejich provedení opětovně vyhodnotit hodnoty rizikových čísel.

Provedená analýza FMEA by měla být k dispozici po celou dobu života výrobku. Měla by zůstat dynamickým nástrojem, neboť ve skutečnosti není nikdy zcela ukončena. Měla by reagovat na veškeré nové poznatky, informace zjištěné od zákazníků, reklamace, zkušenosti ze servisů atd.

Na obr. 1.5 je uveden ilustrativní příklad analýzy FMEA konstrukčního návrhu kancelářské sponky.

FMEA NÁVRHU VÝROBKU													
Systém _____	Číslo FMEA _____												
Subsystém _____	Strana _____ z _____												
Součást _____	Zpracoval _____												
Model _____	Datum provedení FMEA: _____												
Základní tým _____	(původní) _____ (revidovaná) _____												
Zodpovědnost za návrh _____	Datum _____												

Prvek Funkce	Možná vada	Možné následky vady	Význam Kritičnost	Možné příčiny/ mechanismy vady	Výskyt	Stávající způsoby posuzování návrhu	Odhaltitelnost Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpo- vědnost Termín realizace	Provedená opatření	význam	Výskyt	Odhaltitelnost	Rizikové číslo
Kancelář- ská sponka	Ostré hrany	Poranění uživatele Poškození dokumentu	9	Konstrukce bez zaoblení hran	7	Žádné	10 630	Doplnit zaoblení hran Zavést funkční zkoušky	Novák 1.7. 2001 Horák 10.7.2001	Doplněno zaoblení R=0.4 Zavedeny funkční zkoušky	9	1	3	27
	Ztráta pružnosti	Sepnuté papíry nedrží Ztráta dokumentu	Nevhodný materiál	5	Zkoušky mech. vlastností a výpočet	4	140	Použít jiný materiál	Sýkora 1.7. 2001	Použita ocel dle ČSN.....	7	2	4	56
			Nevhodný tvar	3	Zkoušky mech. vlastností a výpočet	4	84	Žádná						
Koroze	Špiní papír Špiní ruce Nepěkný vzhled	7	Nevhodná povrchová úprava	6	Žádné	10 420	Navrhnout vhodnější povrch. úpravu Zavést korozní zkoušky	Kolář 3.7.2001 Řehák 5.7.2001	Zvýšena tloušťka vrstvy chromu na ... Zavedeny korozní zkoušky	7	3	3	63	

Obr. 1.5 Příklad analýzy FMEA návrhu výrobku [6]

Krátké shrnutí – FMEA návrhu výrobku

FMEA návrhu výrobku zkoumá výrobek (díl, systém) z konstrukčních a výrobních hledisek v jednom celku. Na rozdíl od dříve popsanych postupů (FMEA-K a FMEA-P) se při FMEA výrobku provádí pouze jedna *analýza*.

FMEA-V se dnes používá především jako FMEA nakupovaného dílu. To znamená, že důležitý nakupovaný díl hodnotí zákazník/odběratel společně se svým dodavatelem. Do úvahy proto přicházejí především ty díly, které mají z výrobních anebo funkčních hledisek klíčové postavení pro dílčí zpracování (např. při automatizované montáži) anebo v konečném použití (např. z bezpečnostních požadavků).

Zadání, řešitelské týmy, formulář

Zadání při FMEA-V vychází ze systematického rozčlenění výrobku v několika stupních až k základnímu prvku (např. logický strom funkcí). Podle výkresů a postupů se určují všechny míry, výkresové předpisy a výrobní kroky, detailně se analyzují a odhalují jejich možná rizika.

Analýza se vykonává v proměnném týmu zaměřeném na problém, kterého práce je koordinována pracovníkem oddělení péče o systém kvality u zákazníka (péče o dodavatele). Ze strany dodavatele se na práci podílejí pracovníci z oddělení vývoje, konstrukce, přípravy výroby a výroby, *jakož i různých prvků systému zabezpečování kvality*.

Pozn.: S FMEA nakupovaného dílu se obvykle začíná velmi pozdě. Časový tlak však nesmí narušovat systematický postup analýzy. FMEA výrobku by v takovém případě určitě nesplnila svůj účel.

Doklad používaný pro FMEA výrobku obsahem zodpovídá dokladu pro FMEA-K anebo FMEA-P.

Systémový rozbor (analýza funkcí)

Systémový rozbor popisuje funkce analyzovaného dílu podle struktury jednotlivých prvků. Tento rozbor je vhodné udělat jako první společný krok FMEA výrobku. Má to tyto výhody:

- účastníci se rychle vzájemně seznámí,
- získají na daný výrobek společný názor,
- pro další analýzy dostanou všechny pracovní skupiny stejné pracovní podklady.

V praxi neexistuje jednotný formulář pro systémový rozbor (existují totiž různé metody zjišťování funkcí systémů a jejich vyhodnocování). Je však velmi vhodné, aby obsahoval funkce v různých úrovních, od nadřizené (funkce systému) až po funkci prvků.

Rozlišení různých případů

Průběh FMEA nakupovaného dílu bývá různý podle toho, zda nese zodpovědnost za vývoj dílu odběratel/zákazník, anebo dodavatel.

1. Zodpovědnost za vývoj má odběratel/zákazník

Případ není problémový, protože dodavatel obvykle nemusí mít žádné obavy z převzatého jeho "know-how".

Koordinátorem je většinou pracovník oddělení péče o systém kvality u zákazníka. Nejdříve si zjistí zodpovědného styčného partnera u dodavatele, s jeho pomocí udělá systémový rozbor, zapíše rozbohem zjištěné funkční prvky do základního formuláře FMEA a připojí k nim možné odchylky. V této fázi se odevzdává FMEA paralelně na všechny zúčastněná místa s požadavkem zpracování jednotlivých bodů analýzy podle odbornosti a příslušnosti pracovišť.

Přehledné rozdělení úloh jednotlivým oblastem:

- Dodavatel:

- vyhotovit seznam možných příčin odchylek,
 - uvést všechny předpokládané kontrolní opatření,
 - vyšetřit a dokumentovat pro jednotlivé kritické znaky způsobilost procesu,
 - přezkoušet a potvrdit vyrobitelnost všech specifikovaných znaků,
 - předložit případné alternativy.
- Vývoj / zákazník:
 - odvodit pro definované odchylky znaků možné poruchy funkcí
 - Laboratoř/zákazník:
 - odvodit pro definované odchylky materiálů a postupů možné poruchy funkcí.
 - Výroba/zákazník:
 - přezkoušet a doplnit analyzované znaky vztahující se k dalšímu zpracování.
 - Montáž/zákazník:
 - přezkoušet a doplnit znaky vztahující se k montáži.

Úspěšné řešení vyžaduje ze začátku především vysvětlování, protože jen pochopení skutečné podstaty FMEA umožňuje dosáhnout skutečné uspokojení z práce. Jestliže jsou tyto předpoklady splněny a na jednotlivých odděleních se předem zabezpečí potřebné pracovní kapacity, stane se z FMEA (podle zkušeností firem využívajících FMEA) samočinně působící metoda. Koordinátor (oddělení kvality) prohlédne zaslané podklady a upraví je do jednotné formy.

2. Zodpovědnost za vývoj má dodavatel

Jestliže analyzovaný díl nevyžaduje zvláštní ochranu jeho "know-how", probíhá analýza ve smyslu výkladu v předcházející části. V případě, že je potřebné některé konstrukční

anebo výrobní znaky v zájmu dodavatele chránit, musí být postup analýzy v jednotlivých případech projednaný a odsouhlasený.

Nakonec jde o to, aby se partnerství mezi dodavatelem a odběratelem prohloubilo a společně se pracovalo na společném cíli, na výrobku co nejvíce uspokojujícím zákazníka.

Analýza a zlepšování výrobku

Po tom, kdy koordinátor prověří a shrne zaslané podklady, pokračuje se v analýze současného stavu. Taktéž zde se projeví úzká příbuznost s FMEA-K a FMEA-P, protože výskyt, význam a možnost odhalení poruch se hodnotí taktéž, jako v uvedených typech FMEA. Je možné tedy použít tabulky hodnocení těchto veličin z obou dvou metod. Úvahy pro nápravní opatření při FMEA-K a FMEA-P platí souhrnně pro celou FMEA-V.

Po dobu sériové výroby musí být používány na prohloubení a přehodnocení FMEA nové poznatky. Jen tak bude FMEA výrobku pro vyráběné produkty "živým dokumentem."

1.4 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 výrobku, na kterou navazuje a využívá jejích výsledků.

Postup při analýze FMEA procesu je podobný jako při FMEA návrhu výrobku s tím rozdílem, že příčiny možných vad tentokrát tým nehledá v navrhovaném řešení výrobku, u něhož se již předpokládá splnění záměru, ale v navrhovaném technologickém postupu.

Přestože FMEA procesu je původně určena pro přezkoumání a validaci návrhu technologického postupu, je velice cennou metodou rovněž pro analýzu a přezkoumání již používaného výrobního procesu, neboť umožňuje odhalit jeho slabá místa a tak iniciovat jeho zlepšování. Aplikaci metody FMEA lze rovněž rozšířit na jakékoliv nevýrobní procesy.

Za provedení FMEA procesu je obvykle odpovědný pověřený pracovník vývoje technologie, který týmu FMEA předkládá návrh technologického postupu výroby výrobku. Technologický postup by měl zahrnovat všechny fáze výroby a rovněž povýrobní operace až do okamžiku předání výrobku zákazníkovi. Návaznost jednotlivých operací by měla být přehledně znázorněna pomocí vývojového diagramu.

Analýza a hodnocení současného stavu

U FMEA procesu se postupně analyzují jednotlivé dílčí operace procesu v pořadí, jak na sebe navazují (*Funkce procesu/Požadavky*) - viz obr. 1.6.

Úkolem týmu je stanovit všechny možné vady, které se mohou v průběhu dané operace na vyráběném výrobku (polotovaru) vyskytnout (*Možná vada*). Týká se to jak vad, které se přenesou do konečného výrobku, tak vad, které způsobí, že některá z následujících operací nebude úspěšná. K těmto vadám se rovněž přiřazují možná selhání dané operace, která mohou vést k tomu, že nebude moci plnit požadovanou funkci.

V dalším kroku tým FMEA analyzuje působení možných vad na vnitřního i vnějšího zákazníka nebo na obsluhu procesu (*Možné následky vady*). Vnitřními zákazníky jsou následující operace nebo pracoviště, vnějším zákazníkem je zejména konečný uživatel.

Ke každé možné vadě tým FMEA analyzuje všechny možné příčiny, které by ji mohly vyvolat (*Možné příčiny vady*). Na rozdíl od FMEA návrhu výrobku se však tyto příčiny nehledají v nedostatecích návrhu výrobku, ale v nedostatecích navrhovaného procesu.

Příklady možných projevů vad, možných důsledků vad a možných příčin vad jsou uvedeny v tab. 1.6.

U stanovených možných vad a jejich příčin tým dále zjišťuje, jaké kontrolní postupy jsou v procesu používány k tomu, aby možné vady nebo jejich příčiny, v případě výskytu, byly před

další operací nebo předtím, než výrobek opustí místo výroby nebo montáže, odhaleny (*Stávající způsoby kontroly procesu*).

Hodnocení významu vady (*Význam*) se stejně jako u FMEA návrhu výrobku vztahuje k nejzávažnějšímu následku vady (viz tab. 1.7).

Tab. 1.6 Příklady možných vad, možných následků vad a možných příčin vad u FMEA procesu [7]

Možné vady	Možné následky vad	Možné příčiny vad
nesmontováno	poranění uživatele	nesprávná teplota ohřevu
otřepy	nejde smontovat	použití nevhodného nástroje
deformace	ohrožuje obsluhu	nesprávné měření
nerovnoměrně ohřáto	nejde tvářet	nesprávné parametry svařování
poškozeno	vyvolává vibrace	nedostatečná příprava povrchu
nesvařeno	láme se	nesprávné otáčky
vysoká drsnost	špatný vzhled	nesprávná montáž

V případě očekávaného výskytu vady (*Výskyt*) se u FMEA procesu, na rozdíl od FMEA návrhu výrobku, posuzuje pravděpodobnost, že v průběhu operace vlivem dané příčiny vzniknou výrobky s danou možnou vadou, případně, že dojde k selhání procesu. K posouzení této pravděpodobnosti se v případě statisticky zvládnutých procesů vychází ze znalosti způsobilosti procesu (viz tab. 1.8), konkrétně indexu C_{pk} , který je přímo svázán s pravděpodobností výskytu neshodných výrobků.

Při posuzování odhalitelnosti vady (*Odhalitelnost*) tým posuzuje účinnost stávajících kontrolních postupů (*Stávající způsoby kontroly procesu*) pro odhalení výskytu možné vady nebo její příčiny předtím, než výrobek nebo součást opustí místo výroby nebo montáže (viz tab. 1.9).

Rizikové číslo jednotlivých možných vad vyvolaných určitou příčinou se stejně jako u FMEA návrhu výrobku vypočte jako součin bodového hodnocení významu vady, pravděpodobnosti výskytu vady a pravděpodobnosti odhalení vady:

$$\text{Rizikové číslo} = \text{Význam} \times \text{Výskyt} \times \text{Odhalitelnost}$$

Návrh opatření

Pro skupinu možných vad s vyššími hodnotami rizikového čísla než je zvolená mezní hodnota tým navrhuje opatření, která by riziko těchto možných vad měla snížit (*Doporučená opatření*). Přednost by měla být dána opatřením snižujícím pravděpodobnost výskytu vad. Vhodným opatřením v této oblasti je například zavedení statistické regulace a pravidelné vyhodnocování způsobilosti procesu.

Soubor doporučených opatření tým předkládá odpovědnému vedoucímu ke schválení a přidělení odpovědnosti, včetně termínu realizace (*Odpovědnost, Termín realizace*).

Tab. 1.7 Hodnocení významu vady u FMEA procesu [7]

Následek vady	Význam vady	Hodnocení
Nebezpečný - bez výstrahy	Může ohrozit pracovníka obsluhy zařízení nebo montáže. Vada nastane bez výstrahy a ohrožuje bezpečnost nebo dodržení zákonných požadavků.	10
Nebezpečný - s výstrahou	Může ohrozit pracovníka obsluhy zařízení nebo montáže. Vada nastane s výstrahou a ohrožuje bezpečnost nebo dodržení zákonných požadavků.	9
Velmi vysoký	Významná porucha na výrobní lince, 100 % výrobků neshodných. Výrobek nefunkční se	8

	ztrátou hlavní funkce. Zákazník velmi nespokojen.	
Vysoký	Menší porucha na výrobní lince, méně než 100 % neshodných výrobků, výrobky musí být vytrženy. Výrobek funkční, ale s omezením. Zákazník nespokojen.	7
Střední	Menší porucha na výrobní lince, část výrobků se musí vyřadit (bez třídění). Výrobek je funkční, ale části zajišťující pohodlí jsou nefunkční. Zákazník pocítuje nepohodlí.	6
Nízký	Menší porucha na výrobní lince, 100 % výrobků musí být přepracováno. Výrobek je funkční, ale části zajišťující pohodlí mají sníženou úroveň. Zákazník pocítuje určité neuspokojení.	5
Velmi nízký	Menší porucha na výrobní lince, výrobek musí být tříděn a část (méně než 100 %) pak přepracována. Ozdobné a tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená většina zákazníků.	4
Malý	Menší porucha na výrobní lince, část výrobků (méně než 100 %) bude muset být přepracována, ale mimo výrobní cyklus. Ozdobné a tlumicí prvky neodpovídají. Vadu zaznamená průměrný zákazník.	3
Velmi malý	Menší porucha na výrobní lince, část výrobků (méně než 100 %) bude muset být přepracována, ale bez narušení výrobního cyklu. Ozdobné a tlumicí prvky	2

	neodpovídají. Vadu zaznamená náročný zákazník.	
Žádný	Žádný následek.	1

FMEA PROCESU

Položka _____
 Model _____
 Základní tým _____

Zodpovědnost za návrh _____
 Datum _____

Číslo FMEA _____
 Strana _____ z _____
 Zpracoval _____
 Datum provedení FMEA: (původní) _____ (revidovaná) _____

Funkce procesu ----- Požadavky	Možná vada	Možné následky vady	Význam Kritičnost	Možné příčiny/ mechanismy vady	Výskyt	Stávající způsoby kontroly procesu	Odhaltitelnost Rizikové číslo	Doporučená opatření	Odpovědnost Termín realizace	Provedená opatření	Význam Výskyt	Odhaltitelnost Rizikové číslo

Obr. 1.6 Formulář FMEA procesu [5]

Tab. 1.8 Hodnocení očekávaného výskytu vady u FMEA procesu [7]

Pravděpodobnost výskytu vady	Možný výskyt vady	Cpk	Hodnocení

Velmi vysoká: vada je téměř nevyhnutelná	> 1 z 2	< 0,33	10
	1 z 3	> 0,33	9
Vysoká: odpovídající podobným předcházejícím procesům, u nichž často docházelo k výskytu vad	1 z 8	> 0,51	8
	1 z 20	> 0,67	7
Průměrná: odpovídající podobným předcházejícím procesům, u kterých se občas vada vyskytla, ale ne ve významném rozsahu	1 z 80	> 0,83	6
	1 z 400	> 1,00	5
	1 z 2 000	> 1,17	4
Nízká: u podobných procesů se vyskytovaly pouze ojedinělé vady	1 z 15 000	> 1,33	3
Velmi nízká: u téměř identických procesů se vyskytovaly pouze ojedinělé vady	1 z 150 000	> 1,50	2
Vzdálená: u téměř identických procesů nebyla nikdy vada zaznamenána	< 1 z 1 500 000	> 1,67	1

Hodnocení stavu po realizaci opatření

Po realizaci opatření tým FMEA nejprve analyzuje, zda provedená opatření odpovídají plánovaným opatřením a opětovně hodnotí riziko vad, na které byla opatření zaměřena, nebo které mohly být opatřením ovlivněny. Nově zjištěné hodnoty umožňují posoudit účinnost jednotlivých opatření a případně opětovně vyčlenit možné vady s vysokou mírou rizika.

Tab. 1.9 Hodnocení odhalitelnosti vady u FMEA procesu [7]

Odhalitelnost	Pravděpodobnost, že vada nebo její příčina budou odhaleny před další operací nebo předtím, než součást opustí místo výroby nebo montáže	Hodnocení
Absolutně nemožná	K odhalení vady nejsou k dispozici žádné známé kontroly.	10
Velmi vzdálená	Velmi vzdálená pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	9
Vzdálená	Vzdálená pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	8
Velmi malá	Velmi malá pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	7
Malá	Malá pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	6
Průměrná	Průměrná pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	5
Mírně nadprůměrná	Mírně nadprůměrná pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí	4
Vysoká	Vysoká pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	3
Velmi vysoká	Velmi vysoká pravděpodobnost, že stávající kontroly vadu odhalí.	2
Téměř jistá	Stávající kontroly téměř jistě vadu odhalí. U podobných procesů jsou známy	1

	spolehlivé kontroly.	
--	----------------------	--

Krátké shrnutí – FMEA procesu

FMEA procesu, nazývaná, též výrobní FMEA, je velmi podobná FMEA konstrukce a používá stejný formulář. Uskutečňuje se před zahájením produkce nových anebo modifikovaných výrobků. Zohledňuje výsledky FMEA konstrukce a v případě nutnosti se aktualizuje podobným způsobem.

Základní úlohy a řešitelský tým

Na rozdíl od FMEA konstrukce, vycházejí *zadáni* úlohy z jednotlivých kroků procesů, výroby a montáže. Určují se potencionální poruchy procesu a analogicky s FMEA konstrukce se krok za krokem analyzují. Hlavním hlediskem je zlepšení výroby výrobku, ale pomocí FMEA procesu můžeme dosáhnout i konstrukční zlepšení.

Řešitelský tým pozůstává z pracovníků výroby, technické přípravy výroby, kvality a průmyslového inženýrství. Výběr partnerů pro řešitelský tým je možné aplikovat z FMEA-K, avšak vedení týmu přebírá obvykle technická příprava výroby.

Nejprve se určí pracovník zodpovědný za tým. Pro jednotlivé odborné otázky se využívají dodatečně přizvaní pracovníci příslušných odborných oddělení, případně i odběratelského podniku. Řešitelský tým zahajuje svoji práci nejpozději v době zahájení plánování procesu, výroby a zkoušek. FMEA-P musí být dokončená a potřebné opatření přijaté včas před zahájením sériové výroby. Při změnách výrobku anebo výrobního procesu se musí příslušně přepracovat i FMEA-P.



Obr. 1.7 Postup kroků při FMEA procesu [2]

1.5 Systémová FMEA výrobku a procesu

Nověji rozpracovanou variantou metody FMEA je systémová FMEA výrobku a procesu popsaná v metodice německého sdružení automobilového průmyslu VDA 4.2 [8]. Je založena na stejných principech jako FMEA návrhu výrobku či procesu, s tím rozdílem, že při analýze současného stavu se důsledně uplatňuje systémový přístup. Výrobek či proces se chápe jako systém skládající se z prvků v různých hierarchických úrovních a u těchto prvků se analyzují jejich funkce. Možné vady, jejich důsledky a příčiny se pak analyzují jako selhání těchto funkcí.

Systémová FMEA se zaměřuje na výrobky a procesy. Systémová FMEA výrobku zkoumá možné vady funkcí celého výrobku a postupně pokračuje až k vadám jednotlivých dílů. Při systémové FMEA procesu se proces strukturuje podle zúčastněných prvků systému (člověk, stroj, materiál, prostředí) a analyzují se možná selhání těchto prvků. V případě potřeby se pokračuje až k analýze možných selhání výrobního zařízení.

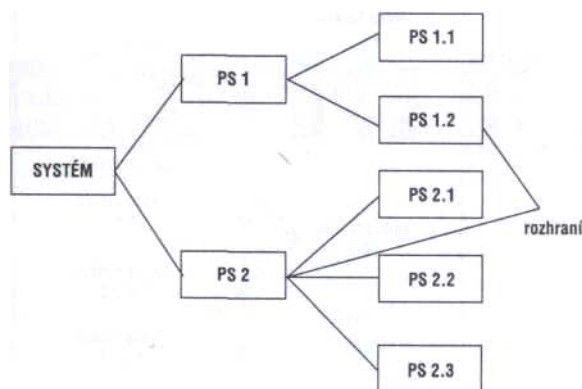
Systémová FMEA probíhá v těchto krocích:

1. Stanovení prvků a struktury systému
2. Stanovení struktury funkcí prvků systému
3. Analýza vad (vadných funkcí prvků systému)
4. Hodnocení rizik
5. Optimalizace.

Prvním krokem zpracování systémové FMEA je zpracování hierarchické struktury prvků systému pomocí systematického (stromového) diagramu, ve kterém se navíc doplňují rozhraní, která vymezují prvky systému, jež spolu souvisejí, například stýkající se plochy (viz obr. 1.8).

Zpracovaná struktura prvků systému je spolu se znalostmi o systému a jeho okolí podkladem pro zobrazení struktury funkcí. U každého z prvků systému se rozlišují vstupní, výstupní a vnitřní funkce. Výstupními funkcemi jsou ty, které prvek systému plní vzhledem k nadřazenému prvku systému, případně k jinému prvku systému přes rozhraní. Vstupními funkcemi jsou ty, které pro daný prvek systému plní podřazené prvky systému, případně jiné prvky přes rozhraní. Jako vnitřní funkce se označují funkce prvku systému které mohou být ve struktuře funkcí zobrazeny bez překročení rozhraní.

Struktura funkcí prvků systému je podkladem pro další krok systémové FMEA, kterým je analýza vad. Možnými vadami jsou vadné funkce (selhání funkcí) daného prvku systému. Možnými příčinami těchto vad jsou vadné funkce podřazených prvků systému a prvků systému, připojených přes rozhraní, a možnými následky těchto vad jsou vadné funkce nadřazených prvků systému a prvků systému připojených přes rozhraní (viz obr. 1.9).



Obr. 1.8 Struktura systému (PS - prvek systému) [5]

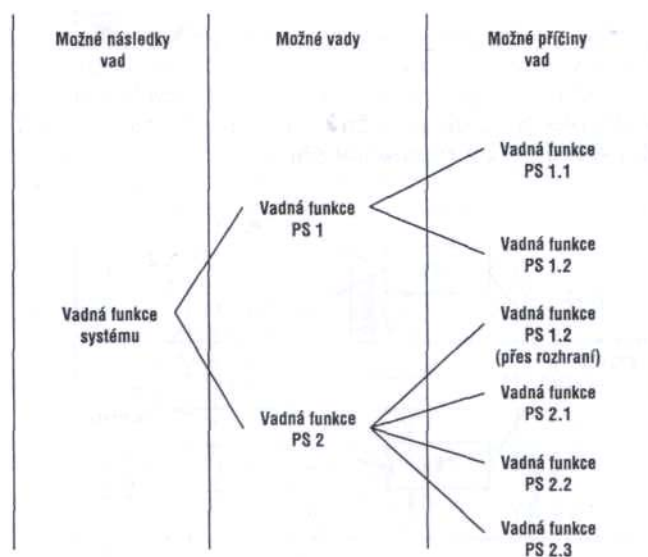
Stanovené možné vady, možné příčiny vad a možné následky vad se zaznamenávají ve formuláři FMEA, který se svým uspořádáním nepatrně liší od formuláře FMEA návrhu výrobku či procesu. Rozdíl je zejména v tom, že formulář neobsahuje samostatné sloupce Pro hodnocení stavu po provedení navrhovaných opatření, neboť toto hodnocení se zaznamenává pod prvotní hodnoty. Nově je ve formuláři zařazen sloupec pro záznam opatření realizovaných k omezení výskytu vady. Kromě základního formuláře je v dané metodice zpracován samostatný formulář pro sledování opatření, ve kterém se zaznamenávají přijatá opatření a sleduje se míra jejich plnění.

Analýzy systémové FMEA výrobku a procesu se provádějí pro různé hierarchické úrovně systému. To vede k tomu, že dochází k překrývání analýz. Tak například, v systémové FMEA první úrovně jsou vadné funkce určitého prvku systému příčinami vad, v systémové FMEA druhé úrovně jsou tyto vadné funkce zkoumány jako vady a v systémové FMEA třetí úrovně představují následky vad.

Dalším krokem systémové FMEA je hodnocení rizik, které se provádí obdobným postupem jako u FMEA návrhu výrobku či procesu. Na základě bodového hodnocení významu vady, pravděpodobnosti výskytu vady a pravděpodobnosti odhalení vady (resp. příčiny vady nebo jejího následku) se stanoví rizikové číslo.

Význam vady se posuzuje na základě významu následku vady pro celý systém. Očekávaný výskyt vady se hodnotí s ohledem na všechna použitá opatření k omezení výskytu a

charakterizuje očekávané množství vadných výrobků. Hodnocení odhalitelnosti vady zohledňuje všechna použitá opatření k odhalení příčiny vady, případně k odhalení vady nebo následku vady.



Obr. 1.9 Struktura vadných funkcí systému (PS - prvek systému) [5]

Posledním krokem systémové FMEA je optimalizace. U možných vad s vysokou hodnotou rizikového čísla, případně s vysokou hodnotou některého z dílčích kritérií se navrhuje opatření ke zlepšení. Při optimalizaci by opět měla být dána přednost opatřením vedoucím k vyloučení nebo k minimalizaci výskytu příčin vad. Konečné hodnocení se opět zpracovává po realizaci opatření a jeho součástí je posouzení jejich účinnosti pomocí nově stanovené hodnoty rizikového čísla.

Zkušenosti ukazují, že aplikace systémové FMEA v podnicích přináší pozitivní výsledky [4].

1.6 Závěrečné shrnutí použití metody FMEA v podniku

- Vyškolení lidí - postup, případové studie, trénink na jednoduchém příkladu z podniku.
- Výběr problému a sestavení FMEA týmu.
- Brainstorming všech chyb výrobku anebo procesu.
- Dále je možné věnovat se všem chybám tak, že se seřadí podle závažnosti a pravděpodobnosti výskytu. Druhou možností je využití párového porovnání tak, že se nejprve vybere 8 nejzávažnějších chyb, pro ně se provede nejdříve párové porovnávání z hlediska závažnosti jejich vlivu a následně z hlediska pravděpodobnosti jejich výskytu bez ohledu na jejich závažnost.
- Z koeficientů závažnosti a pravděpodobnosti výskytu se stanoví míra rizika - rizikový faktor.
- Potencionální chyby se seřadí v pořadí od jejich nejvyššího do nejnižšího rizikového faktoru. Závažné a vysoce pravděpodobné chyby je možné řešit dvěma způsoby:
- Hledá se řešení na minimalizaci výskytu chyby.
- Není-li to možné, přidá se proces, který pomůže minimalizovat následky chyby (procesní FMEA).

2 ANALYTICKÁ ČÁST

2.1 Praktický návod k použití modulu Analýzy FMEA systému EISOD

Modul aplikuje metodu FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) při analýze vzniku vad u posuzovaného produktu nebo procesu, ohodnocení jejich rizik a návrhu a realizaci opatření ke zlepšení dle definovaného workflow FMEA. Modul Analýzy FMEA procesu vychází ze zadání úlohy z jednotlivých dílů výrobku.

Vyjmoují se potencionální vady procesu a analogicky se krok za krokem analyzují. Hlavním hlediskem je zlepšení konstrukčních vlastností výrobku a zvýšení jeho provozní spolehlivosti, ale pomocí FMEA je možno dosáhnout také konstrukčních zlepšení. Řešitelský tým sestává z pracovníků technologie, logistiky, výroby, kvality (členové týmu) a vedoucího řešitelského týmu (moderátor).

Modul Analýzy FMEA umožňuje provádět: · Systémová FMEA konstrukce · FMEA konstrukce (návrhu) (K-FMEA) · Systémová FMEA procesu · Procesní FMEA (P-FMEA) číselníku **a rizik výrobku. Následně se popisují všechny myslitelné vady podle těchto hledisek:**

V analýze FMEA se uvádí výčet všech dílů (kterou je možno uživatelsky definovat v rámci číselníku ¹⁹) a rizik výrobku. Následně se popisují všechny myslitelné vady podle těchto²

- jak by mohla funkce dílu jakkoli selhat?
- jakým způsobem by mohl nastat nesouhlas dílu se specifikacemi?
- co by mohl zákazník, resp. následný zpracovatel nezávisle na specifikacích považovat za neuspokojivé?

Další kroky analýzy:

- určení míry rizika/priority,
- rozhodnutí o pořadí realizace nápravných opatření,
- zavedení nápravných opatření,
- hodnocení zlepšeného stavu.

² Vysvětlivky:

¹⁹ Symbol odkazující na číslo stránky, kde jsou podrobnější informace o daném tématu

Východisko zkoumání týmu jsou jednotlivé procesní kroky na výrobku, FMEA procesu zkoumá odděleně:

- potenciální vady,
- možné následky těchto vad,
- možné příčiny těchto vad.

následující faktory (viz Metodika výpočtu):

Rozebírá a hodnotí, podle předem dohodnutých součinitelů (od 1 - nepatrný, až 10 - významný) tři následující faktory (viz **Metodika výpočtu):**

- pravděpodobnost výskytu vady,
- význam následků vady,
- pravděpodobnost odhalení vady.

Jako součin tří faktorů se dle vzoru v příručce FMEA vypočte:

- míra rizika - priorita MR/P.

Podle MR/P se stanovuje a vyhodnocuje:

- priorita nápravných opatření (NO),
- realizace nápravných opatření (NO),
- účinnost nápravných opatření (NO).

Modul Analýzy FMEA si klade za cíle:

- Zvyšování bezpečnosti funkcí a spolehlivosti výrobků
- Snižování záručních a servisních nákladů
- Zkrácení procesu vývoje
- Náběhy sérií s menšími vadami
- Lepší termínová kázeň
- Hospodárná výroba
- Lepší služby
- Lepší vnitropodniková komunikace

2.1.1 Role

Po spuštění systému EISOD (typicky spuštěním zástupce umístěném na ploše) se uživatel přihlásí prostřednictvím svého přihlašovacího jména a hesla a následně vybírá roli a modul.

Přihlášení

Vaše logo Institut průmyslového managementu, spol. s r.o.
EISOD
Copyright © 2001-2005 IPM

Vaše jméno:

Vaše heslo:

OK Storno

Obr. 2.1 Přihlášení do systému

Přihlášení

Vaše logo Institut průmyslového managementu, spol. s r.o.
EISOD
Copyright © 2001-2005 IPM

Uživatel Správce Schvalovatel **Administrátor** Auditor

S touto rolí defaultně spustit následující modul:

Modul	Název role
Analýzy	Moderátor
Audit	Vedoucí programu prověrek
Hodnocení	Hodnotitel
Lidské zdroje	Administrátor

OK Storno

Obr. 2.2 Výběr role a modulu

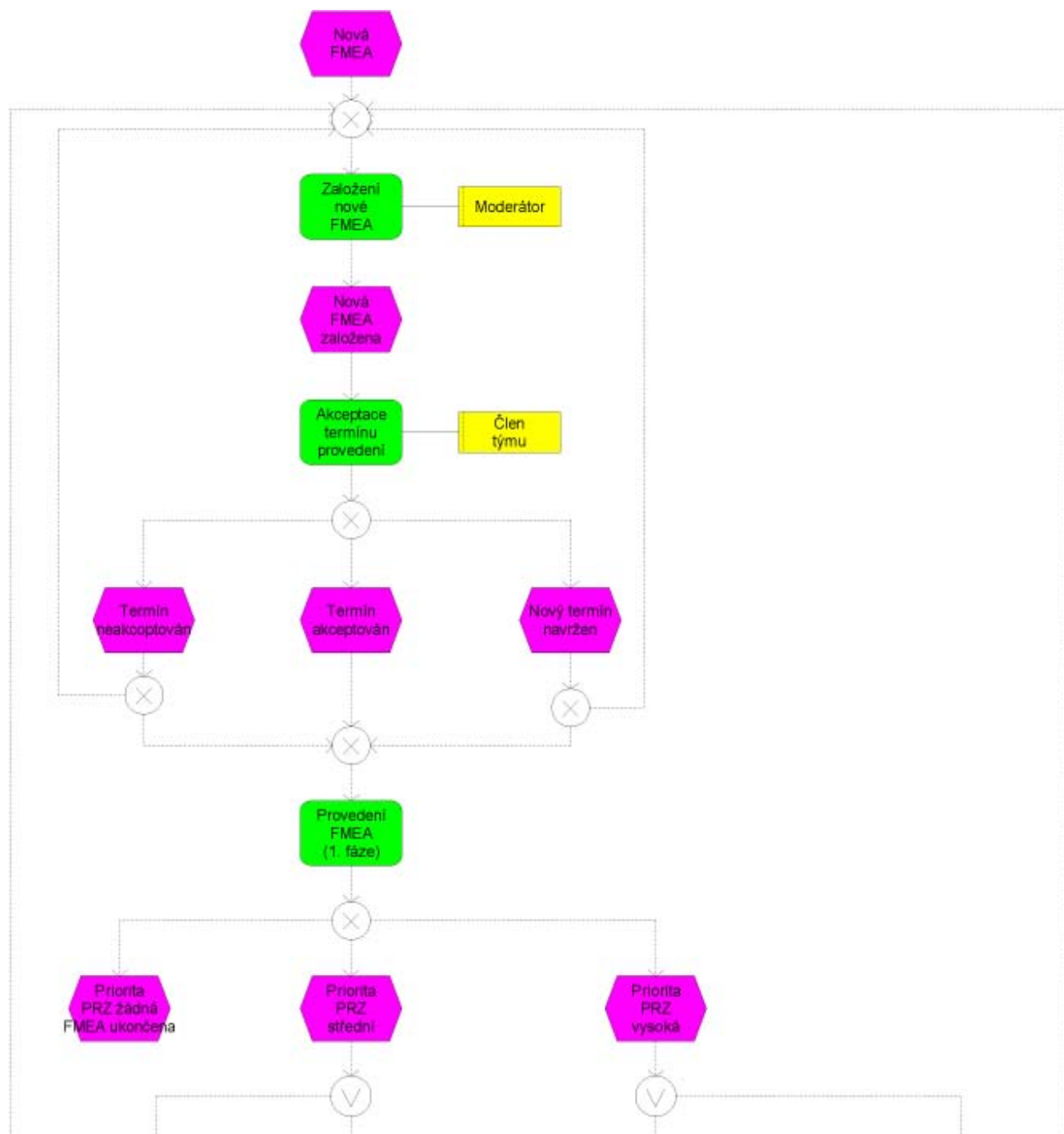
Uživatelé mohou v modulu Analýzy vystupovat jako člen týmu nebo moderátor. Funkce, které vykonávají, uvádí následující tabulka:

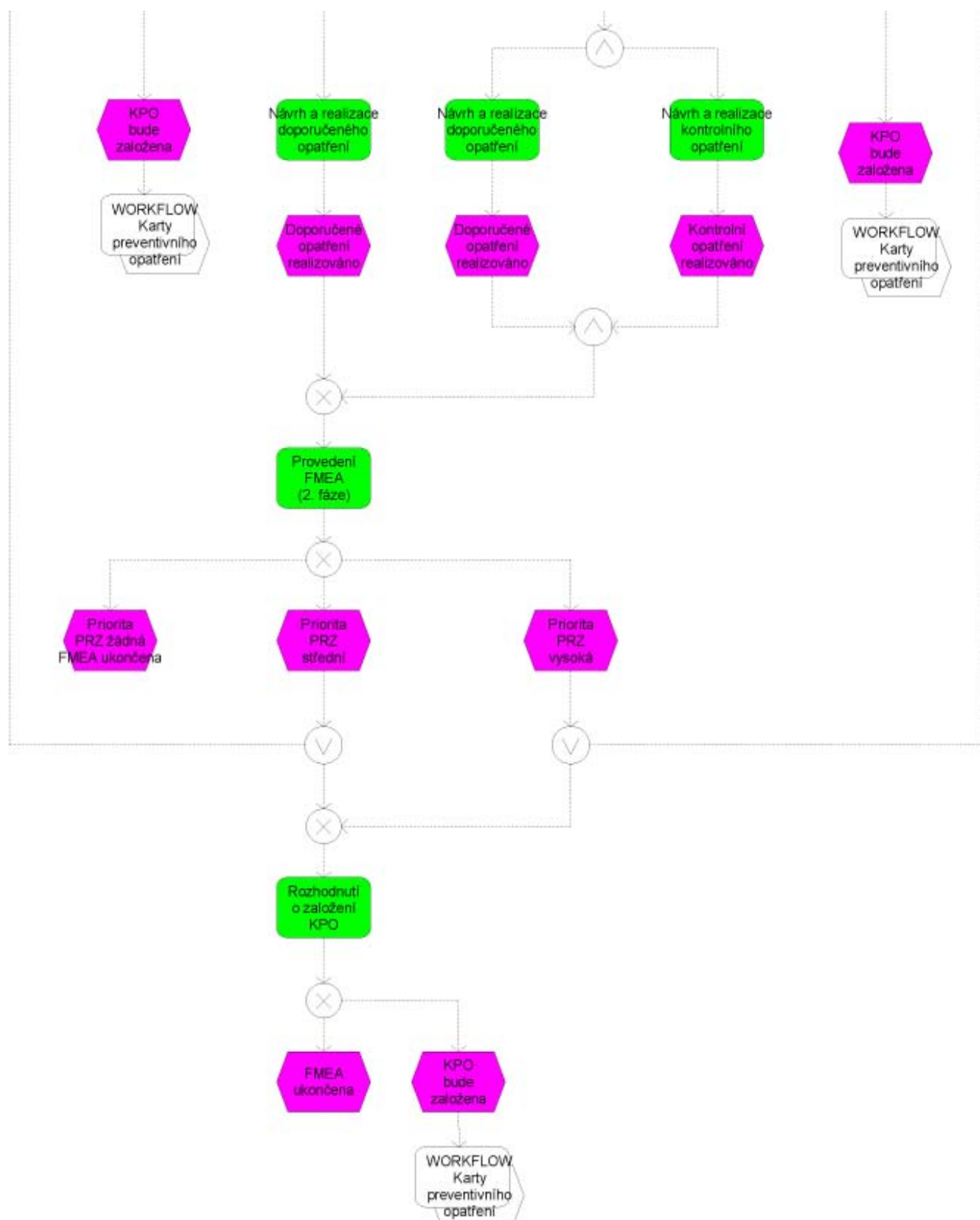
Tab. 2.1 Role a funkce

	Role v systému	Role v modulu Analýzy	Funkce v modulu Analýzy
	Uživatel	Člen týmu	Účastní se analýzy, potvrzuje nebo navrhuje nový termín provedení analýzy
	Administrátor	Moderátor	Zakládá analýzu, moderuje analýzu a provádí veškeré záznamy v rámci systému

2.1.2 Workflow FMEA

1. Diagram Workflow FMEA
2. Workflow FMEA





Obr. 2.3 Algoritmus workflow FMEA

Dle definovaného workflow⁶

 má FMEA tyto stavy:

- **Nová**
- **Výběr termínu**
- **V editaci**
- **V editaci po změnách**
- **Uzavřená**

Přechod mezi jednotlivými stavy je doprovázen automatickým rozesláním emailů účastníkům FMEA informující je o změně stavu.

Přechod stavů analýzy FMEA definovaného workflow diagramem⁶

 je prováděn prostřednictvím těchto akcí:

- Založení FMEA⁸



- Akceptace nebo změna termínu⁸



- Provedení FMEA⁸



- Provedení FMEA (2. fáze)⁸



Založení FMEA

Nová FMEA se zakládá prostřednictvím tlačítka Nový

Nová FMEA se zakládá prostřednictvím tlačítka **Nový**  v **nástrojové liště hlavního okna**  nebo z **kontextového menu**. V následně otevřeném dialogovém okně **FMEA - hlavička**  je povinná pouze položka Produkt, ostatní jsou volitelné.

Při založení nové FMEA se definuje:

- zda se jedná o FMEA konstrukce nebo procesu, v případě FMEA konstrukce je po potvrzení nabídnuta možnost založit odpovídající FMEA procesu
-

 , zobrazení produktů v tomto okně je vázáno

na výběr produktů v číselníku

· popis modelu, technických změn a kým byly provedeny (výběr z uživatelů systému

nebo manuální vyplnění) · lze vybrat šablonu - existující FMEA, jednotlivé hodnoty polí se přebírají z šablony

· termín, čas a místo provedení FMEA · uživatelé (členové týmu) účastníci se FMEA

FMEA je po potvrzení ve stavu Výběr termínu, kdy probíhá případná domluva členů týmu na termínu vhodném pro provedení FMEA.

8

Nahoru

Akceptace nebo změna termínu

Termín navržený moderátorem (informace o nové FMEA a navrženém termínu je automaticky rozesílána emailem všem členům týmu) mají možnost všichni účastníci akceptovat prostřednictvím dialogového okna **FMEA - hlavička**^[14]. V tomto okně lze

nebo navrhnout jiný

-

prostřednictvím dialogového okna FMEA - hlavička

. V tomto okně jsou pak akceptované nebo nově navržené termíny od jednotlivých členů barevně rozlišeny (zeleně akceptováno, červeně nový termín).

The dialog box 'FMEA - hlavička' contains the following elements:

- Header: 'jako šablonu použít:'
- Section: 'Termín, místo, účastníci'
- Form fields: 'Termín a místo:' with a date dropdown (14.3.2005), a time spinner (08:00), and an empty text field.
- Buttons: 'Přizvat dalšího účastníka' (disabled), 'Odstranit účastníka' (disabled), 'Akceptovat' (checked), and 'Navrhnout jiný termín'.
- Table of participants:

Celé jméno	Navržené/odsouhlasené datum
test	14.03.2005 08:00
Ing. Tomáš Zborník	15.03.2005 08:00
- Footer: 'OK' and 'Storno' buttons.

Obr. 2.4 Dialogové okno FMEA - hlavička

Moderátor může příslušně původní termín změnit a celý proces se tak opakuje, dokud všichni uživatelé

FMEA do stavu V editaci (manuálně v záhlaví dialogového okna FMEA - hlavička).
neakceptují termín zvolený moderátorem nebo pokud moderátor výběr termínu neukončí převedením FMEA do stavu **V editaci** (manuálně v záhlaví dialogového okna **FMEA - hlavička**^[14]).

Poznámka:

Moderátor může zahájit FMEA převedením do stavu V editaci, aniž by musel čekat na akceptaci termínu od všech členů týmu.

8

Nahoru

Provedení FMEA

^[15] Význam jednotlivých položek je dán použitou metodikou, zejména pak rozsah hodnot jednotlivých kritérií a jejich interpretace.

Způsob vyplnění položek je popsán dále

^[15] Pro danou analýzu FMEA (konstrukci/proces) lze sledovat více vad, resp. vadu z více pohledů - přidáním dalšího řádku v dialogovém okně FMEA

^[15] Pokud mají sledované prvky některé shodné parametry (např. stejná vada se stejným projevem a důsledkem může mít více příčin), lze tyto prvky svázat b.  a společné parametry se nemusí znovu vyplňovat - jsou shodné s nadřazeným prvkem (samozřejmě neplatí pro hodnotící kritéria).



Pokud je výsledek nežádoucí (např. $RPZ > 125$), lze založit Kartu preventivního opatření (KPO), která je dále řízena modulem Správa interních auditů (tj. nezbytnou podmínkou je implementace tohoto modulu).

8

Nahoru

Provedení FMEA (2. fáze)

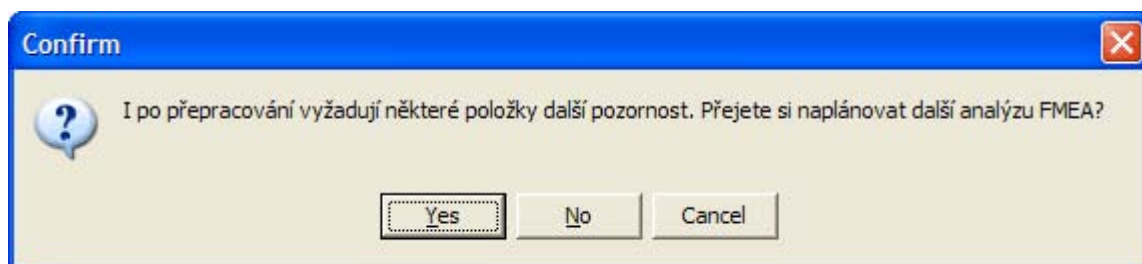
dialogového okna FMEA

) a obdobně vyplnit výsledky 2. fáze FMEA.

Po ukončení 1. fáze FMEA lze změnit stav na **V editaci po změnách** (manuální změna stavu v záhlaví dialogového okna **FMEA**^[15]) a obdobně vyplnit výsledky 2. fáze FMEA.

Uzavření FMEA se opět provádí manuální změnou stavu v záhlaví dialogového okna FMEA

na stav Uzavřená. Pokud ani v této fázi nedosáhne RPZ uspokojivých výsledků (RPZ > 125), je nabídnuta možnost založit na danou konstrukci/proces novou FMEA.



Obr. 2.5 Dialogové okno Confirm

Nahoru



Metodika výpočtu

Principem analýzy FMEA je výpočet

Ukazatele priority rizika založený na stanovení hodnot tří základních kritérií:

- Pravděpodobnost výskytu vady (Výskyt)
- Význam vady (Význam)

· Pravděpodobnost odhalení vady (Odhalení) Ukazatele priority rizika (RPZ) je prostým součinem hodnot výše uvedených kritérií. Při možných hodnotách kritérií 1-10 může tedy nabývat hodnot 1-1000. RPZ je v intervalu:

- 1-124 zvýrazněno šedou barvou (priorita žádná)
- 125-250 zvýrazněno žlutou barvou (priorita střední)
- 251-1000 zvýrazněno červenou barvou (priorita vysoká)

Doporučuje se použít následující návrhy kritérií FMEA pro:

Tab. 2.2 Hodnocení výskytu

Pravděpodobnost závady	Možné četnosti závad	Známka
Velmi vysoká neustálé závady	≥ 100 na 1000 prvků	10
	50 na 1000 prvků	9
Vysoká časté závady	20 na 1000 prvků	8
	10 na 1000 prvků	7
Mírná občasné závady	5 na 1000 prvků	6
	2 na 1000 prvků	5
Nízká poměrně málo závad	1 na 1000 prvků	4
	0,5 na 1000 prvků	3
Vzácná závada nepravděpodobná	0,1 na 1000 prvků	2
	≤ 0,01 na 1000 prvků	1

Tab. 2.3 Hodnocení významu

Důsledek	Kritéria závažnosti důsledku	Známka
Kritický, bez výstrahy	možná závada ohrožuje bezpečnost nebo znamená nesplnění závazného předpisu bez výstrahy	10
Kritický s výstrahou	možná závada ohrožuje bezpečnost nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou	9
Velmi závažný	prvek nefunkční - ztráta základní funkce	8
Závažný	prvek funguje, ale úroveň výkonu snižena, zákazník velmi nespokojen	7
Mírný	prvek funguje, ale položky určující komfort nefungují, zákazník nespokojen	6
Nízký	prvek funguje, ale položky určující komfort fungují se sníženým výkonem, zákazník poněkud nespokojen	5
Velmi nízký	vady si všimne většina zákazníků (přes 75%)	4
Nepatrný	vady si všimne 50% zákazníků	3
Zanedbatelný	vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně než 25%)	2
Žádný	žádný znatelný důsledek	1

Tab. 2.4 Hodnocení odhalitelnosti

Odhalitelnost	Známka
Absolutní nejistota	10
Velmi nepravděpodobné	9
Nepravděpodobné	8
Velmi nízká pravděpodobnost	7
Nízká pravděpodobnost	6
Střední pravděpodobnost	5
Vyšší pravděpodobnost	4
Vysoká pravděpodobnost	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	2
Téměř jistota	1

2.1.3 Dialogová okna

Hlavní okno

Po výběru příslušné role a modulu Analýzy se otevře hlavní okno, ve kterém jsou informace o položkách souvisejících s tímto modulem přehledně uspořádány do následujících oblastí:

1. **záhlaví okna - informuje o aktivním modulu, přihlášeném uživateli [sekc]**

uživatele] a roli v aktuálním modulu

2. 2. *menu - zpřístupňuje funkce modulu*

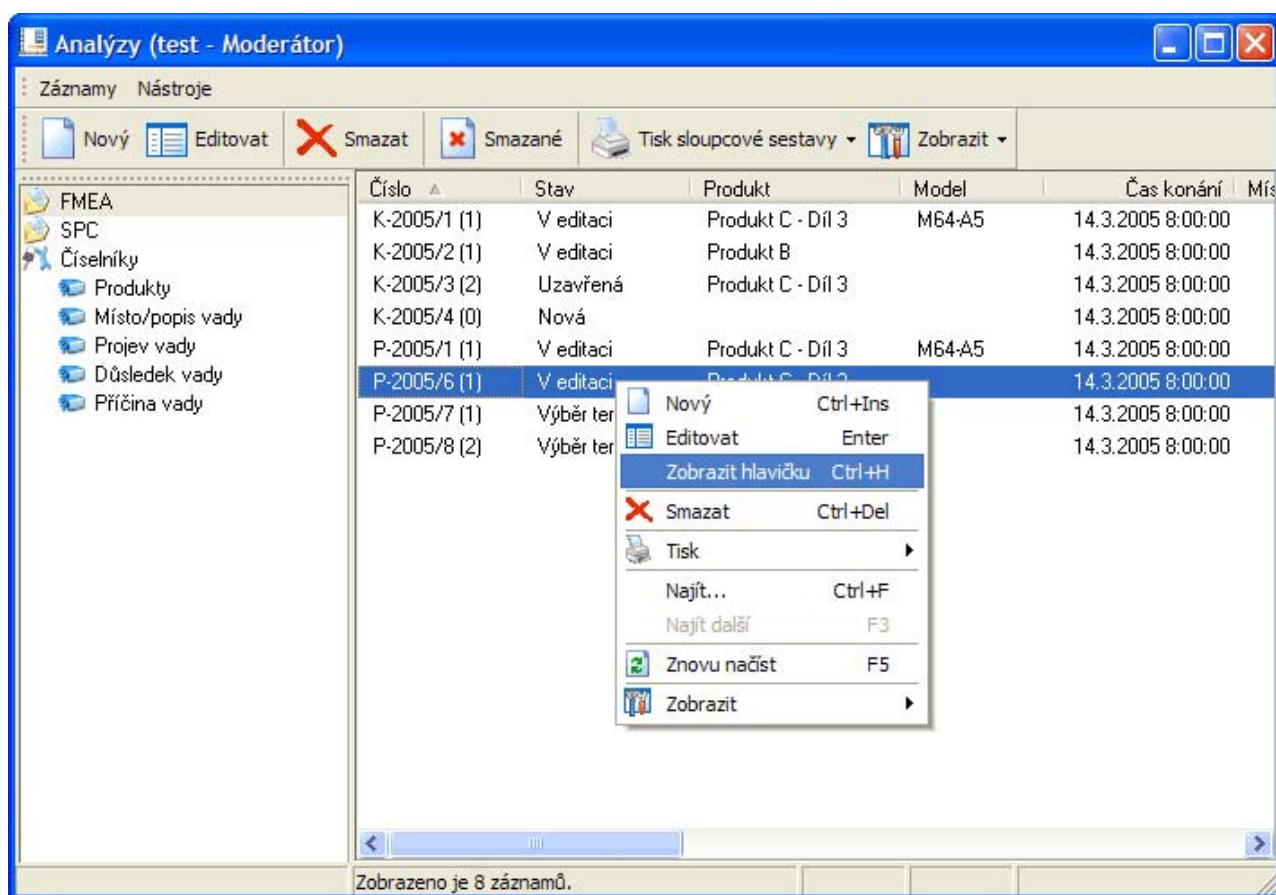
3. 3. *panel nástrojů - zpřístupňuje stejné funkce jako menu prostřednictvím tlačítek s ikonami, značka » znamená, že se všechna tlačítka nevejdou na lištu a jsou tedy přístupná po rozkliknutí*

4. 4. *nabídka pohledů - výběrem položky je řízeno zobrazení údajů v hlavním poli (tabulkové uspořádání)*

5. 5. *záhlaví sloupců hlavního pole - zobrazují názvy sloupců hlavního pole, kliknutím na příslušné záhlaví se řídí řazení údajů dle zvoleného sloupce (vzestupně/sestupně), přetažení záhlaví myši (vlevo/vpravo před jiný sloupec) lze nastavit pořadí zobrazovaných údajů, tažením za okraj lze měnit šířku sloupce*

6. 6. *hlavní pole - tabulkově zobrazuje údaje odpovídající zvolené položce v nabídce pohledů*

7. 7. *kontextové menu - kliknutím pravým tlačítkem myši nad zvolenou položkou je vyvoláno kontextové menu, obsahující většinu funkcí*



Obr. 2.6 Hlavní okno

Přístupnost funkcí:

V menu, nástrojové liště a kontextovém menu se zobrazují obecné funkce a dále funkce závislé na výběru položky v nabídce pohledu.

Tlačítka na nástrojové liště a v kontextovém menu:

Založení nové položky

Editace existující položky

Zobrazit hlavičku Zobrazí hlavičku analýzy
FMEA (dvojklikem na položku se standardně
otevřít
dialogové okno FMEA

 Smazání existující položky, smaže pouze ze seznamu

Zobrazí položky smazané ze seznamu, v tomto módu je lze ze systému odstranit
nevrátit Tisk seznamu položek

Najít... Umožňuje vyhledávání v seznamu



Znovu načte položky (např. pokud v systému pracuje paralelně více uživatelů)



Řídí zobrazení sloupců v seznamu

Poznámka:

⁴ Každý uživatel ⁴, který má přístup do modulu Analýzy může prohlížet jednotlivé
analýzy, pokud jsou ve stavu Uzavřená, v ostatních stavech jsou analýzy viditelné
jen pro členy týmu vybrané pro příslušnou FMEA.

FMEA - hlavička

Dialogové okno FMEA - hlavička je přístupné dvojklikem na příslušnou položku v
hlavním poli hlavního okna

 nebo prostřednictvím funkce nový

 (pro založení nové analýzy) nebo editovat

 v dialogové okno FMEA, v tom případě je přístup k dialogovému oknu
umožněn prostřednictvím kontextového menu - položka Zobrazit hlavičku).

nástrojové liště nebo **kontextovém menu** (pokud není FMEA ve stavu **Nová** nebo **Výběr termínu** otevírá se
dialogové okno **FMEA**¹⁵, v tom případě je přístup k dialogovému oknu umožněn prostřednictvím

FMEA - hlavička

Stav: **Nová** --> [Výběr termínu](#) ① FMEA číslo: **K-2005/1 (0)**

Za tuto FMEA, která byla založena dne **13.3.2005**, je zodpovědný **test [Development]**. ②

FMEA

☒ FMEA konstrukce ☐ FMEA procesu ③

Produkt

Produkt: ④ ...

Model: ...

Technické změny: ...

Potvrzeno kým: ...

Jako šablonu použít: ...

Termín, místo, účastníci

Termín a místo: ⑤ 14.3.2005 08:00

Přizvat dalšího účastníka Odstranit účastníka Akceptovat Navrhnout jiný termín

Celé jméno	Navržené/odsouhlasené datum
⑥	

OK Storno

Obr. 2.7 FMEA - hlavička

Legenda:

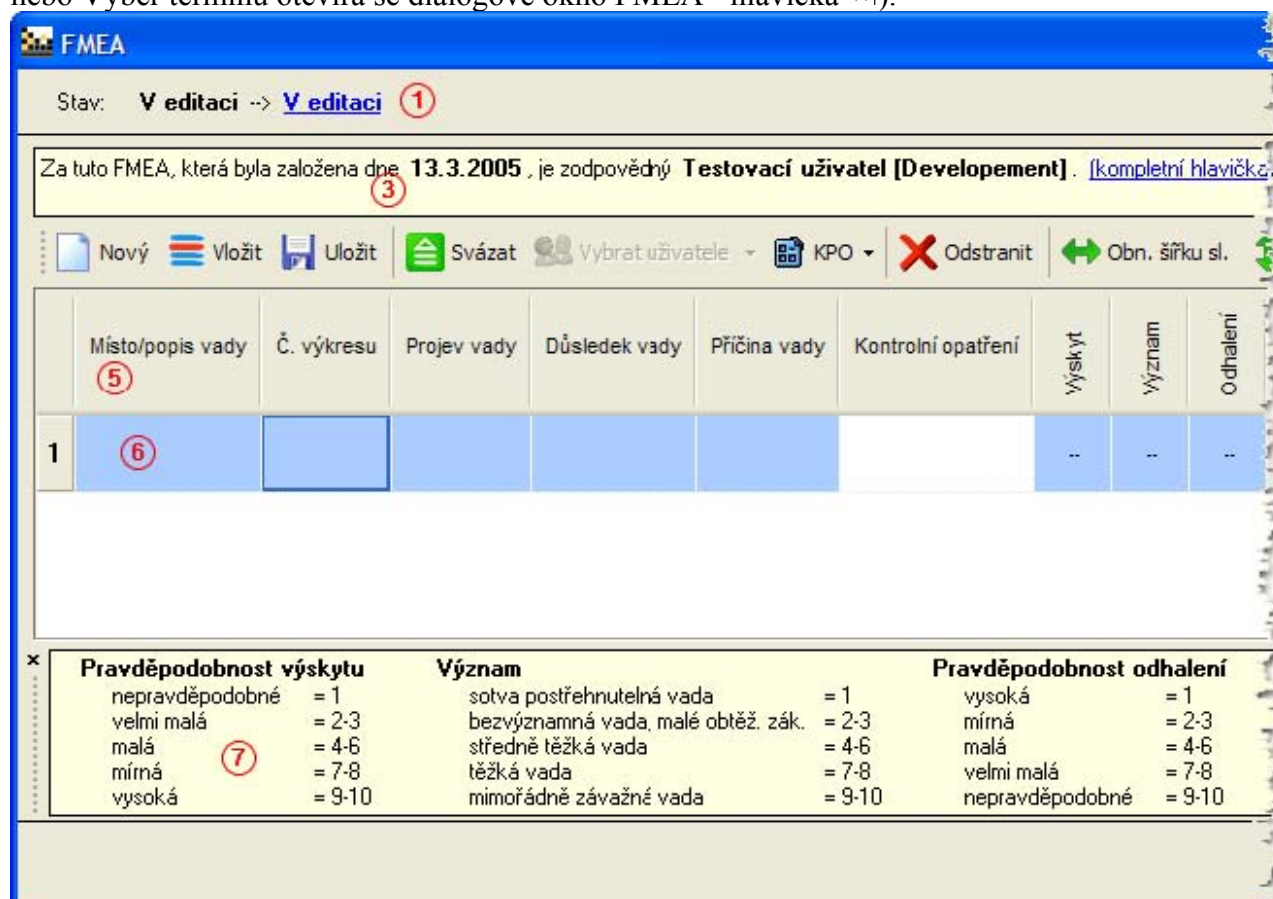
1. 1. informace o stavu analýzy FMEA, kliknutím se rozevře seznam a stav lze příslušně změnit
2. 2. číslo FMEA ve tvaru X-příslušný rok/n (c), kde X je buď K pro FMEA konstrukce nebo P pro FMEA procesu, n je pořadové číslo FMEA založené na konkrétní výrobek (0 - ve stavu Nová)
3. 3. výběr typu FMEA (konstrukce/proces, po založení FMEA konstrukce je automaticky nabídnuta možnost založit FMEA na odpovídající proces)
4. 4. volba produktu prostřednictvím dialogového okna Vybrat produkt
5. 5. určení termínu a místa provedení analýzy
6. 6. výběr účastníků analýzy (z uživatelů zavedených v systému), resp. vyjmutí ze seznamu; pro člena týmu jsou přístupné funkce Akceptovat

a Navrhnout jiný termín

FMEA

Dialogové okno FMEA je přístupné dvojklikem na příslušnou položku v hlavním poli hlavního okna

-  nebo prostřednictvím funkce editovat
-  v nástrojové liště nebo kontextovém menu (pokud je FMEA ve stavu Nová nebo Výběr termínu otevírá se dialogové okno FMEA - hlavička ).



FMEA

Stav: **V editaci** --> **V editaci** 1

Za tuto FMEA, která byla založena dne **13.3.2005** 3, je zodpovědný **Testovací uživatel [Development]** [\[kompletní hlavička\]](#)

Nový Vložit Uložit Svázat Vybrat uživatele KPO Odstranit Obn. šířku sl.

	Místo/popis vady 5	Č. výkresu	Projev vady	Důsledek vady	Příčina vady	Kontrolní opatření	Výskyt	Význam	Odhalení
1	6						:	:	:

Pravděpodobnost výskytu

nepravděpodobné	= 1
velmi malá	= 2-3
malá	= 4-6
mírná 7	= 7-8
vysoká	= 9-10

Význam

sotva postřehnutelná vada	= 1
bezvýznamná vada, malé obtěž. zák.	= 2-3
středně těžká vada	= 4-6
těžká vada	= 7-8
mimořádně závažné vada	= 9-10

Pravděpodobnost odhalení

vysoká	= 1
mírná	= 2-3
malá	= 4-6
velmi malá	= 7-8
nepravděpodobné	= 9-10

Obr. 2.8 Dialogové okno FMEA – levá část

FMEA číslo: K-2005/2 (1)

Hlavička

Výška Vysvětlivky Tisk Vybrat z číselníku

Odhalení	RPZ	Doporučená opatření	Odpovědnost	Provedená opatření	Vyskyt	Význam	Odhalení	RPZ
	--				--	--	--	--

Priorita

- vysoká > 250
- střední 125 - 250
- žádná < 125

OK Storno

Obr. 2.9 Dialogové okno FMEA – pravá část

Legenda:

1. informace o stavu analýzy FMEA, kliknutím se rozevře seznam a stav lze příslušně změnit
2. číslo FMEA
3. informace o založení (datum, moderátor | ⁴), odkaz na dialogové okno FMEA - hlavička
4. panel nástrojů, značka » znamená, že se všechna tlačítka nevejdou na lištu a jsou tedy přístupná po rozkliknutí
5. záhlaví jednotlivých sloupců
6. řádek hodnot konkrétní analýzy
7. vysvětlivky - nápověda pro vyplnění číselných hodnot | ⁴

	Nový	vkládá nový řádek pro vyplnění hodnot analýzy - na konec seznamu
	Vložit	vkládá nový řádek pro vyplnění hodnot analýzy - před aktuální pozici
	Uložit	ukládá provedené změny
	Svázat	sváže vybraný řádek s předchozím řádkem - přebírá hodnoty některých polí z nadřazeného řádku, tj. nemusí se znovu vyplňovat, tlačítko funguje jako přepínač (svázáno/nesvázano)
	Vybrat uživatele KPO	pro pole Odpovědnost lze vybrat uživatele zavedené v systému zakládá novou kartu preventivního opatření (KPO), musí být vybráno pole Odpovědnost, nutným předpokladem je nainplementovaný modul Správa interních auditů, ve kterém se řídí workflow založené KPO
	Odstranit	odstraní vybraný řádek
	Obnovit šířku sl.	obnoví defaultní šířku sloupců (šířku sloupců lze měnit tažením myši za okraj záhlaví sloupce)
	Výška	nastavuje výšku aktuálního řádku
	Tisk	tiskne report z aktuální analýzy FMEA
	Vysvětlivky	zobrazuje/skrývá vysvětlivky - popis možných hodnot pro zadání a výpočet RPZ (Ukazatele priority rizika) - viz Metodika výpočtu
	Vybrat z číselníku	některá pole lze vyplnit hodnotami předdefinovanými v číselníku

Tab. 2.5 Položky, jejichž vyplnění se vztahuje k 1. fázi FMEA

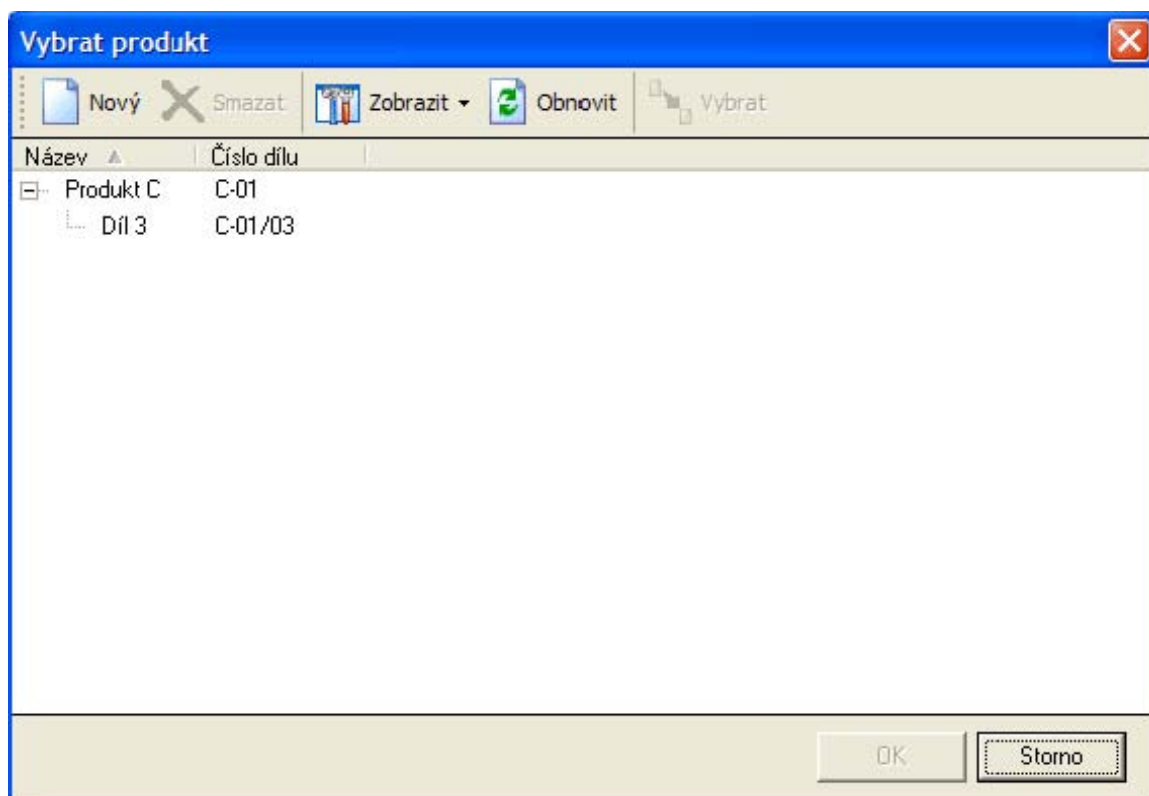
Položka	Formát	Poznámka	Povinná položka
Místo/popis vady	text/popis		x
Číslo výkresu	text/popis		x
Projev vady	text/popis	lze vybrat z číselníku	x
Důsledek vady	text/popis	lze vybrat z číselníku	x
Příčina vady	text/popis	lze vybrat z číselníku	x
Kontrolní opatření	text/popis		-
Výskyt	číslo 1-10	hodnocení dle metodiky	x
Význam	číslo 1-10	hodnocení dle metodiky	x
Odhalení	číslo 1-10	hodnocení dle metodiky	x
RPZ	číslo 1 -1000	automaticky dopočítáno	
Doporučení	text/popis		-
Odpovědnost	text/popis	lze vybrat uživatele	x

Tab. 2.6 Položky, jejichž vyplnění se vztahuje k 2. fázi FMEA

Položka	Formát	Poznámka	Povinná položka
Provedená opatření	text/popis		x
Výskyt	číslo 1-10	hodnocení dle metodiky	x
Význam	číslo 1-10	hodnocení dle metodiky	x
Odhalení	číslo 1-10	hodnocení dle metodiky	x
RPZ	číslo 1 -1000	automaticky dopočítáno	

Vybrat produkt

Prostřednictvím tohoto dialogového okna probíhá výběr produktu, na kterém je zakládána nová FMEA. Lze založit produkt nový , případně jej smazat , nebo vybrat z existujících - zobrazují se jen produkty povolené (zaškrtnuté) v číselníku.



Obr. 2.10 Dialogové okno - Vybrat produkt

2.1.4 Číselníky

Číselníky umožňují definovat následující položky, které lze později použít při vyplňování ostatních dialogových oken:

- Produkty - zadává se název a číslo produktu
- Místo/Popis vady - zadává se textový popis
- Projev vady - zadává se textový popis
- Důsledek vady - zadává se textový popis
- Příčina vady - zadává se textový popis

Po vybrání příslušné položky číselníku se v hlavním poli hlavního okna

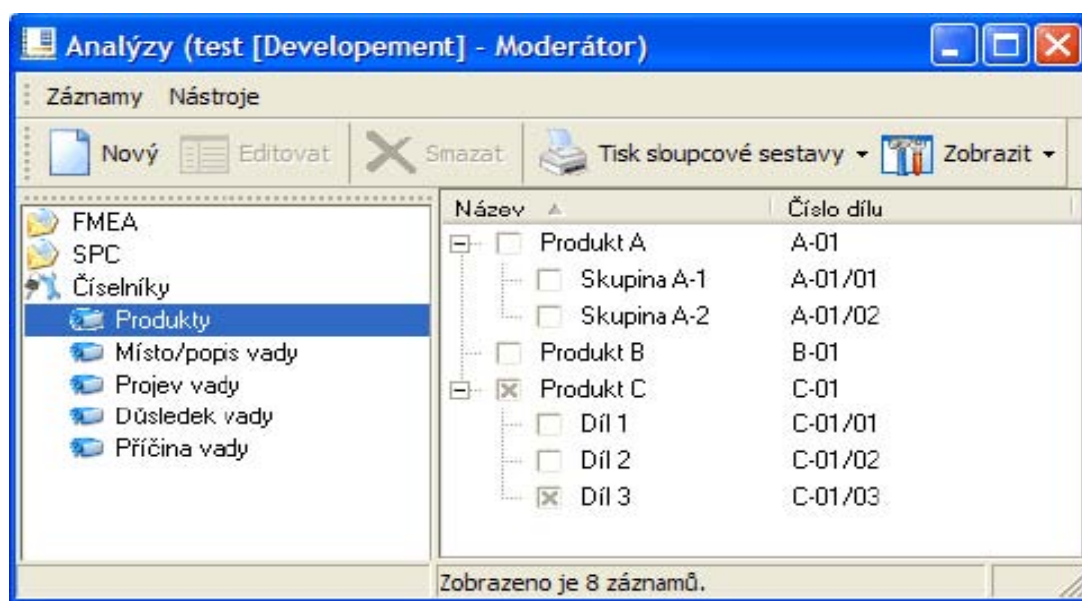
 zobrazí hierarchický seznam existujících položek. Lze zadávat nové

 položky, editovat a odstraňovat

✗ existující. Jednotlivé větve hierarchické struktury lze příslušně rozbalovat a sbalovat (symboly +/-).

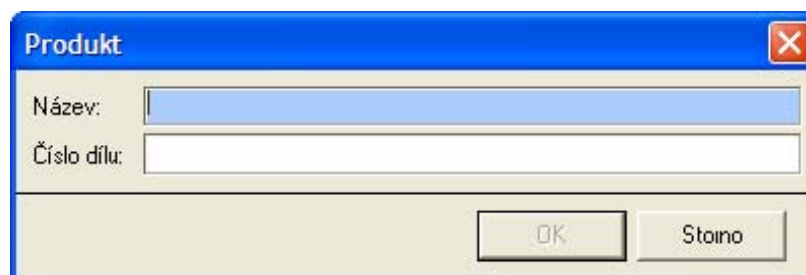
Poznámka:

V zobrazení produktů lze jednotlivé produkty označovat (symbol x), označené produkty je pak možné použít při zakládání nové analýzy FMEA.

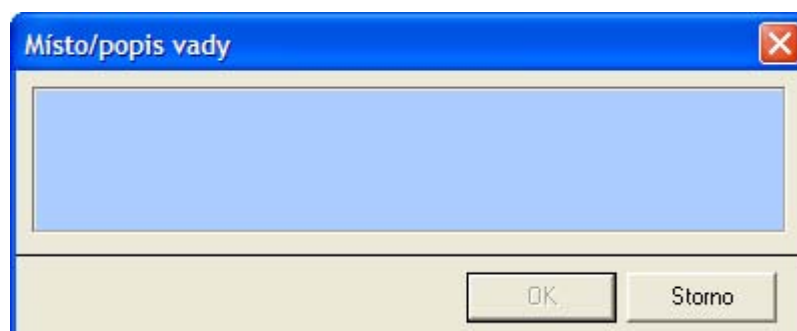


Obr. 2.11 Zobrazení položek číselníku

Nové produkty se zadávají prostřednictvím dialogového okna, kde se vyplňuje název a číslo produktu. Ostatní položky číselníku se zadávají vyplněním textového pole v příslušném dialogovém okně.

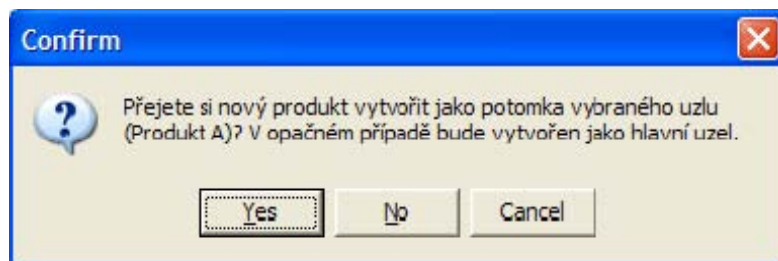


Obr. 2.12 Dialogové okno pro zadání nového produktu



Obr. 2.13 Dialogové okno pro zadání místa/popisu vady

Pokud je označena existující položka číselníku během zakládání nové položky, lze určit, zda bude vytvořen jako hlavní uzel nebo jako potomek (hierarchicky podřízený) vybrané položky.



Obr. 2.14 Dialogové okno pro vytvoření potomka nebo nového uzlu

3 PROJEKTOVÁ ČÁST

V rámci projektové části bych chtěl demonstrovat tři případové studie, které by měly posloužit firmě Rogum Rožnov pod Radhoštěm jako návod pro implementaci metody FMEA – Analýza možností vzniku poruch a jejích následků v této firmě. Počet demonstrovaných případových studií (tj. 3) vychází z jednotlivých druhů variant metody FMEA, resp. formulářů FMEA – tzn. FMEA konstrukce, FMEA návrhu výrobku a FMEA procesu.

Dříve než však přistoupíme k samotným případovým studiím, je třeba provést výčet a popis jednotlivých kroků a činností, které předcházejí a posléze také následují procesu vyplňování dílčích formulářů FMEA. Přitom samozřejmě budeme vycházet z již uvedených předpokladů a informací, které jsem uvedl v teoretické části. Pro zopakování však ještě jednou uvádím stručné shrnutí těchto kroků.

Okamžik provádění

Z důvodu udržení minimálních nákladů na odstraňování možných příčin vad i odstraňování vad, se FMEA provádí v co možná nejčasnějším okamžiku návrhu projektu a zavádění výroby. Tento okamžik stanovuje odpovědný vedoucí týmu spolu s vedoucím projektu.

Příprava

Před započítím provádění metodiky FMEA by měl podnik s ohledem na efektivnost provést následující přípravné práce:

1) **Stanovit předmět analýzy** - t.j. vybrat výrobek/díl/proces, u kterého je legislativou/zákazníkem požadováno zvláštní vykazování jakosti (prokazování ve smyslu VDA 1.-2. přepracované vydání 1998) a jsou pro něj stanoveny kritické znaky (ve smyslu VDA dřívější značení "D" nebo dle nové VDA 1: 1998 "A"). Pro systémy jakosti budované podle QS 9000 3. vydání 1998 jsou analogií kritické charakteristiky (CC) uvedené v Části II - Zvláštní požadavky zákazníka (Zvláštní požadavky firmy Chrysler - Diamond/Key Quality Characteristic, Zvláštní požadavky firmy Ford - Engineering practice - Identification and control of critical characteristic, Zvláštní požadavky firmy General Motors - Key Characteristic Designation System GM). Předmětem

analýzy mohou být rovněž výrobky/díly/procesy s chronickými problémy.

2) **Vybrat členy týmu** s ohledem na jejich působení ve FMEA týmech dle následujících kritérií:

FMEA-K (konstrukční FMEA)

- vedoucí týmu - konstruktér/vývojář,
- členové týmu - technolog, pracovník na rozhraní se zákazníkem (odbyt), pracovník kalkulace ceny výrobku, pracovník útvaru řízení jakosti, zásobovač, popř. další relevantní funkce v podniku.

FMEA-T (technologická FMEA)

- vedoucí týmu - technolog,
- členové týmu - konstruktér/vývojář, mistr, normovač/rozpočtář, pracovník útvaru řízení jakosti, vedoucí údržby/seřizovač, kontrolor, popř. další relevantní funkce v podniku.

3) Shromáždit data o výrobku/dílu/procesu

- pro výrobek/díl - specifikované požadavky na Q (výkres, zadání výrobku zákazníkem, legislativní požadavky),
- pro proces - popis procesu (technologický postup), vývojový diagram procesu s vyznačenými kontrolními operacemi/regulací procesu (SPC).

Shromáždit informace o všech minulých (popř. i potenciálních) problémech s výrobkem/dílem/procesem (záznamy o jakosti - neshody, reklamace, problémy...) a jejich řešení. Informace rozčlenit do tří kategorií z hlediska:

- významu vady (důsledky pro zákazníka),
- příčiny vady,
- kontrolní či regulační opatření (SPC).

5 KROKŮ SYSTÉMOVÉ FMEA

1. krok - Stanovit systémové prvky a systémovou strukturu

Systém se skládá ze systémových prvků (SE), které slouží k popisu a členění hardwarové koncepce a jsou uspořádány do systémové struktury. Systémová struktura uspořádává od shora jednotlivé systémové prvky na různých hierarchických úrovních. Kromě toho je nutno popsat stávající propojení jednotlivých systémových prvků jako rozhraní k ostatním systémovým prvkům.

2. krok - Znázornění funkcí a funkční struktury

Systémové prvky mají v systému různé funkce nebo úlohy. Společné působení funkcí více systémových prvků můžeme znázornit jako funkční strukturu (strom funkcí/funkční síť). Pro stanovení funkčních struktur musíme sledovat vstupující a vnitřní funkce.

3. krok - Provést analýzu vad

Pro každý sledovaný prvek popsaný v systému musíme provést analýzu vad. Možné vady (F) tohoto systémového prvku jsou odvozeny od známé funkce vymezené v kroku 2 a popisují vadné funkce.

- a) Ke každé vadě se stanoví její **možný důsledek** a pomocí deseti-bodové stupnice, příloha č. 1, se ohodnotí (kvantifikuje) jeho **význam (B)**.
- b) **Možné příčiny vad** jsou díky vadné funkci podřízených systémových prvků prostřednictvím rozhraní přiřazeny systémovému prvků. U každé příčiny se odhadne **pravděpodobnost výskytu vady (A)**, která se kvantifikuje pomocí deseti-bodové stupnice, příloha č. 1.
- c) Analýza je ukončena výčtem **stávajících preventivních opatření** (opatření k zabránění

výskytu vady) a zavedených **kontrolních opatření**. U těchto opatření je hodnocena

pravděpodobnost odhalení příčiny (mechanismu) vzniku vady (E), která se kvantifikuje pomocí deseti-bodové stupnice, příloha č. 1.

4. krok - Provést hodnocení míry rizika

Míra rizika (RPZ) je součinem hodnot bodového hodnocení (podle přílohy č. 1):

B - význam důsledku vady (Bedeutung der Fehlerfolge)

A - pravděpodobnost výskytu příčiny vady (Auftretenwahrscheinlichkeit der

Fehlerursache) E - pravděpodobnost odhalení příčiny vady (Entdeckungswahrscheinlichkeit der aufgetretenen Fehlerursache):

$$\text{RPZ} = B \times A \times E$$

5. krok - Provedení optimalizace

Počíná u nejvyšších hodnot RPZ definováním nápravných/preventivních opatření. Tato opatření jsou termínovaná a jsou přenesena k vyřízení na odpovědná místa/osoby.

Pro vysoké hodnoty rizikového čísla (RPZ) nebo vysoké hodnoty B, A a E jsou potřebné optimalizace. Optimalizace se provádí v následujícím pořadí priorit:

1. Změna koncepce - pro vyloučení příčiny vady popř. pro redukci významu vady.
2. Zvýšení spolehlivosti koncepce - pro minimalizaci pravděpodobnosti výskytu příčiny vady.
3. Účinné odhalení příčiny vady (pokud možno bez dodatečných zkoušek).

Pro minimalizaci rizika se musí dodatečná opatření popsat a pro jejich zavedení jmenovat odpovědnosti za vyřízení.

Při rozhodující změně koncepce je nutno pro dotčené oblasti znovu provést všech 5 kroků systémové FMEA.

Při opatřeních zvyšujících spolehlivost koncepce či účinné odhalení příčiny vady je nutno opakovat kroky 5 a 6.

Zápis ve sloupci V/T (odpovědnost/termín) znázorňuje otevřené a rozhodující body systémové FMEA.

Sledování opatření (Sledování seznamu opatření)

Vyřízení opatření, sleduje vedoucí projektu/vedoucí týmu. Jakmile je opatření plně provedeno (ověřena jeho účinnost), provádí se znovu hodnocení míry rizika.

FMEA - případová studie

Firma ROGUM Rožnov p/R rozšiřuje výrobu a zpracovala konstrukci nových typů výrobků. Byly vyrobeny první prototypy a FMEA tým má za úlohu identifikovat a eliminovat příčiny vzniku možných chyb. Pro ověření konstrukčního návrhu se řešitelský tým rozhodl použít metodu FMEA, která se osvědčila jako velmi efektivní metoda při analýze možných chyb a jejich následků v různých *fázích* návrhu výrobků anebo procesů. Protože se jedná o ověření konstrukčního návrhu, bude použita FMEA konstrukce, na kterou bude navazovat FMEA procesu (výrobní).

Byl vytvořený pracovní tým, ve kterém jsou zastoupeni pracovníci útvarů:

- vývoje a konstrukce
- řízení kvality
- přípravy výroby
- výroby
- zkušební laboratoře.

Všichni pracovníci byli vyškoleni v používání metody FMEA. Vedoucím týmu je zodpovědný pracovník vývoje a konstrukce.

Formulace úlohy

Úlohou pracovního týmu je:

1. Určit konstrukční cíle, které musí navrhovaný výrobek splňovat.
2. Identifikovat možné chyby navrhovaného výrobku.
3. Určit možné následky těchto chyb.
4. Identifikovat možné příčiny těchto chyb.
5. Ohodnotit váhovými součiniteli faktory: pravděpodobnost výskytu chyby, význam chyby, pravděpodobnost odhalení chyby.
6. Vypočítat míru rizika (prioritu) pro jednotlivé příčiny vzniku chyb.
7. Doporučit nápravné opatření a zodpovědnost za jejich realizaci.

Postup řešení FMEA

Při analýze možných chyb a jejich následků se informace postupně zpracovávají do příslušného formuláře FMEA.

1. Definice výrobku:

Funkční popis musí být stručný, ale dostatečně podrobný. Je to seznam vlastností, které výrobek musí mít, a které nesmí mít. Určují se konstrukční cíle odvozené z přání a potřeb zákazníka.

2. Možné chyby:

Při identifikaci možných chyb je potřebné zvážit, jak mohlo dojít k tomu, že výrobek neplní svůj konstrukční účel. Musí být zjištěny všechny možné chyby a musí být poukázáno na ty, které jsou podle konstrukce a konstrukčních cílů reálné.

3. Možné důsledky (následky) chyby:

Musí být definováno působení chyb na zákazníka, přičemž je nutné mít stejná kritéria hodnocení pro zákazníka interního, jakož i pro zákazníka externího.

4. Možné příčiny chyby:

Příčiny chyby jsou zjišťovány v týmu a prvořadou úlohou je zjistit slabé místa konstrukčního návrhu.

Potvrzení konstrukce: Při vývoji nového výrobku musí být neustále zabezpečováno, aby změny neměly za následek žádné snížení kvality navrhovaného výrobku. V rámci programu potvrzení konstrukce se provádí více testů. Cílem programu potvrzení konstrukce je zjištění konkrétních příčin chyb, jestliže se tyto vyskytují.

5. Váhové ohodnocení jednotlivých faktorů:

Váhové hodnocení umožňuje objektivněji určit relativní důležitost každé možné chyby, která může vzniknout jako následek jednotlivých příčin.

5.1 Výskyt možné chyby (V)

Vyjadřuje se pravděpodobnost výskytu chyby jako následek určité příčiny. Při hodnocení se používá bodová stupnice od 1 do 10.

5.2 Význam (závažnost) možné chyby (Z)

Určuje se podle závažnosti následku chyby u *zákazníka* (působení na zákazníka). Při hodnocení se používá bodová stupnice od 1 do 10.

5.3 Odhalení možné chyby (O)

Pravděpodobnost odhalení možné chyby slouží k odhadu schopnosti plánovaného programu potvrzení konstrukce nalézt možné slabé místa konstrukce dříve, než se uskuteční uvolnění k výrobě a montáži. Při hodnocení se používá bodová stupnice od 1 do 10.

6. Určení míry rizika (MR/P)

Míra rizika anebo priorita představuje souhrnný rizikový faktor, podle kterého se určují priority pro realizaci doporučených nápravných opatření. Vypočítá se jako součin tři uvedených faktorů:

$$MR/P = V * Z * O$$

Váhové koeficienty, faktor hodnocení „O“, „V“, „Z“.

Viz příloha č. 1.

Nápravná opatření se doporučují pro následující hodnocení:

- míra rizika MR/P je vyšší než 100 (někdy i vyšší než 125 – tj. 5 x 5 x 5)
- význam chyby (závažnost) je vyšší než 7

Kritické vlastnosti: jestliže význam chyby nabude hodnoty 9 nebo 10 a faktory výskytu anebo odhalení více než 1, potom je potřebné rozhodnout, zda nemá být určená kritická vlastnost (označení V anebo D).

7. Nápravná opatření

V této fázi musí být zvláště vyzdvižený význam určení a provedení nápravných opatření a zhodnocení nového dosaženého stavu. Do formuláře je potřebné uvést:

- doporučené nápravné opatření
- zodpovědnost a termíny
- provedené opatření
- nové hodnocení příslušných faktorů (pro zlepšený stav).

Přitom je potřebné stále sledovat a míti na zřeteli poslední platný stav konstrukce, který je zaznamenán ve formuláři FMEA.

3.1 Případová studie č. 1 – FMEA konstrukce

Firma (razítko, značka zboží) ROGUM Rožnov p / R		Analýza možností vzniku vad a jejich následků ☐ nový díl / proces ☐ optimalizace ☒ FMEA konstrukce ☐ FMEA procesu						Název dílu Stavitelný hřídel dynama 1)		Číslo dílu 90HF – 10145 – AA					
		Potvrzení příslušným oddělením a/nebo dodavatelem: jméno / oddělení / dodavatel / telefon R. Novák / díl. tech. F. Peterka / zabezpečování jakosti R. Malina / lisovna						Model / systém / provedení 1990/03/X13 1)		Technické změny A/369437/KC 1)					
								Zpracoval (jméno / odd. / tel.) Jaromír Janík		Datum: 21.4.05					
								zpracování		přepracování					
Místo / popis vady 2)	Č. v.	Proje V vady 3)	Důsledek vady 4)	Příčina vady 5)	Současný stav				Doporučená opatření 11)	Odpo- vědnost 12)	Zlepšený stav				
					Kontrolní opatření 6)	Výskyt / Význam / Odhalení		RPZ 10)			Provedená opatření	Výskyt / Význam / Odhalení		RPZ 10)	
pohon dynama předpětí klínového řemene		únava materiálu	stavitelný hřídel se zlomí dynamo nemá pohon (nenabíjí)	nadměrné městnání materiálu na hranách a otvorech		2	6	10	120	stanovit přípustné městnání zkouška regenerace materiálu	vývoj výrobku výrobní kontrola fy Barum	technickou změnou A/98765/AC z ledna 1996 stanoveno vtažení max. 4 mm zkušební návod doplněn 2 / zkouška 5 dílů / hod.			
						7)	8)	9)				14)	14)	14)	30
						1	6	5							

použit chybný materiál	trhací zkouška hrubého materiálu 1 zkušební vzorek	1	6	10	60	---	---	---				
vady materiálu (trhliny z tváření)	kontrola 5 dílů za hodinu	1	6	10	60	vizuální kontrola trhlin z tváření.	výrobní kontrola fy Barum	technickou změnou A/98765/AC z ledna 1996 doplněn požadavek "bez trhlin z tváření"				
rozměrové odchylky	kontrola důležitých znaků (na hotovém dílu) 5 dílů / hod.	1	6	5	30	---	---	---				
současné nároky překračují konstrukční předpoklady	---	4	6	10	240	změna konstrukce	vývoj výrobku	technickou změnou A/98765/AC z ledna 1996 materiál zesílen o 0,5 mm	1	6	3	18

Obr. 3.1 Případová studie č. 1 – praktické použití formuláře FMEA konstrukce „stavitelného hřídele dynamy“ [vlastní zpracování]

3.2 Případová studie č. 2 – FMEA návrhu výrobku

ROGUM Rožnov p / R		Analýza možností vzniku vad a jejich následků ☒ FMEA výrobku ☐ FMEA konstrukce ☒ nový díl / proces ☐ FMEA procesu ☐ optimalizace							Název dílu: automobilový zvedák		Zpracoval tým (jméno / odd. / tel.) Janík / vedoucí týmu Chaloupka / vývoj / 105 Trčka / konstrukce / 125 Šalý / zásobování / 255 Hlaváček / OS / 156				
		jméno / oddělení / dodavatel / telefon							Číslo výkresu JCH-7860559						
									Číslo technologického postupu zved – 313 – 456789		Datum: 25.4.2005				
Výrobek, díl nebo operace	Projev vady	Důsledek vady	Význam	Příčiny vady	Výskyt	Kontrolní opatření	Odhalení	Riziko R	Doporučená opatření	Odpovědnost, termín	Zlepšený stav				
											Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	R
autozvedák	nezvedá	ztráta funkce	10	zadřené ložisko	3	100%k., živ.zk.	5	150	SPC	QS		10	3	2	60
				zlomená Wika	5	živ.sk., SPC	2	100							
				křivý šroub	6	100% kontrola	7	420	FMEA procesu, stat.př.	technolog		10	3	5	150
				stržený závit	4	nelze smontovat	1	40							
				zadřené v matici	4	nelze smontovat	1	40							
	těžký chod	obtíže	6	špína	5	čištění	4	120							
		nesp. zák.		stržený závit	4	nelze smontovat	1	24							
				křivý šroub	6	100% kontrola	7	252	FMEA procesu, stat.př.	technolog		6	3	5	90.
				koroze	5	mazivo	4	120							
				nenamazaný	4	100% viz.k.	5	120							
	pošk. auta	rozzlobený zák.	8	tvár hlavice	2	zkoušky ptt.	2	32							
		koroze auta		špatně umístěn	4	štítek	5	160	nýtování štítků	technolog		8	2	3	48
				měkký podklad	3	návod k obsluze	5	120							
	nevh. tvar kliky	otlak, poraněn	7	konstrukce	2	zkoušky ptt.	2	28							
		obtíže		nesražené hrany	3	obtíže při montáži	2	42							

Obr. 3.2 Případová studie č. 2 – praktické použití formuláře FMEA návrhu výrobku „automobilový zvedák“ [vlastní zpracování]

3.3 Případová studie č. 3 – FMEA procesu

FMEA PROCESU

Položka: _____

Zodpovědnost za návrh: _____

Číslo FMEA: _____

Model: _____

Datum: _____

Strana: z

Základní tým: _____

Zpracoval: Jaromír Janík

Datum provedení FMEA:
(původní) _____ {revidovaná} _____

Funkce procesu Požadavky	Možná vada	Možné následky vady	Význam	Kritičnost	Možné příčiny mechanis- my vady	Výskyt	Stávající způsoby kontroly procesu	Odhaltitelnost	Rizikové číslo	Doporučení opatření	Odpověd- nost Termín realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	Rizikové číslo
Stříhání plechu	Nesprávný rozměr	Nelze provádět další operace Materiál je nepoužitelný	8		Nesprávné nastavení dorazu	3	Kontrola na počátku směny	6	144	Zavést kontrolu 1x za hodinu	Novotný 22.4.05	Kontrolní postup zaveden	8	3	3	72
					Chybné měření	2	Kontrola na počátku směny	6	96	Žádné						
	Deformace	Nejde svařovat Špatný vzhled	7		Špatné seřízení nůžek	3	Kontrola rovinnosti 1x za hodinu	4	84	Žádné						

				Otupení břitů	6	Kontrola rovinnosti 1x za hodinu	4	168	Použit jiný materiál břitů	Va- 23.4.2005	Použit materiál	7	2	4	56
	Otřepy	Poranění obsluhy Špatný vzhled	9	Špatné seřízení nůžek	3	Vizuální kontrola	4	108	Žádné						
				Otupení břitů	6	Vizuální kontrola	4	216	Použit jiný materiál břitů	Va- 23.4.2005	Použit materiál	9	2	4	72

Obr. 3.3 Případová studie č. 3 – praktické použití formuláře FMEA procesu „stříhání plechu pro výrobu svařovaných dílů“ [vlastní zpracování]

4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU

Z výše uvedených formulářů v rámci případových studií je zejména patrné, že nápravná opatření, která by měly vést k odstranění vzniklých chyb a vad, jsou realizována až poté, kdy hodnota rizikového čísla (RPZ) překročí (již výše v textu uvedenou) hranici 100, příp. 125 nebo též pokud hodnota faktoru významu chyby (V) je vyšší než 7. Jedná se však o doporučené body začátku provádění nápravných opatření, a tak je samozřejmě možné provádět tato nápravná opatření i při hodnotách, kdy tyto koeficienty předepsanou výši třeba ani zdaleka nedosahují. Vše je totiž závislé na rozhodnutí členů FMEA týmu, který analýzu provádí. A tak vidíme např. u případové studie č. 1, že ačkoliv bylo u jedné ze zjištěných vad dosaženo rizikového čísla (RPZ) hodnoty „jen“ 60, tým FMEA se i přesto rozhodl pro nápravné opatření v podobě vizuální kontroly trhlin z tváření. Jinak již v dalších případech (i u dalších dvou případových studií) můžeme sledovat, že k nápravným opatřením přistupujeme až doopravdy hodnota RPZ překročí hranici 125. Hodnota této hranice má svůj původ ve „střední hodnotě“ součinu všech tří ukazatelů (významu, výskytu, odhalitelnosti). Protože používáme u každého z koeficientů stupnici od 1 do 10 bude touto „střední hodnotou“ číslo 5 a tak jelikož víme, že rizikové číslo (RPZ) je součinem těchto tří koeficientů, pak získáváme hodnotu hranice pro podnět k provádění nápravných opatření právě 125 (tj. $5 \times 5 \times 5$).

Důležité však samozřejmě je také to, aby tato opatření byla nejen navrhnutá, ale i realizována a po realizaci opatření provést u vad, u nichž byla překročena daná hranice RPZ nebo významu chyby, opětovné posouzení výše hodnot všech tří koeficientů členy FMEA týmu po realizaci opatření a samozřejmě i výpočet rizikového čísla (RPZ), jehož hodnota by se již měla pohybovat pod stanovenou hranicí.

Finanční rozpočet projektu byl následující:

NÁKLADY projektu:

- *náklady na zakoupení modulu FMEA systému EISOD od společnosti IPM Plzeň* (cena licence pro 1 počítačovou pracovní stanici modulu FMEA je 15 000 Kč, firma Rogum Rožnov p / R se rozhodla jej zavést na 3 počítačích) – tj. **45 000 Kč**
- *čas pracovníků* (pro správu a práci se systémem FMEA byli vedením podniku vyčleněni 3 dosavadní pracovníci řízení jakosti, které je nutno zaškolit v tomto

systému a zároveň brát v úvahu navýšení jejich mezd v důsledku zvýšení jejich pracovního vytížení) – tj.: - náklady na zaškolení **12 000 Kč**

- dodatečné mzdové náklady **144 000 Kč / rok**

- *další dodatečné náklady spojené se zaváděním metody FMEA* (náklady na pomůcky, tisk šablon, formulářů, atd.) – tj. **120 000 Kč / rok**.

VÝNOSY (PŘÍNOSY) projektu:

- zvyšování funkční bezpečnosti a spolehlivosti výrobků,
- zvyšování počtu zakázek (zákazníků),
- snižování záručních nákladů a nákladů na kulanci,
- snižování zmetkovitosti výrobků,
- kratší proces vývoje,
- lepší plnění termínů,
- hospodárnější výroba,
- lepší služby,
- lepší vnitropodniková komunikace.

ZÁVĚR

Jelikož metoda FMEA neboli analýza možností vzniku vad a jejich následků stále již od 60. let 20. století, kdy byla vyvinuta specialisty NASA s cílem minimalizovat rizika kosmických letů (zvláště těch pilotovaných), nachází široké uplatnění v řadě průmyslových odvětví jako týmově orientovaná metoda minimalizující rizika spojená s výrobkem ve fázi jeho konstrukce, návrhu a procesu (technologie) výroby.

Zvláště v oblasti automobilového průmyslu se stala metodou povinnou z pohledu systémů managementu jakosti (VDA 6.1, QS 9000) pro prokazování péče o výrobek v předvýrobních etapách. S ohledem na zpřísnění legislativy v oblasti odpovědnosti za výrobek nabývá v současnosti i v České republice velkého významu jako preventivní metoda snižování rizik i jako metoda optimalizační při nasazení již zavedených výrob.

Protože firma Rogum Rožnov p / R tuto metodu vůbec implementovanu nemá a to ani v předvýrobní ani ve fázi již zavedené výroby), bylo mým cílem prostřednictvím této diplomové práce poskytnout firmě návod a usnadnit jí implementaci metody FMEA.

Teoretická část práce by měla firmě přinést zejména výčet druhů metody FMEA, rozsah jejího použití, vhodný okamžik provádění, kroky implementace a kromě dalšího i podobu jednotlivých formulářů FMEA, na kterých se v podstatě tato metoda zakládá.

V analytické části je ukázáno, jak lze při implementaci i samotném provádění metody FMEA využít nabídky softwarových produktů pro řízení jakosti. Konkrétně je zde popsán návod pro práci s modulem FMEA systému EISOD, jenž je produktem společnosti IPM Plzeň.

Projektová část diplomové práce předkládá jejímu čtenáři tři případové studie, kde každá z nich je zaměřena na jeden z typů metody FMEA – tedy konstrukce, návrhu a procesu a to prostřednictvím příslušných FMEA formulářů, jejichž vyplňování vyústí k výpočtu tzv. rizikového čísla (RPZ), jehož hodnota by měla být určující pro případná nápravná opatření v důsledku nepříznivého stupně (hodnoty) některé z dílčích veličin – významnosti, výskytu a odhalitelnosti vad.

Prováděním FMEA tedy zajišťujeme, že bude předcházeno vadám v konstrukci (vývoji výrobku) a výrobě (procesu). Systematické využití staví na získaných zkušenostech a je založeno na důsledném provádění preventivních opatření s cílem odstranit možné příčiny vad. Cíle FMEA se odvozují od v minulosti silně se měnících

ovlivňujících faktorů. Stoupající kvalitativní požadavky zákazníků působí přitom stejně jako potřebná optimalizace nákladů na výrobky a požadovaná odpovědnost za výrobek v rámci ustanovení zákona.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Monografické publikace:

- (1) FREHR, H. U. Total Quality Management. UNIS publishing, Brno, 1995, 258 s.
- (2) PLURA, J. Plánování jakosti výrobků a procesů metodou FMEA - vývoj a současnost. In: JAKOST '98, Ostrava, 1998, s. 145 - 150
- (3) STAMATIS, D.H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin. 1995, 488 s.
- (4) VOTÁPEK, V. FMEA- analýza možností vzniku vad a jejich následků. In: Průvodce řízením jakosti. Česká společnost pro jakost, Praha. 1993
s. 131-153
- (5) ZGODAVOVÁ, K. FMEA procesov riadenia kvality. Kvalita, inovácia, prosperita, III, 1999, č. 1-2, s. 87-93

Normy:

- (6) ČSN IEC 812 Metody analýzy spolehlivosti systému. Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA), Český normalizační institut, 1992
- (7) Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Reference manuál, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2. vydání, 1995
- (8) VDA 4.2 Zabezpečování jakosti před sériovou výrobou. Systémová FMEA. Česká společnost pro jakost, Praha, 1997, 67 s.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Vliv technické přípravy výroby (TPV) na pružnost, kvalitu, čas a náklady	14
Obr. 1.2 Postup kroků při FMEA konstrukce.....	16
Obr. 1.3 Formulář FMEA návrhu výrobku.....	21
Obr. 1.4 Charakter rozdělení hodnot rizikových čísel získaných ze všech možných kombinací hodnocení	24
Obr. 1.5 Příklad analýzy FMEA návrhu výrobku.....	27
Obr. 1.6 Formulář FMEA procesu.....	36
Obr. 1.7 Postup kroků při FMEA procesu	39
Obr. 1.8 Struktura systému (PS - prvek systému).....	41
Obr. 1.9 Struktura vadných funkcí systému (PS - prvek systému).....	42
Obr. 2.1 Přihlášení do systému	46
Obr. 2.2 Výběr role a modulu	46
Obr. 2.3 Algoritmus workflow FMEA	48-49
Obr. 2.4 Dialogové okno FMEA – hlavička.....	51
Obr. 2.5 Dialogové okno Confirm	53
Obr. 2.6 Hlavní okno	55
Obr. 2.7 FMEA – hlavička.....	57
Obr. 2.8 Dialogové okno FMEA – levá část.....	58
Obr. 2.9 Dialogové okno FMEA – pravá část	59
Obr. 2.10 Dialogové okno - Vybrat produkt.....	61
Obr. 2.11 Zobrazení položek číselníku.....	62
Obr. 2.12 Dialogové okno pro zadání nového produktu	62
Obr. 2.13 Dialogové okno pro zadání místa/popisy vady	63
Obr. 2.14 Dialogové okno pro vytvoření potomka nebo nového uzlu	63
Obr. 3.1 Případová studie č. 1 – praktické použití formuláře FMEA konstrukce „stavitelného hřídele dynama“	74
Obr. 3.2 Případová studie č. 2 – praktické použití formuláře FMEA návrhu výrobku „automobilový zvedák“	75
Obr. 3.3 Případová studie č. 3 – praktické použití formuláře FMEA procesu „stříhání plechu pro výrobu svařovaných dílů“	77-78

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Příklady možných vad, možných následků vad a možných příčin vad u FMEA návrhu výrobku	18
Tab. 1.2 Hodnocení významu vady při FMEA návrhu výrobku	20
Tab. 1.3 Hodnocení očekávaného výskytu vady při FMEA návrhu výrobku	21
Tab. 1.4 Hodnocení odhalitelnosti vady při FMEA návrhu výrobku	23
Tab. 1.5 Zvláštní situace při hodnocení rizika možných vad a potřeba opatření	25
Tab. 1.6 Příklady možných vad, možných následků vad a možných příčin vad u FMEA procesu	33
Tab. 1.7 Hodnocení významu vady u FMEA procesu.....	34
Tab. 1.8 Hodnocení očekávaného výskytu vady u FMEA procesu.....	36
Tab. 1.9 Hodnocení odhalitelnosti vady u FMEA procesu	37
Tab. 2.1 Role a funkce	47
Tab. 2.2 Hodnocení výskytu	53
Tab. 2.3 Hodnocení významu	54
Tab. 2.4 Hodnocení odhalitelnosti	54
Tab. 2.5 Položky, jejichž vyplnění se vztahuje k 1. fázi FMEA	60
Tab. 2.6 Položky, jejichž vyplnění se vztahuje k 2. fázi FMEA	61

PŘÍLOHA

Proces:			
Datum:			
Tým:			
Cíl:			
Možné chyby - neshody	Význam chyby	Pravděpodobnost výskytu	Rizikový faktor

Zjednodušená verze FMEA, kterou je možné použít např. při zlepšování v systému Kaizen

Pravděpodobnost, že slabé místo pomocí programu schválení konstrukce bude odhaleno		Faktor hodnocení „O“
vysoká	Program schvalování konstrukce objeví s velkou jistotou možné slabé místo v konstrukci	1 – 2
mírná	Program schvalování konstrukce má dobrou šanci zjistit možné slabé místo v konstrukci	3 – 4
malá	Program schvalování konstrukce by mohl zjistit možné slabé místo v konstrukci	5 – 6
velmi malá	Program schvalování konstrukce velmi pravděpodobně neobjeví možné slabé místo	7 – 8
zanedbatelná	Program schvalování konstrukce neobjeví s největší pravděpodobností možné slabé místo	9 – 10

FMEA konstrukce - váhové koeficienty, faktor hodnocení „O“

Pravděpodobnost výskytu chyby		Faktor hodnocení „V“	Přesnost chyb
velmi malá	Chyba je nepravděpodobná	1	1 z 1 000 000
malá	Můžeme očekávat poměrně málo chyb	2	1 z 20 000
		3	1 z 4 000
mírná	Chyba se vyskytne občas	4	1 z 1 000
		5	1 z 400
		6	1 z 80
velká	Můžeme očekávat opakované chyby	7	1 z 40
		8	1 z 20
velmi velká	Chybě se dá sotva zabránit	9	1 z 8
		10	1 z 2

FMEA konstrukce - váhové koeficienty, faktor hodnocení „V“

Význam následků možné chyby pro zákazníka		Faktor hodnocení „Z“
zanedbatelný	Je nepravděpodobné, že by chyba mohla mít nějaký účinek na zákazníka (zákazník chybu nikdy nepozoruje)	1
malý	Následek chyby vyvolá u zákazníka jen malou nespokojenost	2 - 3
mírný	Následek chyby vyvolá u zákazníka nespokojenost, necítí se dobře anebo se cítí zatěžován	4 - 6
velký	Nespokojenost zákazníka je velká a je způsobená chybně fungujícím dílem, mohly by se vyskytnout závažné poruchy	7 - 8
velmi velký	Následek chyby je velmi závažný, je ohrožená bezpečnost i zákonné předpisy	9 - 10

FMEA konstrukce - váhové koeficienty, faktor hodnocení „Z“

Pravděpodobnost odhalení chyby pomocí metod zabezpečení procesu		Faktor hodnocení „O“
velmi vysoká	Metody odhalí s velkou pravděpodobností možnou chybu (proces odhalí chybu automaticky)	1 - 2
vysoká	Metody mají dobrou šanci odhalit možnou chybu	3 - 4
mírná	Metody mohou možná odhalit možnou chybu	5 - 6
malá	Metody nemají žádnou dobrou šanci odhalit možnou chybu	7 - 8
velmi malá	Metody mohou sotva zjistit možnou chybu	9
absolutní jistota, že chyba se nezjistí	Metody nezjistí anebo nemohou zjistit možnou chybu	9 - 10

FMEA procesu - váhové koeficienty, faktor hodnocení „O“

Pravděpodobnost výskytu chyby		Faktor hodn. „V“	Početnost chyb	Techn. toler.	Cpk
zanedbatelná	Chyba je téměř vyloučená	1	1 z 1 000 000	± 5s	1,67
velmi malá	Proces je pod statistickou kontrolou, možné jsou pouze velmi ojedinělé chyby	2	1 z 20 000	± 4s	1,33
malá	Proces je pod statistickou kontrolou, možné jsou pouze ojedinělé chyby	3	1 z 4 000	± 3,5s	>1
mírná	Proces je pod statistickou kontrolou, v malém rozsahu jsou možné občasné chyby	4 5 6	1 z 1 000 1 z 400 1 z 80	± 3s	<=1
vysoká	Proces není pod statistickou kontrolou, chyby se vyskytují často	7 8	1 z 40 1 z 20		
velmi vysoká	Nemůžeme zabránit výskytu chyb	9 10	1 z 8 1 z 2		

FMEA procesu - váhové koeficienty, faktor hodnocení „V“

Význam následků možné chyby pro zákazníka		Faktor hodnocení „Z“
zanedbatelný	Je nepravděpodobné, že by chyba mohla mít nějaký účinek na zákazníka (zákazník chybu nikdy nepozoruje)	1
malý	Následek chyby vyvolá u zákazníka pouze malou nespokojenost	2 - 3
mírný	Následek chyby vyvolá u zákazníka nespokojenost, necítí se dobře anebo se cítí zatěžován	4 - 6
velký	Nespokojenost zákazníka je veliká a je způsobená chybně fungujícím dílem, mohly by se vyskytnout závažné poruchy	7 - 8
velmi velký	Následek chyby je velmi závažný, je ohrožena bezpečnost a zákonné předpisy	9 - 10

FMEA procesu -váhové koeficienty, faktor hodnocení „Z“

