

Uplatnění inovativní metody systémového přístupu pro plánování kvality ve vývoji produktu

Bc. Iveta Balejová

Diplomová práce
2013/2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Iveta Balejová**
Osobní číslo: **M11784**
Studijní program: **N6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Uplatnění inovativní metody systémového přístupu
pro plánování kvality ve vývoji produktu**

Zásady pro vypracování:

Úvod

I. Teoretická část

- Proveďte literární rešerži zákaznických a legislativních požadavků týkajících se návrhu produktu.

II. Praktická část

- Proveďte analýzu trendů ve vývoji světlometů v automobilovém průmyslu.
- Na základě analýzy proveďte návrh inovovaného postupu pro tvorbu FMEA.
- Interpretujte požadavky do funkční sítě a definujte charakteristiky jednotlivých dílů světlometu pro splnění požadavků.
- Proveďte zhodnocení návrhu.

Závěr

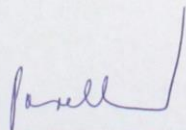
Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

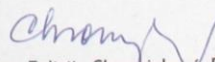
NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001, xii, 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
STAMATIS, Dean. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. 2nd ed., rev. and expanded. Milwaukee (Wisconsin): ASQ Quality Press, 2003, 455 p. ISBN 08-738-9598-3.
VDA 4. Quality Management in the Automobile Industry: Quality Assurance Prior to Serial Production. Product and process FMEA. Frankfurt/Mein: Verband der Automobilindustrie, 2006.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Briš, CSc.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání diplomové práce: **22. února 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2014**

Ve Zlíně dne 22. února 2014



prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka



prof. Ing. Felicita Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému,
- na mou bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²;
- podle § 60³ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;

¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

- (3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

- podle § 60⁴ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že:

- jsem bakalářskou/diplomovou práci zpracoval/a samostatně a použité informační zdroje jsem citoval/a;
- odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 29. 4. 2014



⁴ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem implementace metody D-FMEA novým systémovým přístupem. Obsahem teoretické části je literární rešerše z dostupných zdrojů zabývající se managementem kvality pro automobilový průmysl a metodou FMEA.

Na základě teoretických poznatků byl analyzován současný stav provedení D-FMEA. S ohledem na výsledky analýzy je navržen nový postup tvorby D-FMEA s použitím inovativního podpůrného nástroje System & Function Matrix. Dále je popsána realizace projektu vycházející z návrhu. Závěr diplomové práce je věnován návrhům pro další zlepšení postupu a zhodnocení přínosů.

Klíčová slova:

FMEA analýza, systémový přístup, kvalita, spolehlivost produktu, legislativa, snižování nákladů

ABSTRACT

This master thesis deals with the proposal for implementation of a new system approach of D-FMEA. The theoretical part consists from a literature review of the available resources dealing with quality management in the Automotive industry and FMEA.

The current state was analyzed on the basis of the knowledge listed in the theoretical part. With regard to the results of the analysis, the new procedure of D-FMEA is created. This new process is supported by the innovative tools System & Function Matrix. Next part described the project realisation based on the proposal. The final section of thesis is devoted to suggestions for further improvement and evaluation of the benefits.

Keywords:

FMEA analysis, system approach, quality, product reliability, legislation, cost reduction

Poděkovat bych chtěla vedoucímu práce doc. Ing. Petru Brišovi, CSc.

Dále bych poděkovala Ing. Jaroslavu Schwarzovi za odborné vedení, cenné a ochotně poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování této práce.

Díky patří společnosti HELLA Autotechnik, s.r.o.

A v neposlední řadě mojí rodině, která mě při práci podporovala.

Všem mockrát děkuji

„Kvalita je, když se vrátí zákazník a ne výrobek.“

(neznámý autor)

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PLÁNOVÁNÍ KVALITY V POŽADAVCÍCH SYSTÉMU MANAGEMENTU KVALITY	13
1.1 STANDARDIZACE POŽADAVKŮ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	13
1.1.1 Koncepce ISO ř. 9000	13
1.1.2 Koncepce odvětvových standardů.....	15
1.1.3 QS-9000	17
1.1.4 VDA	17
1.1.5 ISO/TS 16949:2009	18
2 MODERNÍ PŘÍSTUP K PLÁNOVÁNÍ KVALITY	21
3 FMEA	23
3.1 DEFINICE, ZÁKLADNÍ INFORMACE	23
3.2 HISTORIE	25
3.3 DRUHY FMEA VE VÝVOJI.....	25
4 IMPLEMENTACE SYSTÉMOVÉ FMEA PRODUKTU	29
4.1 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP KROK ZA KROKEM	29
4.1.1 Postup implementace	31
4.1.2 Požadavky na produkt	33
4.1.3 Zvláštní znaky	36
4.1.4 FMEA ve vztahu k zákazníkovi a třetím stranám	36
4.1.5 Kdy je FMEA „hotová“	37
4.1.6 Přínosy používání metody FMEA.....	37
4.2 TÝMOVÁ PRÁCE	39
4.3 ZHODNOCENÍ DOSTUPNÉ LITERATURY.....	40
4.4 ZÁVĚR.....	40
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
5 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI	42
5.1 PŘEDSTAVENÍ KONCERNOVÉ SPOLEČNOSTI HELLA	42
5.2 SPOLEČNOST HELLA AUTOTECHNIK NOVA S R.O.	43
5.2.1 Základní údaje	43
5.2.2 Historie	44
5.2.3 Řízení kvality ve společnosti	45
5.2.4 Vývojové, testovací a zkušební centrum.....	46
5.2.5 Zákazníci	48
5.2.6 Konkurence	49
5.3 VÝROBNÍ PROGRAM A TRENDRY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	51
5.3.1 Základní pojmy:	51
5.3.2 Světelné zdroje (chronologické uspořádání):	53
5.3.3 Optické funkce (chronologické uspořádání):	55
5.4 ZNALOST PROCESU VÝVOJE JAKO PŘEDPOKLAD PRO KVALITNÍ FMEA	56
6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU TVORBY D-FMEA	60

6.1	DŮVODY PRO TVORBU D-FMEA.....	60
6.2	KDY ZAČÍT S FMEA ANALÝZOU	63
6.3	KDO VYTVÁŘÍ FMEA	64
6.4	POSTUP TVORBY FMEA	65
6.5	NEVÝHODY A NEDOSTATKY DOSAVADNÍHO ŘEŠENÍ	68
6.6	SHRNUTÍ.....	68
7	PROJEKTOVÁ ČÁST.....	69
7.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE.....	69
7.2	NÁVRH POSTUPU	70
7.2.1	Definování požadavků	70
7.2.2	Změna struktury systému	71
7.2.3	Určení funkcí systému.....	72
7.2.4	Určení vadných funkcí systému	74
7.2.5	Určení akcí (nápravná opatření).....	76
7.2.6	Optimalizace - zavedení nápravných opatření:	78
7.2.7	Co dál	78
7.3	SHRNUTÍ.....	79
8	REALIZACE PROJEKTU	80
8.1.1	Logický rámec, analýza rizik projektu.....	80
8.1.2	Krok 1: Analýza požadavků, určení týmu.....	85
8.1.3	Krok 2: Definování rozsahu systému	86
8.1.4	Krok 3: Analýza prvků systému a struktury	86
8.1.5	Krok 4: Analýza funkcí a struktury funkcí s použitím SFM.....	87
8.1.6	Krok 5: Analýza vad s použitím SFM.....	90
8.1.7	Krok 6: Určení akcí, hodnocení rizika	91
8.2	VÝHODY UPLATŇOVÁNÍ SYSTÉMOVÉHO PŘÍSTUPU POMOCÍ SFM	93
8.3	NÁVRH NA ZLEPŠENÍ PRO BUDOUCÍ IMPLEMENTACI	95
9	VYHODNOCENÍ PROJEKTU	101
	ZÁVĚR	103
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	105
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	108
	SEZNAM OBRÁZKŮ	110
	SEZNAM TABULEK.....	112
	SEZNAM PŘÍLOH.....	113

ÚVOD

Životní cyklus produktu je charakterizován jednotlivými po sobě jdoucími fázemi, které tvoří dobře známou spirálu jakosti (příloha P I). Kvalita produktu je ovlivněna ve všech etapách životního cyklu. Jednotlivé etapy jsou vzájemně provázané, a tak se na výsledné kvalitě podílí částečně každá etapa. Pokud není věnována kvalitě dostatečná pozornost v jedné části, je ovlivněna výsledná kvalita celého produktu. (Nenadál, 2008, s. 69)

Velmi důležitým procesem z pohledu kvality jsou předvýrobní etapy - především vývoj, který se velkou měrou podílí na splnění zákaznických i legislativních požadavků a na konečné spokojenosti zákazníka. V současnosti se uvádí, že z 80% je kvalita produktu vytvářena v předvýrobních etapách. (Nenadál, 2008, s. 69)

Dříve nebyla předvýrobním etapám věnována taková pozornost. To však mělo za následek, že se vzniklé chyby řešily až ve výrobních fázích. Následkem pak jsou vysoké náklady na odstranění chyb a těžké dodržování termínů. Se zvyšující se náročností výroby, složitostí vyráběných produktů a neustále se rozvíjejícími technologiemi je tak skoro nemožné řešit problémy až v pozdních fázích výroby, kdy je korekce vzniklých chyb mnohdy nemožná, případně nákladově neúnosná.

Nový pohled na důležitost zabezpečení kvality v předvýrobních fázích se projevil ve dvou vzájemně prolínajících se trendech (Nenadál, 2008, s. 69). Prvním trendem je přesun od strategie detekce ke strategii prevence. Pro firmu vždy bylo prioritní, aby se k zákazníkovi nedostaly vadné produkty. Strategie detekce se zaměřovala na diagnostiku a optimalizaci kontroly procesu. Naproti tomu strategie prevence se zaměřuje na odhalení a odstranění problémů, které by mohly nastat, ale ještě nenastaly. To znamená, že se snaží zabránit možným vadám ještě před jejich vznikem. Druhým trendem je přesun péče o kvalitu z fáze výroby do fáze vývoje. K odhalení rizik tak dochází již ve fázi návrhu výrobku, kdy je stále široký prostor pro možné změny.

Použití správných metod vede k rychlé identifikaci potencionálních příčin možných vad a ke včasné tvorbě nápravných opatření. Jednou z nejvýznamnějších metod pro odhalování potencionálních vzniků vad a jejich následků je metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), kterou se budu zabývat v této diplomové práci.

Toto téma jsem si zvolila s úmyslem popsat metodu a představit postup, který přispívá ke správnému, včasnému a poměrně jednoduchému zvládnutí designové FMEA, a který zatím není všeobecně známý.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLÁNOVÁNÍ KVALITY V POŽADAVCÍCH SYSTÉMU MANAGEMENTU KVALITY

Uplynulá desetiletí jsou charakteristická prudkým rozvojem výrobních technologií a technologickými inovacemi s nimiž se vyvíjí i manažerské přístupy. Zákazník se rychle přizpůsobuje nové kvalitě a není ochoten k jakýmkoliv ústupkům, či tolerování chyb, které vznikají na straně dodavatele. V rámci tohoto trendu se vyvíjí i přístupy řízení kvality, které jsou východiskem k dosahování a prokazování požadované kvality. (Veber, 2002, s. 9)

Koncepty kvality jsou založeny buď na normách a standardech (mezinárodních, národních a firemních) nebo na konceptu TQM (Total Quality management). V obou případech však platí, že metody a standardy řízení kvality pomáhají firmě nastavit a řídit systém kvality tak, aby zabránily chybám, nekvalitě, snížily riziko a redukovaly náklady. Nejde při tom pouze o „papírování“, ale jedná se o součást neustálého zlepšování firemních procesů. Řízení kvality jako celek patří při tom ve většině velkých firem do kompetence manažera kvality. (*Management*, © 2011-2013a)

1.1 Standardizace požadavků v automobilovém průmyslu

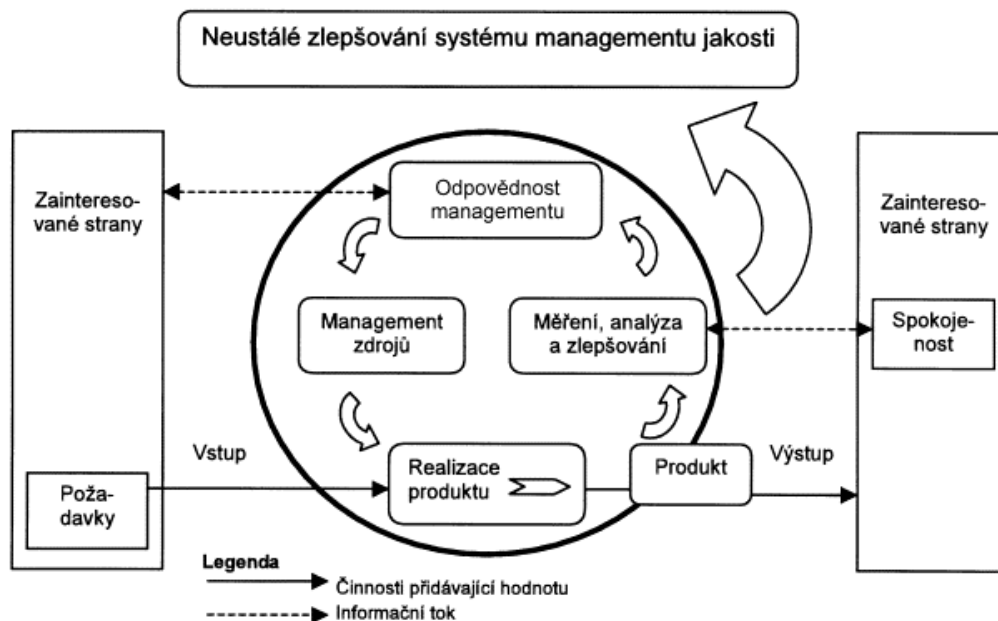
1.1.1 Koncepte ISO ř. 9000

Základním konceptem managementu kvality je koncepce na bázi norem ISO řady 9000. Ty byly vytvořeny Mezinárodní organizací pro normalizaci v důsledku globalizace v 90. letech. Normy ISO řady 9000 se zabývají souhrnně systémem managementu kvality. Mají univerzální charakter, tj. jsou implementovatelné na jakýkoliv druh a velikost firmy s různorodým portfoliem výroby i služeb. Jsou pro firmu nezávazné, tudíž slouží pouze jako doporučení. (Nenadál, 2008, s. 43-44)

V ČR je tato soustava norem zavedena jako ČSN EN ISO ř. 9000, a je tvořena souborem 4 norem (ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004, ISO 19011). Pro certifikaci systému managementu je směrodatná norma ISO 9001:2008, která zvyšuje firmám důvěryhodnost v mezinárodních stycích.

Základním pojetím norem ISO 9001 a ISO 9004 je vize podniku jako soustava na sebe navazujících procesů. Tím je zajištěn procesní přístup (viz Obr. 1). Správně nastavené procesy umožňují efektivní přeměnu vstupů na požadované výstupy a tím uspokojení

zákaznických potřeb. Je tak zajištěna neměnná kvalita produktu bez nutnosti testovat jednotlivě každý kus. (Nenadál, 2008, s. 43-45)



Obrázek 1 Procesní přístup podle ISO 9001 (ČSN EN ISO, © 2002)

Kvalitu výrobku dle normy ISO 9000 lze definovat jako “ stupeň splnění požadavků souborem inertních znaků.“

Inertní znaky vyjadřují vnitřní vlastnosti objektu kvality, které jsou pro objekt typické. Ty se člení na měřitelné a neměřitelné (které často rozhodující o spokojenosti zákazníka). (ČSN EN ISO, © 2006, s. 19)

Pojem **požadavek** je definován jako „potřeba nebo očekávání, které jsou stanoveny, obecně se předpokládají nebo jsou závazné“ (ČSN EN ISO, © 2006, s. 19).

Z toho plyne potřeba identifikovat a analyzovat (Plura, 2001, s. 9):

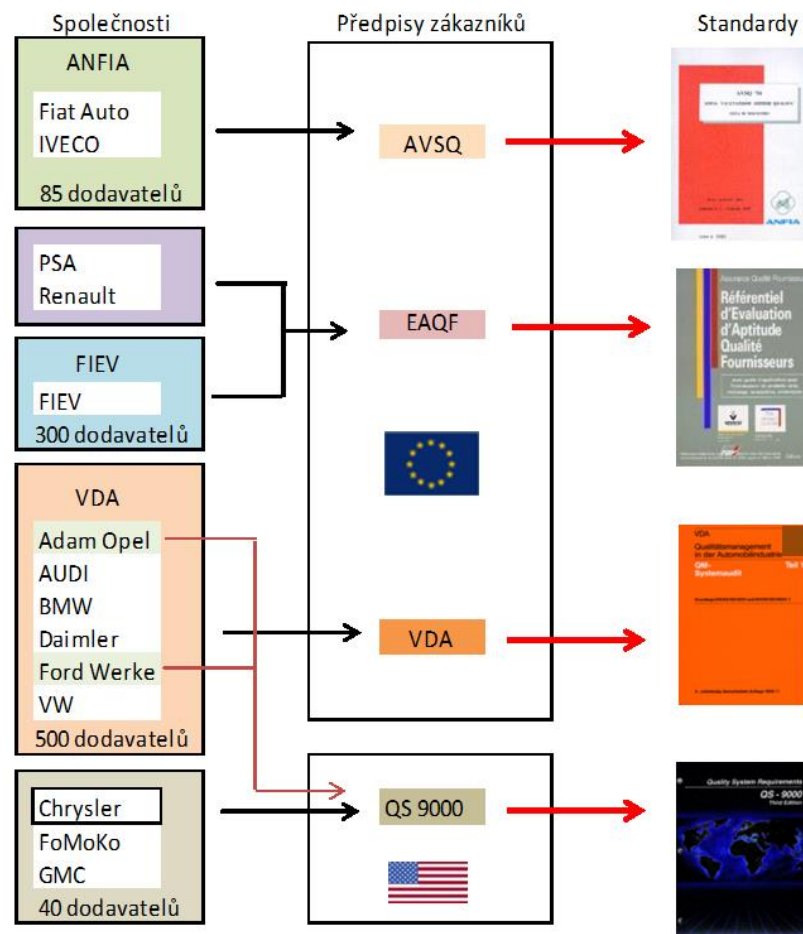
- požadavky stanovené v zákaznických specifikacích, včetně požadavků na činnosti při a po dodání produktu,
- požadavky, které zákazník neuvedl ve svých specifikacích, ale které jsou nezbytné pro proveditelnost a správný, tj. očekávaný výsledek,
- zákonné požadavky a předpisy,
- doplňkové požadavky stanovené podnikem a dalšími zainteresovanými stranami.

ISO 9000 uvádí, že dodavatel musí zajistit a zdokumentovat a udržovat postup pro implementaci nápravných a preventivních opatření. Analýza FMEA je ideálním nástrojem pro splnění těchto požadavků. (ČSN EN ISO, © 2008, s. 16)

V mezinárodním obchodě je v současnosti nezbytností, aby dodavatel byl schopen prokázat zavedení a fungování systému managementu kvality, jež odpovídá normám ISO řady 9000 (zejména pak kritériální normě ISO 9001). Firmy si však mnohdy nevystačí pouze s tímto konceptem, který se již v mezinárodním měřítku stal tak trochu zastaralý. Řada firem (zejména v automobilovém průmyslu a mezinárodně působících) je dále certifikována či vlastní další osvědčení. (Veber, 2002, s. 9)

1.1.2 Koncepce odvětvových standardů

Aby jednotlivé výrobní firmy mohly efektivně řídit výrobu a výrobní toky, vytváří si vlastní standardy, které se snaží přenést na své dodavatele. Současné odvětvové standardy vznikly sjednocením firemních standardů v rámci jednotlivých regionů a jsou vydávány jako regionální standardy. (HELLA, - 2014)



Obrázek 2 Regionální standardy (Vlastní zpracování)

S rozšiřováním mezinárodního obchodu bylo potřeba sjednotit i firemní standardy. V roce 1994 byl italskou národní asociací (ANFIA) vytvořen dokument, který slouží jako základ procesu řízení kvality v automobilovém průmyslu pro italské výrobce, z nichž nejvýznamnější jsou holdingová společnost Fiat a IVECO + 85 dodavatelů. Ve Francii byl vytvořen standard EAQF, který slouží pro posuzování způsobilosti managementu kvality pro dodavatele v automobilovém průmyslu pro francouzský trh. Dle těchto norem se řídí společnosti PSA, Renault, FIEV a dalších cca 300 dodavatelů. Obě tyto normy byly podkladem pro vytvoření norem ISO/TS 16949. (Larson, © 1999)

Další a zároveň nejdůležitější regionální oborové normy pro automobilový průmysl jsou:

1.1.3 QS-9000

QS-9000 je oborová norma, která byla vytvořena v roce 1994 americkou automobilovou skupinou Chrysler, General Motors a Ford. Vznikla sjednocením a harmonizací manuálů kvality těchto společností pro všechny interní a externí výrobní dodavatele, dodavatele materiálů a služeb. Tato norma je publikována pod záštitou AIAG (Automotive Industry Action Group).

Cílem normy QS-9000 je vypracovat a rozvíjet základní systém kvality, který umožňuje neustálé zlepšování s důrazem na prevenci poruchových stavů a snížení variabilnosti a plýtvání v dodavatelském řetězci. (QS-9000, © 1998, s. 1)

Norma QS-9000 přebrala jako základ plné znění ISO 9001:1994 a dále jej rozšířila o zákaznické požadavky na dodavatele pro automobilový průmysl (sekce 2), zejména z oblasti zavádění nových výrobků, schvalování výrobků zákazníkem, uplatňování vybraných metod, způsobilosti procesů a neustálého zlepšování, atd.

Norma QS-9000 je rozdělena do dvou sekcí (QS-9000, © 1998):

- požadavky na bázi ISO 9000 – zahrnující požadavky pro automobilový průmysl,
- specifické požadavky zákazníků - jsou unikátní pro každého výrobce zvlášť.

Základní metodiku QS-9000: QSR – „Požadavky na systém jakosti“ doprovází šest dalších, z nichž pět je zaměřeno na zajišťování kvality v předvýrobních fázích a na prevenci nekvality.

V rámci standardu QS-9000 byly skupinou AIAG zpracovány metodiky: PPAP – Proces schvalování dílů ve výrobě, APQP – Zdokonalené plánování výrobku a kontrolní plán, FMEA – Analýza možných vzniků vad a jejich následků, MSA – Analýza systému měření, SPC – Statistická regulace a hodnocení způsobilosti procesů. (Plura, 2001, s. 10)

Standard QS-9000 je používán především v americkém automobilovém průmyslu, proto i u všech dodavatelů na americký trh je vyžadována certifikace podle tohoto standardu.

1.1.4 VDA

Evropský automobilový průmysl (a to především německy mluvící země) řídí svůj systém managementu kvality podle německého odvětvového standardu VDA.

Svazek VDA 6 pojednává o prověřování systému managementu kvality. Nejdůležitější normou je VDA 6.1 (4. vyd. 2010) – Auditování systému jakosti. Tato norma definuje

požadavky na systém managementu kvality pro všechny dodavatele pro automobilový průmysl. Standard VDA 6.1 stejně jako QS-9000 obsahuje plné znění normy ISO 9001, která je doplněna o specifické požadavky pro automobilový průmysl, zejména v oblasti metod, výběru dodavatelů, zavádění a schvalování nových výrobků. (*Management*, © 2011-2013b)

V rámci obsahu praktické části diplomové práce, která se zabývá FMEA analýzou, lze zmínit další metodiku VDA, která s tímto tématem úzce souvisí (HELLA, - 2014):

- VDA třídy 4:
 - VDA 4.2 – Vývojové procesy (1996),
 - VDA 4.3 – Procesní a produktová FMEA (2006),
 - VDA 4.6 – Matice QFD (1996),
 - D-FMEA (1. vyd. 2008).
- VDA třídy 16 (2. vyd. 2008) - Dekorativní povrchy a funkční plochy v interiéru a exteriéru vozidla.
- VDA – QM u dodavatele:
 - Proces pokrytí speciálních znaků (1. vyd. 2011).

Standardy VDA vydává VDA QMC (Qualitäts Management Center v Verband der Automobilindustrie).

1.1.5 ISO/TS 16949:2009

Vývoj v automobilovém průmysl vedl k vizi vytvořit ucelenou mezinárodní normu, která by sjednotila požadavky norem ISO se zákaznickými specifikacemi napříč světovými trhy. Vznikla proto technické specifikace ISO/TS 16949 - Systémy managementu jakosti, která byla vytvořena mezinárodní pracovní skupinou pro automobilový průmysl (IATF „International Automotive Task Force“), skládající se z výrobců automobilového průmyslu a průmyslových svazů automobilového průmyslu USA a Evropy. (*ISO/TS*, © 2009, s. xii)

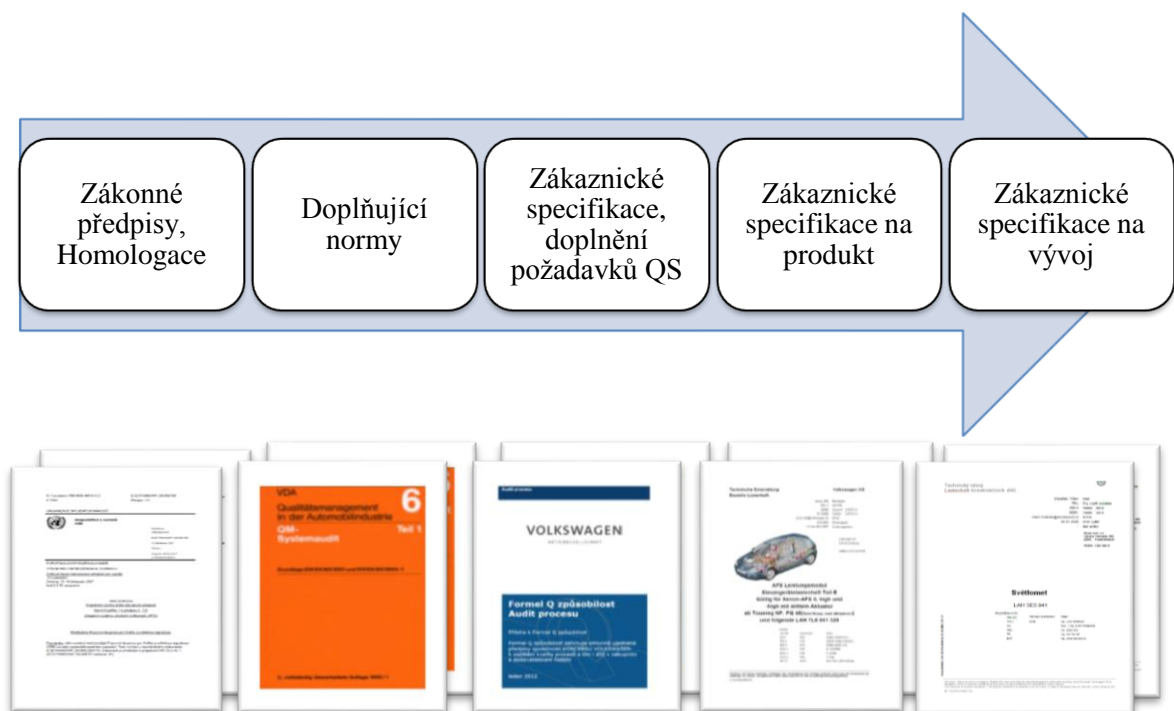
ISO/TS 16949:2009 rozšiřuje požadavky automobilového průmyslu nad rámec normy ISO 9001:2008 a integruje odvětvové standardy QS-9000, VDA, AVSQ a EAQF do jedné

normy. Cílem je zabránit přemíře certifikačních auditů a sjednocení systému managementu kvality v automobilovém průmyslu. (ISO/TS, © 2009, s. xii)

Průkazem o plnění požadavků normy je získání certifikace ISO TS 16949, která zákazníkům automobilového průmyslu deklaruje schopnost dosahování shody.

Na základě mezinárodně uznávaného pravidla stačí v případě neplnění výše uvedeného požadavku, aby firma plnila nižší normy a zákaznické požadavky. To musí být zákazníkem schválené. Například, nemá-li firma ISO/TS, stačí certifikace a plnění požadavků ISO 9001, nebo QS-9000. Dále si strany dohodnou plnění požadavků nad rámec nižší normy tak, aby byly splněny požadavky ISO/TS. (HELLA, - 2014)

Podle této normy musí mít firma jednoznačně definované postupy a pravidla pro řízení dokumentů a záznamů, které musí splňovat zákonné, regulační a zákaznické požadavky. Pojem „řízení“ znamená jejich důsledné přenesení a aplikace do procesu a produktu. (ČSN EN ISO, © 2008, s. 5-7)



Obrázek 3 Řízení dokumentů (Vlastní zpracování)

Vyráběný produkt musí být v souladu s legislativou a právními předpisy státu, pro jehož trh je určen. Jde například o zákonné požadavky na bezpečnost a nezávadnost, které musí být podnikem splněny (např. homologační předpisy), a které jsou příslušnými dozorovými a inspekčními orgány kontrolovány. Dále se firma musí řídit zákaznickými specifikacemi.

Implementuje zákaznické požadavky na systém kvality. Zjišťuje, jaké požadavky má zákazník k procesu vývoje, jaké požadavky jsou uvedeny v produktové specifikaci apod. (Veber, 2002, s. 20)

Cílem je sladění představ o produktu a nastavení procesu výroby a schválení produktu tak, aby došlo ke splnění zákaznických požadavků.

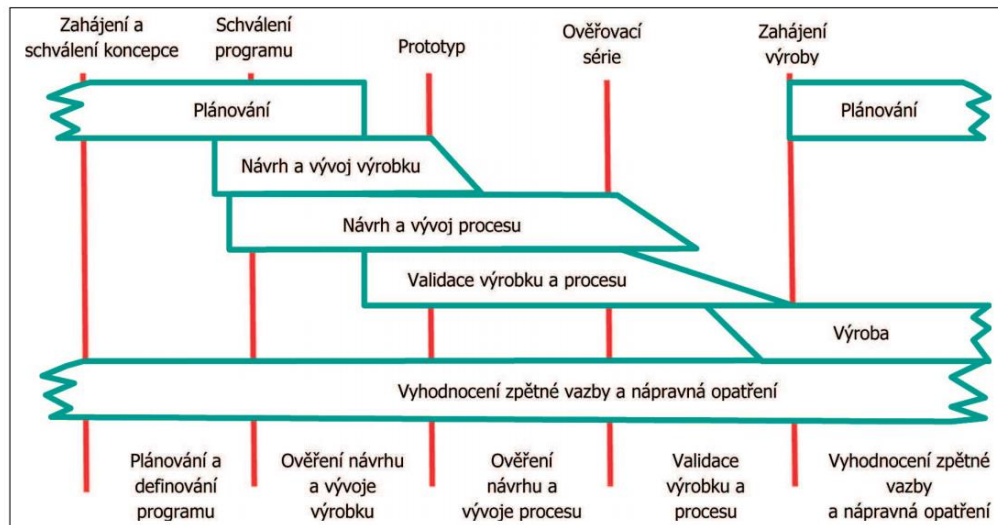
2 MODERNÍ PŘÍSTUP K PLÁNOVÁNÍ KVALITY

Vývojový proces lze definovat jako „*soubor postupů, intelektuálních a kreativních činností směřujících ke vzniku nového produktu a jeho výrobního procesu.*“ (HELLA, - 2014)

Během vývoje se odehraje spousta činností, úkolů, procesů a změn. Na vývoji produktu se podílí spousta lidí z mnoha kvalifikovaných profesí, kteří společně tvoří tým odborníků. Ve všech jeho fázích probíhá intenzivní komunikace jak interní mezi členy týmu, tak externí se zákazníkem a dalšími zainteresovanými stranami. Po uplynutí vymezeného času na konci celého procesu vývoje vzniká nový výrobek a nový výrobní proces. (HELLA, 2010-2014)

Vývoj produktu je vždy originální, tvořivý proces, který se liší projekt od projektu jednak časově, jednak vzhledem k náročnosti jeho tvorby, velikosti týmu atd. I přes variabilitu jednotlivých projektů je možné vytvořit plynulý tok jednotlivých procesů a vyhnout se případnému plýtvání v toku vývoje produktu. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 33)

Vývojové projekty v automobilovém průmyslu mohou být velmi různorodé, od jednoho modelu po komplexní modelové řady s mnoha variantami, nebo od jednoduchého „faceliftu“ po kompletní re-design. Pro všechny varianty projektů však platí, že vývoj probíhá jako dobře naplánovaný systematický proces, který je známý pod zkratkou PEP („Product Engineering Process“). PEP je hlavní vývojový proces, který zajišťuje, aby se strategická vize transformovala na zákazníkem požadovaný produkt. Proces je tvořen na sebe navazujícími činnostmi od prvotní identifikace potřeby zákazníka, přes nabídku, návrh designu, výrobu nástrojů, až po zajištění způsobilosti produktu a procesu a konečného uvolnění do sériové výroby. Hlavním cílem PEP je definovat obsah vývojového projektu a určit role a odpovědnosti pro všechny zainteresované osoby. Výhodou PEP je celosvětově jasný a jednotný proces vývoje produktu. (Weber, 2009, s. 1)



Obrázek 4 Proces PEP a plánování kvality podle APQP (Netolický, 2011, s. 31)

Plánování kvality (v němž je zakotven i požadavek na tvorbu FMEA) v automobilovém průmyslu se nejčastěji provádí:

- dle postupu APQP (vychází z QS-9000),
- podle metodiky VDA 4.

Oba přístupy plánování kvality jsou svou podstatou totožné a lehce přenositelné do obecného pojetí vývojového procesu dle PEP.

Výše zmíněné metodiky naznačují, že je plánování kvality v automobilovém průmyslu věnována zvýšená pozornost. Výrobce musí při zavádění nových produktů a procesů dle PPAP – „proces pro schvalování dílů do sériové výroby“ dokázat zákazníkovi, že plánování kvality byla věnována dostatečná pozornost, což je jedním z předpokladů začátku sériové výroby. Mezi tyto důkazy je zahrnuta i metoda FMEA, která bude vysvětlena v další kapitole. (Nenadál, 2005, s. 112)

3 FMEA

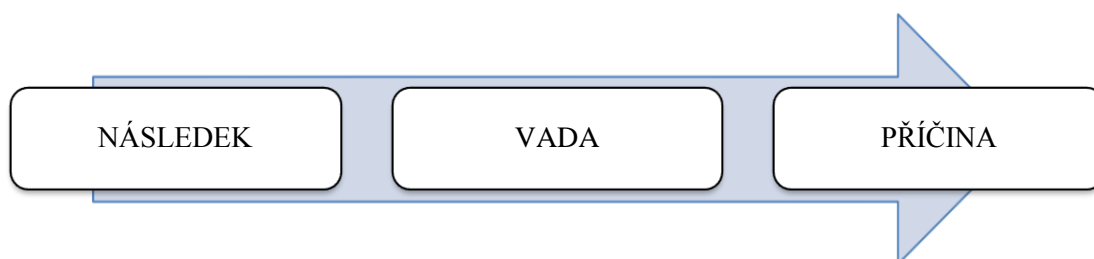
K uspokojení zvyšujících se nároků zákazníka na stále dokonalejší produkty a poskytované informace využívají firmy osvědčených metod a nástrojů řízení a plánování kvality. Mnohdy se stává, že jsou tyto metody a nástroje přímo vyžadovány zákazníkem, který tak má jasný důkaz o splnění požadavků na zabezpečení kvality a ověření shody nakupovaných produktů. Mezi nové metody a nástroje plánování kvality nejen ve vývoji a výrobě pro automobilový průmysl patří FMEA analýza. (Veber, 2002, s. 116)

3.1 Definice, základní informace

FMEA - z anglického „Failure Mode and Effect Analysis“, je do češtiny překládána různým způsobem. České technická norma ČSN EN 60812 například používá název „analýza způsobů a důsledků poruch“. (ČSN EN, © 2007, s. 4)

Termín „vada“, případně „porucha“ je ekvivalentem anglického „failure“, je však potřeba vzít v úvahu, že se jedná o analýzu všech možných neshod. (Nenadál, 2005, s. 84)

Podstata (nehledě na název) spočívá v tom, že každý následek vady má i svou příčinu, kterou je nutné identifikovat a odstranit.



Obrázek 5 Základní schéma FMEA analýzy (Vlastní zpracování)

Podle odborníka J. Nenadála (2008, s. 117) je metoda FMEA:

„týmovou analýzou možností vzniku vad u posuzovaného návrhu, spojenou s ohodnocením jejich rizik, jež je východiskem pro návrh a realizaci opatření vedoucích ke zmírnění těchto rizik.“ Touto metodou lze podle něj odhalit až 90% neshod, které mohou vést k selhání systému.

„Metoda FMEA se řadí k základním preventivním metodám managementu kvality a je důležitou součástí přezkoumání návrhu.“ (Nenadál, 2005, s. 83-84)

D. H. Stamatis (2003, s. 21) upozorňuje, že je potřeba zabránit těmto vadám před tím, než se dostanou k zákazníkovi. FMEA tak představuje tzv. „systém včasného varování“ a prevenci před tím, než je produkt, proces nebo systém dokončen.

FMEA analýzu tvoří systematizované skupiny aktivit, díky kterým lze:

- rozpoznat a vyhodnotit potenciální selhání produktu/procesu,
- identifikovat účinky tohoto selhání,
- určit opatření, která odstraní nebo omezí možnost selhání,
- zdokumentovat proces, který doplňuje proces definování zákaznických požadavků.
(Ford, © 2011, s. 2-3)

Příručka FMEA (Ford, © 2011, s. 2-4) uvádí, že díky této metodě by bylo možné zabránit velkému množství svolávacích akcí, které mají v automobilovém průmyslu pro výrobce dalekosáhlé následky.

V normách souboru ISO 9000 je metoda FMEA doporučena a v odvětvových standardech pro automobilový průmysl je tato metoda vyžadována. Management nese zodpovědnost za uplatňování a implementaci FMEA a musí mít povědomí o jejím obsahu a krocích. Integrace FMEA do podnikových procesů je zásadní pro neustálé zlepšování výrobků a procesů. (Nenadál, 2008, s. 118)

Metoda FMEA je aplikovatelná na vývojové projekty, tj. nové nebo inovované produkty, ale také na projekty již ukončené, tj. na současné produkty a procesy. Pokud se jedná o první variantu, je potřeba začít s analýzou co nejdříve je to možné. Většinou se jedná o koncepční fázi před koncepčním uvolněním. FMEA se následně v dalších fázích vývoje musí aktualizovat při jakýchkoliv změnách návrhu – je to tzv. „živý dokument“. (Nenadál, 2005, s. 84)

Pozn.: V některých pramenech je pod pojmem FMEA myšlena pouze analýza možných poruchových stavů, jejich příčin a následků. Nezohledňuje se přitom ohodnocení míry jejich rizika. Tato metoda je někdy nazývána jako FMECA (Failure Modes, Effects and Critical Analysis). V této práci budu hovořit o FMEA analýze, což je běžné označení komplexní metody v automobilovém průmyslu, která zároveň zohledňuje i zmíněná rizika. (Veber, Hůlková a Plašková, 2006, s. 289)

3.2 Historie

Historie FMEA sahá až do 50. let 19. století, kdy americké námořnictvo (Navy) vydalo normu, která popisovala techniku pro hodnocení spolehlivosti s cílem zachytit selhání svého systému nebo zařízení.

V roce 1963 použila NASA analýzu FMEA pro svůj projekt Apollo. Dalším sektorem, který využíval tuto metodu v jejích raných fázích (1965), byl kromě kosmického také letecký průmysl. V roce 1975 byla tato metoda nasazena v jaderném průmyslu.

Během 70. a 80. let se metoda FMEA masivně rozšířila také v automobilovém průmyslu. Nejdříve to bylo v Americe, kde automobilky čelily problémům nízké spolehlivosti produktů a zvyšujícímu se počtu mezinárodních konkurentů. V Evropě se analýzou možných vad a jejich následků zabývala nejdříve společnost Ford. V Německu byla FMEA poprvé uvedena jako standard v roce 1980. Následoval první popis této metody ve svazku VDA 4 v roce 1986.

Po širokém rozšíření metody FMEA v automobilovém průmyslu následoval velký rozmach této metody i v ostatních odvětvích, například v medicíně. (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 9)

3.3 Druhy FMEA ve vývoji

Designové (konstrukční) FMEA

Tato metoda je zaměřena na analyzování rizika spojeného s návrhem nového nebo inovovaného produktu. S analýzou je třeba začít v koncepční fázi designu. Důležitým milníkem pro tuto analýzu je začátek produkce, kdy musí být všechny problémy s designem „odladěny“ a již musí být nastavena taková opatření, aby se eliminovaly možné vady v dalších fázích (náběh sériové výroby...). Mezi těmito dvěma milníky by FMEA měla neustále odrážet aktuální stav vývoje. Měla by přispívat k neustálému zlepšování a zdokonalování tohoto procesu prostřednictvím stanovených nápravných opatření. Cílem analýzy je prokázání technické zralosti produktu v reakci na požadavky zákazníka a dalších zainteresovaných stran (např. legislativa). (Stamatis, 2003, s. 129-131)

Procesní FMEA

Tuto metodu je vhodné použít pro identifikaci, zhodnocení a zabránění potenciálnímu vzniku vad v procesu výroby (včetně montáže, balení, apod.). Jakmile je navržen design

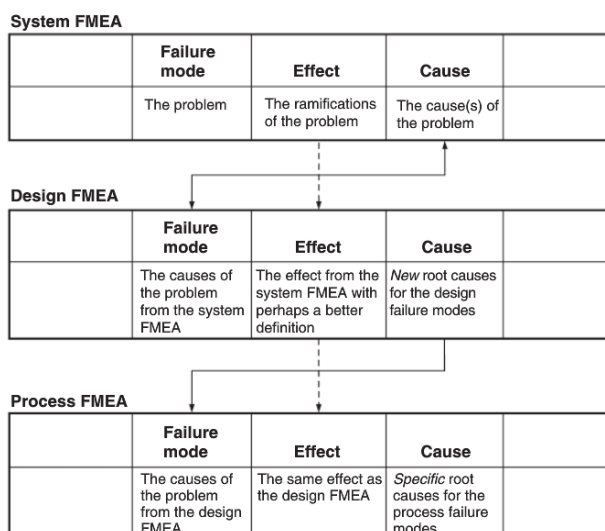
nového produktu, je možné pokračovat s návrhem procesu výroby. V této fázi by měla začít procesní FMEA analýza. Cílem analýzy je navrhnout vhodný technologický postup, tj. zamezit vzniku vad nesprávným výrobním a montážním postupem. Tuto metodu lze použít také pro stávající proces, kde pomáhá odhalit úzká místa a tím poskytuje impulz k jeho zlepšení. (Plura, 2001, s. 86)

Systémová FMEA

Podle VDA (VDA 4, © 2005, s. 7-9) systémová FMEA představuje další vývojový stupeň pro předcházející dvě metody. Tato analýza zkoumá vzájemné funkční souvislosti mezi funkcemi a možnými vadami funkcí v systému. Nevyužívá tak již pouhého formuláře FMEA, kde tento strukturovaný popis není možný.

Cílem této metody je najít logické řetězce chybných funkcí mezi jednotlivými systémy a tak lépe určit následky, vady a příčiny vad pro systém určený k analýze. (VDA 4, © 2005, s. 7-9)

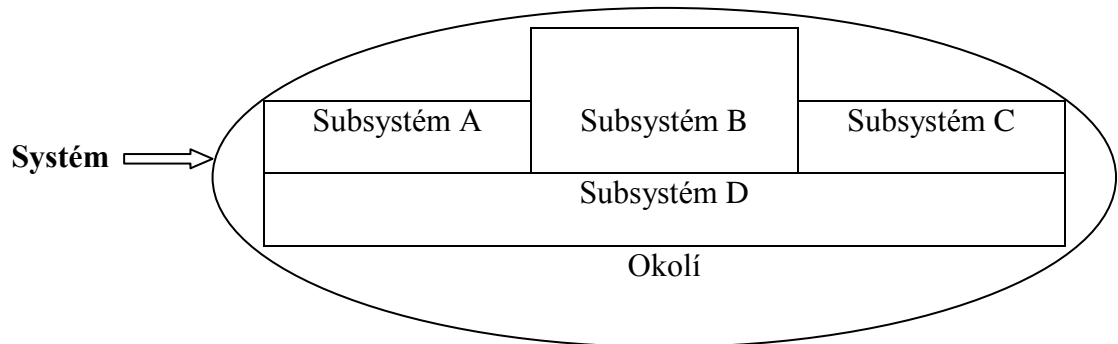
Systémové pojetí FMEA podle D. H. Stamatise (2003, s. 108) je znázorněné na následujícím obrázku (Obr. 6).



Obrázek 6 Systémový přístup podle Stamatise (2003, s. 108)

Na tomto obrázku jsou znázorněné příčinné souvislosti mezi vadami, jejich příčinami a následky mezi jednotlivými systémy. Přestože příčina problému zůstává stejná, následek na úrovni systému se stává vadnou funkcí na úrovni designu, a zároveň následek vady v designu je zároveň vadnou funkcí v procesu. (Stamatis, 2003, s. 108)

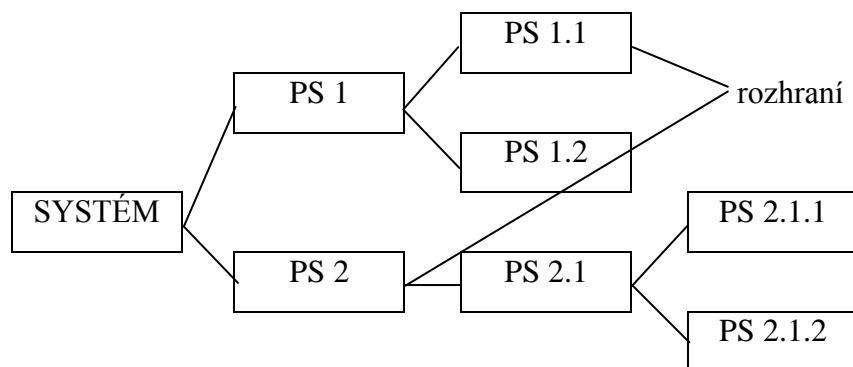
Trochu jinak se na problematiku dívá Česká společnost pro jakost, která ve své příručce: Analýza možných způsobů a důsledků závad (*Analýza*, 2001, s. 65), znázorňuje systémové pojetí následovně (Obr. 7).



Obrázek 7 Systémové pojetí dle ČSN (*Analýza*, 2001, s. 65)

Systém je v tomto pojetí složený z jednotlivých subsystémů, které jsou přímo spojeny rozhraními. Tento přístup klade prioritní důraz na zhodnocení těchto rozhraní ve FMEA analýze. (*Analýza*, 2001, s. 65)

J. Plura (2001, s. 93) vychází z metodik německého sdružení automobilového průmyslu VDA 4.2, kdy znázorňuje systémovou strukturu jako síť prvků (PS) a jejich rozhraní (Obr. 8).



Obrázek 8 Systémové pojetí dle VDA (*Plura*, 2001, s. 93)

Podle Plury (Plura, str. 91-92) je systémová FMEA založena na stejných principech jako FMEA návrhu výrobku či procesu, avšak se při její tvorbě uplatňuje systémový přístup. Systém vysvětluje jako hierarchicky uspořádaný soubor prvků na různých úrovních. U těchto prvků se analyzují jejich funkce a selhání těchto funkcí, což představuje možné vady, jejich příčiny a následky.

Podle Plury (2001, s. 91-92) je systémový přístup při tvorbě FMEA produktu zaměřen na zkoumání vadných funkcí celého výrobku a dále pokračuje až na úroveň vadných

funkcí jednotlivých dílů. Při systémové FMEA procesu je struktura tvořena prvky účastníci se procesu, tj. člověk, stroj, materiál a prostředí, a u těchto prvků se zkoumá jejich možné selhání. Při této analýze je možné pokračovat až na úroveň výrobních zařízení.

Pro účely systémového pojetí designové FMEA budu v následujícím textu vycházet zejména z výše popsané metodiky.

Pozn.: Systémový přístup a hodnocení rizik možných vad v podstatě slučuje FMEA analýzu s další využívanou metodou, kterou je FTA (Failure tree analysis).

4 IMPLEMENTACE SYSTÉMOVÉ FMEA PRODUKTU

V dalším textu budu hovořit o „designové FMEA“ (D-FMEA), nicméně se jedná o systémový přístup této metody, jinak nazvaný jako systémová FMEA produktu.

4.1 Systémový přístup krok za krokem

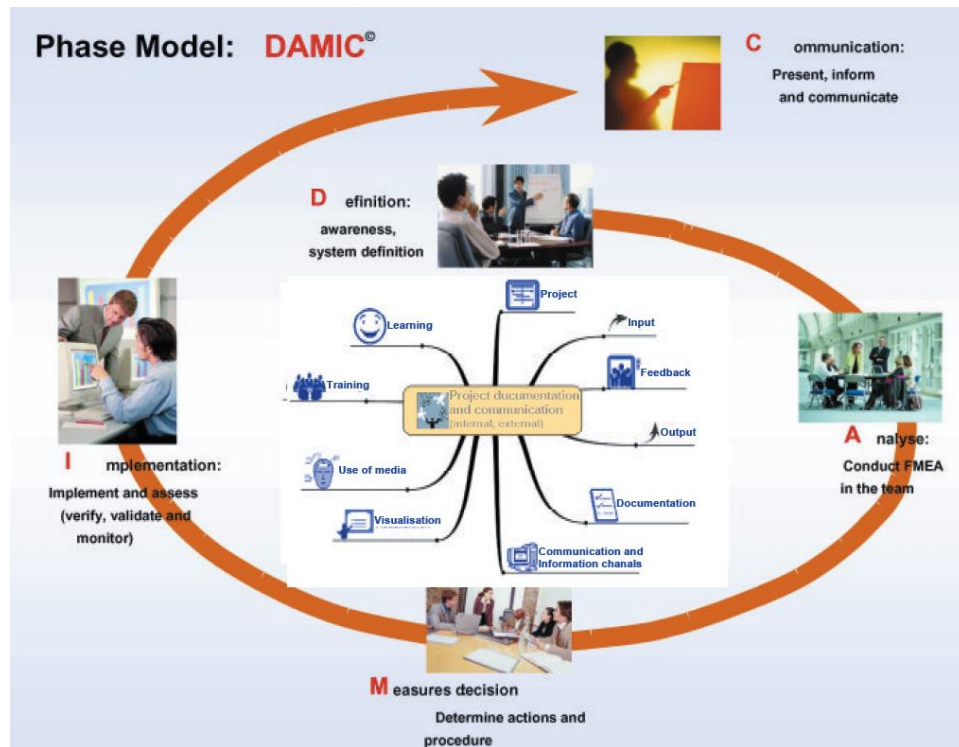
Systémová D-FMEA se zaměřuje na to, jak jednotlivé prvky systému mohou selhat, od systému na vyšší úrovni přes sub-systém až po samotné komponenty. Zjednodušeně řečeno se snažíme identifikovat takový design, který nespĺňuje očekávání zákazníka.

Při implementaci FMEA je vhodné využít procesní model DAMIC, který přispívá ke zlepšení stávajícího procesu. Zároveň sleduje procesně orientovaný přístup stejně jako ISO 9001 a ISO/TS 16 949. (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 14)

DMAIC model poskytuje vodítka k použití FMEA metody v pěti krocích:

Definition:	Příprava a definování základních podmínek.
Analysis:	Stanovení požadavků a rizik (5 kroků podle VDA, 95% času).
Measure decision:	Definování akcí na osobu a postup realizace.
Implementation:	Implementace a vyhodnocení (vyhodnocení, ověření, monitoring).
Communication:	Prezentace, reportování.

Podle tohoto modelu by se FMEA měla začít poté, co je definován projekt. Předpokladem je také pochopení současného procesu. Při efektivní FMEA se vychází ze současného stavu a jsou využity poznatky z předchozích dokončených projektů. Důležitým elementem pro všechny fáze je dobrá komunikace. (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 14)



Obrázek 9 Model DAMIC pro FMEA (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 15)

Každá fáze vychází z procesně orientovaného přístupu a má následující charakteristiky:

- je potřeba stanovit cíl,
- začátek a trvání každé fáze je zkoordinován s časovým harmonogramem projektu,
- vstupem jsou v první fázi smlouvy, dohody a pracovní dokumenty, v dalších fázích jsou to výsledky z předchozí fáze,
- rozsah činností a úkolů zodpovědných a zúčastněných osob je určen pro každou fázi individuálně,
- využití potřebných nástrojů se odvíjí podle fáze,
- v příslušné fázi jsou využity další podpurné metody k efektivnějšímu zhodnocení FMEA,
- měření proměnných umožňuje vyhodnocení úspěšnosti každé fáze,
- fáze je rozděleny do dalších kroků,
- vstupy se přemění na výsledek pomocí dílčích kroků každé fáze na bázi procesně orientovaného přístupu,

- rizika jsou identifikována v průběhu každé fáze,
- sdílení výsledků každé fáze se zodpovědnými osobami (v dalších procesech, v dokumentech) pro budoucí využití. (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 14-16)

4.1.1 Postup implementace

Metodika VDA 4 (© 2006, up-dated 2012, s. 32) definuje postup tvorby FMEA v 5 krocích (příloha P IV):

1. Strukturální analýza

V této fázi je potřeba shromáždit potřebné informace o jednotlivých prvcích systému a vytvořit strukturální síť systému pomocí stromového diagramu, včetně rozhraní (Obr. 8). Struktura konstrukční FMEA musí být principiálně orientována na jednotlivé komponenty. (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 33-34)

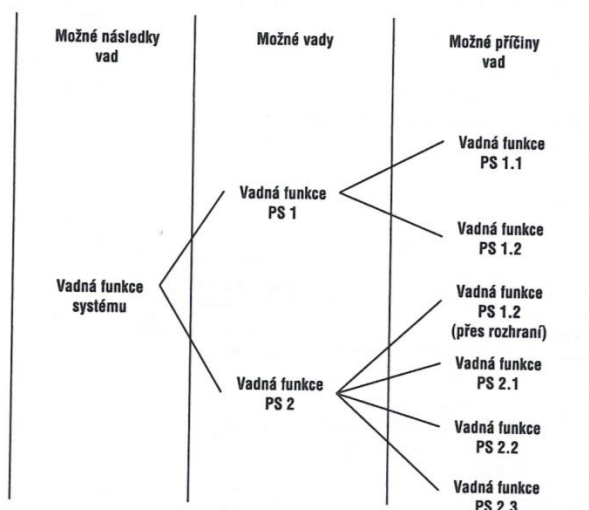
2. Funkční analýza

Ke každému prvku systému jsou přiřazeny funkce, které je nutné posuzovat pro každý prvek v systému. Funkce jsou často definovány v zákaznických specifikacích a na základě legislativních požadavků. Krok 1 a 2 lze provádět současně. (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 35-36)

3. Analýza vad

Stanovení vadných funkcí vychází z definované systémové struktury a z jednotlivých funkcí. Ke každému prvku systému se definují všechny možné vady.

Příčiny vady by měly mít na jednotlivých úrovních v systémové struktuře příčinné souvislosti: následek – vada – příčina. V závislosti na úhlu pohledu jsou možnými vadami vadné funkce daného prvku, příčinami jsou vadné funkce podřadného prvku a prvku připojeného přes rozhraní, možnými následky jsou vadné funkce nadřazených prvků v systému a prvků připojených přes rozhraní (Obr. 10). (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 37-38)



Obrázek 10 Struktura vadných funkcí

(Plura, 2001, s. 94)

4. Analýza akcí

V této fázi (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 39-44) jsou stanoveny preventivní a detekční akce, které odrážejí počáteční stav pro hodnocení rizika. Na základě těchto opatření je následně stanoveno rizikové číslo RPN („Risk Priority Number“).

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

- RPN – rizikové číslo, charakteristika rizika,
- S („Severity“) – závažnost potencionálního následku vady (1-10),
- („Occurence“) – pravděpodobnost výskytu potencionální příčiny (1-10),
- D („Detection“) – odhalitelnost potencionální vady a/nebo příčiny (1-10).

S, O a D jsou ohodnoceny na stupnici rizikové škály od 1 do 10, přičemž 10 znamená největší riziko. Tabulky pro hodnocení rizika používané v automobilovém průmyslu jsou uvedeny v příloze (příloha P X).

Preventivní opatření jsou opatření omezující výskyt vad, tj. snižují pravděpodobnost výskytu - snižují hodnotu O. Detekční akce slouží k identifikaci vad, a tím zvyšují pravděpodobnost odhalitelnosti - snižují hodnotu D.

Vypočítané rizikové číslo vyjadřuje prioritu rizika u jednotlivých vadných funkcí, přičemž může nabývat hodnot od 1 do 1000 jako výsledek součinu míry závažnosti, četnosti

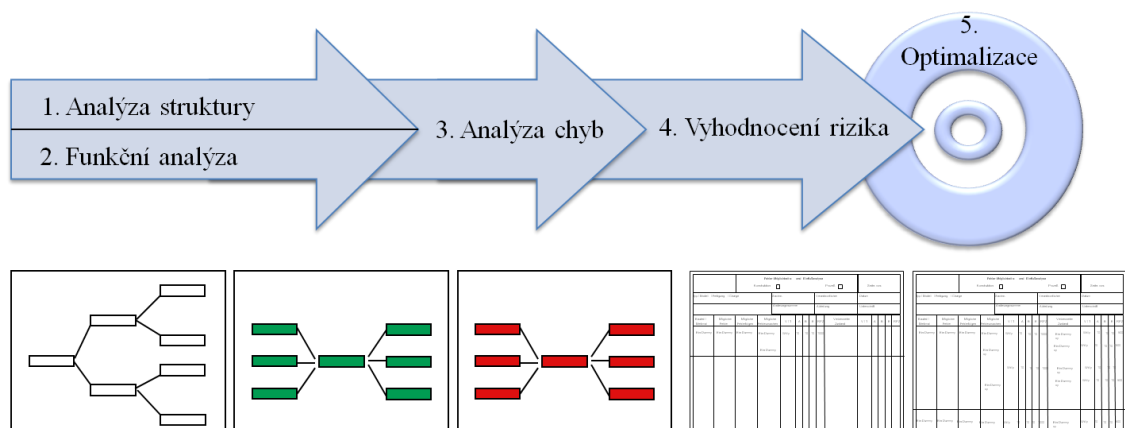
a odhalitelnosti. Pomocí tohoto čísla lze stanovit pořadí vad (jejich příčin a následků) podle míry jejich závažnosti vzhledem k celému systému.

5. Optimalizace

Jelikož se jedná o velký počet vad, pro návrh nápravných opatření jsou vybrány pouze vady, které mají rizikové číslo nad určitou stanovenou hranici.

Při hodnocení rizika je nutné vzít v úvahu různou váhu jednotlivých částí výpočtů (S,O,D). K tomu jsou využity pokročilejší metody výpočtů pomocí počítačových programů, přičemž prioritou je vyloučení příčiny vady před jejím odhalením.

Optimalizace spočívá v nasazení dalších preventivních a detekčních akcí, které následně vedou ke snížení rizikového čísla RPN.



Obrázek 11 Schéma postupu tvorby FMEA podle VDA (Vlastní zpracování)

Plura (2001, s. 93) zmiňuje rozdílné uspořádání formuláře pro FMEA oproti klasické variantě. Sloupec pro hodnocení stavu po zavedení akcí je nahrazen zaznamenáváním tohoto stavu pod prvotní opatření. Dále je ve formuláři nově vytvořen sloupec pro záznam opatření realizovaných k omezení výskytu vady.

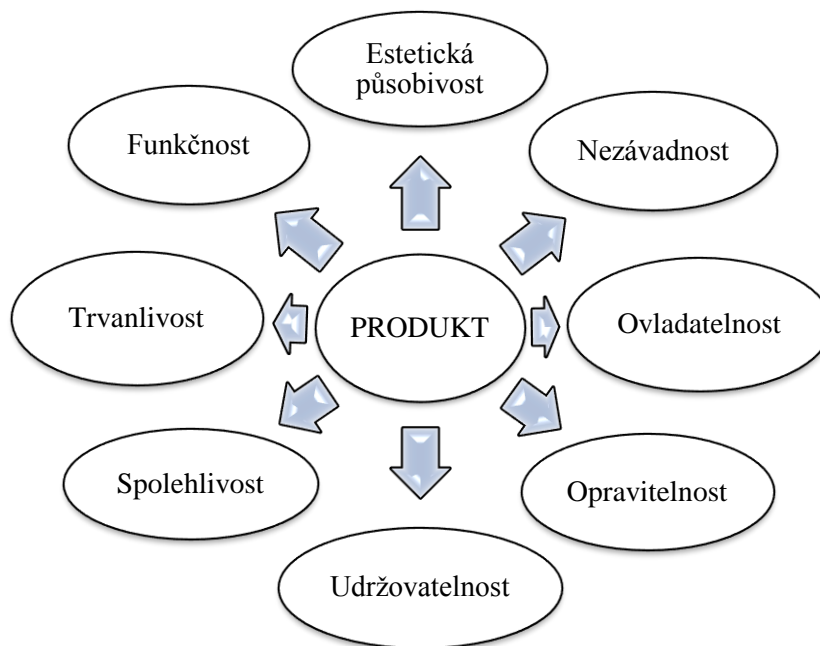
4.1.2 Požadavky na produkt

Celkové vnímání rizika

U designové FMEA analýzy je prioritně kladen důraz na bezpečnost produktu a s tím související legislativní požadavky a na specifikace dané zákazníkem. V případě vývoje světloometu jsou prioritní:

Zákaznické požadavky

Primární snahou firmy je prodej jejich produktů, popř. služeb. Při návrhu produktu je potřeba dát velký zřetel na to, aby veškeré úsilí směřovalo k vytvoření takového produktu, který uspokojí zákazníka a ten je za něj ochoten zaplatit. Vnímání kvality z pohledu zákazníka je pro firmu rozhodující. Je proto potřeba zabývat se prioritně těmi požadavky, které zákazník skutečně očekává a vyhnout se všem nadbytečným funkcím výrobku. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 33)



Obrázek 12 Požadavky na kvalitu produktu (Veber, 2002, s. 21)

Z pohledu firmy je kvalita produktu zásadní. Pokud by firma vyráběla vadné produkty, přišla by v důsledku špatné kvality o své zákazníky a podíl na trhu. Kromě toho, nízká kvalita značně zvyšuje náklady. (Veber, 2002, s. 20)

Homologace

Automobily a jejich díly podléhají zákonným nařízením. Aby mohl výrobce zaručit shodu svých výrobků, musí splnit stanovené zákonné požadavky a absolvovat homologační zkoušku. Výrobek je poté označen značkou shody, která deklaruje, že produkt splňuje požadavky příslušné směrnice v daném státě, a že je uveden na trh stanoveným postupem. (Veber, 2002, s. 41)

Aby byl světlomet homologován, musí výrobce splnit zákonné předpisy týkající se např. umístění světlometu na voze (ve správné výšce), požadovaného světelného výstupu v souladu s předpisy pro jednotlivé světové trhy (HELLA, 2011-01-26):

Evropa – je založena na respektování „Dohody o udělování homologace“ při OSN z roku 1953. Produkty pro evropské a další mimoevropské země (např. Austrálie, velká část Jižní Ameriky, Japonsko atd.) musí být v souladu s normami EG, popř. standardů ECE.

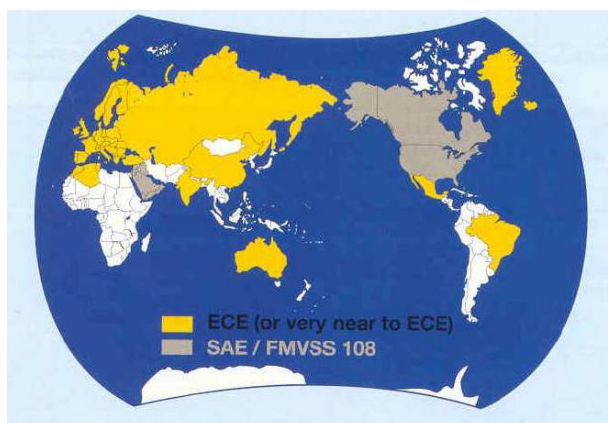
Obsah testů pro ECE homologaci zahrnuje fotometrii, barevnou souřadnici světla, padání hranice, „čistý a špinavý světlomet“.

USA – Produkty pro oblast NAFTA musí být kontrolovány dle platných FMVSS/CMVSS popř. standardů SAE. Kromě výše zmíněných testů obsahují také řadu dalších zkoušek (vibrační, prachové, korozní, atd.).

Čína – Produkty pro čínský trh musí být certifikovány dle China Compulsory Certification (CCC) a to nezávisle na tom, zda budou v Číně uvedeny jako jednotlivé díly/ náhradní díly nebo jako díly zabudované ve voze.

Taiwan – Produkty pro taiwanský trh musí být schváleny VSCC.

Indie – Produkty pro indický trh musí být kontrolovány dle platných AIS standardů uznanými laboratořemi.



Obrázek 13 Světové rozdělení ECE/SAE

Směrnice 85/374/EEC O odpovědnosti za vadné výrobky

Tato směrnice by měla zaručit, aby se na trh nedostaly produkty, které by mohly způsobit poškození zdraví spotřebitele nebo ohrozit jeho majetek. Hlavní zásadou je, že „výrobce odpovídá za škody vzniklé vadou výrobku, jeho částí nebo vadnou základní surovinou“. (Veber, 2002, s. 40)

Aby byl poškozenému přiznán nárok na náhradu škody, musí prokázat příčinnou souvislost mezi vadou produktu a způsobenou újmou.

Tato směrnice poskytuje na druhé straně výrobcům garanci, že případné vady výrobku nebyly způsobeny procesem, ale vadným či chybným použitím. Směrnice proto motivuje výrobce, aby svou produkci dostatečně zaopatřily důkazními doklady o tom, že jejich produkty splňují zákonné předpisy. Může se jednat např. o certifikáty, ale také právě o FMEA analýzu. Pokud dojde k problému, je FMEA prvním dokumentem, který zákon přezkoumává za účelem odhalení dostatečné péče a odpovědnosti. (Veber, 2002, s. 41)

4.1.3 Zvláštní znaky

VDA 4 (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 87-88) dále zmiňují povinnost značení zvláštních charakteristik podle požadavku ISO/TS:

Zvláštním znakem se rozumí případné odchylky některých vlastností výrobku, které mají negativní vliv na následující požadavky a je proto vyžadována zvláštní pozornost:

- bezpečnost výrobku,
 - soulad se zákonnými předpisy,
 - soulad s průmyslovými standardy,
 - soulad se zákaznickými požadavky (např. funkce, vzhled),
 - soulad s interními požadavky (např. montážní způsobilost, tolerance).
- (Stamatis, 2003, s. 23)

Kritický znak – „*vlastnost produktu, která ovlivňuje bezpečnost při používání produktu, nebo je nějakým způsobem předepsaná zákonem (směrnici)*“.

Důležitý znak – vlastnost produktu, která je předepsaná od zákazníka a je pro něj důležitá. Zdrojem informací o zvláštních znacích jsou dokumenty s požadavky zákazníků.

Zvláštní znaky se značí dle dohody buď obecnými, nebo specifickými symboly zákazníka.

4.1.4 FMEA ve vztahu k zákazníkovi a třetím stranám

FMEA je dokument, který se z důvodu ochrany know-how zásadně nepředává zákazníkovi ani žádné třetí straně. FMEA může být poskytnuta zákazníkovi pouze k nahlédnutí formou review. V případě, že FMEA zpracovává společně zákazník s dodavatelem, přinášejí se

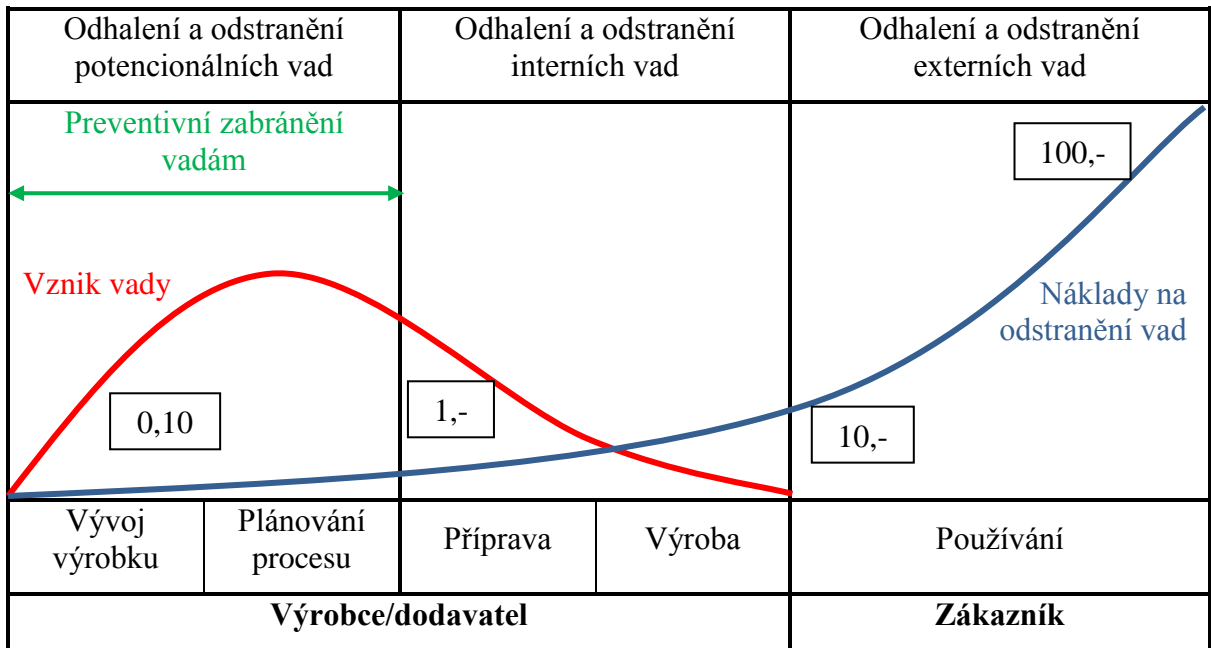
potřebné podklady na tato jednání, ale vzájemně se nepředávají. Ve výjimečných, předem dohodnutých případech je možné zákazníkovi předat „výťah“ z FMEA. (HELLA, - 2014)

4.1.5 Kdy je FMEA „hotová“

- FMEA je uzavřena teprve tehdy, když se již výrobek nevyrábí.
- FMEA se nemusí dále aktualizovat teprve, když jsou odstraněna všechna rizika, nebo když jsou akceptována odpovědnými odděleními.
- Uzavřená FMEA musí být znovu aktualizována, pokud jsou zjištěny nové informace o rizicích při výrobě nebo používání výrobku.
- Uzavřená FMEA musí být znovu aktualizována, pokud se změní proces nebo výrobek.
- FMEA je ve smyslu systému kvality záznam o kvalitě, a proto musí být uchovávána stanovenou dobu. (Stamatis, 2003, s. 26)

4.1.6 Přínosy používání metody FMEA

- poskytuje systémový přístup k prevenci nízké kvality,
- snižuje náklady na vady odhalené v pozdějších fázích procesu (viz Obr. 12),
- zkracuje dobu vývoje,
- v následné fázi realizace umožňuje dělat věci „napoprvé“,
- umožňuje rozčlenit potencionální vady dle jejich rizika a na základě Pareto analýzy stanovit priority nápravných akcí,
- vytváří „databázi“ informací o produktech a procesech,
- zvyšuje spokojenost zákazníka,
- náklady na FMEA jsou jen zlomkem nákladů na odstranění vad, které se dostanou k zákazníkovi (Obr. 12),
- atd. (Plura, 2001, s. 76)



Obrázek 14 Desítkové pravidlo (HELLA, - 2014), vlastní zpracování

Metoda FMEA přispívá ke značné redukci finančních ztrát ve výrobních fázích. To je vyjádřené tzv. desítkovým pravidlem (Obr. 14), které nám říká, že vady, které jsou odhaleny a odstraněny ve fázích vývoje a plánování procesu jsou stokrát nižší než ve fázích přípravy a výroby a tisíckrát nižší než náklady na vady, které se již dostaly k zákazníkovi. (Nenadál, 2005, s. 69-70)

4.2 Týmová práce

Aby bylo možné vypracovat kvalitní FMEA analýzu, je nutná týmová spolupráce, kde jsou využity znalosti a zkušenosti širokého spektra odborníků. V týmu by měli být zastoupeni pracovníci konstrukce, technologie, zkušeben, kvality, servisu, ale také pracovníci výroby, kteří poskytují důležité informace z již probíhajících projektů sériové výroby. Je možné zahrnout všechny profese, dle konkrétních požadavků na výstup analýzy.

Procesní i designová FMEA má podobné zastoupení členů týmu, rozdílem je zodpovědná osoba. U FMEA designu je touto osobou většinou vedoucí konstruktér, který je zodpovědný za návrh designu ve vývoji. U procesní analýzy to může být průmyslový inženýr nebo technolog, který je zodpovědný za návrh technologie a výrobního procesu. Tento pracovník může být jak z oddělení vývoje, tak z výroby, záleží opět na konkrétním zaměření FMEA (nový produkt, inovace procesu). (Plura, 2001, s. 77)

Vývoj nového produktu předpokládá tvořivé zapojení pracovníků. Při návrhu mohou vzniknout nepředvídatelné situace a je potřeba řešit nové problémy, proto je potřeba dostatečného intelektuálního kapitálu a vytvoření nejlepších podmínek pro jejich práci – podmínky k výměně názorů, podněcování k jejich činnosti, eliminace „zbytečného dokumentování“, atd. Je nutné, aby si pracovníci uvědomovali potřebu FMEA analýzy jako součást vývojového (tj. tvořivého) procesu. Musí jim být poskytnuty dostatečné a srozumitelné informace, a zároveň by se měl výstup jejich práce pozitivně projevit v navazujících činnostech. (Nenadál, 2008, s. 209, 226)

4.3 Zhodnocení dostupné literatury

V teoretické části jsem se snažila popsat jak obecné požadavky na tvorbu FMEA, tak konkrétní popis postupu, který je východiskem pro další část této práce. Množství literatury popisující systémy managementu kvality i obecného postupu FMEA je dostatek. Naopak literatury, která se zabývá systémovým přístupem pro tvorbu FMEA, včetně konkrétnějšího postupu, je naprostý nedostatek. Jednotlivé tituly se mnohdy velmi liší v obsahu, zdroje nejsou běžně dostupné (jsou placené) a většina z nich je v anglickém jazyce. Mnohdy je v těchto titulech také sporný překlad, který ztěžuje pochopení dané problematiky.

Neexistuje jednotná definice pro tuto metodu. Nelze také najít jednotnou formu pro systémovou FMEA analýzu. Určitý postup je definován v metodice VDA, ale jeho obsah popisuje spíše obecné principy systémové FMEA, proto je pro firmu nezbytné tento postup rozvinout a upravit podle vlastních potřeb.

4.4 Závěr

Podle I. Mašina a M. Vytlačila (1996, s. 139) je možné správným postupem zlepšit proces pomocí šesti kroků, které *„vedou k novým, vylepšeným a důmyslnějším způsobům, jak provádět daný proces...“* Jsou to:

1. výzva ke zlepšení a ke změně,
2. analyzování současného stavu,
3. odhalení možných zlepšení a identifikace problémů,
4. určení nového postupu a metody,
5. zavedení nového postupu a metody,
6. vyhodnocení přínosů.

Myšlenku na zlepšení procesu podle výše zmíněného postupu - v tomto případě procesu tvorby design FMEA, se pokusím přenést do své praktické části diplomové práce.

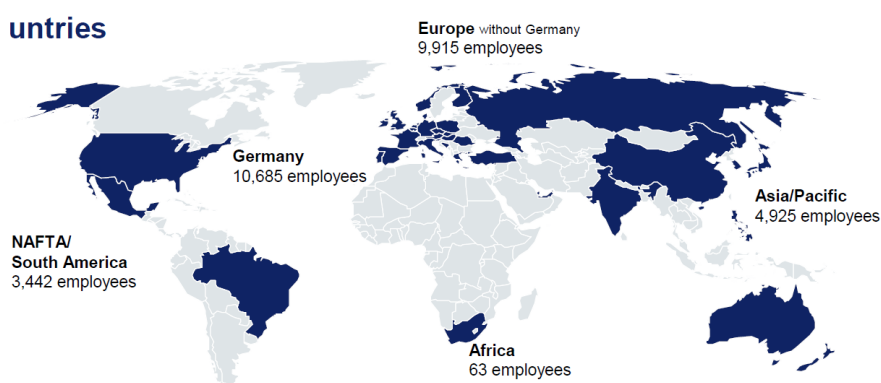
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI



5.1 Představení koncernové společnosti HELLA

Společnost HELLA je globálně působící partner automobilového průmyslu již více než 100 let. Hlavní sídlo koncernové společnosti HELLA KGaA je v německém Lippstadtu. Firma má okolo 100 poboček ve 35 zemích světa a zaměstnává kolem 29 000 pracovníků, z toho více než 5 600 osob ve výzkumu a vývoji (Obr. 15).



Obrázek 15 Společnost Hella ve světě (HELLA, © 2014b)

Společnost je rozdělena na 3 obchodní divize:

Světelná divize (OE) – pro výrobce automobilů i jiné dodavatele společnost vyvíjí, vyrábí a dodává vnitřní svítidla, světlomety, signální světla, světelnou elektroniku, moduly pro světlomety.

Elektronika – tato divize se soustředí na rychle rostoucí trh s elektronickými součástkami jako je elektronika v karoserii, řídicí jednotky, elektronické komponenty, senzory, klimatizace.

Aftermarket a Speciální OE – organizace pro speciální aplikace poskytuje vybavení pro komerční vozidla – např. pro autobusy, karavany, těžké pracovní stroje. Pro určité cílové skupiny nabízí inovativní řešení osvětlení a elektronických produktů - např. letištní osvětlení, osvětlení průmyslových hal, pouliční osvětlení. Aftermarket tvoří nezávislý trh se širokou škálou sortimentu a služeb - např. náhradní díly, příslušenství, nástroje k diagnostice vozidel, technický servis, podpora prodeje. (HELLA, © 2014b)

V roce 2012/2013 měla skupina HELLA celkový obrat 5 miliard eur, což ji zařadilo do TOP 50 dodavatelů součástí pro automobilový průmysl na světě a mezi 100 největších německých průmyslových podniků. (HELLA, © 2014b)

5.2 Společnost Hella Autotechnik NOVA s r.o.

5.2.1 Základní údaje

Název společnosti: HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o.

IČO: 47154888

Základní kapitál (k 1. 6. 2013): 469 600 tis. Kč

Adresa: Družstevní 338/16, 789 85 Mohelnice

V Mohelnici působily do března 2014 tři společnosti:

A) Hella Autotechnik s.r.o. (HAT)

- vývojové, testovací a zkušební centrum výrobků automobilového osvětlení,
- založeno 1995,
- 425 zaměstnanců,
- vývoj světlometů, zadních skupinových svítlen, elektroniky a montážních linek.

B) Hella Autotechnik NOVA s.r.o. (HAN)

- závod na výrobu světlometů a skupinových svítlen,
- založeno 1994,
- 1017 zaměstnanců,
- výrobní kapacita 4,8 mil. světlometů ročně.

C) HELLA corporate Center Central & Eastern Europe s.r.o. (HCC)

- centrum sdílených služeb pro střední a východní Evropu,
- založeno 2008,
- 185 zaměstnanců,
- podpora VV, IT, služby nákupu, financí, HR, atd. (HELLA, © 2014a, - 2014)

V první polovině roku 2014 dochází k jejich fúzi a vzniká jediná společnost s názvem Hella Autotechnik NOVA s.r.o. Důvodem fúze těchto tří společností je racionalizace struktury skupiny v ČR, zvýšení efektivity řízení a zjednodušení peněžních toků, snížení nákladů a administrativní zátěže vyplývající ze sloučení účetnictví, auditů a právního poradenství.

Pozn.: Ve skutečnosti se toho moc nemění. Všechny společnosti fungují stejně jako před sloučením. Odpadá nutnost fakturace zakázek mezi jednotlivými společnostmi, což byl jeden z hlavních důvodů jejich sloučení. Pro rozlišení původních společností budu dále v textu hovořit o „divizích“ HAN, HAT a HCC.

Na území České republiky dále působí společnost Hella CZ, s.r.o. Tato společnost byla založena v roce 1993, má sídlo ve Zruči nad Sázavou. Je dodavatelem produktů koncernu HELLA na český a slovenský trh zaměřující se na výrobu automobilů, včetně náhradních dílů a příslušenství. (HELLA, © 2014a)

5.2.2 Historie

Hella Autotechnik s.r.o. je dceřinou společností koncernu HELLA KGaA, která byla založena v roce 1992 jako reakce na fúzi společnosti Škoda Auto a německé společnosti Volkswagen. V letech 1993-1994 následovalo vybudování výrobního závodu na „zelené louce“ v Mohelnici nedaleko krajského města Olomouc. V počátcích v Mohelnici působilo pouze kolem 200 zaměstnanců výroby. Firma si během své historie vybudovala pevné místo na trhu světelné techniky pro automobilový průmysl. Její vývojový a výrobní park se neustále rozrůstá. V současnosti (2013/14) zaměstnává přes 1 600 kmenových pracovníků, z čehož asi 1/4 tvoří zaměstnanci vývoje. Hella Autotechnik NOVA s.r.o. je tak významným zaměstnavatelem v Olomouckém kraji. (HELLA, © 2014a)

Historické milníky společnosti Hella v Mohelnici

- 1991 VW kupuje Škodu Auto.
- 1992 Založení dceřiné společnosti Hella Autotechnik s r. o. v ČR.
- 1993 Zahájení stavby „na zelené louce“.
- 1994 První výrobky opouští Mohelnici (Škoda Felicia).
- 1995 Zahájení činností Technického centra - vývoj zadních skupinových svítlen.

- 1997 Založení skupiny pro vývoj a výrobu mont. linek pro HELLA koncern.
- 2004 Vybudování a zahájení činnosti Testovacího centra – zkušebna MTZ.
- 2008 Vznik správního centra pro střední a východní Evropu – Hella Corporate Center- Central & Eastern Europe, s. r. o.
- 2008 Koncernové rozhodnutí o vybudování autonomního Technického centra s globální působností v Mohelnici.
- 2010 Koncernové rozhodnutí o založení vývoje zadních skupinových světilen.
- 2011 Otevření konstrukční kanceláře v Ostravě.
- 2012 Zahájení výroby zadních skupinových světilen a výstavby nové výrobní haly.
- 2013 Rozhodnutí rozšířit aktivity společnosti o vývoj konvenčních modulů pro koncern a zahájení stavby nové budovy pro goniometr.
- 2014 Fúze tří společností Hella v Mohelnici – vznik jediné společnosti Hella Autotechnik NOVA s r. o. (1. pololetí).

(HELLA, © 2014a)

5.2.3 Řízení kvality ve společnosti

Firma Hella Mohelnice je součástí dodavatelského řetězce pro automobilový průmysl a je de facto nezbytné, aby její systém řízení kvality byl certifikován podle mezinárodních standardů. Těmi nejdůležitějšími jsou (HELLA, - 2014):

- ISO 9001 – od roku 1996,
- VDA 6.1 – od roku 1997,
- QS-9000 – od roku 1998,
- ISO 14001 – od roku 1999,
- ISO/TS 16949 – od roku 2003.

Politika kvality společnosti Hella vychází z nejvyššího cíle, kterým je spokojenost zákazníka. Společnost klade důraz na výkon, který je základem pro ekonomický úspěch.

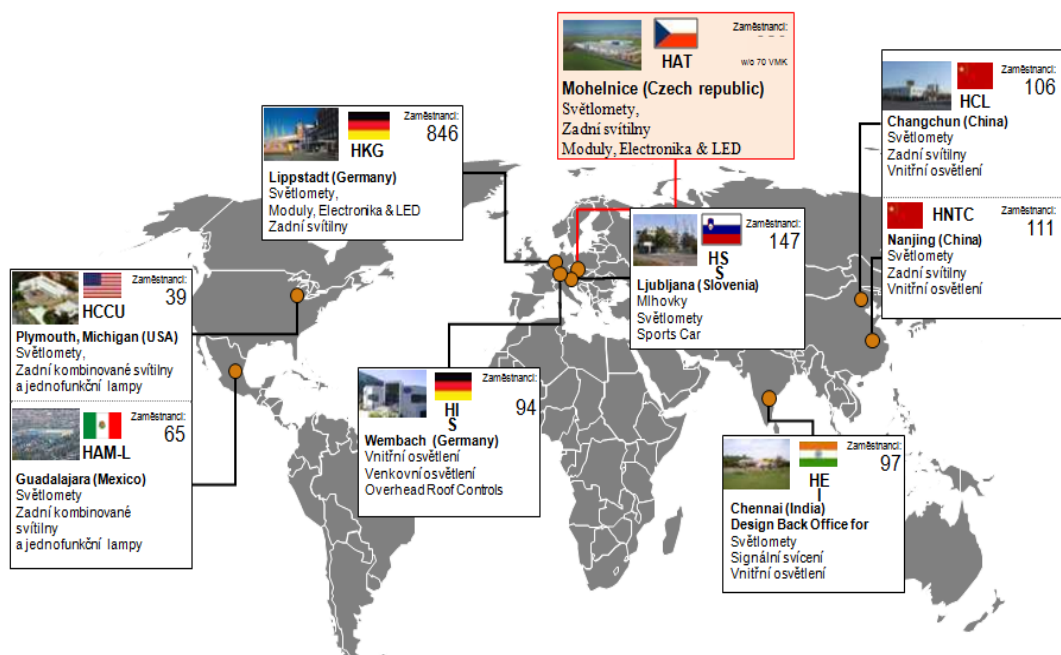
Mezi strategické cíle politiky kvality patří (HELLA, © 2014a):

1. Nejvyšší prioritou a zároveň měřítkem všech činností je prvotřídní kvalita.

2. Cílem je 0 PPM (Parts per milion), tj. nula chyb.
3. Plánování kvality probíhá od fáze vývoje za pomoci pečlivě vybraných metod.
4. Konformita výrobních procesů a produktů je zajištěna pravidelnou kontrolou výroby.
5. Díky důsledným školením a dalším vzděláváním je zajišťováno vysoké povědomí o kvalitě a odborné znalosti dle nejnovějších poznatků.
6. K vysoké kvalitě produktů a služeb přispívá každý zaměstnanec svou odpovědnou prací.

5.2.4 Vývojové, testovací a zkušební centrum

Vývojové, testovací a zkušební centrum (zk. „HAT“) v ČR je druhým největším centrem koncernu HELLA, ihned za centrem v mateřské společnosti. Divize vývojového centra v Mohelnici vyvíjí produkty i pro sesterské závody. Spolupracuje se závody na Slovensku (HSKF, HSKS), ve Slovinsku, Německu, Mexiku, Rusku, Jižní Africe a v Číně.



Obrázek 16 Vývojové centra společnosti Hella (HELLA, - 2014), vl. zprac.

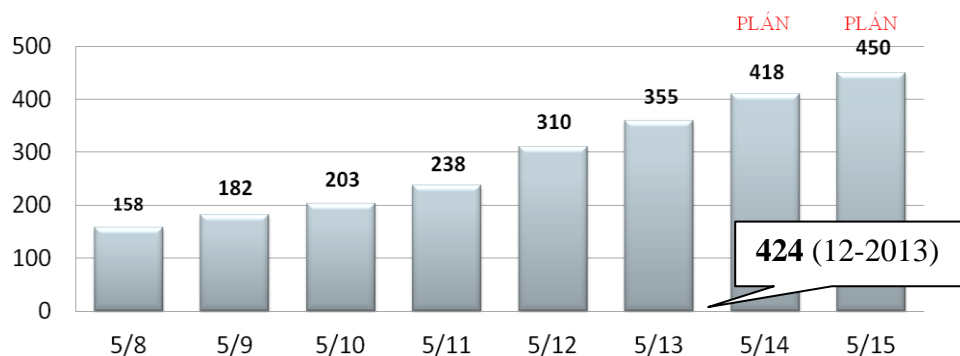
Vývoj je primárně zaměřen na přední světlomety, avšak od roku 2010 se rychle rozvíjí také vývoj zadních skupinových svítlen s cílem poskytnout zákazníkům ucelený „balíček“ služeb.

Divizi HAT tvoří:

- vývojové centrum – složené z jednotlivých oddělení pro vývoj, včetně prototypové dílny,
- testovací a zkušební centrum (MTZ) - vibrační testy, teplotní a klimatické testy, testy těsnosti, fotometrické testování, mechanické a elektrické testy apod.,
- vývoj a výroba montážních linek (VMK) - od fúze 2014 samostatná firma. (HELLA, - 2014)

V posledních letech se zvyšuje variabilitnost automobilových modelů, a tak se zvyšuje i počet variant světlometů (pro jeden model i několik variant světlometů). Nové technologie kladou velké nároky na odbornost pracovníků, proto není možné vývoj jednoduše přesunout do „levnějších“ zemí. Tato divize má proto velký potenciál do budoucna.

Na následujícím obrázku (Obr. 17) je znázorněn vývoj a plánovaný stav počtu zaměstnanců společnosti HAT (vývojová divize) v letech 2008-2015.



Obrázek 17 Počet zaměstnanců vývoje Hella Mohelnice (HELLA, - 2014)

Počet zaměstnanců vývojového, testovacího a zkušebního centra v jednotlivých letech neustále rostl. Od roku 2008 do současnosti (2013/2014) se počet zaměstnanců více než zdvojnásobil. Je to dáno celkovým růstem společnosti. Se zvyšujícím se počtem schválených projektů, roste potřeba nových zaměstnanců. Zároveň jsou nové projekty mnohem složitější, proto se stává, že na vývojový projekt nestačí jeden pracovník „z každého oddělení“, ale je nutné práci rozložit mezi více lidí stejné pozice. Kvalifikované zaměstnance firma získává mimo jiné díky spolupráci s vysokými školami v Brně, Ostravě a ve Zlíně.

5.2.5 Zákazníci

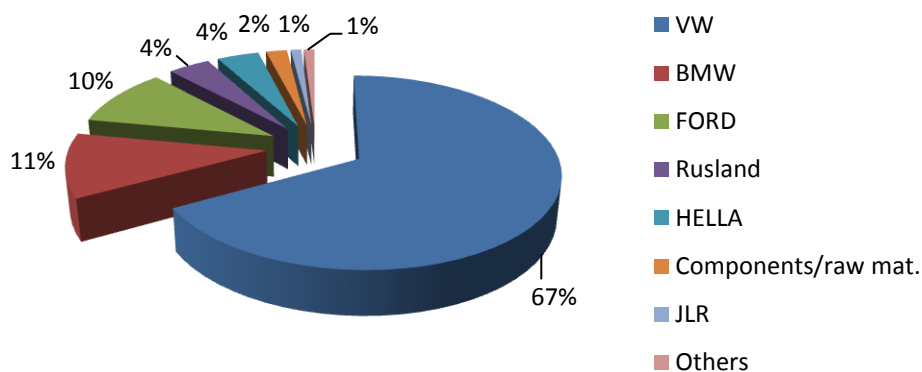
Dnešním trendem v odběratelsko-dodavatelských vztazích jsou rostoucí požadavky na kvalitu a spolehlivost dodávaných produktů mezi jednotlivými stupni zpracování. Zákazníci nejsou ochotni tolerovat žádné vady, a zároveň požadují včasné dodávky. Společnost Hella si zakládá na dobré spolupráci se svými zákazníky i dodavateli. Vztah odběratel - dodavatel je chápán spíše jako partnerství. Mezipodniková spolupráce na úrovni společného systému a sdílení informací je výhodná pro obě strany, protože urychluje a usnadňuje celý proces vzniku produktu napříč všemi společnostmi. Zároveň zabraňuje vzájemnému vyčítání nedostatků, svalování viny jeden na druhého, apod.

Zákaznické portfolio tvoří přední světové automobilky. Zakázky jsou vybírány v souladu s koncernovou orientací na jednotlivé zákazníky. Na obrázku níže (Obr. 18) jsou znázorněni TOP zákazníci v obchodním roce 2012/2013. Je patrné, že společnost Hella se zaměřuje zejména na německé automobilky.

Nejvýznamnější skupinou je VW Group, tj. Škoda, VW a Seat. V roce 2012/2013 odebírala skupina VW 67% produkce. Mezi produkty společnosti Hella Mohelnice patří světlomety pro vozy VW Polo, New Beetle, Golf Plus, Golf 6, Tiguan, Tuareg, Caddy, Škoda Octavia, Fabia, Superb a další. V roce 2013 byly na trh představeny zadní skupinové světlomety nové Škody Octavia.

V posledních letech společnost rozšiřuje spolupráci s BMW a Audi, což je patrné z podílu 11% na celkové produkci (HELLA, - 2014). Mezi hlavní produkty patří světlomety Audi A3 a BMW 1, F20, F30, zadní světlomety Audi A1, A3, BMW X3 a další.

Dalšími významnými zákazníky jsou automobilky Ford (10%), Rusland (4%), Jaguar a Land Rover, Volvo, Renault, Nissan, tracky Scania, DAF a další.



Obrázek 18 Zákaznické portfolio (HELLA, - 2014)

5.2.6 Konkurence

Konkurenci lze rozdělit ze dvou pohledů:

- a) firmy působící na území České republiky (případně na Slovensku),
- b) světové korporace.

V České republice a na Slovensku jsou nejvýznamnějšími konkurenty:

Automotive Lighting s.r.o.

Největším konkurentem je společnost Automotive Lighting, a to jak v rámci území České republiky, tak z celosvětového pohledu. Automotive Lighting GmbH je německá společnost, v rámci ČR má své sídlo v Jihlavě. Firma Automotive Lighting s.r.o. se stejně jako Hella Mohelnice zabývá jak výrobou, tak vývojem světlometů. Patří k inovátorům ve svém oboru.

Mezi její nejdůležitější zákazníky patří: BMW, Honda, Kia, Mercedes, Mitsubishi, Nissan, Opel, Renault, Škoda a VW. (Webhouse, d.t.)

Varroc Lighting Systems, s.r.o.

Dříve součást americké skupiny Visteon, dnes je společnost z názvem Varroc Lighting Systems vlastněna indickým majitelem. V České republice má své sídlo v Šenově u Nového Jičína. Společnost provozuje vývoj a výrobu předních světlometů, zadních svítilen a elektronických řídicích jednotek. Neřadí se však mezi inovátory ve svém oboru, ale spíše mezi následovníky ve vývoji nových produktů.

Mezi nejdůležitější zákazníky patří: Bentley, Citroën, Ford, GM, Chevrolet, Chrysler, Jaguar, Land Rover, Mercedes, Nissan, Opel, Peugeot, Škoda, Volkswagen, Volvo a další.

(Varroc, © 2013)

Koito Czech s.r.o.

Společnost Koito Czech s.r.o. je součástí japonského koncernu Koito Manufacturing Co. Ltd. V České republice má firma pouze výrobní zastoupení s cca 650 zaměstnanci, proto není příliš významným konkurentem. (Koito, © 2003)

Mezi nejdůležitější zákazníky patří: Porsche, Nissan, Audi a Renault.

ZKW (Slovensko)

Rakouská společnost, která má nyní svou pobočku také na Slovensku je „skokanem“ ve vývoji osvětlení pro automobilový průmysl. Tento nováček se svým průbojným

a dravým přístupem začíná řadit k inovátorům osvětlení automobilů a stává se tak významným konkurentem.

Ve světovém měřítku jsou největšími konkurenty:

Automotive Lighting

Již zmiňovaná společnost je jedním ze světových inovátorů světelné techniky pro automobilový průmysl. Velikostí je koncern srovnatelný s koncernem HELLA.

Valeo

Společnost Valeo je francouzský dodavatel pro automobilový průmysl působící na trzích celého světa. Zabývá se vývojem a výrobou komponentů, integrovaných systémů a modulů pro automobilový průmysl. Na poli světelné techniky je firma Valeo velikostně srovnatelná s koncernem HELLA.

5.3 Výrobní program a trendy v automobilovém průmyslu

„Od Halogenu k LED“

V minulosti se světlomety (včetně zadních svítilen) považovaly za funkční součást automobilu. Důležité pro majitele vozu bylo, aby „světla svítala“. Od těch dob uběhla spousta let a došlo k neuvěřitelnému technologickému pokroku. Současným trendem jsou vysoké nároky jak na bezpečnost, tak na design světlometu, který dotváří celkový dojem vozidla. V následující kapitole je shrnuto vše, co se týká současných trendů v osvětlení automobilů. Příloha P III zobrazuje chronologicky vývoj světlometů společnosti Hella, která spoluvytváří světové trendy v oblasti osvětlení pro automobilový průmysl.

5.3.1 Základní pojmy:

Světlomet (ang. headlamp, headlight) je zařízení, připojené k přední části vozidla, které slouží k osvětlení vozovky. Světlomet plní dvě základní funkce: „vidět“ a „být viděn“.

Zadní svítilna (ang. rear lamp, tail lamp) je zařízení, připojené k zadní části motorového vozidla. Obvykle se jedná o červené světlo, které slouží k signalizaci ostatním uživatelům silnice.

Hlavní světelné funkce:

Potkávací světlo (Low beam) – světelná funkce, která plní požadavek automobilu na osvětlení vozovky v prostoru před vozidlem ve tmě nebo za nepříznivých podmínek, např. vlivem počasí.

Dálkové světlo (High beam) – vyžadovaná funkce světlometu, která se používá k osvětlení vozovky na delší vzdálenost. Dálkové světlo může být zapnuté pouze v kombinaci s potkávacím světlem. Bez ohledu na zapnutá potkávací světla, je možné dálkové světlo zapnout na určitý moment v režimu tzv. „flasher“.

AFS (Advanced Frontlighting System) – pokročilý systém variabilního rozložení světla pomocí více světelných jednotek. Činnost je ovládána automaticky v závislosti na aktuálních jízdních a povětrnostních podmínkách. V průběhu jízdy se tak mění světelný výstup např. dle rychlosti vozu, úhlu natočení volantu, signálu navigačního systému, zapnutí/vypnutí směrových světel...

Dynamické osvětlení do zatáčky (Dynamic bend light) – tento systém umožňuje natočení některých nebo všech hlavních funkcí světlometu (potkávací, dálková světla, AFS funkce) do zatáčky, podle natočení nápravy kol automobilu.

Rohové osvětlení (Cornering Light) – funkce, která je aktivována dodatečně při změně směru nápravy kol při rychlosti do 40km/hod, když vozidlo stojí, nebo jsou aktivovány blinkrové funkce. Cílem je tzv. „přisvícení“ vozovky v takovém úhlu, kde není dostatečně osvětlena potkávacím nebo dálkovým světlem.

Mlhové osvětlení (Fog light) – tato funkce slouží pro osvětlení vozovky za nepříznivých podmínek (za mlhy, hustého sněžení, bouřky nebo v prašném prostředí). Jsou aktivovány nezávisle na potkávacích nebo dálkových světlech.

Signální světelné funkce:

Blinkrové světlo (Direct indicator, turn signal) – funkce, která informuje o změně směru jízdy. Kromě toho také slouží jako výstrahová funkce v nebezpečných situacích.

Denní svícení (Daytime running light, DRL) – funkce, určená ke zvýšení viditelnosti vozidla během dne, snižuje spotřebu energie při použití denního svícení namísto potkávacích světel.

Obrysové světlo (Position light, parking light) – někdy nazývané také poziční nebo parkovací. je využíváno jako bezpečnostní prvek, pokud dojde k selhání potkávacích světel. Musí být připojeno takovým způsobem, aby se obrysová světla rozsvítila automaticky.

Boční obrysová odrazka (Side marker reflector, SMR) – tato funkce nemá samostatný zdroj světla, ale jeho reflexní povrch obsahuje optiku, která odráží světlo, které na něj dopadá. Tato funkce je v Americe vyžadována zákonem (dle SAE), v Evropě je dle ECE norem vyžadována u vozů delších šesti metrů.

Boční obrysové světlo (Side marker lamp, SML) – plní stejnou funkci jako SMR, ale má vlastní světelný zdroj (oranžové světlo). Dle SAE je tato funkce vyžadována zákonem. V Evropě (ECE) toto nařízení platí u vozidel delších šesti metrů.

Současný trend:

Pokročilé technologie využívají kamerových systémů ke sledování a vyhodnocování situace na vozovce a podle toho dokáží automaticky korigovat světelný výstup. Například automaticky „vyříznou“ prostor protijedoucích aut tak, aby je neoslňovaly, ale dálkové

světla zůstávají zapnuté, nebo korigují automaticky sklon světla dle sklonu vozovky apod. Budoucnost předpokládá plně automatické ovládání světel tak, že je řidič nebude muset ovládat manuálně.

5.3.2 Světelné zdroje (chronologické uspořádání):

1. Halogenová žárovka

Je vyrobena ze skla, které je schopné odolávat vysokým teplotám, wolframového vlákna a plynu - obvykle směs argonu a dusíku. Žárovka přijímá energii z auta a ohřívá wolframové vlákno, které po rozžhavení vyzařuje světlo.

Výhody: vysoká životnost, nízké náklady na světlomet, nízké náklady na výměnu žárovky, variabilita druhů žárovek (různé rozměry), jasné osvětlení.

Nevýhody: tepelná neefektivnost, světelný výstup neodpovídá reálnému světlu, nutno dbát opatrnosti při výměně žárovky (náchylná na dotyk). (Popa, 2010)

2. Xenonová výbojka

Velký skok v oblasti osvětlovacích systémů pro automobily představují xenonové výbojky. Výbojka funguje na principu elektrického oblouku mezi dvěma elektrodami. Obsahuje xenonový plyn, který dává světlu lehce modrý odstín, a tak produkuje světlo podobající se denním podmínkám. Stejně jako halogenová žárovka existuje v různých provedeních a velikostech.

Výhody: dvojnásobná efektivnost jako moderní halogenová žárovky při 2/3 spotřeby energie, světlo srovnatelné s denním, delší životnost než u halogenu.

Nevýhody: možnost oslnění protijedoucích vozidel a chodců, vysoké náklady, starší verze obsahují toxickou rtuť (riziko při nehodě, nyní zakázáno zákony).

Pro snížení rizika, které souvisí s použitím xenonových výbojek, jsou zavedeny zvláštní předpisy, které podmiňují použití této technologie automatickým nastavením světlometu do požadované pozice a ostřikovacím systémem integrovaným ke světlometu. To vede ke zvýšení nákladů na výrobu i na opravy. (Popa, 2010)

3. LED diody

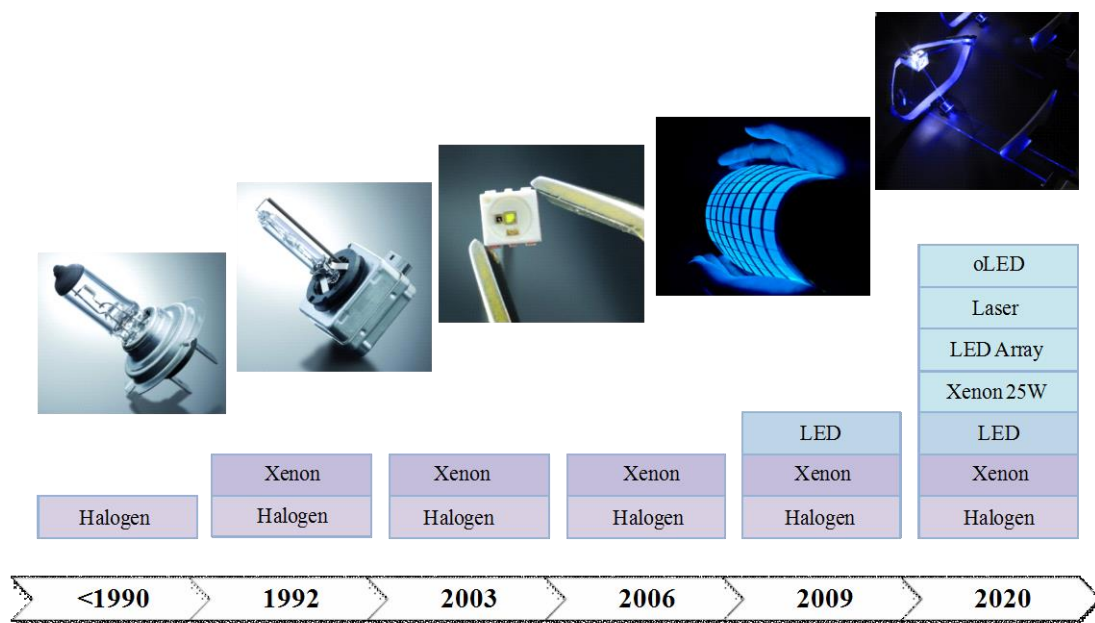
V současnosti nejnovější technologii představují LED diody, které poslední roky zažívají ve světě automobilového osvětlení obrovský rozmach. Princip spočívá v polovodičových destičkách, které přetvářejí elektrický proud přímo na světlo. LED technologie je velmi

náročná na elektroniku (PCB) a řízení teploty, na druhou stranu poskytuje nejefektivnější zdroj světla a široké možnosti při designu světlometu. Vývojem se postupně rozšířilo využití LED diod na všechny světelné funkce a na trhu jsou tak k dostání i plně-LEDkové světlometry i zadní svítilny.

Výhody: nejvyšší životnost a zároveň mnohonásobně úspornější než výše uvedené varianty, velká variabilita využití (možnost „hrát si s designem“).

Nevýhody: vysoká náročnost na chlazení, váha světlometu (díky chladicím destičkám), vysoké náklady (v současnosti se uvažuje o vyměnitelnosti pouze nefunkční LED diody, není třeba měnit celý světlomet). (Popa, 2010)

Na obrázku 19 je znázorněn vývoj světelných zdrojů od 90. let minulého století, přes současnost až po výhled na další desetiletí.



Obrázek 19 Vývoj světelných zdrojů (HELLA, 2010-2014)

Novými trendy v osvětlení vozidel je v inovativním řešení technologií, které se již v současnosti využívají v jiných odvětvích. Jsou to například:

Xenon 25W – nízkoenergetické xenonová výbojka.

LED Array – technologie využívající vlastní design a materiály k efektivnějšímu odvodu tepla.

oLED – technologie, v současnosti používaná v mobilních telefonech a MP3 přehrávačích, funguje na principu organického polovodiče mezi dvěma elektrodami, který v reakci na elektrický proud vyzařuje světlo.

Laser – technologie využívající laserových diod, která by měla být 1000 krát jasnější než LED a o polovinu úspornější.

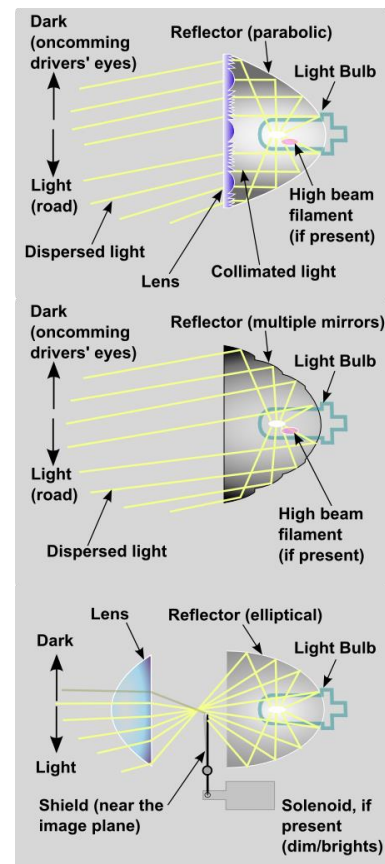
5.3.3 Optické funkce (chronologické uspořádání):

Optika na skle – konečný světelný výstup je závislý od umístění optických elementů na krycí čočce (krycím skle). Jako světelný zdroj jsou využity halogenové žárovky.

Optika na reflektoru – konečný světelný výstup je závislý na rozložení plochy reflektoru tak, že každá část odráží světlo do předem vypočítané oblasti vozovky (nepřavidelný tvar reflektoru). Jako světelný zdroj jsou využity halogenové žárovky nebo xenonové výbojky. Krycí sklo je bez optiky a materiál může být sklovina nebo plast.

Projekční optika – světlo po odrazu od reflektoru prochází ohniskem čočky. Mezi reflektorem a čočkou je clonka, která umožňuje směřovat světlo na čočku v požadovaném směru a tím ovlivňuje světelný výstup. Jako světelný zdroj jsou využity halogenové žárovky nebo xenonové výbojky. Moderní Bi-xenonový reflektor využívá clonky k přeměně světelného výstupu z potkávacího světla na dálkové (při použití jedné čočky a jedné výbojky). Krycí sklo je bez optiky a materiál může být sklovina nebo plast.

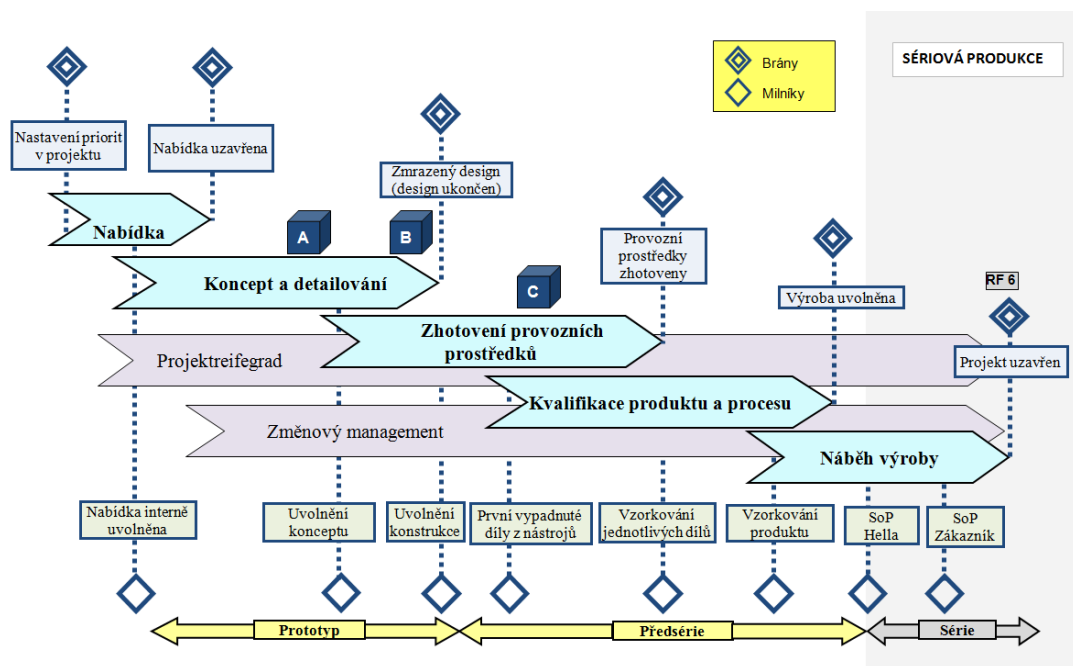
(HELLA, 2010-2014)



Obrázek 20 Optické funkce
(HELLA, 2010-2014)

5.4 Znalost procesu vývoje jako předpoklad pro kvalitní FMEA

Vývoj v současné celosvětové konkurenci čelí tlaku na neustálé snižování nákladů a na zkrácení času procesu. Na druhou stranu mají zákazníci velmi vysoké nároky na design světlometů a na jejich spolehlivost. Pro vytvoření kvalitní FMEA analýzy (jak procesní tak designová) je nutná dobrá znalost celého procesu vývoje (Obr. 21).



Obrázek 21 Proces vývoje produktu v Hella Mohelnice (HELLA, - 2014)

Obrázek 21 znázorňuje obecný proces vývoje produktu, společně s milníky projektu a základními cíli.

Proces vývoje produktu je rozdělen na 4 (+ náběh sériové výroby) základní fáze:

- nabídka (před vývoj),
- koncepce a detailování (design),
- zhotovení nástrojů pro výrobu,
- kvalifikace produktu a procesu,
- náběh výroby.

Cílem takto nastaveného procesu je koncentrovat zdroje vývoje na hlavní úkoly, smysluplně je propojit a zajistit jednotné a jasné chápání procesu jako celku.

Každá fáze má definované vstupy a výstupy a jednotlivé fáze jsou zakončeny branou, jejíž uzavření představuje důležité kritérium pro pokračování do další fáze. Kromě toho se jednotlivé fáze překrývají, protože některé činnosti následující fáze začínají před uzavřením brány ve fázi předešlé. V určitém časovém úseku tak probíhají činnosti dvou fází souběžně. Pokud nejsou splněny požadavky pro uzavření brány, nesmí se v další fázi pokračovat až do doby, kdy budou podmínky jejího uzavření splněny.

V před-vývojové fázi je projekt schvalován managementem. Uvažuje o tom, zda je v souladu s podnikovou strategií. Dále se řeší, zda má firma dostatečné kapacity a prostředky na jeho vývoj (případně výrobu), konkretizují se požadavky. Je vypracován business plán, vč. odhadů finančních přínosů a nákladů projektu, jsou nastaveny základní priority projektu, určen tým a je předložena nabídka zákazníkovi. Po schválení nabídky zákazníkem se přechází do fáze konceptu.

Během fáze konceptu jsou detailně zkoumané specifikované požadavky na světlo. Jsou tvořeny výkresy, které se přenáší do virtuálních a 3D CAD modelů. Pomocí různých počítačových simulací se zkoumá, zda komponent bude vyrobitelný, smontovatelný, jak se bude chovat v určitých podmínkách (simuluje se teplotní zatížení, vibrace apod.). Následuje detailování designu (= konstrukce), upřesňuje se geometrie jednotlivých dílů, použití materiálů, povrchové řešení. Na prototypové dílně je možné komponenty vytisknout pomocí 3D tiskárny. V průběhu této fáze jsou vyrobeny dva prototypové vzorky (A-sample, B-sample z hliníku), které je možné reálně testovat (fotometrické vlastnosti, vibrační testy, apod.). Tím lze lépe ověřit, zdali tým při vývoji postupuje správným směrem a provést případné změny designu. Na fyzickém vzorku se dále řeší otázky týkající se kvality a celkového vzhledu světlometu a jeho zabudovatelnosti do vozidla. Na konci této fáze musí být vyjasněny všechny otázky, které se týkají designu a ty jsou odsouhlaseny zákazníkem. Poté dochází ke zmrazení dat a „jde se do nástrojů“.

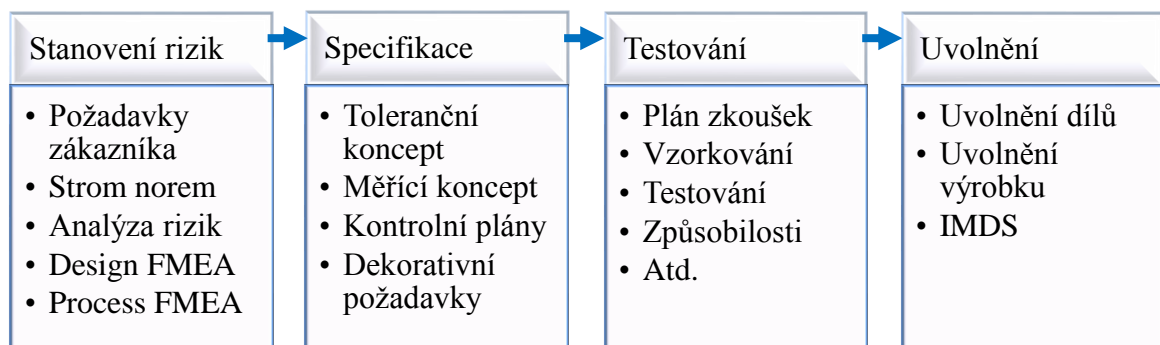
Jakmile je hotový design, je možné objednat nástroje (pro interně vyráběné díly) a začít s přípravou výroby budováním a laděním linky, vytváří se standardy na pracoviště. Výstupem této fáze jsou první výpadové kusy.

Zanedlouho startuje další fáze – nazvaná kvalifikace produktu a procesu. Na začátku této fáze probíhá vzorkování jednotlivých dílů a montážních skupin, tým má k dispozici první reálné vzorky kompletního světlometu (C-Sample), které jsou testovány dle legislativních a zákaznických požadavků. Dochází k doladění detailů produktu, souběžně s optimalizací

linky. Časté jsou prezentace u zákazníka. V této fázi musí být zabezpečeny všechny požadavky na produkt (funkce, vzhled, vlastnosti světloometu, potřebná dokumentace), a dále musí být zabezpečeny všechny zařízení, procesy a lidské zdroje. Již v této fázi jsou na trhu představeny automobily s novými světlomety, které jsou určené k užívání. Většinou se jedná o výstavní vozy, které jsou následně poskytnuty novinářům nebo jsou využity managementem dané automobilky. Způsobilost procesu výroby se na konci této fáze ověřuje při tzv. interním „Full runnu“ (interní audit), a dále při procesním a produktovém zákaznickém auditu. Pokud jsou požadavky splněny, zákazník svým podpisem přebírá linku a je uvolněna sériová výroba.

V další fázi se postupně aktivity vývojového centra přesouvají do výroby a naplno se rozjíždí sériová výroba. Pokud má světlomet homologační označení, tj. splňuje legislativní požadavky, a jsou splněny další předpoklady pro sériovou výrobu, začínají se vyrábět první kusy určené k prodeji. Tento bod se označuje jako interní SoP (Start of Production), tj. start sériové výroby. Následuje zákaznický SoP, kdy se na trh dostávají první modely nového vozu. Jakmile je projekt definitivně předán výrobě, dochází k jeho ukončení.

Na obrázku 22 jsou znázorněny hlavní činnosti a dokumentace, které jsou v procesu zařazeny do oblasti plánování kvality.



Obrázek 22 Činnosti při plánování kvality (HELLA, 2010-2014)

Všechny tyto činnosti spadají pod oddělení kvality, která je zodpovědná za jejich vypracování. Činnosti jsou na sebe navzájem navázané, a tak jsou zjištěné z předchozích aktivit promítnuty do dalších fází procesu. Například požadavek zákazníka na zvláštní znak je promítnut dále do FMEA analýzy, kontrolního plánu, všech výkresů, plánů zkoušek, standardů na pracovišti, atd.

Jedním z primárních cílů společnosti je uspokojení zákazníka. Kvalita dodávaných produktů je jedním z klíčových předpokladů jak toho dosáhnout. Neustálé zlepšování,

eliminace chyb, omylů a nákladů přispívá k zabezpečení požadované kvality. Mezi používané nástroje řízení kvality patří v rané vývojové fázi designová FMEA. Je součástí každého projektu od fáze konceptu, až po uvolnění sériové výroby.

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU TVORBY D-FMEA

Jak to firma dělala do současnosti – příklad, zhodnocení, výhody, nevýhody

D-FMEA je ve firmě Hella osvědčenou metodou při zvyšování kvality. Je to „živý“ dokument, který odráží aktuální stav projektu a poskytuje týmu podklady pro neustálé zlepšování. Zároveň slouží jako bariéra před možnými chybami, které by se bez včasného odhalení mohly projevit až v pozdějších fázích projektu.

Při její tvorbě byla doposud využívána metoda pomocí „Checklistu“, která byla zaměřena na analýzu možných vad funkcí produktu.

Změna legislativy (VDA) nově ukládá zpracovat D-FMEA podle BOM (z angl. „Bill Of Material“ = kusovník) a postupovat systémově od komponentů. Požadavek na změnu postupu vyžaduje analýzu a zhodnocení současného stavu a zavedení zcela nového postupu, který bude odpovídat současným požadavkům. V souvislosti s implementací nového postupu se naskytuje také možnost zlepšit proces odladěním stávajících nedostatků.

V následující části se budu zabývat důvody pro zpracování designové FMEA. Dále se pokusím objasnit postup její současné tvorby – které předpoklady musí být splněny před začátkem analýzy, jakou metodou je analýza zpracována, které nástroje jsou při tvorbě využity, jaké výstupy získáme a k čemu slouží. V závěru této kapitoly posoudím výhody a nevýhody tohoto postupu.

Při analýze současného stavu jsem vycházela z pěti základních otázek: kdo, co, kdy, jak, proč?

6.1 Důvody pro tvorbu D-FMEA

Na otázku „proč dělat D-FMEA“ existuje celá řada odpovědí. V následujícím výčtu jsou uvedeny hlavní důvody pro její vypracování:

1. Požadavky vycházející ze zákona:
 - ručení za výrobek,
 - zákon o bezpečnosti výrobku a ochraně spotřebitele.

2. Požadavek vycházející z norem pro plánování kvality:

- požadavek na tvorbu FMEA vychází z požadavků normy ISO/TS 16949:

Sekce 7.3.3.1 Výstupy z návrhu produktu – Dodatek:

Výstupy z návrhu produktu musí obsahovat:

- Design FMEA, výsledky spolehlivosti,
- zvláštní charakteristiky a specifikace,
- ... (ISO/TS, © 2009, s. 18)

- požadavky na preventivní opatření dle ISO 9000:

Sekce 4.14 Opatření k nápravě. (ČSN EN ISO, © 2006)

3. Požadavky zákazníka na tvorbu FMEA:

- tvorba FMEA je dána v zákaznických specifikacích,
- doporučení pro tvorbu FMEA je zakotven v mezinárodních standardech a vychází z požadavků zákazníka, např.:
 - mezinárodní normy – např. IEC 60812 (obecné), VDA 4.3 (němec. zákazník) SAE J1739, AIAG FMEA (americký zákazník),
 - příručky vycházející z těchto norem – např. Ford Handbook, JLR Handbook (americký zákazník).
- FMEA je důležitou součástí PPAP (procesu schvalování dílů do sériové výroby)

4. Požadavek na tvorbu FMEA zakotvený ve firemních směrnicích:

- FMEA je jedním z důležitých nástrojů pro řízení kvality ve společnosti Hella,
- vyžadovaná při hodnocení výstupů v jednotlivých branách vývojového procesu.

5. Důkaz o posouzení rizika (TÜV, ECE atd.):

- pro certifikační orgány, homologaci apod.

6. Identifikace a zohlednění zvláštních znaků:

- jedná se o znaky, které jsou z pohledu designu důležité a musí být sledovány,
- vychází z legislativních, bezpečnostních a funkčních požadavků na produkt.

Kromě těchto „direktivních“ důvodů, existuje celá řada dalších, které objasňují, proč je tvorba FMEA přínosná:

7. Identifikace a pochopení potencionálních poruch, jejich příčin a následků:
 - jinak řečeno podstata její tvorby.
8. Identifikace a provedení nápravných opatření:
 - důležitým výstupem FMEA analýzy je podnět k řešení a eliminaci rizikových stavů.
9. Identifikace a zabránění ohrožení bezpečnosti:
 - jak z pohledu konečného zákazníka (tj, uživatele vozidla), tak z pohledu vyrobiteľnosti, kdy jsou rizika vyplývající z designu zohledněny v procesu výroby.
10. Snížení nákladů z důvodu později odhalené vady:
 - z pohledu firmy jeden z nejdůležitějších důvodů pro tvorbu FMEA, viz desítkové pravidlo (Obr. 14).
11. Optimalizace produktu:
 - výstupy analýzy a samotný proces tvorby a hodnocení rizik jsou podnětem ke zlepšení designu.
12. Bezproblémový náběh výroby:
 - chyby ve vývoji musí být odstraněny před začátkem sériové výroby,
 - při náběhu sériové výroby nezbyvá čas na řešení problémů, které nebyly vyřešené nebo odhalené ve vývojové fázi.
13. Neustálé zlepšování:
 - vypracování dokumentace zkušeností pro budoucí projekty (Lessons Learn).
14. Odpovědnost za produkt a za jeho vady:
 - FMEA jako průkazný dokument (např. při reklamacích) deklaruje, že produkt splňuje legislativní požadavky, při návrhu produktu byly zohledněny potenciální vady a byla přijata nápravná opatření na jejich odstranění.

Tyto důvody jasně ukazují, že kromě uspokojení zákaznických a legislativních požadavků, slouží D-FMEA jako dobrý nástroj pro zlepšení procesu vývoje. Usnadňuje odhalování rizik a přispívá ke kvalitě vyráběného produktu.

Ne každý zainteresovaný pracovník ve firmě si však tyto důvody uvědomuje. Často se stává, že FMEA analýza je vnímána spíše jako komplikace, zabírající příliš mnoho času, který neodpovídá její hodnotě. Pozitivně vnímaná je ve větší míře lidmi, kteří nejsou zapojeni do její tvorby.

Mnoho lidí napadne, proč řešit rizika spojená s designem zrovna pomocí FMEA analýzy, když se otázky týkající se možných vad řeší mimo jiné na týmových schůzkách. Navíc by designér zodpovědný za návrh konstrukce měl vyloučit všechna rizika na základě svých znalostí a zkušeností. Odpověď je jednoduchá – složitost vyráběných produktů, která přesahuje schopnosti týmu odhalit mnohdy „skryté“ vady, jejich příčiny, následky a určit riziko bez použití vhodných metod a postupů. Bez nástroje jako je D-FMEA si lze jen těžce představit složité struktury funkcí a jejich chyb, díky kterým je možné najít kořenovou příčinu problému.

6.2 Kdy začít s FMEA analýzou

Na tuto otázku se lze dívat ze dvou pohledů:

1. pro jaký produkt je D-FMEA vhodná,
2. ve které fázi vývojového procesu začít.

ad a) Z firemní praxe vyplývá, že je analýzu nutné provést, pokud se jedná o:

1. Nový inovativní produkt nebo technologie:
 - v tomto případě je tvořena zcela nová D-FMEA, rozsah odpovídá celé konstrukci,
 - náročná na zpracování, jelikož se jedná o nové, nekonvenční řešení.
2. Tzv. „Facelift“ – změna existujícího návrhu, vylepšený produkt:
 - vychází se z již vytvořené FMEA analýzy, přebírají se již vyřešené problémy,
 - řeší se převážně změnové stavy, interakce v důsledku modifikace.

3. Použití stávajícího návrhu v novém prostředí – např. nová varianta pro nový trh:
 - vychází se ze stávající analýzy,
 - zohledňují se nové podmínky (např. evropské vs. americké legislativní požadavky).

ad b) V tomto případě platí „čím dříve, tím lépe“. To znamená začít v koncepční fázi a to ihned, jak budou k dispozici potřebné vstupy. S tím bývá mnohdy problém, protože se návrhy designu často mění a trvá určitý čas, než jsou potřebná data oficiálně uvolněna v systému. Tok informací je pomalý, aktuální data nemají všichni a včas k dispozici. FMEA je proto mnohdy tvořena až zpětně, jen jako „papír pro auditora“.

6.3 Kdo vytváří FMEA

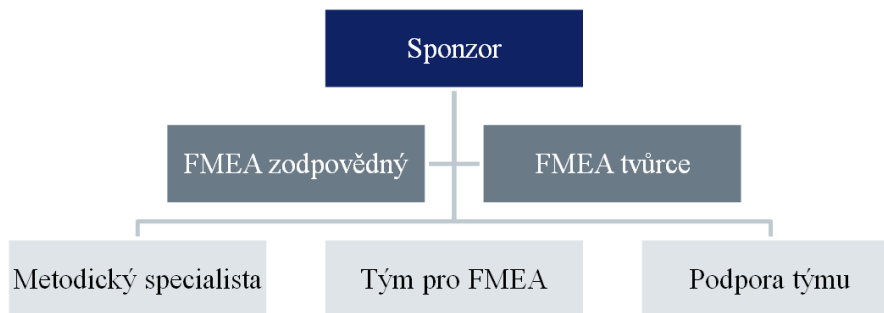
Obecně jsou definovány role a **zodpovědnosti určených pracovníků**:

FMEA Sponzor – rozhoduje o základních podmínkách pro vypracování analýzy, dodává prostředky, řídí a schvaluje FMEA analýzu.

FMEA zodpovědný pracovník – stanovuje prioritu systémových prvků, definuje rozhraní, zajišťuje team building, odpovědný za dodržování termínů a zdrojů, má odpovědnost za obsah, připravuje hodnocení stanovených opatření (termíny, náklady), kontroluje, zda jsou definované akce implementovány, připravuje shrnutí a podklady pro schválení FMEA, zajišťuje komunikaci se zákazníkem (interní i externí) a dodavatelem.

FMEA metodický specialista – poskytuje podporu zodpovědnému pracovníkovi, pomoc při budování týmu a přípravě schůzek, kontroluje a podporuje správné provedení analýzy struktury, funkcí, poruch, posouzení rizika, apod., moderuje týmové schůzky, posuzuje riziko při statistickém vyhodnocení analýzy, poskytuje vstupy pro srovnatelné FMEA.

Týmový účastníci – účastní se přípravy FMEA (rozsah, Checklist, posouzení rizika), poskytují své zkušenosti z jiných projektů, poskytují nutné informace o komponentech pro jejich posouzení, účastní se analýzy, poskytují podněty při stanovení opatření, atd.



Obrázek 23 Zainteresování pracovníci pro FMEA

V praxi je však skutečnost taková, že záleží na konkrétním týmu, jak k tvorbě FMEA přistupuje. Stává se dokonce i to, že FMEA vytváří pracovník kvality osamocen, bez většího zapojení ostatních členů týmu. Důvody mohou být různé. Obecně je rozšířen názor, že FMEA nemá přidanou hodnotu, a z toho plynoucí:

- neochota spolupracovat,
- nedostatek času,
- odpovědi typu „k tomu se nemůžu vyjádřit“,
- apod.

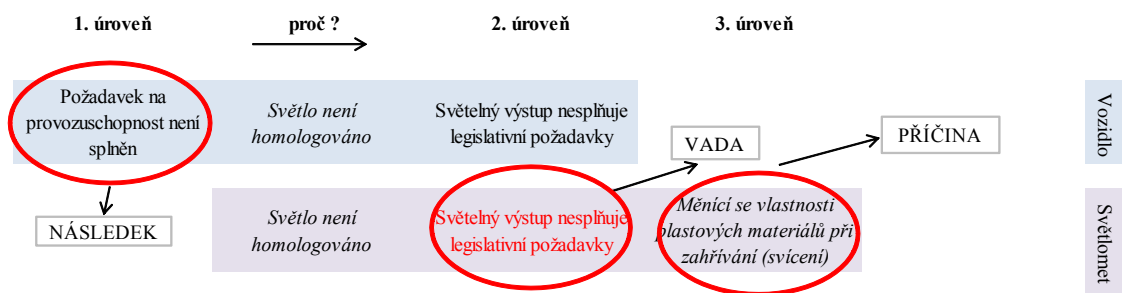
6.4 Postup tvorby FMEA

Zpracování FMEA je rozděleno do pěti kroků, které vychází z metodiky VDA:

- Sestavení struktury systému.
- Provedení funkční analýzy.
- Provedení analýzy chyb.
- Vyhodnocení rizik.
- Optimalizaci.

1. Sestavení struktury systému

Analýza FMEA je prováděna částečně systémovým přístupem, kdy zohledňuje vliv vadných funkcí na zákazníka – funkce na úrovni následků jsou definovány ve vztahu k zákazníkovi. Na druhé straně se zaměřuje pouze na analýzu funkcí světlometu, což znamená, že nepokračuje na nižší úroveň, ale při definování příčin zůstává na úrovni samotného produktu (Obr. 24).



Obrázek 24 Struktura současné FMEA (Vlastní zpracování)

2. Provedení funkční analýzy

Struktura funkcí je předdefinována do programu IQ-RM. Je vytvořen mustr struktury, který je univerzálně použitelný pro všechny projekty. Pro konkrétní projekt se pouze upraví funkce, které jsou relevantní.

3. Provedení analýzy chyb

Pro definování vadných funkcí je použit tzv. „System Checklist“, což je kontrolní seznam v Excelu, ve kterém jsou uvedeny všechny funkce světlometu (kopírující funkce definované v IQ-RM). Ke každé funkci je předdefinován soubor otázek. Ten zahrnuje většinu problémů a poruch, které mohou nastat při konstrukci světlometu. Otázky se netýkají pouze konstrukce jako takové, ale jsou zde uvedeny i další problémy spojené s vývojem produktu.

č.	Mechanická odolnost Funkce / problémy	C	nerelativní	nekritický é/OIK	kritický	otevřený bod	kontaktní i osoba	Poznámky
1.1.8	Mechanická odolnost	C						
1.1.8.1	Odolnost proti statickému zatížení	C						
1.1.8.1.a	Trhliny z pnutí na krycím skle	C						
1.1.8.1.a.1	Existuje riziko trhlin z pnutí na krycím skle v souvislosti s působením pnutí (například C-pěra) a agresivních médií?	C			x			bumper vs. Sklo - damaged in the place of connection
1.1.8.1.b	Trhliny z pnutí u polykarbonátových dílů	C						
1.1.8.1.b.1	Mohou vzniknout trhliny z pnutí u polykarbonátových dílů (s agresivními médií)?	C			x			bumper vs. Sklo - damaged in the place of connection
1.1.8.1.c	Zacvakávací packy a bajonetové oblasti vlivem dlouhodobého pnutí	C						
1.1.8.1.c.1	Je možné vyměknutí zacvakávacích pacek a bajonetových oblastí vlivem dlouhodobého pnutí?	C				x		simulation, test
1.1.8.1.d	Tečení šroubovacích spojů za studena	C						
	Může u šroubovacích spojů vzniknout tečení za studena? (nř. napuštění k							

Obrázek 25 Příklad obsahu Checklistu (HELLA, - 2014)

Tento dokument nenahrazuje FMEA analýzu. Poskytuje návod, jak vytvořit strukturu funkcí a chyb, které jsou následně analyzovány.

Tým se schází na pravidelných schůzkách, kde jsou společně procházeny všechny otázky a následně se určí, zda je bod relevantní, bez rizika, kritický, nebo otevřený.

Stupně hodnocení jsou definovány takto:

- nerelevantní - tato funkce v aktuální konstrukci není,
- bez rizika - tato funkce je v aktuální konstrukci hodnocena jako nekritická, protože se například osvědčila u předchozích výrobků,
- kritický - tato funkce je hodnocena jako kritická, protože mohou nastat problémy/ chyby, anebo se u předchozích projektů vyskytly (Lessons Learned); je nutno učinit opatření k prevenci resp. odhalení,
- otevřený bod - k této funkci nelze učinit výpovědi, musejí být ale ohodnoceny v pozdější fázi vývoje podle výše uvedených stupňů.

4. Vyhodnocení rizik

System Checklist je vstupem pro rychlé vytvoření D-FMEA, kde se následně provede hodnocení pro výskyt a detekci a dále se definují preventivní a detekční opatření.

Po vyhodnocení Checklistu se přiřadí k jednotlivým funkcím v IQ-RM negace funkcí z Checklistu.

- pokud byly stanoveny funkce jako nerelevantní, do FMEA se nezahrnují,
- pokud byly stanoveny jako nekritické (bez rizika), vyhodnotí se nízkým RPN,
- pokud byly stanoveny jako kritické, jsou v týmu vyhodnoceny preventivní a detekční akce a je stanoveno vyšší číslo RPN,
- pokud se jedná o otevřený bod, je stanovena zodpovědná osoba, která je pověřena zjištěním, jak tento bod ovlivní funkci světlometu. Následně se přehodnotí, zda je bod kritický nebo ne.

5. Optimalizace

Následná optimalizace je prováděna pouze u vadných funkcí, které byly vyhodnoceny jako kritické. U těchto bodů se zadá revizní stav a odpovědná osoba s termínem.

Pokud nastane problém během projektu a některý bod se změní na kritický, zadá se revizní stav, zvýší se riziko a určí se odpovědná osoba a termín.

Celková časová náročnost na vypracování D-FMEA je cca 80-100 hodin pracovního fondu QD (pracovníka kvality) dle složitosti světlometu.

6.5 Nevýhody a nedostatky dosavadního řešení

1. Základním nedostatkem tohoto postupu je to, že ačkoliv jsou identifikovány vady i jejich příčiny, nezachází analýza až do té hloubky, aby odhalila zdroj, tj. „kořenovou“ příčinu na úrovni komponentů.
2. Hledání této příčiny analýzou otázek v Checklistu je sice možné, ale časově i fyzicky velmi náročné. Mohlo by se proto stát, že než by se odhalila kořenová příčina, bylo by na změny příliš pozdě.
3. Pomocí Checklistu nelze předvídat a identifikovat vše, co se může pokazit. Mezi komponenty jsou vazby, tzv. rozhraní, které by nebylo možné pomocí Checklistu identifikovat nebo by to bylo příliš složité.
4. Otázky v Checklistu jsou mnohdy nejasné nebo příliš obecné, takže je těžké si je představit na konkrétním projektu.
5. Předpokladem pro předvídaní spolehlivosti celého systému je rozsáhlý (až vyčerpávající) seznam poruchových stavů – tím by se měl pokusit odhalit co nejvíce poruchových stavů, ne jen vyplnit přichystaný formulář.
6. Stoupá složitost produktů, a proto použití Checklistu není vhodné, jelikož neobsahují nové technologie (LED,...). Jejich aktualizace by byla náročná, protože neexistuje jednotné úložiště, ani univerzální FMEA.

6.6 Shrnutí

Z výše uvedených nedostatků jasně vyplývá potřeba zavést nový, efektivnější postup tvorby designové FMEA. Zároveň by bylo vhodné přijmout taková opatření, aby se FMEA vytvářela včas. Tyto změny jsou podle mého názoru nutným předpokladem pro změnu přístupu pracovníků k této metodě.

7 PROJEKTOVÁ ČÁST

7.1 Základní informace

Název projektu:

Uplatnění inovativní metody systémového přístupu pro plánování kvality ve vývoji produktu.

Cíl a zdůvodnění projektu:

Cílem projektu je uplatnění inovativní metody tvorby FMEA za účelem splnění nových legislativních a zákaznických požadavků na její formu a obsah.

Popis projektu:

Projektová část je rozdělena na tři na sebe navazující části – návrh postupu, jeho realizace a zhodnocení.

První část projektu se zabývá návrhem postupu tvorby FMEA podle systémového přístupu VDA 4, kde vysvětlují jednotlivé kroky analýzy, včetně klíčového vytvoření podpůrného nástroje SFM. Na závěr této části je provedeno srovnání s předešlým řešením (viz analytická část).

Ve druhé části je popsána realizace na konkrétním projektu, která vychází z návrhu. Pomocí logického rámce je vymezen účel a cíl projektu, jsou stanoveny zdroje a časový rámec. Dále jsou pomocí metody RIPRAN analyzována možná rizika, která s sebou projekt přináší. Jsou uvedeny konkrétní činnosti a ukázky postupů v praxi.

V poslední fázi jsou shrnuty poznatky z realizace projektu. Je vyhodnoceno naplnění cíle projektu, zhodnocena úspěšnost projektu s ohledem na přípravu dalších projektů. Závěr je věnován postřehům a návrhům zlepšení pro budoucí implementaci tohoto nového přístupu.

Tato diplomová práce se zabývá tvorbou FMEA podle německých směrnic (VDA) a zákaznických požadavků BMW, nicméně postup a metody jsou s drobnými odlišnostmi univerzálně použitelné pro jakýkoliv světlomet, zadní svítilnu nebo zcela jiný produkt i průmyslové odvětví.

7.2 Návrh postupu

7.2.1 Definování požadavků

Před samotným vytvořením FMEA analýzy je potřeba analyzovat požadavky, které jsou specifické pro každý projekt. Tyto požadavky vychází z:

- a) legislativní specifikace – jedná se o homologační předpisy pro jednotlivé světové trhy, nastavení seřizovacích rozsahů, povinné testování (Amerika), požadavky na životní prostředí, použité materiály (dle IMDS),
- b) zákaznická specifikace - tzv. „Lastenheft“ (LH), což je souhrn požadavků zákazníka. Důležitou částí pro tvorbu FMEA jsou zejména požadavky na testování světlometu. Dále LH obsahuje např. technickou specifikaci produktu, požadavky na dokumentaci, informace o trzích vývozu (důležité pro homologace), služby dodávané s produktem apod. Na zákaznickou specifikaci navazuje další důležitý dokument tzv. „Pflichtenheft“, který je reakcí na LH, kde se k jednotlivým bodům vyjadřují zodpovědní pracovníci. Před zahájením FMEA analýzy je nutné si oba dokumenty podrobně prostudovat,
- c) interní (Hella) směrnice – zejména pro dekorativní posouzení světlometu, požadavky na zvláštní znaky a další.

Sestavení týmu

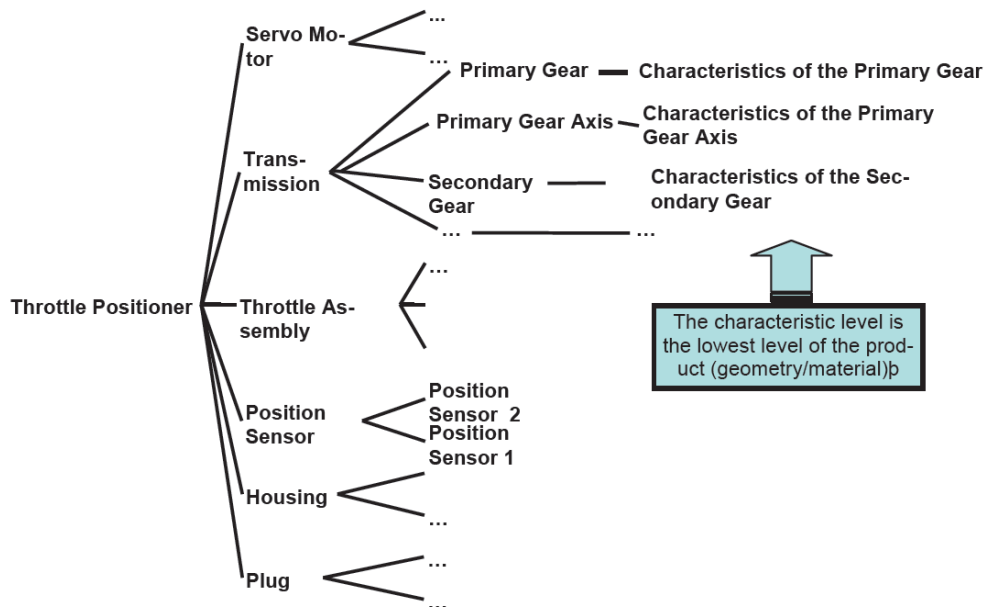
Pracovník odpovědný za vypracování FMEA (kvalitář) by měl na první schůzku pozvat všechny členy týmu, kteří se v průběhu projektu budou do analýzy zapojovat. Jedná se zejména o konstruktéra, optika a elektronika, proces plánovače. Je vhodné přizvat také zástupce výroby, případně MTZ a simulací.

Na první schůzce:

- pracovník kvality (QD) seznámí tým s obsahem a postupem D-FMEA,
- QD obeznámí ostatní se stručnou náplní dalších schůzek,
- měly by být vyjasněny úkoly a zodpovědnosti jednotlivých členů týmu.

7.2.2 Změna struktury systému

Směrnice VDA 4 (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 33) definuje zpracování systémové struktury až na úroveň jednotlivých komponentů podle jejich charakteristik, viz následující obrázek.



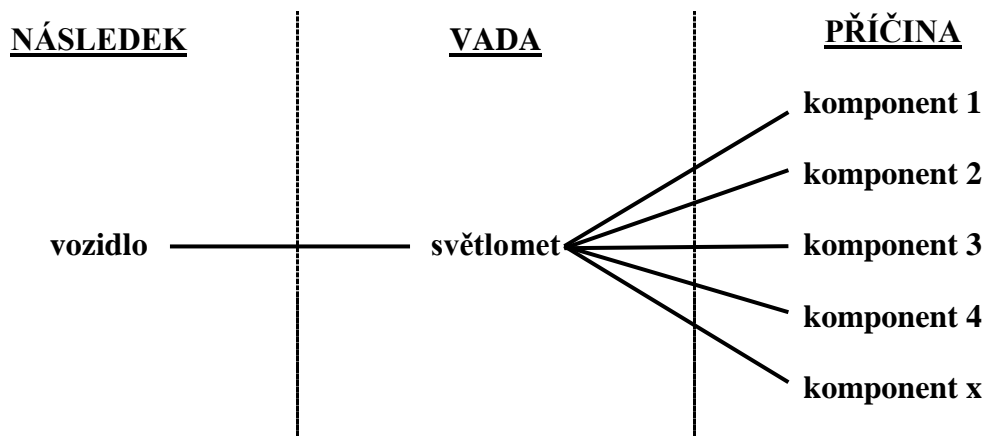
Obrázek 26 Příklad systémové struktury dle VDA 4 (© 2006, updated 2012, s. 34)

Z definovaných parametrů jasně vyplývá, že je potřeba změnit systémovou strukturu vycházející z Checklistu, který je systémově orientovaný na funkce světlometu.

Jelikož se jedná o první krok ve FMEA (příloha P IV), změna struktury se promítne i do dalších kroků analýzy.

Řešení:

Vytvoření struktury vychází ze systémového pojetí struktury vadných funkcí: následek – vada – příčina (Obr. 27).



Obrázek 27 Systémová struktura světlometu (Vlastní zpracování)

System je definován třemi úrovněmi. První úroveň představuje automobil jako konečný produkt. Prostřední úroveň tvoří světlomet jako jedna z částí automobilu, a dále se rozpadá až na úroveň komponentů (3. úroveň).

Podle zákaznických požadavků musí 3. úroveň obsahovat všechny díly podle kusovníku.

Tuto strukturu zanese kvalitař do programu IQ-RM pro tvorbu FMEA.

7.2.3 Určení funkcí systému

Dalším krokem je definování funkcí systému. Stanovení funkcí systému přitom vychází z definované struktury systému.

Na 1. a 2. úrovni lze vycházet z podobných projektů a použít funkce obdobné, jako tomu bylo u dřívějších analýz. Při vytváření funkční sítě je potřeba provést pouze drobnější úpravy a doplnění funkcí, aby odpovídaly konkrétnímu projektu (např. funkce pro ECE/SAE). První úroveň odráží funkce, které plní světlomet vzhledem k vozidlu. Funkce definované pro 2. úroveň vychází z požadavků na světlomet.

Ve funkční síti se označí zvláštní znaky. Jejich značení (symboly) se odvíjí od dohody se zákazníkem. Podle interní směrnice jsou definovány 3 skupiny zvláštních znaků:

- zvláštní znaky vztahující se na homologační a zákonné požadavky,
- zvláštní znaky ovlivňující bezpečnost,
- zvláštní znaky vztahující se na požadavky a funkci. (HELLA, - 2014)

Na úrovni světlometu a komponentů lze použít stejné funkce s tím, že se na 3. úrovni vyberou pouze takové funkce, které jsou relevantní pro jednotlivé komponenty.

Jinak řečeno, určíme pouze takové funkce, na které bude mít daný komponent vliv. Pro tento účel může být použit návrh dokumentu aplikovaný pro vývoj s firemním názvem System and Function Matrix (SFM).

Postup pro vyplnění funkční sítě SFM:

Šablona, kterou vytváří pracovník kvality pomocí Excelu, by měla obsahovat minimálně:

- hlavičku s definováním projektu (název, číslo produktu, tým, datum apod.),
- matici všech dílů (název, číslo, množství, materiál) a funkcí,
- matici pro jednotlivé díly (+ 3D obrázky) a funkce.

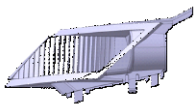
Je nutné se podrobně seznámit s konstrukční dokumentací (výkresy) ke každému dílu i celému světlometu.

V této fázi je potřeba naplánovat týmové schůzky k vyplnění SFM. Časová náročnost schůzek se odvíjí od složitosti světlometu. Pro prvotní vyplnění kompletní matice je zapotřebí cca 4 – 10 schůzek po 2 hodinách. Při dalších projektech bude časová náročnost klesat, protože se u standardních a podobných dílů budou moci převzít některé dříve vyplněné údaje.


Úvodní matice (všechny díly) se nevyplňuje, protože jsou údaje automaticky generované z analýzy jednotlivých dílů.

Prvním krokem je definování charakteristik jednotlivých dílů, což vychází ze systémové struktury dle VDA (Obr. 27). Pro identifikaci vazeb mezi charakteristikami jednotlivých dílů a jejich funkcemi je použita matice vztahů (Obr. 28). Tyto údaje by měly být doplňovány pravidelně na týmových schůzkách pro FMEA. Kromě kvalitáře, který vytváří matici, by měl být hlavním a nepostradatelným účastníkem schůzek konstruktér, který poskytuje většinu vstupů. Účast ostatních členů týmu (optik, elektronik, modulář...) je nutná pouze v konkrétních případech. Pro dosažení co největší vypovídající hodnoty matice však doporučuji, aby se schůzek pro SFM účastnili všichni členové týmu.

Po vyhodnocení všech vazeb mezi charakteristikami dílů a funkcemi je automaticky vyplněna i první tabulka a tím jsou definované funkce pro jednotlivé komponenty (Obr. 29).

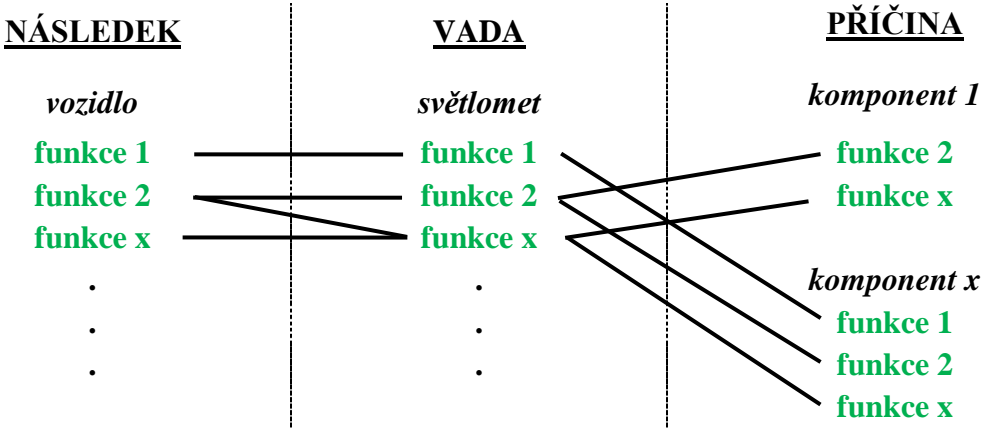
Č. Název dílu (materiál, zpracování)	KXX	TX	IQ-RM	1	2	3	4	5	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	7	8	9	10	11	12	
 Use proper material and colour (mechanical characteristic, thermal resistance) Provide proper dimensions (size, location, gap and fit) and decorative look (color, grain) Provide proper function against sweating Right position of decorative details (joint lines, flow marks, marks, injection points, ...) Right dimension Right shape Provide proper... Provide sufficient resistance to damage Provide proper... Provide proper... Provide correct function of built-in parts (position of elements)																					
				x	x	x	x	x	x						x	x					

Obrázek 28 Matice vztahů v SFM (Vlastní aplikace projektu)

 1. Cover lens (PC Makrolon + coating UVF 610) 2. Housing (PP-T40 black) 3. Bezel 1 (PBT+GF20 black) 4. Cover designelement 6 (PC Makrolon 1260 grey, metalized) 5. Cover des 6. Reflector Č. Název dílu 8. Cover DL 9. Cover DL 10. Cover design DI (PC-HT Apec 1897, partly metalized) 11. Ball pivot PT Delta 6x8 (gal.Zn) 12. PCB DLR/PO Reflow GR 13. PCB DLR/PO Reflow GR																						
				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Obrázek 29 Ukázka definovaných funkcí pro díly (Vlastní aplikace projektu)

Definované funkce se přiřadí k jednotlivým úrovním v programu IQ-RM. Posledním krokem je jejich propojení do sítě podle logické vazby mezi jednotlivými úrovněmi. Systémová struktura funkcí je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 30).

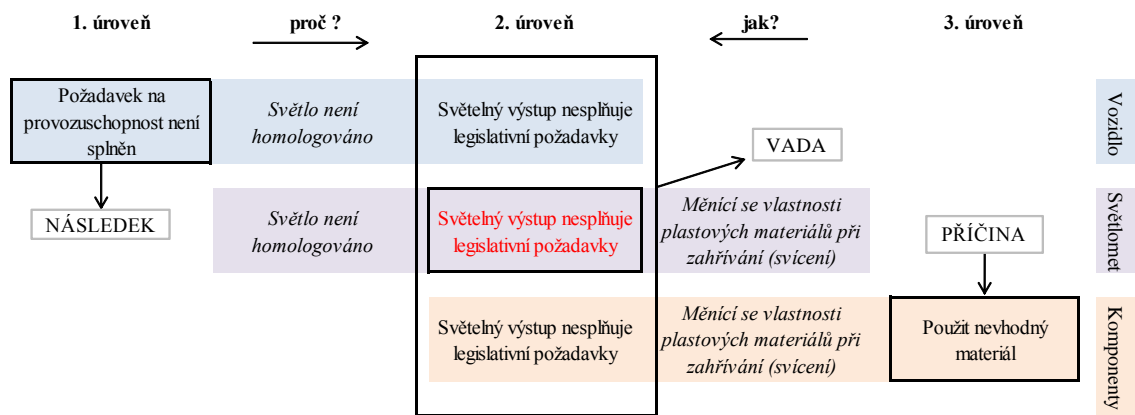


Obrázek 30 Systémová struktura funkcí (Vlastní zpracování)

7.2.4 Určení vadných funkcí systému

Určení vadných funkcí systému je důležitým bodem FMEA analýzy. Vadná funkce představuje potencionální vadu, která může nastat. Podle systémového přístupu představuje vadná funkce na úrovni vozidla NÁSLEDEK, na úrovni světlometu VADU,

na úrovni komponentů PŘÍČINU vady. Systémové pojetí struktury vad je znázorněno na obrázku 31.



Obrázek 31 Systémový pohled na vady (Vlastní zpracování)

Z pohledu samotného světlometu, bez integrace ostatních systémů, by mohla být definována vada: „Světelný výstup nespĺňuje legislativní požadavky“, příčina vady jako „Měníci se vlastnosti plastových materiálů při zahřívání (svícení)“ a následek jako „Světlo není homologováno“. Pokud se však na světlomet podíváme systémově, tj. patřící do vozidla a skládající se z jednotlivých komponentů, rozšiřují se vazby právě na tyto dvě úrovně. Příčina vady se nyní nachází na úrovni komponentů, resp. jejich charakteristik: „Použit nevhodný materiál“. Následek vady je vztažen k vozidlu („Požadavek na provozuschopnost není splněn“).

Pokud se na světlomet díváme z úrovně vozidla, potom následek vady z pohledu světlometu je zároveň vada u vozidla („Světlo není homologováno“). A naopak na úrovni komponentů je příčina vady z pohledu světlometu („Měníci se vlastnosti plastových materiálů při zahřívání (svícení)“) zároveň potenciální vadou komponenty. Podrobnější náčrt prolínání systémů je uveden v příloze (příloha P V).

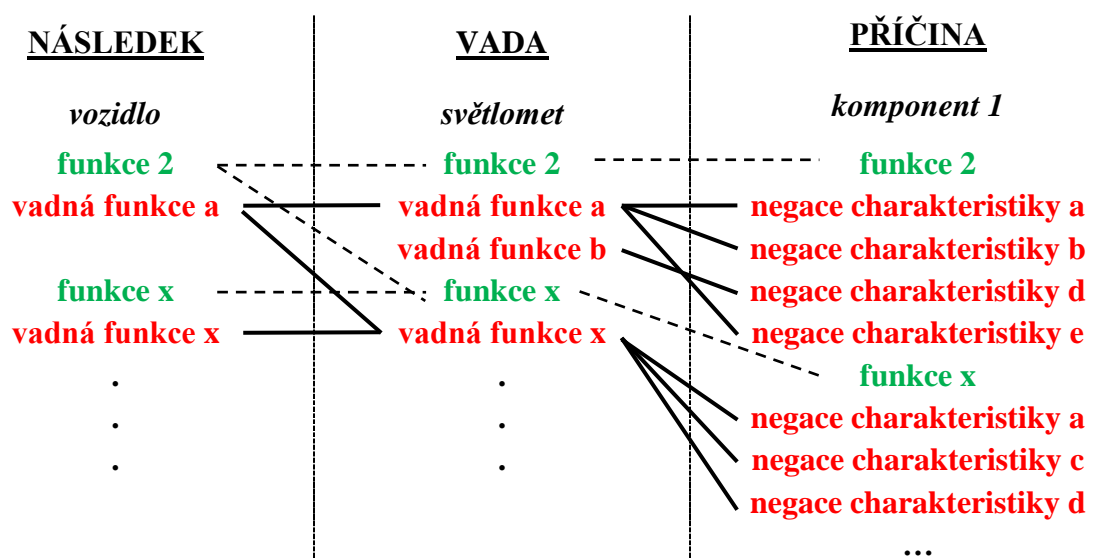
Při identifikaci vad na 1. a 2. úrovni se vychází z jednotlivých funkcí systému. Možnými vadami jsou při tom vadné funkce, tj. negace funkce každého prvku systému, které je možno blíže specifikovat (definuje se více vad pro jednu funkci). Při určování vadných funkcí je užitečné využít dříve získaných poznatků, popřípadě vytvořit strukturu vadných funkcí v týmové spolupráci.

Aby bylo možné stanovit vady na 3. úrovni, využijeme opět SFM. Pomocí SFM převedeme jednotlivé charakteristiky do negací (např. „Použití vhodného materiálu“ =>

„Použití nevhodného materiálu“). Ty přeneseme do struktury na základě stanovených vazeb mezi funkcemi a dostaneme vadné funkce 3. úrovně pro jednotlivé komponenty podle jejich charakteristik.

V systémovém pojetí je právě tato 3. úroveň nejpodstatnější, protože představuje kořenovou příčinu potencionálních vad světlometu, které následně mohou vést až k selhání celého systému, viz příklad v příloze (Příloha P V).

Na následujícím obrázku je znázorněna stromová struktura chybových funkcí pro světlomet (Obr. 32).



Obrázek 32 Systémová struktura chybových funkcí (Vlastní zpracování)

Po přiřazení vad k příslušným funkcím (IQ-RM) zbývá propojit vady mezi sebou do sítě (opět podle logických vazeb). V této fázi je již možné vygenerovat formulář FMEA, který je pro uživatele přehlednější než stromová struktura.

7.2.5 Určení akcí (nápravná opatření)

V dalším kroku se určí preventivní a detekční akce, pravděpodobnost výskytu a odhalitelnosti. Tento postup je standartním řešením, ale pro úplnost navrhovaného postupu a drobným rozdílům vyplývajících ze změny struktury vad jej ve zkratce popíšu.

Preventivní akce

Cílem je stanovit taková opatření, která pomohou zabránit vzniku potencionální vady. Preventivní akce umožňují definovat hodnotu pravděpodobnosti výskytu vady v konstrukci.

Hledáme odpověď na otázku: „**Jak zabráníme potencionální příčině vady?**“

Detekční akce

Cílem je určit taková opatření, aby bylo možné potencionální vadu zachytit co nejdříve. Detekce se většinou řídí pravidly zákazníka, takže stanovení je v podstatě předem určené. Detekční akce umožňují stanovit hodnotu detekce (odhalitelnosti) v procesu.

Hledáme odpověď na otázku: „**Jakým způsobem jsme schopni vadu zachytit?**“

Preventivní a detekční akce je potřeba posuzovat vždy z pohledu:

- kvality – jakou mají váhu pro zabránění rizika,
- nákladů – jak nákladné je zavedení opatření,
- času – ve které fázi se vada odhalí.

Z toho jasně vyplývá, že je důležité v první řadě zavést preventivní akce před detekčními, protože: a) zabraňují vzniku potencionálního problému, b) náklady na identifikaci možného problému jsou mnohonásobně menší než na jeho odstranění, c) řeší potencionální problém v počátku (ne zpětně až vznikne).

Určení hodnoty RPN

Na základě navržených preventivních a detekčních akcí se stanoví pravděpodobnost výskytu (O – z ang. „Occurence“) a detekce (D – z ang. „Detection“) potencionální vady. V programu IQ-RM je to možné udělat buď ve stromové struktuře na 3. úrovni, nebo přímo ve FMEA formuláři. Dále je potřeba určit závažnost (S – ang. „Severity“), která se váže k vadným funkcím na první úrovni - představuje význam důsledku vady pro zákazníka. Jestliže jsou správně propojeny všechny funkce ve struktuře, program následně spočítá konečné rizikové číslo RPN.

Určení váhy výskytu a detekce, tj. stanovení hodnoty 1 – 10 podle standartních kritérií, je po dohodě celého týmu, nicméně hlavní a finální slovo by měl mít konstruktér, který nese odpovědnost. Hodnota pravděpodobnosti výskytu odpovídá počtu preventivních akcí, které můžeme nasadit. K výskytu je vhodné přizvat zástupce výroby a vycházet ze statistik předešlých (podobných) projektů. Hodnota odhalitelnosti (detekce) vady vychází z toho, ve které fázi vývoje je možné ji odhalit.

7.2.6 Optimalizace - zavedení nápravných opatření:

Z pohledu rizika ($RPN = \text{závažnost} \times \text{výskyt} \times \text{detekce}$) je prioritní redukovat závažnost. To je ovšem značně obtížné, protože je to obvykle spojeno s požadavkem na změnu designu. Poté, co je snížena závažnost u jednotlivých položek, se pokračuje snížením výskytu. To je provedeno pomocí zavedení dalších preventivních a detekčních opatření.

Každé nápravné opatření musí mít odpovědnou osobu a termín. Preventivní i detekční nápravná opatření je vhodné stanovit dle milníků vývojového procesu (PEP - koncept, designové uvolnění, první výpadové kusy). V programu IQ-RM se tyto fáze označí jako nové revizní stavy. Nápravné akce musí být zavedeny u vad, kde je rizikové číslo nad určitou hranici. Ta je stanovena individuálně:

- dle konkrétního zákazníka ($RPN >$),
- na základě Pareto analýzy (20%),
- Risk Matrix (= pokročilé statistické hodnocení váhy rizika).

V počáteční fázi hodnocení se obvykle počítá s větším rizikem, protože nejsme v této fázi schopni vznik vady dostatečně zajistit preventivními opatřeními, a také ji nejsme schopni dostupnými prostředky detekovat. Například víme, že určitá vada může být odhalena až pomocí reálných testů ve fázi kvalifikace produktu a procesu.

V průběhu jednotlivých fází jsou preventivní a detekční akce doplňovány (ne zpětně) a tím je možné postupně snižovat rizikové číslo na požadovanou úroveň. Například na základě výsledků detekčních akcí (testů) se upraví hodnota výskytu - výskyt se sníží nebo zvýší v případě NOK výsledku.


Předpokladem pro efektivní zhodnocení dosavadního stavu a nasazení dalších akcí je zapotřebí zapojit široký okruh pracovníků (kromě týmu i pracovníci laboratoří, simulací a výroby).

7.2.7 Co dál

Samotným vytvořením FMEA se dají zjistit potenciaální rizika a jsou naplánovány akce, tím to však zdaleka nekončí. Je potřeba tyto akce „uvést k životu“, aby nebyly pouze na papíře. Nově zaváděné opatření je nutné schválit a následně zimplementovat do procesu. Poté by měla být provedena kontrola, zda jsou nápravná opatření dostatečná. Pokud tomu tak není, vrátí se tým zpět k bodu 5. – Optimalizace.

7.3 Shrnutí

Vytvoření FMEA by mělo probíhat v těchto krocích:

1. Analýza požadavků, určení týmu.
2. Definování rozsahu systému.
3. Analýza prvků systému a struktury + Definování SFM.
4. Analýza funkcí a struktury funkcí s použitím SFM.
5. Analýza vad s použitím SFM.
6. Určení akcí, hodnocení rizika. 
7. Optimalizace.
8. Zavedení nápravných opatření.

8 REALIZACE PROJEKTU

Výše navržený postup tvorby FMEA jsem měla možnost pod odborným vedením implementovat na reálný vývojový projekt. Před samotnou realizací jsem si vytvořila logický rámec, kde jsem shrnula hlavní body projektu (návrh postupu i realizace). Dále jsem vypracovala analýzu rizik, které vyplynuly z LR.

V této části se pokusím nastínit realizaci návrhu projektu FMEA (viz předchozí část). Nebude se jednat o vyčerpávající popis postupu, protože to není v možnostech rozsahu diplomové práce, ale pokusím se na názorných příkladech poukázat na důležité body při realizaci D-FMEA novou metodou.

Předmětem D-FMEA je halogenová verze světlometu pro německého zákazníka BMW. Jelikož se jedná o produkt ve fázi vývoje, který bude na trh představen až v roce 2015, určitá data podléhají utajení, a proto v ukázkách budou pozměněny nebo vynechány (např. obrázky komponentů, čísla dílů).

Analýzu D-FMEA jsem zpracovala v počítačovém programu IQ-RM od společnosti Apis, který firma využívá jako sofistikovaný nástroj pro tuto metodu.

8.1.1 Logický rámec, analýza rizik projektu

Logický rámec slouží jako dobrý nástroj pro plánování a řízení projektu. V logickém rámci (Tab. 1) je nejdříve vytvořen strom cílů, výstupů a aktivit. V dalším sloupci jsou stanoveny objektivně ověřitelné ukazatele (OOU) pro jednotlivé body, k aktivitám jsou přiřazeny zúčastněné osoby a zdroje. V dalším sloupci jsou sepsány zdroje údajů pro ověření ukazatelů a časový plán projektu. LR obsahuje logické vazby mezi určenými vstupy, plánovanými činnostmi a očekávanými výsledky. Díky těmto vazbám jsou odhadnuty potencionální problémy, které mohou mít vliv na úspěšnost projektu. Tato rizika jsou uvedena v posledním sloupci. Součástí tabulky je i odhad rozpočtu vynaložený na projekt.

V další tabulce (Tab. 2) je rozpracována analýza rizik projektu RIPRAN. Tato metoda se zaměřuje na rizika, která je nutné zvážit před začátkem projektu. Stanovená rizika vychází z LR, kde jsou seřazena podle jednotlivých fází projektu zdola nahoru.

Tabulka 1 Logický rámec projektu

POPIS PROJEKTU	OOU	PROSTŘEDKY OVĚŘENÍ	RIZIKA
ÚČEL PROJEKTU			
1. Implementace systémového přístupu podle VDA 2. Vytvoření D-FMEA dle zákaznických požadavků s orientací na kusovník	1.1. Struktura FMEA dle VDA 2.1. Schválení TOP risků zákazníkem	1.1.1. D-FMEA formulář 1.1.2. Síťová analýza (IQ-RM) 2.1.1. List TOP risků vztažený k jednotlivým dílům	
HLAVNÍ CÍL			
1. Uplatnění inovativní metody systémového přístupu tvorby D-FMEA	1.1. Snížení počtu reklamací ze strany zákazníka v důsledku chyby v konstrukci o 40% (2015) 1.2. Snížení doby vývoje a náběhu sériové výroby o 10-20% (2015) 1.3. Snížení počtu změnových řízení o 10%	1.1.1. Reklamace doručené na odpovědné pracoviště 1.2.1. Scorecard 1.3.1. Změnová řízení v systému Laender	<ul style="list-style-type: none"> • Nedostatek informací o procesu vývoje světlometu • Nedostatek informací o systémovém přístupu
VÝSTUPY PROJEKTU			
1. Vytvoření podpůrného formuláře pro zhodnocení vazeb mezi funkcemi světlometu a komponent 2. Zavedení nového postupu tvorby DMEA 3. Vytvoření systémové struktury D-FMEA 4. Akceptování výstupů D-FMEA zákazníkem	1.1. Univerzálně použitelný a standardizovaný podpůrný formulář SFM 2.1. Stromová struktura rozpadlá na jednotlivé díly 3.1. Jasná struktura sítě FMEA navazující na další úroveň systému 4.1. Odsouhlasení provedené analýzy zákazníkem	1.1.1. Dokument SFM 2.1.1. Síťová analýza (IQ-RM) 3.1.1. D-FMEA formulář 4.1.1. Krycí list podepsaný zákazníkem	<ul style="list-style-type: none"> • Nevládnutí vytvoření podpůrného dokumentu SFM • Nenalezení správného postupu • Nesprávná identifikace vad, příčin a následků • Zákazník nespokojen s výstupy analýzy

KLÍČOVÉ AKTIVITY	VSTUPY A ZDROJE	ČASOVÝ RÁMEC	
1. Definování projektu 2. Analýza a zhodnocení současného stavu 3. Vytvoření nového postupu 4. Týmové schůzky 5. Implementace metody FMEA – systémovým přístupem 6. Zhodnocení dosažených cílů 7. Návrhy na další zlepšení, prezentace	1.1. Management kvality, přímý nadřízený, vedoucí DP ve firmě 2.1. Pracovníci kvality 2.2. Checklisty, IQ-RM, list TOP risků, Hella směrnice, mezinárodní normy a příručky, atd. 3.1. Vedoucí DP ve firmě, konstruktér 3.2. Kusovník, výkresy, 3D modely 4.1. Projektový tým 4.2. Formulář SFM, PC, projekční a telekomunikační technika 5.1. Tým, další pracovníci ve vývoji, vedoucí DP 5.2. IQ-RM, specifikace zákazníka, výsledky simulací, DV plán, expertní vyjádření, Lessons Learn, Scorecard, směrnice, normy, atd. 6.1. Dokončená FMEA analýza 7.1. Software, projekční technika	1. říjen 2013 2. listopad 2013 3. prosinec 2013 4. leden – březen 2014 5. leden – březen 2014 (+ aktualizace do ukončení projektu vývoje) 6. březen 2014 7. březen – květen 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Nezájem zainteresovaných pracovníků na novém řešení • Neúčast na týmových schůzkách • Vstupy nejsou včas k dispozici • Nedostatečná uživatelská práva • Zpoždění procesu celého vývoje • Špatně odhadnuté termíny
			PODMÍNKY PRO ZAHÁJENÍ
Rozpočet: cca 100 hodin/pracovník kvality, 5-20 hodin/každého člena týmu (bez nákladů na vybavení a SW) => osobní odhad finančních nákladů celkem cca 120tis. Kč			<ul style="list-style-type: none"> • schválení projektu firmou • schválení obsahu DP vedoucím týmu

Tabulka 2 Analýza rizik projektu

Č.	HROZBA	SCÉNÁŘ	P	D	HR	OPATŘENÍ
1.	Nedostatek času na vypracování FMEA	• Špatně odhadnuté termíny při plánování FMEA	SP	SD	SHR	- Dobře připravený harmonogram dle termínového plánu - Hraniční termíny rozšířit o časovou rezervu - Pravidelná aktualizace a sledování jejich dodržování
		• Zpoždění procesu celého vývoje	SP	SD	SHR	- Nutnost dodržování termínového plánu - Sankce za zpoždění, které nebylo nutné
		• Vstupy nejsou včas k dispozici	NP	SD	NHR	- Důsledná aktualizace informací v systému - Využívání projektové složky – direktivně (standardizovat obsah)
2.	Nedostatek technického zajištění	• Nedostatečná uživatelská práva	NP	SD	NHR	- Před zahájením projektu zajistit všechna uživ. práva
3.	Pracovníci jsou časově zaneprázdnění	• Neúčast na týmových schůzkách	SP	SD	SHR	- Dostatečná rezerva na plánování schůzek - Nutno informovat o důležitosti účasti - Zastupitelnost pracovníka
4.	Nepochopení potřeby nového řešení	• Nezájem pracovníků o nové řešení	VP	SD	VHR	- Školení pracovníků - Brainstorming
5.	Nutnost jiného řešení	• Zákazník nespokojen s výstupy analýzy	NP	VD	SHR	- Předem zákazníka seznámit s očekávanými výstupy - Odsouhlasení postupu před zahájením projektu
6.	Provedená analýza nesplňuje požadavky	• Nenalezení správného postupu	SP	VD	VHR	- Časová rezerva na jiné řešení - Ověření správnosti na menším vzorku - Důsledné ověřování správnosti řešení po celou dobu

		• Nedostatek informací o systémovém přístupu	NP	SD	NHR	- Zajištění dostatečného množství literárních zdrojů - Školení pracovníků
7.	Nesprávný výstup analýzy	• Nesprávná identifikace vad, příčin a následků	SP	VD	VHR	- Týmová práce - Školení pracovníků - Kontrola dodržování systémové struktury - Použití SFM
8.	Obtížně proveditelná systémová analýza	• Nevytvoření podpůrného dokumentu SFM	SP	SD	SHR	- Týmová práce - Včasné plánování schůzek
9.	Neúplný obsah analýzy, chyby v analýze	• Nedostatek informací o procesu vývoje světlometu	NP	SD	NHR	- Před zahájením projektu se obeznámí důkladně s procesem vývoje

P... Pravděpodobnost D... Dopad HR... Hodnota rizika

VP – Vysoká pravděpodobnost	nad 33 %
SP – Střední pravděpodobnost	10 – 32 %
NP – Nízká pravděpodobnost	0 – 9 %

VD – Velký dopad	Ohrožení cíle projektu, jeho úspěšné dokončení
SD – Střední dopad	Ohrožení některé dílčí činnosti
ND – Nízký dopad	Bez větších dopadů na úspěšné uskutečnění projektu

Hodnota rizika	VD	SD	ND
VP	VVHR (velmi vysoká)	VHR	SHR
SP	VHR (vysoká)	SHR	NHR
NP	SHR (střední)	NHR (nízká)	VNHR (velmi nízká)

(Doležal, Máchal a Lacko, 2009, s. 75-79)

8.1.2 Krok 1: Analýza požadavků, určení týmu

Předpokladem pro tvorbu FMEA byla dobrá znalost procesu vývoje, se kterou jsem se seznámila v průběhu několika měsíců trainee programu.

Poté, co mi byl projekt přidělen, jsem se obeznámila s požadavky zákazníka, které jsou uvedeny v zákaznickém Lastenheftu (pro představu má okolo 100 stran). Tento dokument je důležitým vstupem pro FMEA analýzu, protože obsahuje velké množství informací od technické specifikace, přes požadavky na kvalitu, homologaci, bezpečnost, testování atd.

Dále jsem si nastudovala konstrukční výkresy všech dílů světlometu.

Důležitou součástí přípravy byla také analýza legislativních požadavků. V tomto případě se jedná o legislativní požadavky pro evropský a americký trh – ECE a SAE. Tyto požadavky vychází z Lastenheftu, kde je specifikované, na které trhy se bude produkt dodávat, dále požadavky na životní prostředí, povolené materiály, nastavovací rozsahy, atd. Mnoho informací jsem získala od ostatních pracovníků, kteří mi poskytli dobré rady a zkušenosti z jejich projektů. Všechny potřebné normy a interní směrnice jsem si vyhledala ve firemním systému.

Dalším krokem bylo určení týmu, který bude na tvorbě D-FMEA spolupracovat. Jedná se o vybrané členy širšího týmu pro celý vývojový projekt.

Projektový tým s hlavními zodpovědnostmi:

- **Sedláček Marek** (projekt manažer): sponzor (poskytování zdrojů a nastavení podmínek), definice projektových a FMEA milníků, kontrola a schválení FMEA, FMEA Start Agreement.
- **Schwarz Jaroslav** (FMEA moderátor): vedoucí DP práce v rámci firmy, metodický specialista, plánování a moderace schůzek, poskytnutí informací z jiných FMEA.
- **Balejová Iveta** (trainee, odd. kvality): vytvoření podpůrného dokumentu pro FMEA (Excel) a vypracování D-FMEA (IQ-RM), statistické vyhodnocení FMEA (vyhodnocení rizika), aktualizace D-FMEA (IQ-RM), vstupy pro FMEA, statistické vyhodnocení FMEA (vyhodnocení rizika).

- **Hanousek Milan** (odd. kvality): komunikace mezi zákazníkem a projektovým týmem, vstupy pro FMEA, poskytnutí informací z jiných FMEA.
- **Brostík Pavel** (vedoucí konstruktér): komunikace mezi zákazníkem a projektovým týmem, celková zodpovědnost za D-FMEA (obsah), uvolnění D-FMEA, prezentace D-FMEA zákazníkovi, vstupy jako BOM (čísla dílů), výkresy, expertní zprávy a Simulation Survey.
- **Hradil Milan** (optik): vstupy za optiku pro D-FMEA (Excel+IQ-RM), Lichtmuster a optické vzorky.
- **Zelený Jaroslav** (odd. kvality): vstupy za SW elektroniku pro FMEA (Excel+IQ-RM), koordinace TOP risků za elektroniku.
- **Schenk David** (odd. elektroniky): vstupy za HW elektroniku pro FMEA (Excel+IQ-RM).

Do projektu jsou zapojeni i další pracovníci, kteří poskytují vstupy pro analýzu (pracovníci laboratoří, zkušeben, apod.)

8.1.3 Krok 2: Definování rozsahu systému

Definování rozsahu bylo do určité míry dáno zákazníkem. Ten požadoval zpracování FMEA podle VDA 4.

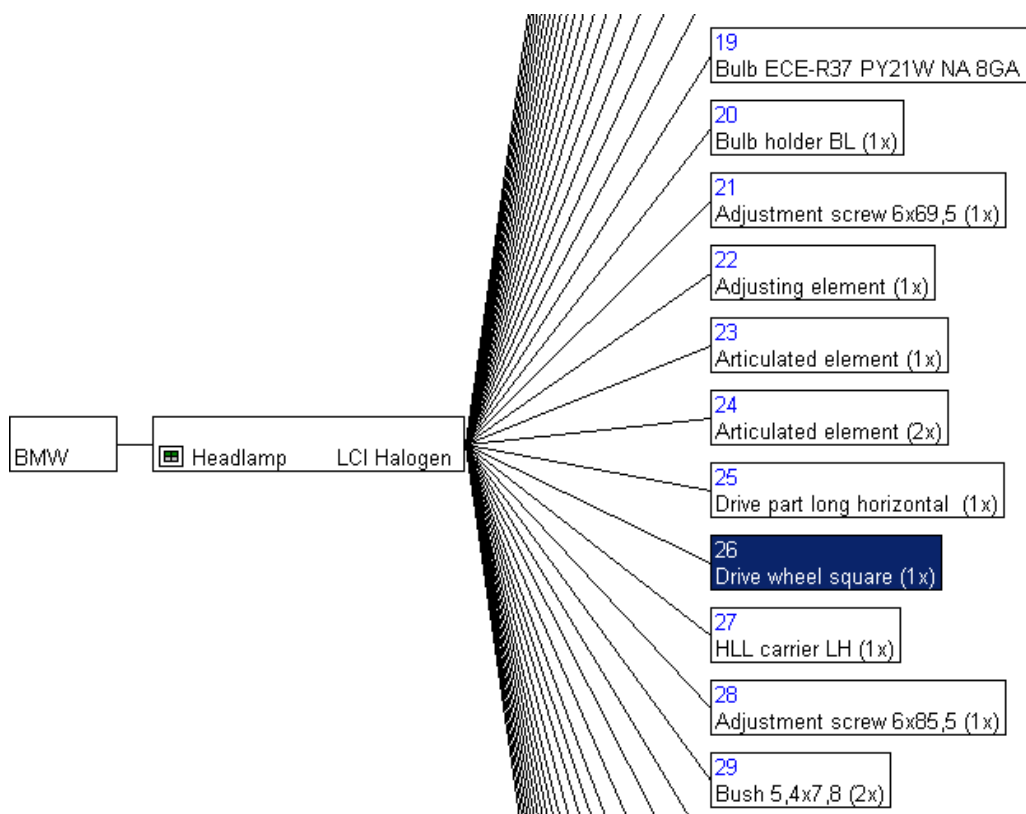
Definovaný rozsah systému: světlomet podle kusovníku (díly, které jsou dodávány vcelku, považovat za jeden díl), zahrnutí přebíraných i standartních dílů, SW řešený pouze na funkční úrovni, integrovat tento funkční systém do systému světlometu.

8.1.4 Krok 3: Analýza prvků systému a struktury

Ve stromové struktuře v programu IQ-RM jsem na základě definovaného rozsahu a systémového přístupu určila 3 úrovně (Obr. 33):

1. úroveň – vozidlo (světlomet z pohledu zákazníka),
2. úroveň – světlomet,
3. komponenty podle kusovníku – celkem 47 dílů.

U každého prvku jsem uvedla název, číslo dílu, materiál a 3D obrázek pro snadnou orientaci.



Obrázek 33 Struktura prvků systému (ukázka)

8.1.5 Krok 4: Analýza funkcí a struktury funkcí s použitím SFM

Definování funkcí na jednotlivých úrovních je vhodné stanovit v týmu. Nejdříve bylo potřeba určit funkce 1. a 2. úrovně. Vycházela jsem z předchozího projektu pro BMW a analyzovaných požadavků z kroku 1, na základě kterých byly definovány funkce světlometu vzhledem k vozidlu (Tab. 3) a funkce samotného světlometu (Tab. 4).

Tabulka 3 Funkce světlometu vzhledem k vozidlu

1	Provozní schopnost
2	Požadavek na osvětlení s ohledem na nařízení/zákonné ustanovení (ECE/SAE)
3	Světlomet v souladu se zákaznickou specifikací
4	Vyrobitelnost
5	Požadavky na splnění tolerancí
6	Integrace do vozidla
7	Odolnost vůči vnějším vlivům (teplota, voda, prach, koroze, mechanické a chemické vlivy)
8	Celkový design

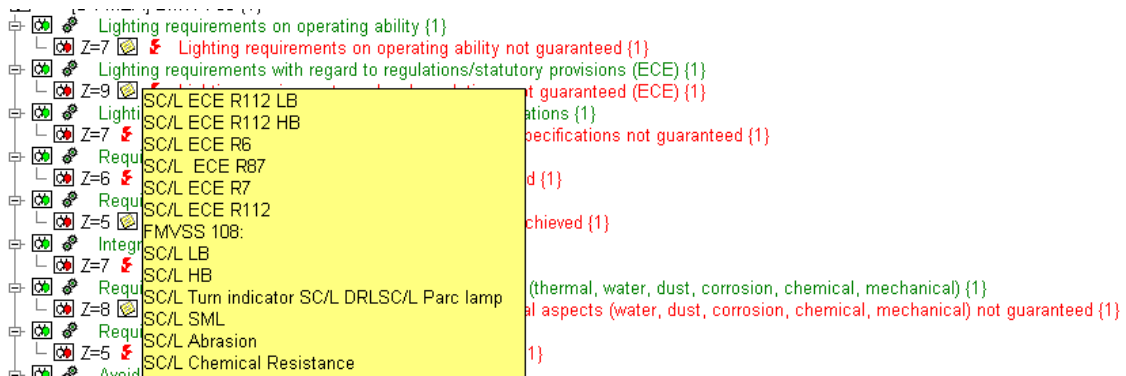
9	Zabránění vrzání a rachtání
10	Schopnost odmlžení v předepsaném čase
11	Splnění servisních požadavků (demontáž / montáž / žárovky)
12	Požadavek na šetrnost vůči životnímu prostředí

Na této úrovni jsem k příslušným funkcím přiřadila zvláštní znaky, dle dohody se zákazníkem značené symboly dle BMW. Aby bylo možné zvláštní znaky lépe interpretovat, připojila jsem jejich význam a interní značení do poznámky (Obr. 34).

Tabulka 4 Funkce světlometu

1	Generování světla (vlastnost žárovky svítit)
2	Distribuovat světlo (potkávací, dálkové, denní LED, poziční LED, stranové...)
3	Splnění výrobních požadavků (vyrobitelnost)
4	Splnění požadavků na spáry a lícování (podle schválené tabulky s tolerancemi v RPS bodech)
5	Splnění požadavků na montáž
6	Odolnost vůči vnějším vlivům (voda, prach, vibrace, atd.)
7	Akceptovatelný vzhled (dekorativní posouzení)
8	Poskytnutí seřizovacího rozsahu (použitím šroubů nebo motorku, rozsah natáčení)
9	Zabránění vrzání a rachtání
10	Schopnost odmlžení v předepsaném čase (světlomet svítí/nesvítí)
11	Splnění servisních požadavků (demontáž / montáž / žárovky)
12	Recyklace, homologace a materiálová značení

Funkce 2, 8 a 12 vychází z legislativy (fotometrie podle ECE/SAE/CCC, požadované nastavitelné rozsahy, bezpečnost – „světlo musí vždy svítit“ a „musí svítit správně“, IMDS – materiálová značení, povolené materiály), ostatní funkce jsou stanoveny na základě zákaznických požadavků, které vychází ze zákaznických specifikací („Lastenheftu“), a na základě požadavků výroby - funkce 3.



Obrázek 34 Příklad značení zvláštních znaků

Dalším krokem bylo vytvoření pomocné matice SFM. Ta se skládá z:

- hlavičky – kde jsou uvedené všechny potřebné informace k identifikaci dokumentu (název projektu, název produktu, kdo jej vypracoval, datum...),
- hlavní tabulky – vertikálně uvedeny jednotlivé komponenty, horizontálně funkce světloometu s rozšířením 6. bodu,
- vedlejší tabulky - informace o dílu, 3D obrázek, vertikálně stejné funkce jako v hlavní tabulce, horizontálně připravené kolonky na vyplnění charakteristik.

Tuto tabulku jsem vytvořila před zahájením série týmových schůzek, na kterých byly doplněny charakteristiky k jednotlivým dílům a následně doplněny vazby k funkcím. Data z vedlejších tabulek se pomocí rovnice přenesla do hlavní tabulky (Obr. 28 a 29), odkud jsem poté mohla nadefinovat funkce k jednotlivým komponentům ve stromové struktuře.

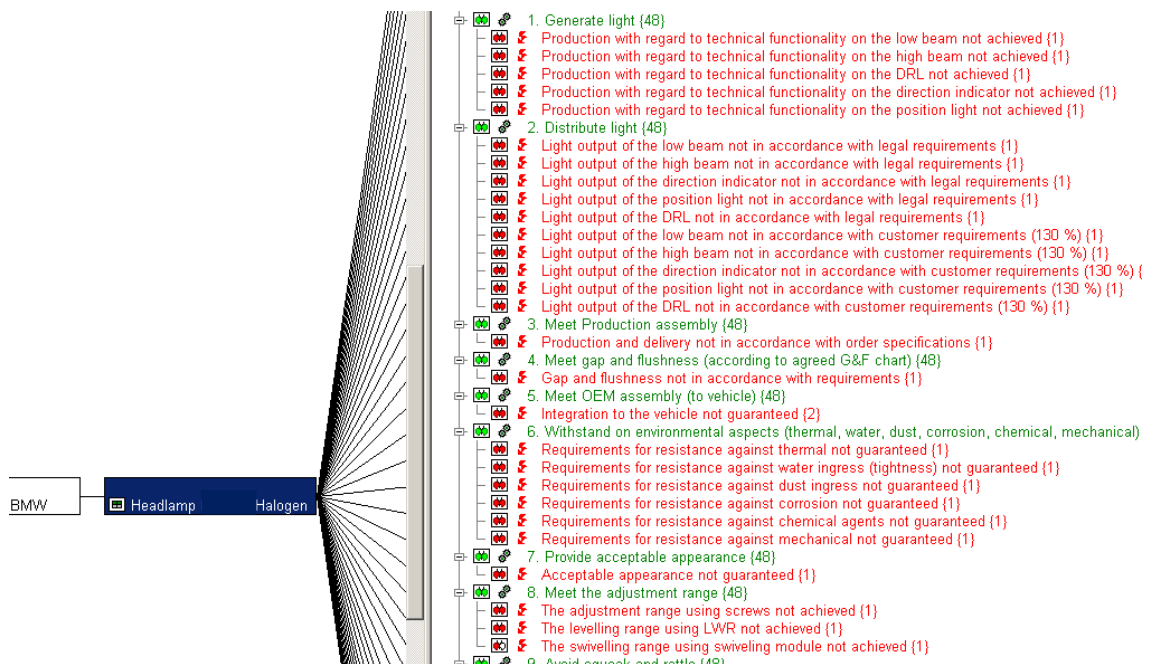
Vyplňování probíhalo bez problémů, členové týmu dobře chápali souvislosti mezi charakteristikami komponent a funkcemi světloometu. Protože tabulka byla vypracovaná předem, schůzky byly velmi efektivní bez zbytečného plýtvání časem (čekání na vyplnění, zbytečného „překlikávání“...). Použití obrázků se také ukázalo jako dobrá pomůcka při vyhodnocování, protože si každý ihned rychle představil, o jaký díl se jedná a jak vypadá.

SFM je součástí přílohy (příloha P VI).

Po nadefinování funkcí do IQ-RM jsem propojila jednotlivé úrovně pomocí vazeb mezi funkcemi do sítě funkcí.

8.1.6 Krok 5: Analýza vad s použitím SFM

Analýza vad 1. a 2. úrovně probíhala současně s analýzou funkcí na principu týmového brainstormingu. K jednotlivým funkcím byly nadefinovány jejich vadné stavy. Vady 3. úrovně „vznikly“ již při definování charakteristik jednotlivých dílů v SFM. Ty jsem převedla do negací (např. „splňuje“ => „nesplňuje“) a přiřadila je k příslušným funkcím do struktury v IQ-RM. U tohoto kroku nemusí být přítomní ostatní členové týmu, protože analýza vad 3. úrovně vychází již ze zpracované SFM.





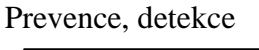


Obrázek 35 Příklad analýzy vad 2. úrovně

Definování vad (vadných funkcí) není příliš složité, pokud máme jasně a přesně stanovené funkce systému. Přenesení vadných funkcí 3. úrovně do IQ-RM je nicméně značně časově náročné, tím víc, čím víc je komponentů.

Po zanesení vadných funkcí do programu IQ-RM jsem jednotlivé vady opět propojila do sítě. Nejprve jsem logicky propojila vadné funkce 1. a 2. úrovně, následně jsem připojila 3. úroveň. Propojování 3. úrovně bylo jednoduché, díky stejně nadefinovaným funkcím ve 2. úrovni. Tato činnost byla provedena bez účasti ostatních členů týmu.

Po nadefinování celé struktury je možné zobrazit FMEA formulář v jeho klasické podobě (Obr. 36). Protože je však velmi obsáhlý a orientace je velmi složitá, připojila jsem ke všem chybám 3. úrovně 3D obrázky pro větší přehlednost.

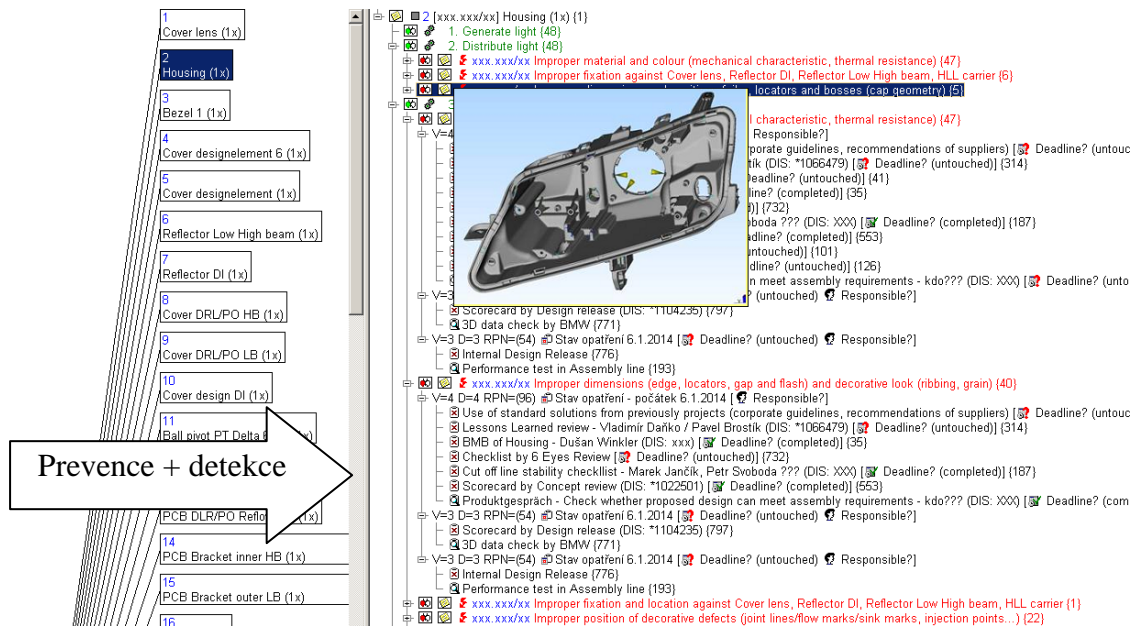
		F M E A Design			Index: 1 Page:					
		Type/Model: BMW FXY	Hella Part Name and Version: Headlamp BMW FXY Halogen ECE/ SAE BMW Part Name: TB ZB FLK LCI HALOGEN	Design Responsible: Brostik, Pavel, HAT-SE4, Lead Designer, +420-583-49-8382 Company: Hella Autotechnik NOVA s.r.o.	Created: 26.11.2013					
FMEA/system element: Headlamp FXY LCI Halogen		Hella Part Number: XXXX BMW Part Number: XXXXXX	Quality Responsible: Balejová, Iveta, HAT-QD, Quality planner, +420-585-49-1069; Daňko, Vladimír, HAT-QD, Quality planner, +420-583-49-8629; Schwarz, Jaroslav, QD-Office, FMEA specialist and moderator, +420-583-49-8615 Company: Hella Autotechnik NOVA s.r.o.	Created: 6.1.2014 Modified: 7.3.2014						
Effects	S	C	Failure mode	Cause	Preventive action	O	Detection action	D	RPN	R/D
System element: <input checked="" type="checkbox"/> Headlamp F30 LCI Halogen										
Function: <input checked="" type="checkbox"/> 3. Meet Production assembly (48)										
<input checked="" type="checkbox"/> Manufacturability of the headlamp not guaranteed (1)	6		<input checked="" type="checkbox"/> Production and delivery not in accordance with order specifications (1)	198.640-01/02 <input checked="" type="checkbox"/> Improper position of decorative defects (joint lines/flow marks/sink marks, injection points...) (22)	Initial state: 6.1.2014 Development Use of standard solutions from previously projects (corporate guidelines, recommendations of suppliers) (789) Deadline? (untouched) Lessons Learned review - Vladimír Daňko, Jaroslav Schwarz, Jaroslav Winkler (DIS: XXX) (35) Deadline? (untouched)	4	Produktgespräch - Check whether proposed design can meet assembly requirements - kdo?? (DIS: XXX) (237) Deadline? (untouched)	4	(96)	Responsible? in progress
										

Obrázek 36 FMEA formulář (ukázka)

8.1.7 Krok 6: Určení akcí, hodnocení rizika

Velmi důležitým krokem bylo přiřazení preventivních a detekčních akcí k jednotlivým vadným funkcím. Tento krok vyžaduje týmovou spolupráci a informace z dalších stran (pracovníci laboratoří, výroby...), proto bylo nutné naplánovat další sérii schůzek.

Před týmovými schůzkami jsem si do IQ-RM předdefinovala preventivní a detekční akce na základě zkušeností z předešlých projektů. Dále jsem ke každé vadě připojila milníky (revizní stavy) pro optimalizaci. Na schůzkách se prošla vada po vadě a doplnily se preventivní a detekční akce plánované i pro další období. Dále se vyhodnotily pravděpodobnosti výskytu a detekce na základě navržených akcí. Pro akce byly stanoveny termíny a určeny odpovědné osoby.



Obrázek 37 Přiřazení detekčních a preventivních akcí + hodnocení (ukázka)

Tento krok je opět časově náročný, což vychází z nutnosti vyhodnotit a přiřadit akce k velkému množství potenciálních vad (pro představu jsou to stovky až tisíce možných vad). Nutná je příprava na schůzky tak, aby se řešily jen činnosti přidávající hodnotu. Dobrým pomocníkem je v tomto případě použití tzv. katalogů v IQ-RM, kde jsem předem nadefinovala prevence a detekce, symbolické termíny, odpovědné osoby, atd. Při schůzce se tak „neztrácel čas“ vypisováním údajů, ale vybíralo se z těchto katalogů. Změna údajů v katalogu se zároveň promítá do celého dokumentu, což je při tak velkém množství dat velkou výhodou.

Po přiřazení akcí a vyhodnocení RPN, je FMEA připravená pro statistické vyhodnocení. Podle toho, jaká data mají být zkoumána, jsou navoleny parametry. V programu IQ-RM jsou k dispozici například:

- Pareto analýza – zastoupení nejzávažnějších poruch v rámci celkového rizika.
- Frekvenční analýza – četnost výskytu podle RPN.
- Risk Matrix – zastoupení závažnosti a výskytu (v závislosti na VDA) a kategorizace v červené, žluté a zelené.

Příklady uvedených analýz jsou součástí přílohy (příloha P VII).

Kroky 7. a 8. probíhají v časovém horizontu přesahujícím termín odevzdání diplomové práce, proto je nemohu zcela zhodnotit.

Na základě výsledků nasazených preventivních a detekčních akcí, se hodnotí plánované akce pro další období a v případě potřeby jsou doplňovány akcemi dalšími. Dále jsou stanoveny nové pravděpodobnosti výskytu a detekce tak, aby odpovídaly dané fázi projektu.

8.2 Výhody uplatňování systémového přístupu pomocí SFM

✓ identifikace kořenové příčiny

Využitím SFM při tvorbě D-FMEA lze dosáhnout toho, že tým lépe porozumí určování možnosti vady u jednotlivých dílů a souvislostí k celkovému produktu. To znamená, že tým dokáže lépe pochopit, jaký druh poruch na dílčích úrovních, v tomto případě na úrovni jednotlivých dílů, bude mít vliv na celkový produkt - světlomet.

FMEA zaměřená na kusovník poskytuje lepší představu o souvislostech mezi jednotlivými komponenty a jejich vadami a příčinami těchto vad na úrovni dílů. Pomocí SFM je pro konstruktéra a další členy týmu jednoduché identifikovat a definovat kořenovou příčinu a vztáhnou ji ke konkrétní funkci (pomocí Checklistu je to velmi obtížné). Nejedná se tak pouze o vyplnění přichystaného formuláře, ale díky chápání souvislostí je vytvořena analýza, která má vysokou přidanou hodnotu.

✓ zohlednění rozhraní

D-FMEA pomocí SFM obsahuje také analýzu rozhraní, která je zahrnuta v charakteristikách jednotlivých dílů. Zkoumá se vzájemná funkční souvislost jednotlivých dílů. Pomocí SFM lze jednoduše vyjádřit vzájemnou souvislost mezi funkcemi a prvky (díly) v rozhraní. Stanovení a posouzení rozhraní u jednotlivých dílů v SFM následně usnadňuje práci se strukturováním sítě. Na rozdíl od analýzy zaměřené na funkce (Checklist) je patrné, že některé komponenty mohou způsobovat vady v interakci s jinými.

✓ efektivnější tvorba sítě v IQ-RM

Pomocí matice SFM jsou charakteristiky jednotlivých dílů vztaheny k funkcím, které jsou následně společně automaticky přiřazeny pro jednotlivé komponenty. To na jednu stranu zjednodušuje vytváření sítě v IQ-RM, protože není potřeba zadávat každou charakteristiku zvlášť, ale také usnadňuje propojování funkční sítě. Zároveň jsou pomocí matice určeny

vady funkcí, které jsou pomocí matice vztažené ke konkrétním funkcím. To opět usnadňuje následné propojování sítě chyb v IQ-RM.

Vzhledem k množství dílů a následného množství analyzovaných dat je téměř nemožné vyplňovat údaje přímo do IQ-RM. SFM tabulka je účinná „pomůcka“ pro stanovení vazeb mezi jednotlivými díly a funkcemi světloometu. Navíc je všemi lehce pochopitelná a její vyplnění zabere jen zlomek času, naproti vyplňování stromové struktury do programu IQ-RM. Převedení SFM do programu IQ-RM vykonává pouze kvalitář, bez nutnosti účasti ostatních členů týmu. Tím je eliminován čas zdlouhavých schůzek, který nepřidává hodnotu.

Pro analyzované vady na úrovni komponentů (jejich charakteristik) se stanoví detekční a preventivní akce přesněji, než tomu bylo u Checklistu, protože je možné si lépe představit souvislosti mezi možnou chybou a konkrétním dílem, než chybou a nespecifikovaným zdrojem chyby.

Formulář SFM usnadňuje následnou práci v IQ-RM také tím, že z něho lze čerpat všechna potřebná data – názvy, čísla dílů, druh materiálu, obrázky. Není potřeba vyhledávat další data, často na různých místech v databázi, což by mohlo vést k tomu, že pracovník, který vytváří složitou strukturu v IQ-RM tzv. „ztratí nit“.

✓ **jednoduchá orientace v síťové struktuře**

Síť funkcí a chyb vytvořená převedením dat z SFM do stromové struktury je jednoznačná a s logickými návaznostmi. Pro uživatele není problém se v ní v krátkém čase dobře zorientovat a pochopit systémové souvislosti od jednotlivých dílů až ke konečnému produktu (světloometu, automobilu). To bylo u funkční analýzy problematické. Je to dáno jasným vymezením vztahů příčina-vada-následek na úrovni komponentů, které tvoří první úroveň systémové struktury s návazností na další úrovně.

✓ **univerzální dokument, standardizovaný postup**

SFM je implementovatelná na jakýkoliv projekt. Nezáleží na složitosti světloometu. Hlavní struktura zůstává stejná, mění se komponenty dle kusovníku. Jejich charakteristiky se pouze lehce přizpůsobí ke konkrétnímu světloometu. Je možné charakteristiky jednoduše doplňovat také během hodnocení, což umožňuje flexibilnější posouzení všech komponent. Také lze přidat nebo odebrat funkce světloometu dle relevantnosti a konkrétních požadavků.

Tyto úkony jsou na rozdíl od pracovní změny Checklistu velmi jednoduché a nezaberou příliš času.

Již samotné používání standardních dílů umožňuje zjednodušení tvorby matice v SFM, protože lze v určitých případech převzít hodnocení charakteristik vzhledem k funkcím z předešlých projektů. Je nutné znovu posoudit rozhraní a také relevantnost jednotlivých hodnocení. Domnívám se, že na základě výsledování opakujících se hodnocení (u standardních dílů) bude možné v budoucnu určité díly řešit pouze z pohledu rozhraní, což zjednoduší a „zeštíhlí“ následnou analýzu v programu IQ-RM.

✓ **efektivní týmové schůzky**

Vytvořená síť funkcí a chyb v SFM je již „přichystaná“ pro následnou analýzu a vyhodnocení během schůzek. To opět eliminuje čas, který by ostatní členové týmu jinak trávili čekáním (např. čekání na informace, čekání na vyplnění struktury, propojení sítě, apod.).

8.3 Návrh na zlepšení pro budoucí implementaci

➤ **včasné zahájení**

Nedostatek: Mnohdy je FMEA vytvářena příliš pozdě, a tak se snižuje její účinnost.

Častá změna designu vede k nutným změnám a přepracováním ve FMEA analýze. Mnohdy dochází ke změnám v konstrukci těsně před zmrazením dat. Je složité pružně reagovat na neustálé změny designu a včas je promítnout do FMEA analýzy. FMEA je tak často vytvářena až když je design „hotový“. Vytvoření dokumentu až po zmrazení dat navíc ulehčuje práci s úpravami dokumentu. Předpokladem efektivnosti D-FMEA je však její včasné zpracování.

Možné řešení:

Důležitým kritériem pro efektivní FMEA je její včasné zahájení, a to při stanovení konstrukčního konceptu. Jak bylo zmíněno v předchozích návrzích, je vhodné proškolení všechny pracovníky. Možným řešením by mohl být i navrhovaný harmonogram, který by byl odsouhlasen členy týmu (určitý závazek, motivace).

➤ Definování užšího rozsahu FMEA

Nedostatek: Výsledný formulář FMEA je příliš obsáhlý, vyplnění FMEA trvá poměrně dlouho, je těžké vyhodnotit analýzu, protože se výsledek odvíjí od subjektivního ohodnocení rizika pro velký počet vad.

Tím, že jsou zohledněna opravdu všechna možná rizika na úrovni všech dílů (popř. skupin dílů), vznikne FMEA formulář, který má stovky stran. To vede mnohé k přesvědčení, že takový dokument nemůže mít žádnou vypovídající hodnotu. Při samotném hodnocení rizika tolika možných vad také dochází k tomu, že rizika jsou hodnocena „stereotypně“, bez hlubšího zamyšlení se nad významem možné vady.

Možné řešení:

Definování užšího rozsahu FMEA s použitím SFM.

Navrhují definovat rozsah FMEA pomocí SFM tím, že se při určování jednotlivých charakteristik ve vztahu k jejich funkcím se barevně rozliší jejich priorita. (Ne)nahrazoval by se tak dokument „Prioritization of the Product for FMEA“ - blíže by se specifikoval rozsah analýzy.

Pro lepší vizualizaci v matici lze určit barevnou škálu priorit, například:

- **zelená** – standardní řešení, již v minulosti analyzované, minimální pravděpodobnost, že by v konkrétním případě došlo ke vzniku závažné vady,
- **žlutá** – standardní řešení, avšak je možnost, že v konkrétním případě může být větší riziko vzniku vady,
- **červená** – nové řešení; u standardních dílů vliv na další prvky v rozhraní.

Do stromové struktury v IQ-RM by se poté promítly pouze charakteristiky s červeným a žlutým označením. Nezhledňování (vynechání) určitých charakteristik (zelené označení) a tím i nezahrnutí jejich vadných funkcí do analýzy však předpokládá důsledné zdůvodnění, například zkušenosti z předchozích projektů, které nepotvrdily, že by tato možná vada v reálu vznikla. Takovéto řešení je efektivnější naproti velké časové náročnosti na vyplnění každého prvku do FMEA analýzy, a to nemluvě o větší přehlednosti výsledného FMEA formuláře. Požadavky vycházející z VDA i ze zákaznických požadavků na BOM by byly přitom splněny, protože by struktura obsahovala rozpad dle kusovníku až na charakteristiky jednotlivých komponentů, jen by se zúžil definovaný rozsah pro FMEA analýzu.

Tímto způsobem by se mohla zlepšit vypovídající schopnost FMEA analýzy. Došlo by ke zjednodušení a zrychlení implementace SFM do struktury v IQ-RM, a zároveň by existoval dokument, který by dokládal, podle jakých kritérií byl stanoven rozsah analýzy.

Definování rozsahu FMEA podle tohoto návrhu by mělo být zaimplementováno do firemních směrnic a odsouhlaseno zákazníkem ve Start Agreementu.

Dále bych doporučila konkrétně vymežit spolupráci designéra a pracovníka kvality tak, aby pracovník kvality měl jasné, včasné a relevantní podklady pro SFM. Navrhuji provést brainstorming v menších skupinách složených z designérů (konstruktérů) a pracovníků kvality na téma D-FMEA, při kterých by byly diskutovány role, požadavky a očekávání na tvorbu D-FMEA. Důraz by měl být kladen na objasnění metody SFM a nastínění pozitivních dopadů na práci obou zainteresovaných stran. Cílem by měl být návrh efektivnější spolupráce, na kterém se podílely obě zainteresované strany (popřípadě další členové týmu).

➤ **Plánování schůzek**

Nedostatek: FMEA dělá „jen kvalitář“, neochota ostatních členů v účasti na schůzkách

Jelikož za obsah D-FMEA je zodpovědný konstruktér, mělo by být v jeho zájmu, spolupracovat na její tvorbě s pracovníkem kvality. Pracovníci však ve spoustě případů nevidí přínos analýzy, berou ji jen jako nutný dokument k auditu, který je zbytečně připravuje o drahocenný čas.

Možné řešení:

Navrhuji při úvodní schůzce týmu FMEA vytvořit hrubý časový rozvrh pro plánování schůzek. Tento časový harmonogram by měl obsahovat hlavní kroky analýzy a časový rámec (např. v týdnech podle termínů projektu - koncepční, designové uvolnění...). Dále by ke každému kroku měly být určeny osoby, jejichž účast na řešení je povinná. Součástí tohoto dokumentu by dále mohly být zápisy ze schůzek.

Harmonogram by měl být odsouhlasen všemi členy týmu (společně se „Start agreement“) a uložen v projektové složce (dostupný všem členům týmu). Pracovník QD by jej měl při každé schůzce aktualizovat – účast, co se řešilo, co bude předmětem další schůzky (v novém listu, impulz pro naplánování další schůzky). Zároveň by výstupem první

schůzky bylo konkrétní naplánování činností a úkolů na nejbližší období (např. v dalším listu Excelu).

Výhodou tohoto postupu je:

- standartní dokument použitelný pro všechny projekty,
- jasné stanovení kdo a kdy má být zapojen a co se od něj bude požadovat – možno se připravit dostatečně dopředu,
- doklad o zapojení týmu („nedělal to jen kvalitář, osamocen“),
- efektivní plánování činností,
- kontrola nad dodržováním termínů (nutná aktualizace harmonogramu).

➤ **Proškolení zaměstnanců**

Nedostatek: Zaměstnanci se k metodě FMEA vztažené na díly staví značně negativně, mají výhrady k časové náročnosti a nevidí její přínosy.

Většina pracovníků (jiné týmy) se na nové metodě nepodílela. Je proto nutné, prodiskutovat s nimi navržené změny.

Možné řešení:

Z mého pohledu je analýza pomocí SFM dobře pochopitelná jak z pohledu jejího samotného zpracování, tak z pohledu jejího obsahu. Poměrně jednoduchá je také orientace v případě změn a aktualizací. Předpokladem pro efektivně zpracovanou FMEA analýzu je dobrá znalost její tvorby. Je proto nutné seznámit a proškolit všechny zodpovědné zaměstnance.

Doporučovala bych klást důraz na objasnění důvodů, proč D-FMEA provádět pomocí SFM. Navrhovala bych implementovat do úvodního školení jasnou ukázkou souvislostí mezi SFM a strukturou IQ-RM, včetně nastínění jednoduchosti následného propojování funkcí do systémové struktury.

Nové postupy musí být všem jasné, aby je mohli sami implementovat na své projekty. Lepší přijetí těchto nových postupů lze dosáhnout například metodou brainstorming a metodou 5 x Proč. Chyba v tomto kroku může dramaticky zhoršit přijetí a implementaci nového postupu, který nebude pracovníky akceptován, nebo minimálně s velkým vynaložením dalších sil.

➤ **Stanovení preventivních a detekčních akcí**

a) *Názory na stanovení detekčních a preventivních opatření se mezi jednotlivými pracovníky liší.*

Není jednoznačné, jaké preventivní a detekční opatření mají být použity při hodnocení jednotlivých chybných funkcí. V praxi se lze setkat se dvěma názory. Stanovením širokého výčtu detekcí a preventivních opatření je možné snížit rizikové číslo RPZ. Na druhou stranu existuje názor, že vhodné je stanovit pouze takové detekce a preventivní opatření, která jsou pro danou chybu nejvíce relevantní a tím dostatečně pokrýt riziko.

Možné řešení:

Navrhuji provést brainstorming a jasně stanovit, do jaké míry je nutný výčet všech možných detekcí a preventivních opatření. Zároveň bych při určování detekcí a prevencí zejména ve fázi optimalizace doporučila, se primárně zaměřit na rizikovější komponenty (Pareto analýza) – řešit 20% rizik v nápravných opatřeních.

b) *Neklade se důraz na stanovení nápravných opatření, místo toho se „sníží“ číslo RPN*

Hodnocení rizika a stanovení nápravných opatření u velkého počtu vadných funkcí je náročné jak na čas, tak na správnost.

Možné řešení:

Možností je výše zmíněné celkové „zeštíhlení“ FMEA analýzy tím, že je kladen větší důraz na rizikovější komponenty. Pokud je navíc od počátku (SFM) zaměřena pozornost na rizikové funkce, vznikne menší prostor pro obcházení nápravných opatření umělým snižováním rizikového čísla.

Další návrhy na zlepšení:

➤ **zapojit dodavatelské FMEA do systému**

Pokud dodavatelé vypracovávají D-FMEA, je možné zohlednit jejich top risky, což je smyslem systémového přístupu.

➤ **zhodnotit rizika z D-FMEA a PFMEA přes rozhraní**

Při PFMEA se počítá s nulovými chybami v designu, nicméně by bylo vhodné upozornit na možné problémy spojené s designem, které mohou zkomplikovat proces montáže a nastavit proces tak, aby na tato risky byl kladen vyšší důraz.

➤ **standardizovat Lessons Learn**

Lessons Learn by měl být standartní dokument, ve kterém se zaznamenávají nejzávažnější problémy v jednotlivých fázích projektu. Podkladem by pro jeho tvorbu mohly být také poznámky ze schůzek (viz výše). Navrhují určení osoby jako je FMEA moderátor, který by vše zastřešoval a účastnil by se úvodních schůzek v dalších podobných projektech.

➤ **zjednodušení vyhledávání „DIS“** (čísla všech dat a dokumentů, pod kterým jsou uloženy v centrálním systému SAP-PDM)

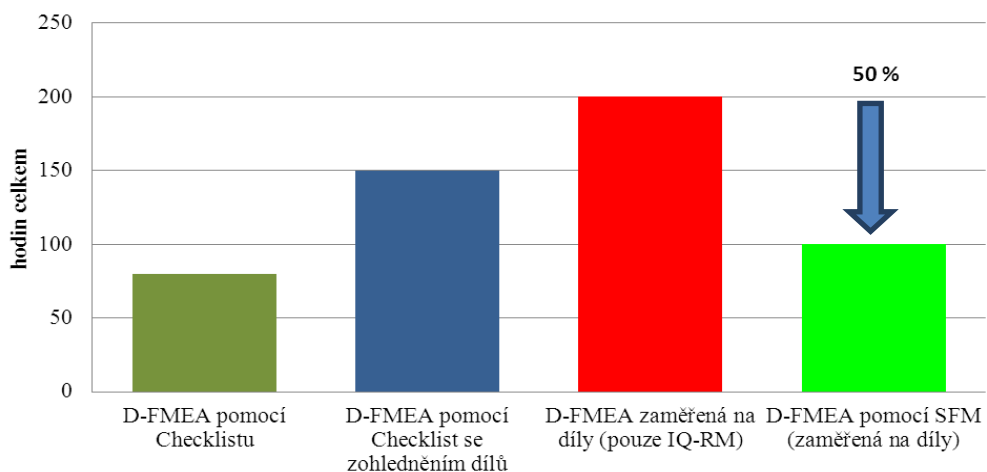
Ve FMEA je často odkazováno na jiné dokumenty, které jsou uloženy v centrálním systému. Navrhují, aby byla v projektové složce, kde jsou ukládány všechny dokumenty projektu, vytvořena podsložka. Zde by byla shromážděna všechna čísla DIS pro konkrétní projekt, což by urychlilo jejich vyhledávání.

9 VYHODNOCENÍ PROJEKTU

Systemová FMEA je navržena tak, aby bylo možné pochopit celkovou spolehlivost systému a promítnout možné účinky vad na další úrovně v systému, tj. na zákazníka (např. dalšího subdodavatele). Konečný výrobce (v tomto případě výrobce automobilu) má tak spolehlivý nástroj, kterým může sledovat spolehlivost celého systému.

Systemovým přístupem tvorby D-FMEA získávají členové týmu také lepší představu o vzniku možných vad v procesu výroby, který se následně promítá v PFMEA.

Dnešní světlometry mají desítky komponentů. Vytvoření funkční sítě, identifikace vad a jejich příčin a následků na úrovni komponentů je velmi složitý a časově náročný proces. Mezi jednotlivými funkcemi navíc vznikají rozhraní, tj. určité vazby, které způsobují, že se jednotlivé prvky v síti navzájem ovlivňují. SFM usnadňuje vytvoření FMEA analýzy, a to jak strukturu, tak síť funkcí a chyb. S novými požadavky VDA - rozpad struktury na úroveň charakteristik jednotlivých komponentů a s požadavky na analýzu dle kusovníku, by FMEA analýza bez použití SFM trvala odhadem až o ½ déle, než její vytvoření přímo v IQ-RM a o ⅓ déle, než s využitím Checklistu.



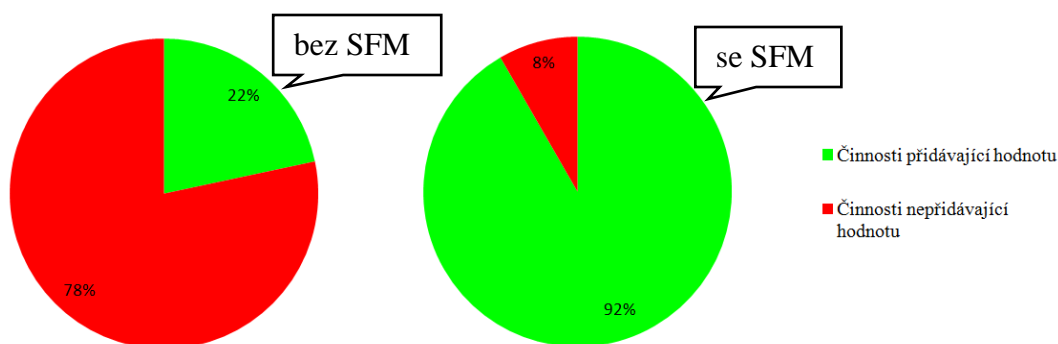
Obrázek 38 Porovnání časové náročnosti jednotlivých variant (Vlastní zpracování)

Při hodnocení časové náročnosti a srovnání Checklistu a SFM je potřeba vzít v úvahu, že orientace na funkce (Checklist) je jen zlomek toho, co musí obsahovat D-FMEA orientovaná na díly.

Formulář SFM v tomto případě zjednodušuje spolupráci konstruktéra a kvalitáře. Při schůzkách byla odstraněna činnost, která je pro konstruktéra a další členy týmu

plýtváním, tj. zadávání údajů a propojování funkcí a chyb do funkční sítě, které tvořilo cca 70% času schůzky a je v kompetencích kvalitáře.

Na schůzce se stanovují vlivy jednotlivých dílů na funkce světloometu (křížkováním). To se zapisuje do předpřipravené matice SFM, kterou následně pracovník kvality převede do IQ-RM (bez nutné přítomnosti konstruktéra). Pro kvalitáře jsou pomocí SFM lépe pochopitelné a uchopitelné souvislosti mezi designem, vznikem možných vad, jejich příčin a následků, a tak možná samostatnější práce při tvorbě celkové sítě FMEA. Zbýlých 8% tvoří činnosti, které sami o sobě nepřidávají hodnotu, avšak jsou při schůzkách nutné (úvod do problematiky, definování matice charakteristik, apod.).



Obrázek 39 Přidaná hodnota činností při schůzkách bez a s využitím SFM
(Vlastní zpracování)

Realizací projektu jsem si ověřila možnost implementace navrhovaného řešení. Efektivnost tohoto řešení byla potvrzena projektovým manažerem při porovnání počtu změnových řízení. Naproti jiným projektům se snížil počet změnových řízení ve fázi návrhu designu o 10%.

ZÁVĚR

V Helle, velké mezinárodní společnosti dodávající produkty pro automobilový průmysl, jsem pracovala jako trainee po dobu deseti měsíců. Za tuto dobu jsem se měla možnost zapojit do procesu vývoje světlometu ve fázi od počátku návrhu designu po tzv. „začátek produkce“. Stala jsem se součástí týmu a poznala jsem, jak náročné je zkoordinovat časové možnosti jednotlivých členů, domluvit schůzky a zároveň stíhat vlastní práci. V oddělení kvality, kde jsem zastávala pozici kvalitářky vývoje, jsem se seznámila zejména s používáním metody FMEA, a to jak designové (konstrukční), tak procesní.

Existují různé způsoby, jak designovou FMEA provádět, a také jak interpretovat její výsledky. Nicméně pro většinu lidí je designová FMEA velmi těžko „uchopitelná“, protože na rozdíl od procesní, si nelze jednoduše představit souvislosti mezi jednotlivými díly (případně funkcemi), jejich vadami a následky na konečný produkt. Lidé tak často mají tendenci jen „vyplnit papír“ bez hlubšího zamyšlení se nad souvislostmi, které mohou odhalit vadu ještě před jejím vznikem v raných fázích projektu. Pokud se objeví až v dalších fázích vývoje, jsou už náklady na její odstranění mnohonásobně vyšší. Impuls k novému způsobu tvorby designové FMEA přišel hlavně se změnou legislativy (VDA), kdy v roce 2011 německé automobilky začaly vyžadovat orientaci na díly podle BOM. Tomuto přístupu plně nevyhovovaly používané metody, proto bylo potřeba přijít s inovativním řešením.

Práce s FMEA byla velmi zajímavá, a také náročná. Zajímavá byla především designová FMEA, kterou jsem zpracovávala tímto novým, inovativním způsobem. Ten byl časově náročnější než FMEA analýzy prováděné starším způsobem, jelikož jsem neměla příliš „z čeho se odrazit“. Systémová Design FMEA je oproti předešlým dosti obšírná, což mnozí vidí jako nevýhodu, avšak samotný proces tvorby i konečný výsledek mě přesvědčily o tom, že systémovým způsobem lze dosáhnout lepšího pochopení souvislostí mezi vadami a následky jednotlivých dílů a pomocí SFM (System and Function Matrix) také poměrně jednoduše zpracovat stromovou strukturu funkcí a vad do počítačového programu IQ-RM. Design FMEA se tak stává dobře pochopitelná a uchopitelná pro každého, kdo s ní bude v budoucnu pracovat.

Myslím si, že metoda SFM je tím správným způsobem, jak přistupovat k náročnému zpracování designové FMEA. S dalšími projekty budou přicházet i nové zkušenosti. Je proto důležité, zaměřit se na zlepšování a zjednodušování této metody tak, aby se

zvyšovala její vypovídající hodnota, a zároveň se snižovala její časová náročnost. Jak se říká: „stále je potřeba něco zlepšovat“.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA): příručka, 2001. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost. ISBN 80-020-1476-6.

ČSN EN 60812, © 2007. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů - Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Český normalizační institut.

ČSN EN ISO 9000, © 2006. *Systémy managementu kvality - Základní principy*. Praha: Český normalizační institut.

ČSN EN ISO 9001, © 2008. *Systémy managementu kvality - Požadavky*. Praha: Český normalizační institut.

ČSN EN ISO 9004, © 2002. *Systémy managementu jakosti - Směrnice pro zlepšování výkonnosti* [on-line]. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut. Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/01/64318/64318_nahled.htm

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO, 2009. *Projektový management podle IPMA*. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-247-2848-3.

FORD MOTOR COMPANY, © 2011. *FMEA Handbook*. Version 4.2. Dearborn (Michigan): Ford Motor Company.

HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o., 2010-2014. *Interní IKVE materiály ke školení* (nebyly publikovány).

HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o., 2011-01-26. *HP-C-319: Homologační management a značení výrobků* (interní směrnice).

HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o., - 2014. *Interní materiály*.

HELLA KGaA Hueck & Co., © 2014a. *HELLA v České republice* [on-line]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/index.html?rdeLocaleAttr=cs>

HELLA KGaA Hueck & Co., © 2014b. *HELLA Group* [on-line]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-com/index.html?rdeLocale=en>

HODAŇ, Bohuslav, 2013. *Teorie a zkušenosti v přípravě a realizaci projektů*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3651-7.

ISO/TS 16949, © 2009. *Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations*. 3rd edition. Geneva: ISO.

KOITO CZECH, s.r.o., © 2003. *Světlořemeslnictví*. Koito-czech.cz [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: http://www.koito-czech.cz/profile_cz.html

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing. ISBN 80-86851-38-9.

LARSON, Elizabeth, © 1999. *European Quality Standards: A Brief Overview* [online]. [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: http://www.qualitydigest.com/mar99/html/body_standard.html

ManagementMania, © 2011-2013a. *Quality Management* [online]. [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: <https://managementmania.com/en/quality-management/>

ManagementMania, © 2011 -2013b. *VDA 6.1* [online]. [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/vda-61>

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 1996. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902-2350-8.

NENADÁL, Jaroslav, 2005. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press. ISBN 80-726-1071-6.

NENADÁL, Jaroslav, 2008. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-186-7.

NETOLICKÝ, Petr, 2011. FMEA jako nástroj managementu rizik. *Úspěch: produktivita a inovace v souvislostech: časopis pro úspěšné manažery*. Č. 4, s. 30-33. DOI: 18035183.

PLURA, Jiří, 2001. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543-1.

POPA, Bogdan, 2010-11-16. Battle of the Headlights: Halogen vs. Xenon vs. LED. In: SoftNews NET. *Autoevolution.com* [online]. [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.autoevolution.com/news/battle-of-the-headlights-halogen-vs-xenon-vs-led-26530.html>

QS-9000, © 1998. *Quality System Requirements*. 3rd edition. [s.l.]: Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation.

STAMATIS, Dean, 2003. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution* [e-book]. 2nd ed., rev. and expanded. Milwaukee, Wisc.: ASQ Quality Press [cit. 2014-02-05]. ISBN 08-738-9598-3. Dostupné z:

http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpFMEAFME5/viewerType:toc/root_slug:failure-mode-effect-analysis/url_slug:failure-mode-effect-analysis?b-q=FMEA&b-group-by=true

VARROC GROUP, © 2013. *Naši zákazníci*. Varroc.cz [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.varroc.cz/nasi-zakaznici-32.html>

VEBER, Jaromír, 2002. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0194-4.

VEBER, Jaromír, Marie HŮLOVÁ a Alena PLÁŠKOVÁ, 2006. *Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe*. Praha: Management Press. ISBN 80-7261-146-1.

VDA 4, © 2005. *Systémová FMEA*. In: *Management jakosti v automobilovém průmyslu: Zajišťování kvality před sériovou výrobou*. Praha: Česká společnost pro jakost. ISBN 80-02-01682-3.

VDA 4, © 2006, up-dated 2012. *Product and Process FMEA*. In: *Quality Management in the Automobile Industry: Quality Assurance Prior to Serial Production*. 2nd edition. Frankfurt/Mein: Verband der Automobilindustrie.

WEBER, Julian, 2009. *Automotive development processes processes for successful customer oriented vehicle development: FMEA from theory to execution* [e-book]. Dordrecht: Springer-Verlag [cit. 2014-02-05]. ISBN 978-364-2012-532. Dostupné z: eBook Collection (EBSCOhost), <http://www.ebscohost.com/>

WEBHOUSE, [d.t.]. *Historie Automotive Lighting v České republice*. Al-lighting.cz [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: http://al-lighting.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600675&id=1129&p1=1004

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AFS	Advanced Frontlighting System
AIAG	Automotive Industry Action Group
APQP	Advanced Product Quality Planning
AVSQ	Italský systém managementu kvality pro automobilový průmysl
BOM	Bill of Material (kusovník)
CCC	China Compulsory Certification
ČSN EN	Převzaté (harmonizované) Evropské technické normy
D	Detection
D-FMEA	Design Failure Mode and Effects Analysis
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve (Implement), Control (Communicate)
EAQF	Francouzský systém managementu kvality pro automobilový průmysl
ECE	United Nations Economic Commission for Europe
IQ-RM	Oficiální standardizovaný software od společnosti APIS pro tvorbu FMEA
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FMECA	Failure Modes, Effects and Critical Analysis
FTA	Failure Tree Analysis
IMDS	International Material Data System
ISO	International Organization for Standardization
ISO/TS	ISO Technical Specification
LED	Light-Emitting Diode
LH	„Lastenheft“ – zákaznická specifikace
MTZ	Měřicí a testovací centrum
O	Occurence
P-FMEA	Product Failure Mode and Effects Analysis

PCB	Printed Circuit Board (deska plošných spojů)
PEP	Product Engineering Process
QD	Quality Development, označení pro pracovníka v oddělení kvality
QS	Quality Systems
S	Severity
SAE	Society of Automotive Engineers (U. S.)
SFM	System & Function Matrix
SoP	Start of Production
RIPRAN	Analýza rizik v projektu
RPN	Risk Priority Number
TQM	Total Quality Management
VDA	Verband der Automobilindustrie (Německo)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Procesní přístup podle ISO 9001 (ČSN EN ISO, © 2002)</i>	14
<i>Obrázek 2 Regionální standardy (Vlastní zpracování)</i>	16
<i>Obrázek 3 Řízení dokumentů (Vlastní zpracování)</i>	19
<i>Obrázek 4 Proces PEP a plánování kvality podle APQP (Netolický, 2011, s. 31)</i>	22
<i>Obrázek 5 Základní schéma FMEA analýzy (Vlastní zpracování)</i>	23
<i>Obrázek 6 Systémový přístup podle Stamatise (2003, s. 108)</i>	26
<i>Obrázek 7 Systémové pojetí dle ČSN (Analýza, 2001, s. 65)</i>	27
<i>Obrázek 8 Systémové pojetí dle VDA (Plura, 2001, s. 93)</i>	27
<i>Obrázek 9 Model DAMIC pro FMEA (VDA 4, © 2006, up-dated 2012, s. 15)</i>	30
<i>Obrázek 10 Struktura vadných funkcí</i>	32
<i>Obrázek 11 Schéma postupu tvorby FMEA podle VDA (Vlastní zpracování)</i>	33
<i>Obrázek 12 Požadavky na kvalitu produktu (Veber, 2002, s. 21)</i>	34
<i>Obrázek 13 Světové rozdělení ECE/SAE</i>	35
<i>Obrázek 14 Desítkové pravidlo (HELLA, - 2014), vlastní zpracování</i>	38
<i>Obrázek 15 Společnost Hella ve světě (HELLA, © 2014b)</i>	42
<i>Obrázek 16 Vývojové centra společnosti Hella (HELLA, - 2014), vl. zprac.</i>	46
<i>Obrázek 17 Počet zaměstnanců vývoje Hella Mohelnice (HELLA, - 2014)</i>	47
<i>Obrázek 18 Zákaznické portfolio (HELLA, - 2014)</i>	48
<i>Obrázek 19 Vývoj světelných zdrojů (HELLA, 2010-2014)</i>	54
<i>Obrázek 20 Optické funkce (HELLA, 2010-2014)</i>	55
<i>Obrázek 21 Proces vývoje produktu v Hella Mohelnice (HELLA, - 2014)</i>	56
<i>Obrázek 22 Činnosti při plánování kvality (HELLA, 2010-2014)</i>	58
<i>Obrázek 23 Zainterесování pracovníci pro FMEA</i>	65
<i>Obrázek 24 Struktura současné FMEA (Vlastní zpracování)</i>	66
<i>Obrázek 25 Příklad obsahu Checklistu (HELLA, - 2014)</i>	66
<i>Obrázek 26 Příklad systémové struktury dle VDA 4 (© 2006, updated 2012, s. 34)</i>	71
<i>Obrázek 27 Systémová struktura světlometu (Vlastní zpracování)</i>	72
<i>Obrázek 28 Matice vztahů v SFM (Vlastní aplikace projektu)</i>	74
<i>Obrázek 29 Ukázka definovaných funkcí pro díly (Vlastní aplikace projektu)</i>	74
<i>Obrázek 30 Systémová struktura funkcí (Vlastní zpracování)</i>	74
<i>Obrázek 31 Systémový pohled na vady (Vlastní zpracování)</i>	75
<i>Obrázek 32 Systémová struktura chybových funkcí (Vlastní zpracování)</i>	76

<i>Obrázek 33</i> Struktura prvků systému (ukázka)	87
<i>Obrázek 34</i> Příklad značení zvláštních znaků	89
<i>Obrázek 35</i> Příklad analýzy vad 2. úrovně.....	90
<i>Obrázek 36</i> FMEA formulář (ukázka)	91
<i>Obrázek 37</i> Přiřazení detekčních a preventivních akcí + hodnocení (ukázka)	92
<i>Obrázek 38</i> Porovnání časové náročnosti jednotlivých variant (Vlastní zpracování)	101
<i>Obrázek 39</i> Přidaná hodnota činností při schůzkách bez a s využitím SFM (Vlastní zpracování)	102

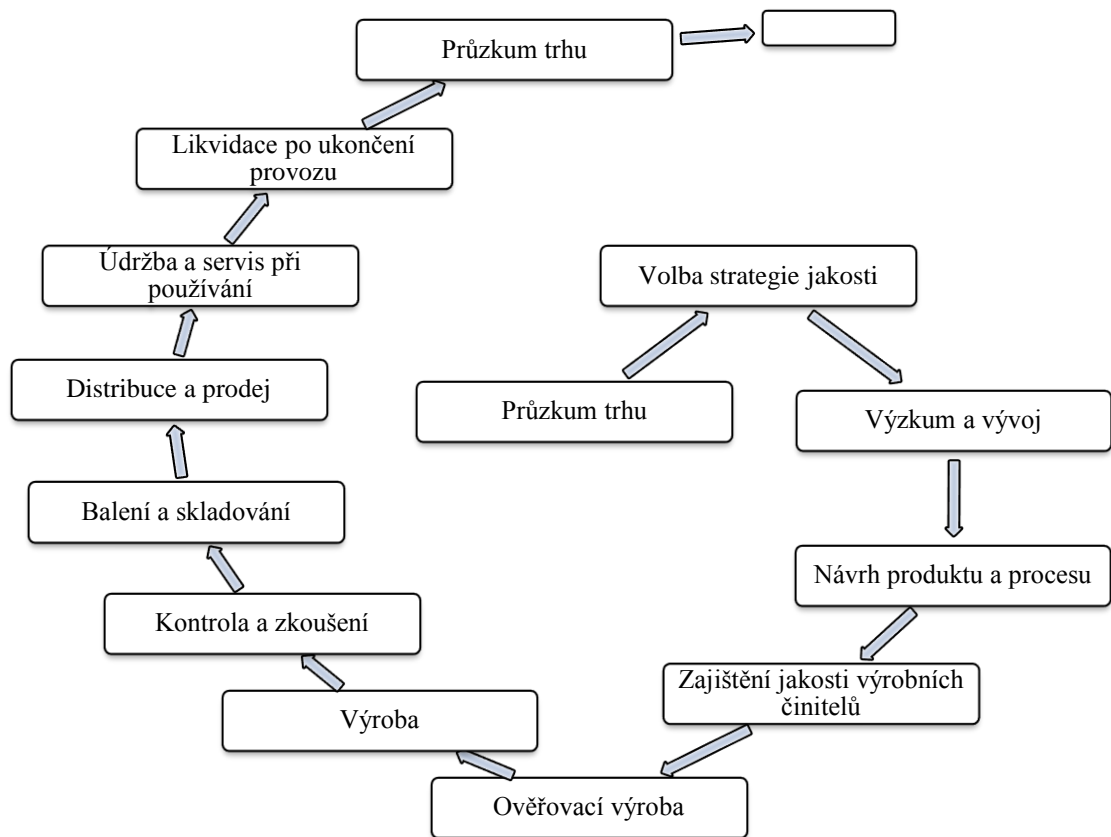
SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Logický rámec projektu</i>	81
<i>Tabulka 2 Analýza rizik projektu</i>	83
<i>Tabulka 3 Funkce světlometu vzhledem k vozidlu</i>	87
<i>Tabulka 4 Funkce světlometu</i>	88

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Spirála jakosti
- P II Rozdíly ve vnímání požadavků
- P III Vývoj světlometů společnosti Hella
- P IV 5 kroků D-FMEA podle VDA
- P V Systémové pojetí FMEA
- P VI System & Function Matrix
- P VII Síť vadných funkcí - příklad
- P VIII Hodnocení rizika
- P IX Statistické analýzy z IQ-RM - příklad

PŘÍLOHA P I: SPIRÁLA JAKOSTI



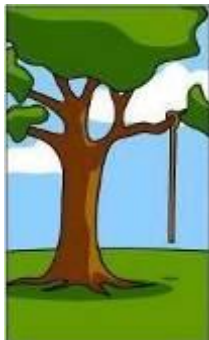
Zdroj: (Nenadál, 2008, s. 105)

PŘÍLOHA P II: ROZDÍLY VE VNÍMÁNÍ POŽADAVKŮ

Představa zákazníka



Popsáno v zákaznických specifikacích



Popsáno v nabídkové prezentaci



Představa vývojového týmu

Elektronika



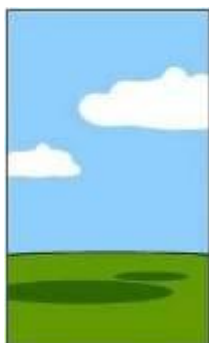
Software



Technici



Popsáno ve vývojové specifikaci



A-vzorky produktu

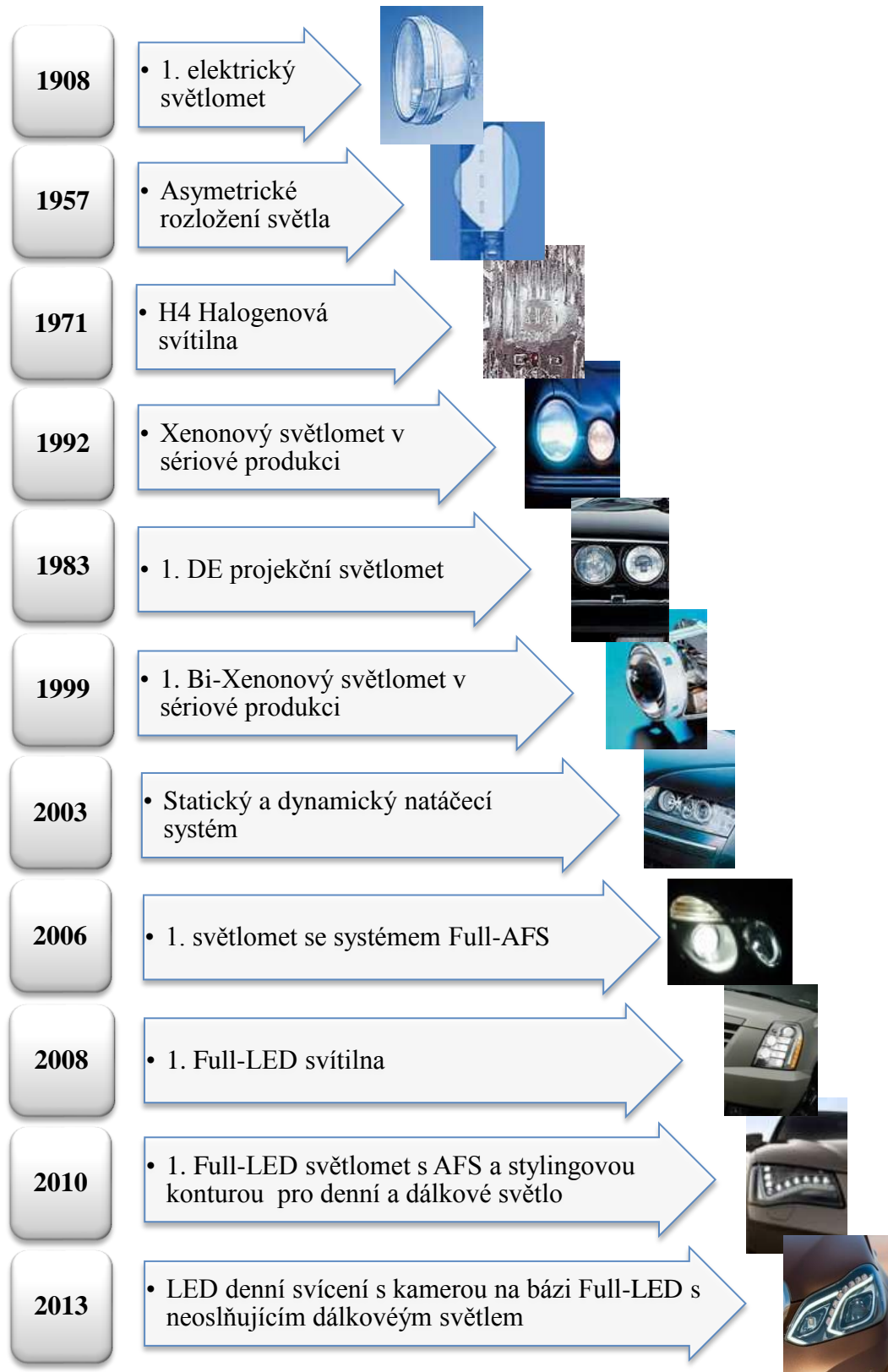


Výrobek v době SOP

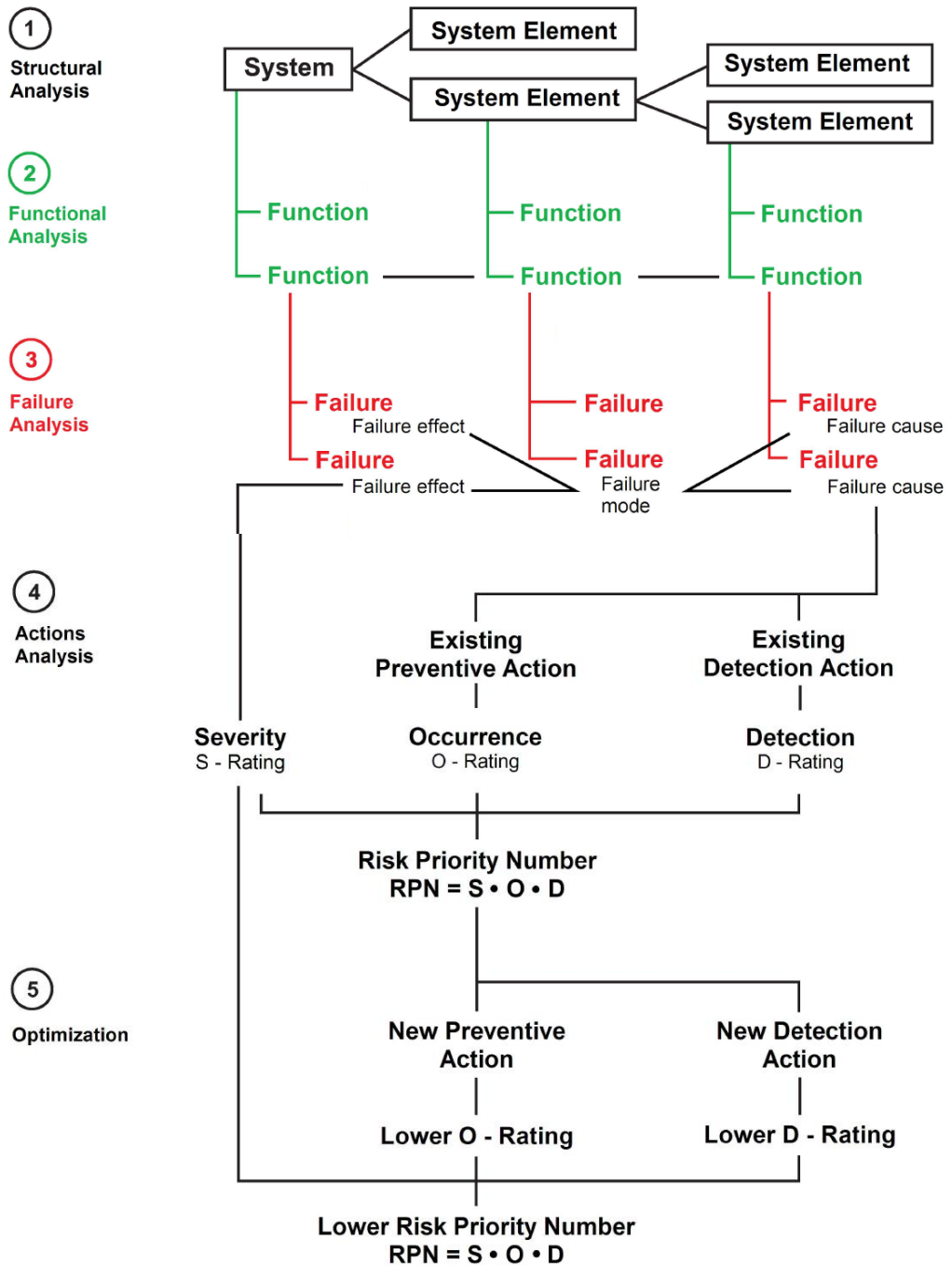


Zdroj: (HELLA, 2010-2014)

PŘÍLOHA P III: VÝVOJ SVĚTLOMETŮ SPOLEČNOSTI HELLA

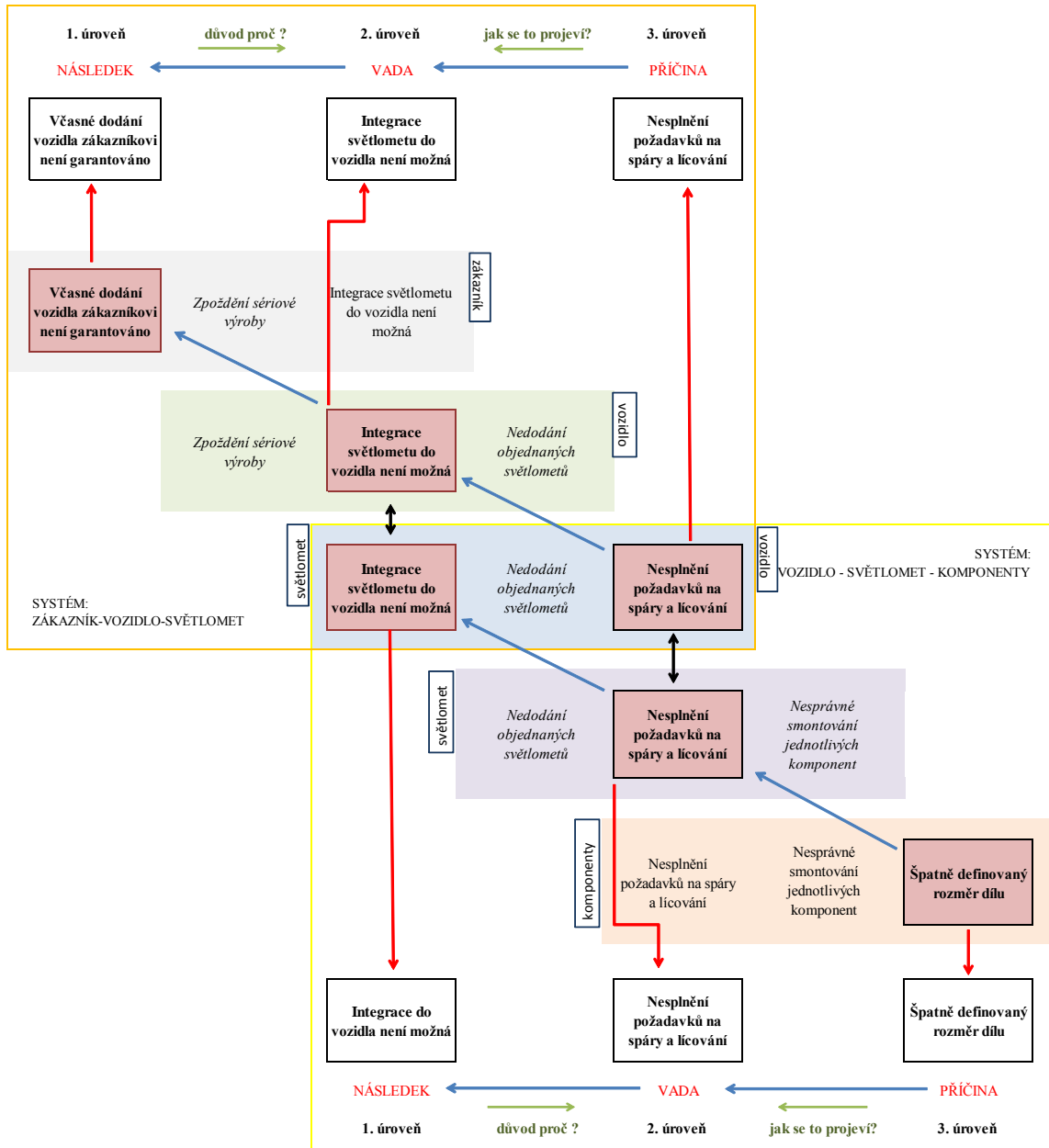


PŘÍLOHA P IV: 5 KROKŮ D-FMEA PODLE VDA









Zdroj: (HELLA, 2010-2014)









PŘÍLOHA P V: SYSTÉMOVÉ POJETÍ FMEA



Na tomto příkladu jsem (s trochou nadsázky) znázornila, jak může špatný rozměr jednoho dílu světlometu zapříčinit zpoždění dodání vozidla zákazníkovi.

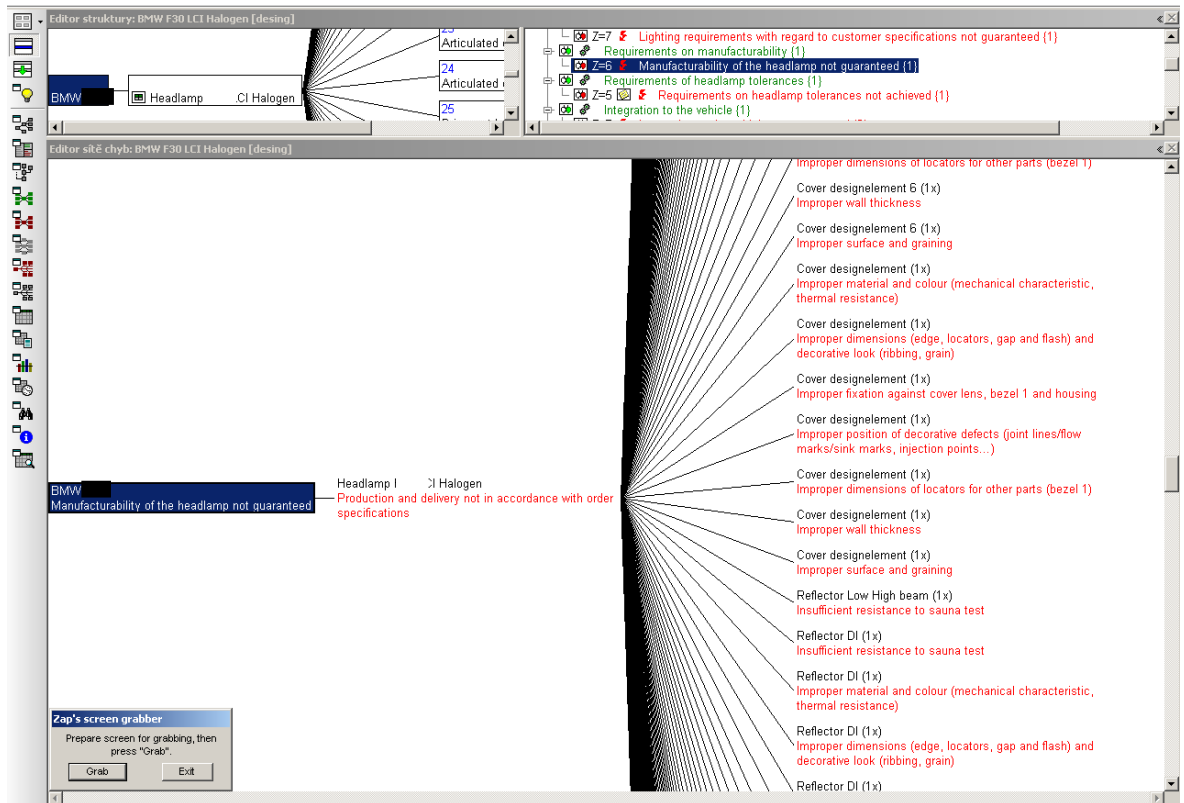
4. Cover designelement 6 (material xy, metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	tx	IQ-RM	Product functions
			<p>Generate light (Low beam R₂, High beam R₁, Direction indicator P₁ and P₂, LED, SAE, MMS, MMS2)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet IP and Business requirements (to be agreed (CAF, chart))</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (during by service or IWB, swelling range)</p> <p>Avoid sparks and rattle</p> <p>Enable maintenance, ability within specified time (loadshape, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly, labels)</p> <p>Recyclability, homologation and maintenance fit</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>
Use proper material and colour (mechanical characteristics, thermal resistance)				
Provide proper dimensions (edges, locators, gap and fish) and deorative look (ribbing, grain)				
Provide proper fusion agents (bead)				
Right position of decorative defects (unit line/flow mark/bank marks, injection points...)				
Right dimensions and position of ribs				
Right dimensions and position of holes				
Provide proper wall thickness				
Provide proper surface, coating and metalized				
Provide sufficient resistance to surge test				
Provide proper optic elements				
Provide proper type and dimension of ribs				
Provide correct fusion of bulb base (position of filament)				
5. Cover designelement (material xy, metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	tx	IQ-RM	Product functions
			<p>Generate light (Low beam R₂, High beam R₁, Direction indicator P₁ and P₂, LED, SAE, MMS, MMS2)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet IP and Business requirements (to be agreed (CAF, chart))</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (during by service or IWB, swelling range)</p> <p>Avoid sparks and rattle</p> <p>Enable maintenance, ability within specified time (loadshape, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly, labels)</p> <p>Recyclability, homologation and maintenance fit</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>
Use proper material and colour (mechanical characteristics, thermal resistance)				
Provide proper dimensions (edges, locators, gap and fish) and deorative look (ribbing, grain)				
Provide proper fusion agents (bead)				
Right position of decorative defects (unit line/flow mark/bank marks, injection points...)				
Right dimensions and position of ribs				
Right dimensions and position of holes				
Provide proper wall thickness				
Provide proper surface, coating and metalized				
Provide sufficient resistance to surge test				
Provide proper optic elements				
Provide proper type and dimension of ribs				
Provide correct fusion of bulb base (position of filament)				
6. Reflector Low High beam (material xy, metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	tx	IQ-RM	Product functions
			<p>Generate light (Low beam R₂, High beam R₁, Direction indicator P₁ and P₂, LED, SAE, MMS, MMS2)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet IP and Business requirements (to be agreed (CAF, chart))</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (during by service or IWB, swelling range)</p> <p>Avoid sparks and rattle</p> <p>Enable maintenance, ability within specified time (loadshape, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly, labels)</p> <p>Recyclability, homologation and maintenance fit</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>
Use proper material and colour (mechanical characteristics, thermal resistance)				
Provide proper dimensions (edges, locators, gap and fish) and deorative look (ribbing, grain)				
Provide proper fusion agents housing, PCB holders, UVW and adjusting elements				
Right position of decorative defects (unit line/flow mark/bank marks, injection points...)				
Right dimensions and position of ribs, holes				
Right dimensions and position of holes				
Provide proper wall thickness				
Provide proper surface, coating and metalized				
Provide sufficient resistance to surge test				
Provide proper optic elements				
Provide proper type and dimension of ribs				
Provide correct fusion of bulb base (position of filament)				
7. Reflector DI (material xy, partly metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	tx	IQ-RM	Product functions
			<p>Generate light (Low beam R₂, High beam R₁, Direction indicator P₁ and P₂, LED, SAE, MMS, MMS2)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet IP and Business requirements (to be agreed (CAF, chart))</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (during by service or IWB, swelling range)</p> <p>Avoid sparks and rattle</p> <p>Enable maintenance, ability within specified time (loadshape, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly, labels)</p> <p>Recyclability, homologation and maintenance fit</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>
Use proper material and colour (mechanical characteristics, thermal resistance)				
Provide proper dimensions (edges, locators, gap and fish) and deorative look (ribbing, grain)				
Provide proper fusion agents housing				
Right position of decorative defects (unit line/flow mark/bank marks, injection points...)				
Right dimensions and position of ribs				
Right dimensions and position of holes				
Provide proper wall thickness				
Provide proper surface, coating and metalized				
Provide sufficient resistance to surge test				
Provide proper optic elements				
Provide proper type and dimension of ribs				
Provide correct fusion of bulb base (position of filament)				
8. Cover DLR/PO HB (material xy, partly metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	tx	IQ-RM	Product functions
			<p>Generate light (Low beam R₂, High beam R₁, Direction indicator P₁ and P₂, LED, SAE, MMS, MMS2)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet IP and Business requirements (to be agreed (CAF, chart))</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (during by service or IWB, swelling range)</p> <p>Avoid sparks and rattle</p> <p>Enable maintenance, ability within specified time (loadshape, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly, labels)</p> <p>Recyclability, homologation and maintenance fit</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>
Use proper material and colour (mechanical characteristics, thermal resistance)				
Provide proper dimensions (edges, locators, gap and fish) and deorative look (ribbing, grain)				
Provide proper fusion agents reflector				
Right position of decorative defects (unit line/flow mark/bank marks, injection points...)				
Right dimensions and position of rib and clips				
Right dimensions and position of ribs				
Provide proper wall thickness				
Provide proper surface, grating and metalized parts				
Provide sufficient resistance to surge test				
Provide proper optic elements				
Provide proper type and dimension of ribs				
Provide correct fusion of bulb base (position of filament)				
9. Cover DLR/PO LB (material xy, partly metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	tx	IQ-RM	Product functions
			<p>Generate light (Low beam R₂, High beam R₁, Direction indicator P₁ and P₂, LED, SAE, MMS, MMS2)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet IP and Business requirements (to be agreed (CAF, chart))</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (during by service or IWB, swelling range)</p> <p>Avoid sparks and rattle</p> <p>Enable maintenance, ability within specified time (loadshape, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly, labels)</p> <p>Recyclability, homologation and maintenance fit</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>
Use proper material and colour (mechanical characteristics, thermal resistance)				
Provide proper dimensions (edges, locators, gap and fish) and deorative look (ribbing, grain)				
Provide proper fusion agents reflector				
Right position of decorative defects (unit line/flow mark/bank marks, injection points...)				
Right dimensions and position of rib and clips				
Right dimensions and position of ribs				
Provide proper wall thickness				
Provide proper surface, grating and metalized parts				
Provide sufficient resistance to surge test				
Provide proper optic elements				
Provide proper type and dimension of ribs				
Provide correct fusion of bulb base (position of filament)				

Item No.	Description	Part No.	Quantity	Category	Material	Color	Material Properties	Dimensional Requirements	Assembly Requirements	Functional Requirements	Performance Requirements	Environmental Requirements	Chemical Requirements	Mechanical Requirements	Appearance Requirements	Adjustment Requirements	Assembly Requirements	Inspection Requirements	Product Functions
10.	Cover design DI (material xy, partly metalized)	part no. xxx-xxxx-xx	1x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Use proper material and colour/mechanical characteristics, thermal resistance</p> <p>Provide proper dimensions (edge, location, gap and fan) and decorative look (ribbing, grain)</p> <p>Provide proper fixation against vibration</p> <p>Right position of decorative defects (only final low marks/mark, injection points...)</p> <p>Right dimensioned position of dips</p> <p>Provide proper wall thickness</p> <p>Provide proper surface, graining and metalized parts</p> <p>Provide sufficient resistance to abuse test</p> <p>Provide proper optic elements</p> <p>Provide proper type and dimension of marks</p>																			
11.	Ball pivot PT Delta 6x6 (material xy)	part no. xxx-xxxx-xx	1x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Use proper material (mechanical characteristics, corrosion resistance)</p> <p>Provide proper dimensions (type of ball, type of thread and length of thread)</p> <p>Provide proper fixation and location against articulated element</p>																			
12.	PCB DLR/PO Reflow GR	part no. xxx-xxxx-xx	1x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Provide proper colour and material (PCB) (electrical properties, corrosion and salt spray resistance, solder mask)</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper PCB thickness</p> <p>Provide proper dimensions of features</p> <p>Provide proper layout and hardware location (solder mask - thermal protection, coding resistor - current value)</p> <p>Provide correct function over lifetime defined by CE 99322/1/3/2010</p> <p>Provide correct function in all fields defined by customer requirements see Capabilities</p> <p>Provide correct function regarding customer requirements on ESD Capabilities</p> <p>Provide sufficient thermal protection of light sources (LED)</p> <p>Provide correct mechanical tolerance for light emitting parts</p> <p>Provide correct electrical tolerance for light emitting parts</p>																			
13.	PCB DLR/PO Reflow GR	part no. xxx-xxxx-xx	1x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Provide proper colour and material (PCB) (electrical properties, corrosion and salt spray resistance, solder mask)</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper PCB thickness</p> <p>Provide proper dimensions of features</p> <p>Provide proper layout and hardware location (SMT code for peeling with PCB DLR/PO Reflow GR)</p> <p>Provide correct function over lifetime defined by CE 99322/1/3/2010</p> <p>Provide correct function in all fields defined by customer requirements see Capabilities</p> <p>Provide correct function regarding customer requirements on ESD Capabilities</p> <p>Provide sufficient thermal protection of light sources (LED)</p> <p>Provide correct mechanical tolerance for light emitting parts</p> <p>Provide correct electrical tolerance for light emitting parts</p>																			
14.	PCB Bracket inner HB (material xy)	part no. xxx-xxxx-xx	1x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Use proper material and colour/mechanical characteristics, thermal resistance</p> <p>Provide proper dimensions (edge, location, gap and fan) and decorative look (ribbing, grain)</p> <p>Provide proper fixation against Reflector and PCB</p> <p>Right dimensioned position of dips</p> <p>Right dimensioned location for PCB and Reflector</p> <p>Provide proper wall thickness</p>																			
15.	PCB Bracket outer LB (material xy)	part no. xxx-xxxx-xx	1x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Use proper material and colour/mechanical characteristics, thermal resistance</p> <p>Provide proper dimensions (edge, location, gap and fan) and decorative look (ribbing, grain)</p> <p>Provide proper fixation against Reflector and PCB</p> <p>Right dimensioned location for PCB and Reflector</p> <p>Provide proper wall thickness</p>																			
16.	Bulb H7 LL	part no. xxx-xxxx-xx	2x	Q2-DM															
<p>OBRÁZEK</p> <p>Provide approved bulb type and supplier (optical, light output)</p>																			

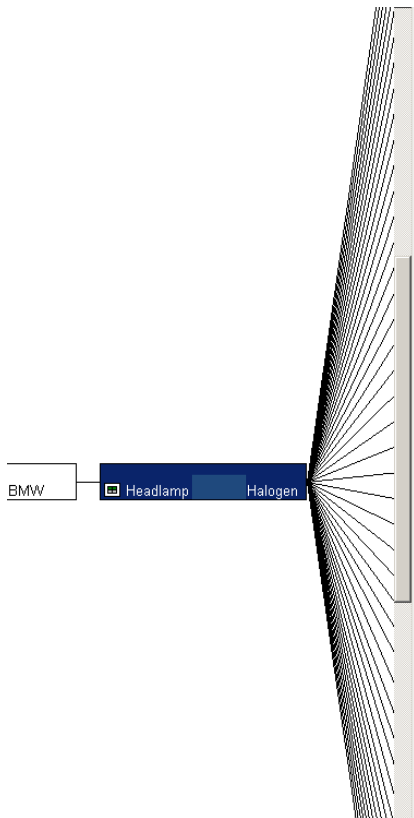
17.	Retaining spring H7	part no. xxx.000000-xx	2x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
18.	PT-screw Delta 4x10	part no. xxx.000000-xx	4x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
19.	Bulb ECE-R37 PY21W NA8GA	part no. xxx.000000-xx	1x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
20.	Bulb holder BL	part no. xxx.000000-xx	1x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
21.	Adjustment screw 6x69,5	part no. xxx.000000-xx	1x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
22.	Adjusting element (material xy)	part no. xxx.000000-xx	1x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
23.	Articulated element (material xy, black)	part no. xxx.000000-xx	1x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions
24.	Articulated element (material xy, natur)	part no. xxx.000000-xx	2x	Q2 RM		<p>Generate light (Low beam F2, High beam F3, Direction indicator F4, Fog lights F5, Side marker light F6, Rear fog light F7, Rear light F8, Rear light F9, Rear light F10, LED, SAE, MSA, ECE, UN ECE)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to make it)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (Gating by corner or UVW, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable installation, changing with specified time (load/unload on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly/assembly/locks)</p> <p>Recyclability, homologation and material markings</p>	Product functions

42. Sheet nut GR(material xy)	part no. xxx.000.000	3x	IQ 2M		<p>Use proper material (mechanical characteristics)</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper fixation and position on the housing</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions
43. Harness Halogen GR	part no. xxx.000.000	1x	IQ 2M		<p>Use proper material (color, fire, thermal resistance, type of rubber)</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper fixation and position on the housing</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions
43. Label Halogen LH	part no. xxx.000.000	1x	IQ 2M		<p>Use proper material (color, fire, thermal resistance, type of rubber)</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper fixation and position on the housing</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions
44. Venting element (material xy, black)	part no. xxx.000.000	2x	IQ 2M		<p>Use proper material (color, fire, thermal resistance, type of rubber)</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper fixation and position on the housing</p> <p>Provide care of type of venting element</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions
45. Sika flex 630 HD black	part no. xxx.000.000		IQ 2M		<p>Use proper type of glue (material and colour, chemical resistance, durability, reliability)</p> <p>Provide proper dimensions (proper application of glue)</p> <p>Provide proper application and amount of glue to the gluing channel</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions
46. Heat deflection 1	part no. xxx.000.000	1x	IQ 2M		<p>Use proper material and colour/mechanical characteristics</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper fixation to the reflector</p> <p>Right dimension and position of fixing tabs</p> <p>Provide proper wall thickness</p> <p>Provide proper surface finish</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions
47. Heat deflection 2	part no. xxx.000.000	1x	IQ 2M		<p>Use proper material and colour/mechanical characteristics</p> <p>Provide proper dimensions</p> <p>Provide proper fixation to the reflector</p> <p>Right dimension and position of fixing tabs</p> <p>Provide proper wall thickness</p> <p>Provide proper surface finish</p>	<p>General light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Disturbance light (Low beam IR, High beam IR, Infrared indicator protection, UV, UVB, UV-C, visible light)</p> <p>Meet production assembly requirements</p> <p>Meet gap and thickness requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Meet OEM assembly requirements (to be agreed with customer)</p> <p>Withstand temperature influence</p> <p>Withstand water ingress (lightness)</p> <p>Withstand dust influence</p> <p>Withstand corrosion influence</p> <p>Withstand chemical agents</p> <p>Withstand mechanical loading</p> <p>Provide acceptable appearance</p> <p>Provide adjustment range (using by screw or UVB, swelling range)</p> <p>Avoid squeak and rattle</p> <p>Enable maintenance ability with specified time (leadtime, on/off)</p> <p>Meet specific requirements (disassembly, assembly, tools)</p> <p>Recyclability, investigation and maintenance (days)</p>	Product functions

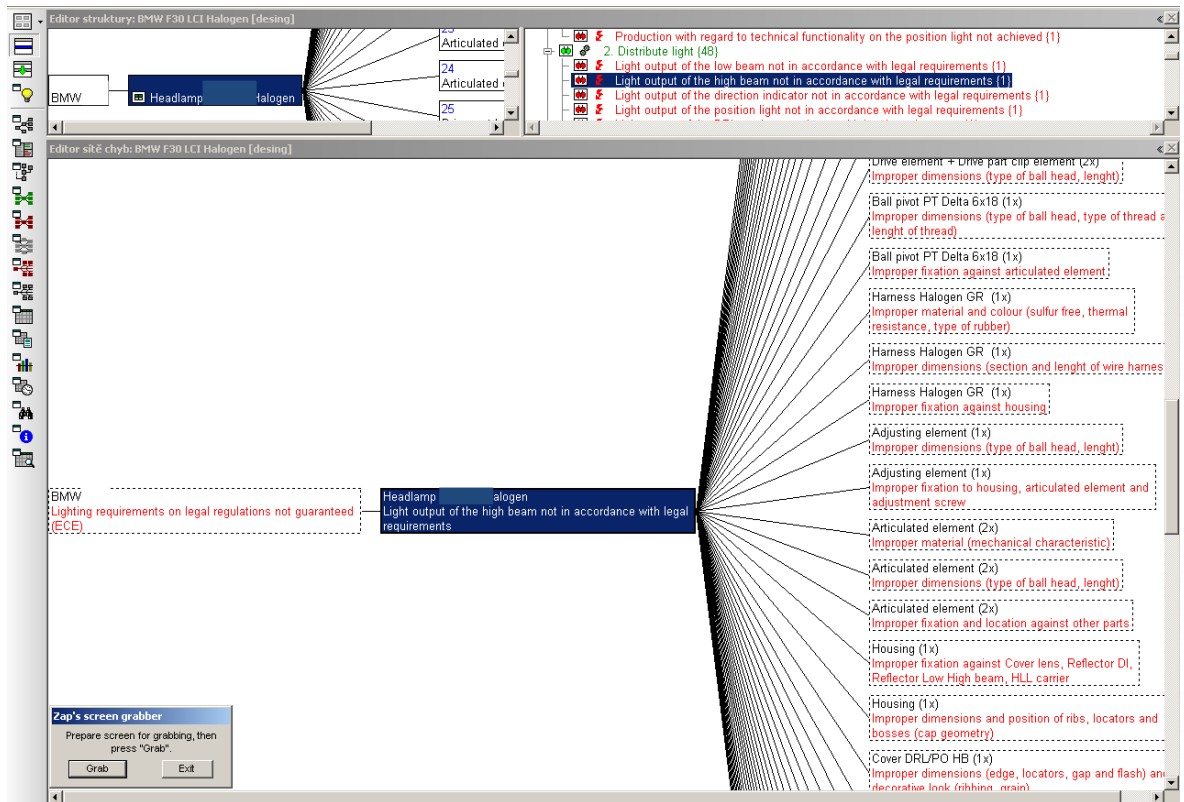
PŘÍLOHA P VII: SÍŤ VADNÝCH FUNKCÍ – PŘÍKLAD



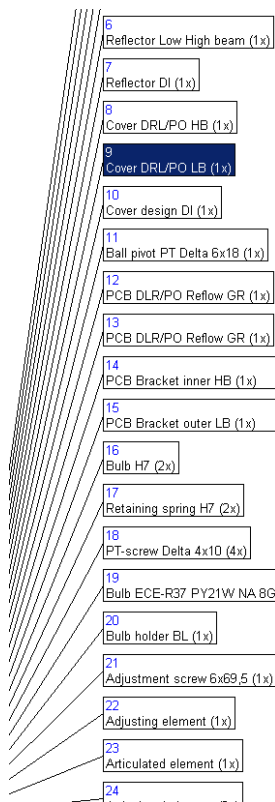
1. úroveň – vozidlo



- 1. Generate light (48)
 - Production with regard to technical functionality on the low beam not achieved (1)
 - Production with regard to technical functionality on the high beam not achieved (1)
 - Production with regard to technical functionality on the DRL not achieved (1)
 - Production with regard to technical functionality on the direction indicator not achieved (1)
 - Production with regard to technical functionality on the position light not achieved (1)
- 2. Distribute light (48)
 - Light output of the low beam not in accordance with legal requirements (1)
 - Light output of the high beam not in accordance with legal requirements (1)
 - Light output of the direction indicator not in accordance with legal requirements (1)
 - Light output of the position light not in accordance with legal requirements (1)
 - Light output of the DRL not in accordance with legal requirements (1)
 - Light output of the low beam not in accordance with customer requirements (130 %) (1)
 - Light output of the high beam not in accordance with customer requirements (130 %) (1)
 - Light output of the direction indicator not in accordance with customer requirements (130 %) (1)
 - Light output of the position light not in accordance with customer requirements (130 %) (1)
 - Light output of the DRL not in accordance with customer requirements (130 %) (1)
- 3. Meet Production assembly (48)
 - Production and delivery not in accordance with order specifications (1)
- 4. Meet gap and flushness (according to agreed G&F chart) (48)
 - Gap and flushness not in accordance with requirements (1)
- 5. Meet OEM assembly (to vehicle) (48)
 - Integration to the vehicle not guaranteed (2)
- 6. Withstand on environmental aspects (thermal, water, dust, corrosion, chemical, mechanical) (48)
 - Requirements for resistance against thermal not guaranteed (1)
 - Requirements for resistance against water ingress (tightness) not guaranteed (1)
 - Requirements for resistance against dust ingress not guaranteed (1)
 - Requirements for resistance against corrosion not guaranteed (1)
 - Requirements for resistance against chemical agents not guaranteed (1)
 - Requirements for resistance against mechanical not guaranteed (1)
- 7. Provide acceptable appearance (48)
 - Acceptable appearance not guaranteed (1)
- 8. Meet the adjustment range (48)
 - The adjustment range using screws not achieved (1)
 - The levelling range using LWR not achieved (1)
 - The swivelling range using swiveling module not achieved (1)
- 9. Avoid squeak and rattle (48)
 - Unpleasant noise (rattle, clatter etc.) (1)
- 10. Enable condensation clearing within specified time (Headlamps on/off) (48)
 - Decondensation clearing within specified time not achieved (1)
- 11. Meet service requirements (disassembly / assembly / bulbs replacement) (48)
 - Service requirements not achieved (1)
- 12. Recyclability, homologation and material markings, no heavy metal (48)
 - Homologation markings not in accordance with legal requirements (2)
 - Recyclability not in accordance with legal requirements (2)
 - Material markings not in accordance with legal requirements (2)



2. úroveň – světlo met



- 1. Generate light (48)
- 2. Distribute light (48)
 - 198 664-01.02 Improper material and colour (mechanical characteristic, thermal resistance) (47)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions (edge, locators, gap and flash) and decorative look (ribbing, grain) (40)
 - 198 664-01.02 Improper fixation against reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions and position of ribs and clips (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions of locators for reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper surface, graining and metallized (9)
 - 198 664-01.02 Insufficient resistance to sauna test (24)
 - 198 664-01.02 Improper optic elements (14)
- 3. Meet Production assembly (48)
 - 198 664-01.02 Improper material and colour (mechanical characteristic, thermal resistance) (47)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions (edge, locators, gap and flash) and decorative look (ribbing, grain) (40)
 - 198 664-01.02 Improper fixation against reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper position of decorative defects (joint lines/flow marks/sink marks, injection points...) (22)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions and position of ribs and clips (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions of locators for reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper wall thickness (43)
 - 198 664-01.02 Improper surface, graining and metallized (9)
 - 198 664-01.02 Insufficient resistance to sauna test (24)
 - 198 664-01.02 Improper optic elements (14)
 - 198 664-01.02 Improper type and dimension of riffls (15)
- 4. Meet gap and flushness (according to agreed G&F chart) (48)
- 5. Meet OEM assembly (to vehicle) (48)
- 6. Withstand on environmental aspects (thermal, water, dust, corrosion, chemical, mechanical) (48)
 - 198 664-01.02 Improper material and colour (mechanical characteristic, thermal resistance) (47)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions (edge, locators, gap and flash) and decorative look (ribbing, grain) (40)
 - 198 664-01.02 Improper fixation against reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions and position of ribs and clips (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions of locators for reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper wall thickness (43)
 - 198 664-01.02 Improper surface, graining and metallized partly (2)
 - 198 664-01.02 Insufficient resistance to sauna test (24)
- 7. Provide acceptable appearance (48)
 - 198 664-01.02 Improper material and colour (mechanical characteristic, thermal resistance) (47)
 - 198 664-01.02 Improper fixation against reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper position of decorative defects (joint lines/flow marks/sink marks, injection points...) (22)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions and position of ribs and clips (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions of locators for reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper surface, graining and metallized (9)
 - 198 664-01.02 Insufficient resistance to sauna test (24)
 - 198 664-01.02 Improper optic elements (14)
 - 198 664-01.02 Improper type and dimension of riffls (15)
- 8. Meet the adjustment range (48)
- 9. Avoid squeak and rattle (48)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions (edge, locators, gap and flash) and decorative look (ribbing, grain) (40)
 - 198 664-01.02 Improper fixation against reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions and position of ribs and clips (10)
 - 198 664-01.02 Improper dimensions of locators for reflector (10)
 - 198 664-01.02 Improper wall thickness (43)
- 10. Enable condensation clearing within specified time (Headlamps on/off) (48)
- 11. Meet certain requirements (dřezosazmlh / sazmlh / bulbe nahrazením) (48)

Editor struktury: BMW F30 LCI Halogen [desing]

- 1. Generate light (48)
 - 007_157-14 Use not approved bulb type and supplier (lifetime, light output) (14)
 - V=4 D=4 RPN=160 Stav opatření - počátek 31.10.2013 Concept Release Phase (Light Sample) [Resp]
 - Use of standard solutions from previously projects (corporate guidelines, recommendations of suppliers)
 - Scorecard by Concept review (DIS: 10001134001, 10001134524) (553)
 - CFD Analyse - Marek Jančík, Petr Svoboda (Complete Headlamp DIS: 10001099308) (128)
 - Checklist by 6 Eyes Review (730)
 - Optics prediction and simulation - Křetínský Thun (DIS: 10001129726) (155)
 - V=3 D=3 RPN=80 Stav opatření 12.12.2013 Design Release Phase [Deadline? (untouched) Sedlá]
 - Scorecard by Design release (DIS: 10001161382, 10001161396) (763)
 - Design Release by VW (764)
 - V=3 D=3 RPN=80 Stav opatření 30.5.2014 First Off Tool Parts (C-Sample) [Deadline? (untouched) Sedlá]
 - Internal Design Release (740)
 - TL 909 (12/2011) para 4.19 Photometry (167)
 - TL 909 (12/2011) para 3.6 Aging in mechanically circulated air, with load (4 hrs -40 °C; 4 hrs +110 °C) (167)
- 2. Distribute light (48)
 - 007_157-14 Use not approved bulb type and supplier (lifetime, light output) (14)
 - V=4 D=4 RPN=144 Stav opatření - počátek 31.10.2013 Concept Release Phase (Light Sample) [Resp]
 - Use of standard solutions from previously projects (corporate guidelines, recommendations of suppliers)
 - Scorecard by Concept review (DIS: 10001134001, 10001134524) (553)
 - CFD Analyse - Marek Jančík, Petr Svoboda (Complete Headlamp DIS: 10001099308) (128)
 - Checklist by 6 Eyes Review (730)
 - Optics prediction and simulation - Křetínský Thun (DIS: 10001129726) (155)
 - V=3 D=3 RPN=81 Stav opatření 12.12.2013 Design Release Phase [Deadline? (untouched) Sedlá]
 - Scorecard by Design release (DIS: 10001161382, 10001161396) (763)
 - Design Release by VW (764)
 - V=3 D=3 RPN=81 Stav opatření 30.5.2014 First Off Tool Parts (C-Sample) [Deadline? (untouched) Sedlá]
 - Internal Design Release (740)
 - TL 909 (12/2011) para 4.19 Photometry (167)

Editor sítě chyb: BMW F30 LCI Halogen [desing]

BMW	Headlamp f	Halogen	Production with regard to technical functionality on the low beam not achieved	Bulb H7 (2x)	Use not approved bulb type and supplier (lifetime, light output)
BMW	Headlamp f	Halogen	Production with regard to technical functionality on the high beam not achieved		

3. úroveň – komponenty

PŘÍLOHA P VIII: HODNOCENÍ RIZIKA

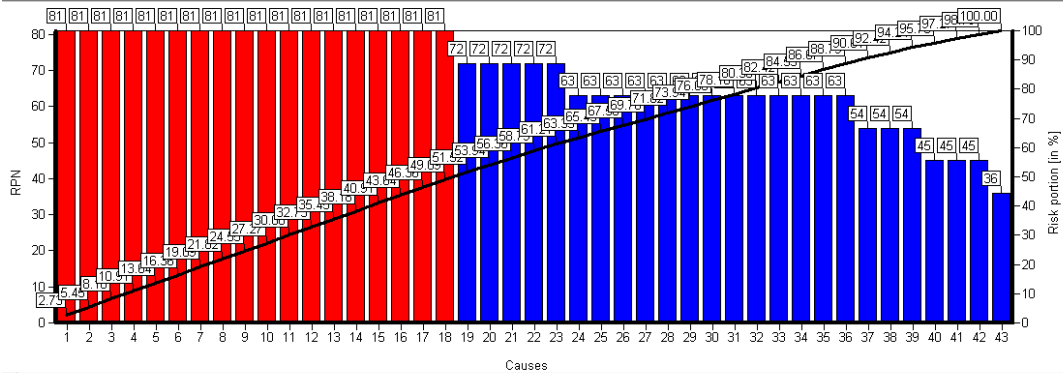
Navrhované DFMEA – hodnoticí kritéria kritéria míry závažnosti		Navrhované DFMEA – hodnoticí kritéria výskytu		Navrhované DFMEA – hodnoticí kritéria odhalení	
Účinek	Kritéria: Závažnost účinku	Pravděpodobnost poruch	Pravděpodobná míra poruch během designu	Odhalení	Kritéria: pravděpodobnost detekce vady při posuzování designu
	Hodnocení				Hodnocení
Nebezpečný bez varování	Velmi vysoký úroveň, kdy režim potenciální chyby ohroží bezpečný provoz vozu a / nebo obsáhle nesouhlasí s výkonnými ustanoveními bez varování.	Velmi vysoký; trvalé poruchy	≥ 100 na tisíc kurzů	Absolutně nejspíše	10
Nebezpečný s varováním	Velmi vysoký úroveň, kdy režim potenciální chyby ohroží bezpečný provoz vozu a / nebo obsáhle nesouhlasí s výkonnými ustanoveními s varováním.	Vysoký; Časté poruchy	50 na tisíc kurzů	Velmi mírně	9
Velmi vysoký	Viz / previz je schopen provozu (ztráta primární funkce)		20 na tisíc kurzů	Mírně	8
Vysoký	Viz / previz je schopen provozu, ale se sníženou úrovní výkonu Základní; je velice nepohodlný.		10 na tisíc kurzů	Velmi nízké	7
Střední	Viz / previz je schopen provozu, ale pravidelně vyžaduje pohodu řidičů (včetně). Základní; je nepohodlný.	Střední; okázané poruchy	5 na tisíc kurzů	Nízké	6
Nízký	Viz / previz je schopen provozu, ale pravidelně vyžaduje pohodu řidičů se sníženou úrovní výkonu. Základní; je poněkud nepohodlný.		2 na tisíc kurzů	Střední	5
Velmi nízký	Doplňky a svrčky (dřívější / rehocevní) neopodstatnějí. Na vahu upomíná většina zákazníků (více než 75%).	Nízký; relativně málo poruch	1 na tisíc kurzů	Středně vysoké	4
Malý	Doplňky a svrčky (dřívější / rehocevní) neopodstatnějí. Na vahu upomíná 50% zákazníků.		0,5 na tisíc kurzů	Vysoké	3
Velmi malý	Doplňky a svrčky (dřívější / rehocevní) neopodstatnějí. Na vahu upomíná méně než 25%.		0,1 na tisíc kurzů	Velmi vysoké	2
Základní	Negativní účinky.	Mírný; Porucha je nepravděpodobná	≤ 0,01 na tisíc kurzů	Velmi vysoké	1

PŘÍLOHA P IX: JAK ČÍST RPN

závažnost	výskyt	detekce	charakteristika	RPN	akce
1	1	1	Ideální svět	1	NE
1	1	10	Bezpečně řízený proces	10	NE
10	1	1	Vada se nedostane zákazníkovi	10	NE
10	1	10	Vada se může dostat k zákazníkovi	100	ANO
1	10	1	Častá, snadno odhalitelná vada, stojí peníze.	10	ANO
1	10	10	Častá vada, která se může dostat k zákazníkovi	100	ANO
10	10	1	Častá vada vysoké závažnosti	100	ANO
10	10	10	Tady není nic v pořádku	1000	ANO

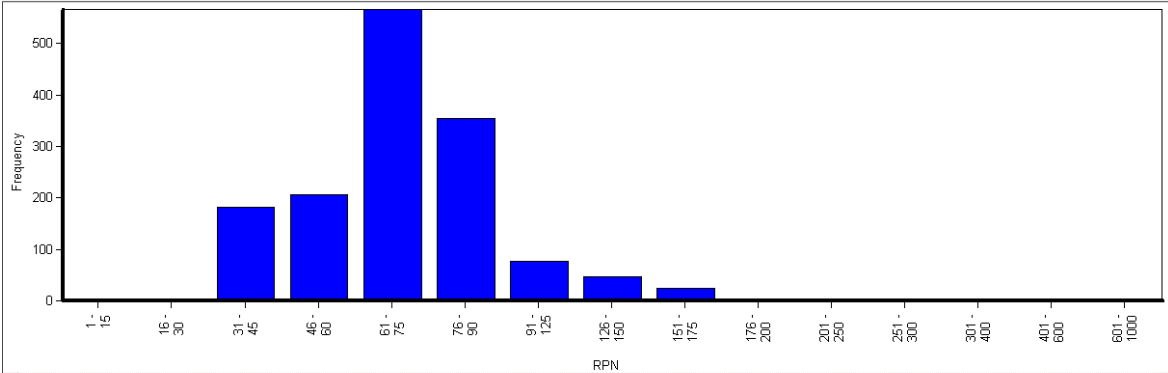
PŘÍLOHA P X: STATISTICKÉ ANALÝZY – PŘÍKLAD


Pareto analysis



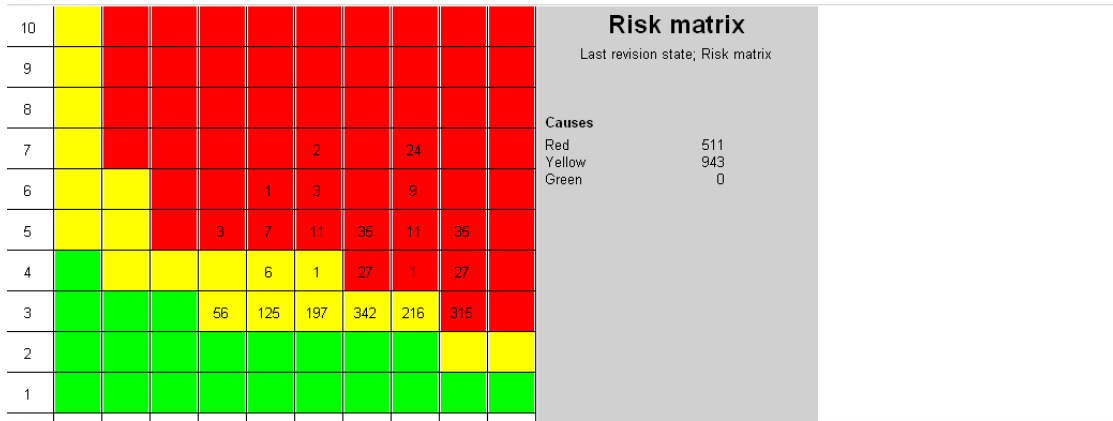
No.	FMEA form	System element	%	RPN	S	O	D	Function	Failure	Effects	C	Cause	Preventive action	Detection action
2	Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	2,73	(81)	9	3	3	2. Distribute light	Light output of the high beam not in accordance with legal requirements	[BMW F30] Lighting requirements on legal regulations not guaranteed (ECE)	SC/L	199.072-01 [HLL carrier LH (1x)] Improper material (mechanical characteristic)	Brostik, Pavel, HAN-SE4, Lead designer, +420-583-49-8382	[HLL carrier LH (1x)] PR/TS 265 (6/2012) 6.4.3 Life time test with hot engine face Brostik, Pavel, HAN-SE4, Lead designer, +420-583-49-8382
3	Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	2,73	(81)	9	3	3	2. Distribute light	Light output of the low beam not in accordance with legal requirements	[BMW F30] Lighting requirements on legal regulations not guaranteed (ECE)	SC/L	199.072-01 [HLL carrier LH (1x)] Improper material (mechanical characteristic)	[HLL carrier LH (1x)] Internal Design Release Brostik, Pavel, HAN-SE4, Lead designer, +420-583-49-8382	[HLL carrier LH (1x)] PR/TS 265 (6/2012) 5.7 Test of photometric values Brostik, Pavel, HAN-SE4, Lead designer, +420-583-49-8382

Frequency analysis



No.	Category	Number	FMEA form	System element	Function	Failure	Effects	Cause	RPN	S	O	D	Preventive action	Detect
 <p>Frequency analysis FMEA form Headlamp F30 LCI Halogen</p>														
1	1 - 15	0												
2	16 - 30	0												
3	31 - 45	181	Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper fixation and location against housing, bezel 1 and Ce-ver designe-ments	(36)	4	3	3	Internal Design Release	PR/TS 2012) i tion st superi tempe
			Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper dimen-sions	(36)	4	3	3	Internal Design Release	PR/TS 2012) i tion st superi

Risk matrix



SxO	Number	FMEA form	System element	Function	Failure	Effects	Cause	RPN	Preventive action	Detection action
(4,3)	56	Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper fixation to Reflector	(36)	Internal Design Release	tion stress with superimposed temperature
		Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper dimensions and position of fixing tabs	(36)	Internal Design Release	PR/TS 265 (6/2012) 6.3.3 Vibration stress with superimposed temperature
		Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper wall thickness	(36)	Internal Design Release	PR/TS 265 (6/2012) 6.3.3 Vibration stress with superimposed temperature
		Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper wall thickness	(36)	Internal Design Release	Performance test in Assembly line
		Headlamp F30 LCI Halogen	Headlamp F30 LCI Halogen	9. Avoid squeak and rattle	Unpleasant noise (rattle, clatter etc.)	Rattling, clatter etc.	Improper or missing Design Poka-Yoke	(36)	Internal Design Release	PR/TS 265 (6/2012) 6.3.3 Vibration stress with superimposed temperature