

**České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní**

Škoda Auto, a.s. Mladá Boleslav

**Czech Technical University in Prague,
Fakulty of Transportation Sciences**

Škoda Auto, a.s. Mlada Boleslav

Ing. Jaroslav Machan, CSc.

Aplikace metod kvality ve fázi vývoje výrobku
– příklady užití v automobilovém průmyslu.

**Application of quality assurance methods at the product
development stage**
– examples of application in the automotive industry

Summary

The presented document summarizes the theory of quality assurance methods applied at the product development stage and explores the necessary links and continuities between them. Great emphasis is put upon the necessity of a scientific approach to the application of such methods, i.e., the necessity of employing the DoE (Design of Experiment) technique. An important part of the material describes the QFD method (Quality Function Deployment) that makes it possible to move from verbal descriptions of product requirements to descriptions of the product's technical parameters. Special attention is paid to FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), a technique employed in designing new method application processes (dependent on the human factor to the maximum possible extent) and the forms of implementation of expert systems resulting from such processes. The material also includes numerous examples of application in the automotive industry along with hands-on experience of employing such methods.

Zusammenfassung

Die vorgelegte Arbeit fasst die Theorie der Qualitätsmethoden zum Einsatz in Phase der Produktentwicklung zusammen. Diskutiert wird hier derer unerlässliche Verknüpfung und gegenseitige Zusammengehörigkeit. In der Arbeit wird die Notwendigkeit der wissenschaftlichen Einstellung beim Einsatz dieser Methoden unterstrichen, wo dieser Einsatz durch die Methode DoE (Design of Experiment) vorgeschlagen werden muss. Ein bedeutender Teil der Arbeit ist besonders der Methode QFD (Quality Function Deployment) zur Ermöglichung des Übergangs von verbaler Beschreibung der Anforderungen an das Produkt auf die Beschreibung der technischen Produktparameter gewidmet. Eine große Aufmerksamkeit wird den FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) Methoden gewidmet, wo ein neuer Applikationsprozess der Methode, der weitmöglichst von Faktor Mensch abhängig ist, und die daraus sich ergebene Umsetzung des Expertensystems vorgeschlagen werden. Die gesamte Arbeit wird mit konkreten Beispielen aus der Automobilindustrie belegt und es werden die angewandten Methoden mit Ergänzung der praktischen Erfahrung diskutiert.

Souhrn

Předkládaná práce shrnuje teorii metod kvality užívaných ve fázi vývoje výrobku. Je zde diskutována jejich nezbytná návaznost a vzájemná souvislost. V práci je zdůrazněna nutnost vědeckého přístupu k užití těchto metod, kdy nasazení metod musí být navrženo metodou DoE (Design of Experiment). Významná část práce je věnována zejména metodě QFD (Quality Function Deployment), která umožňuje přechod z verbálního popisu požadavků na produkt k popisu technických parametrů produktu. Velká pozornost je také věnována metodám FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), kdy je navržen nový proces aplikace metody, co nejvíce nezávislý na lidském faktoru a z toho plynoucí realizace expertního systému. Celá práce je doprovázena konkrétními příklady z automobilního průmyslu a jsou diskutovány aplikované postupy doplněné praktickými zkušenostmi.

Klíčová slova:

CSI, index spokojenosti zákazníků, DFMAS, konstrukce z hlediska výroby, montáže a opravitelnosti, DfQ, konstrukce z hlediska kvality, DoE, návrh experimentu, EOP, ukončení sériové výroby, FMEA, metoda analýzy chyb a jejich důsledků, HIL, hardware v řetězci, LD, hlasité myšlení, metody kvality, QFD, RD, robustní návrh, SOP, zahájení sériové výroby, VDS, databáze výsledků zkoušek, VoC, hlas zákazníků.

Key words:

CSI, customer satisfaction index, DFMAS, design for manufacture, assembly and service, DfQ design for quality, DoE, design of experiment, EOP, end of production, FMEA, failure mode effects analysis, HIL, hardware in the loop, LD, Lautes Denken, quality assurance methods, QFD, quality function deployment, RD, robust design, SOP, start of production, VDS, Versuchdatensystem, VoC, voice of customer.

Obsah	
1	Motivace – vymezení úkolu 6
2	Přehled metod kvality užívaných ve fázi vývoje výrobku... 7
3	QFD 8
3.1.	Popis metody QFD 8
3.2.	QFD jako interface mezi požadavky zákazníků a stanovením technických parametrů..... 9
3.3.	Struktura matic QFD 11
3.4.	Příklad užití metody QFD pro stanovení koncepce interiéru vozidla 12
3.4.1.	Příprava vstupů pro aplikaci metody QFD..... 13
3.4.2.	Postup redukce dat směřující k výsledku. 14
3.4.3.	Interpretace některých výsledků QFD 16
3.4.4.	Výsledky příkladu užití QFD 18
3.5.	Shrnutí dosažených výsledků získaných na základě užití metody QFD. 19
4	Užití metod FMEA 19
4.1.	Metoda FMEA..... 19
4.1.1.	Definice pojmu metody FMEA..... 19
4.1.2.	Historie vzniku FMEA..... 20
4.1.3.	Druhy FMEA a vazby na další normy a předpisy 20
4.2.	Začlenění metod FMEA do aktivit vývoje výrobku 21
4.2.1.	Synchronizace aktivit FMEA s termínovým plánem vývoje výrobku..... 21
4.2.2.	Jednotlivé kroky realizace jedné FMEA k danému tématu 23
4.3.	Vstupy pro jednání FMEA..... 25
4.4.	Hodnocení rizika jednotlivých bodů FMEA 28
4.5.	Proces aplikace FMEA 29
4.5.1.	Dosud používaný proces aplikace FMEA 29
4.5.2.	Navržený, modifikovaný proces aplikace metody FMEA 30
4.6.	Vytvoření expertního systému 32
4.7.	Shrnutí dosažených výsledků 33
5	Závěr 36
6	Použitá literatura 37
7	Odborné CV..... 39

1 Motivace – vymezení úkolu

Stále rostoucí náročnost zákazníků zejména v oblasti kvality nutí výrobce automobilů v ostrém konkurenčním soutěžení trvale zlepšovat kvalitu a zvyšovat spolehlivost finálních výrobků. Veškeré dostupné statistiky ukazují, že vedle bezpečnosti a ekonomičnosti stojí kvalita a spolehlivost na předním místě zájmu zákazníků.

Aby mohly být dosahovány požadované hodnoty kvality a spolehlivosti, musí se neustále zlepšovat i metody kvality. Metody kvality musí být nasazovány již v rané fázi vývoje výrobku, aby předpoklady kvality byly již zapracovány v koncepci plánovaných projektů. Tato aktivita je často označována jako DfQ – „Design for Quality“ (konstrukce pro kvalitu).

Na základě výše uvedených skutečností bylo nutno vyřešit následující strategické úkoly, jejichž úspěšné vyřešení poskytlo základ k vypracování předkládané práce:

I. Vytvořit a na konkrétních projektech aplikovat takový systém metod kvality, který by zajišťoval exaktní zohlednění požadavků zákazníků.

II. Optimalizovat proces užití metod kvality sloužící k zamezení vzniku chyb v rámci nových projektů. Navrhnout a realizovat na konkrétních projektech takovou variantu procesu, aby bylo odstraněno (minimalizováno) opakování chyb. Navrhnout a realizovat expertní systém na podporu tohoto úkolu.

Splnění úkolu I. vyžadovalo zvládnutí, rozpracování a aplikaci zejména metod pro stanovení požadavků zákazníka a dále pak hlavně metody QFD pro převod volně specifikovaných požadavků zákazníků do technických dat a specifikací použitelných jako vstupy pro nové projekty.

Splnění úkolu II. vyžadovalo zvládnutí, rozpracování a aplikaci zejména metod pro posuzování možných rizik a závažnosti jejich důsledků pro konstrukční návrhy výrobků, sestav, podsestav a dílů nebo návrhy výrobních procesů, tedy metody FMEA.

Proto je celá práce zaměřena zejména na tyto výše jmenované stěžejní metody: metody pro zjišťování požadavků zákazníků, metodu QFD a metody FMEA.

2 Přehled metod kvality užívaných ve fázi vývoje výrobku

Cílem každého výrobce je spokojenost zákazníků a z toho plynoucí dobrý odbyt vyráběného produktu a tomu odpovídající zisky. Aby bylo dosaženo spokojenosti zákazníků, musí být splněny následující předpoklady:

Výrobce musí:

- Produkovat vyzrálé výrobky (po stránce technické, ekonomické atd.).
- Používat robustní procesy (stabilní procesy necitlivé na rušivé vlivy).
- Zajišťovat excelentní péči o zákazníky.

Pro podporu dosažení cílů kvality slouží celý soubor metod kvality užívaných již ve fázi vývoje výrobku.

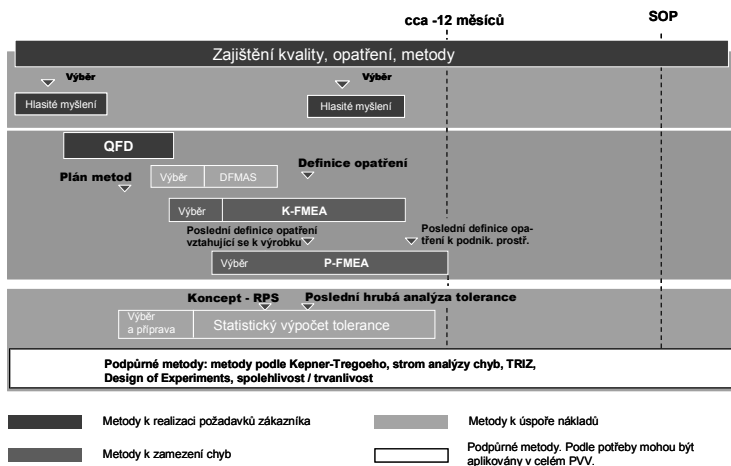
Tyto metody kvality třídíme do čtyř hlavních skupin:

- Metody pro zjišťování požadavků zákazníků a jejich implementace do projektu připravovaného výrobku.
- Metody k zajištění úspory nákladů, zvýšení produktivity a celkově ke zlepšení ekonomických ukazatelů projektu.
- Metody směřující k eliminaci chyb.
- Podpůrné metody.

Rozdělení metod do jednotlivých skupin a jejich časové svázání s procesem vývoje výrobku ukazuje následující obrázek 2.1

Pozn.: Výsledky, zkušenosti, poznatky a postupy uváděné v této práci byly nebo jsou uplatňovány v nejnovějších projektech firmy Škoda Auto a.s., proto jsou některé části v rámci utajení zobrazeny.

Referenční proces - metody v PVV



Obr. 2.1: Přehled metod užívaných ve fázi vývoje výrobku

3 QFD

3.1. Popis metody QFD

Při zahájení vývoje nového produktu (v našem případě automobilu) máme několik vstupních zdrojů. Jsou to zejména:

- Požadavky zákazníků VoC (Voice of Customers).
- Zkušenosti vývojového pracoviště.
- Povinné předpisy a technologické trendy.
- Zkušenosti z předchozích projektů, zpětná vazba z prodaných vozů.

Transformací požadavků zákazníků do technického vyjádření, tedy zpracováním prvního zdroje se zabývá právě metoda QFD (Quality Function Deployment). Popis modifikace a využití této metody bude předmětem této kapitoly.

Výsledkem metody QFD jsou zejména odpovědi na dvě následující otázky:

- Co očekávají zákazníci?
- Jak splníme tato očekávání?

Metodu QFD můžeme aplikovat v následujících úrovních (v této práci se budeme zabývat zejména návrhem produktu):

- Návrh produktu (charakteristické vlastnosti výrobku).
- Návrh komponent (vlastnosti komponent).
- Plánování procesů (procesní kroky).
- Plánování produkce (parametry procesů).

V současné době rozeznáváme tři základní typy zákaznických požadavků (obr.3.1):

Nevyslovené vlastnosti (samozřejmé, očekávané, základní požadavky), které zákazník nepovažuje za nutné sdělovat, protože je očekává automaticky, nepřemýšlí o nich až do chvíle, kdy je výrobek přestane vykonávat. Jejich plnění nevěnují zákazníci ani pozornost.

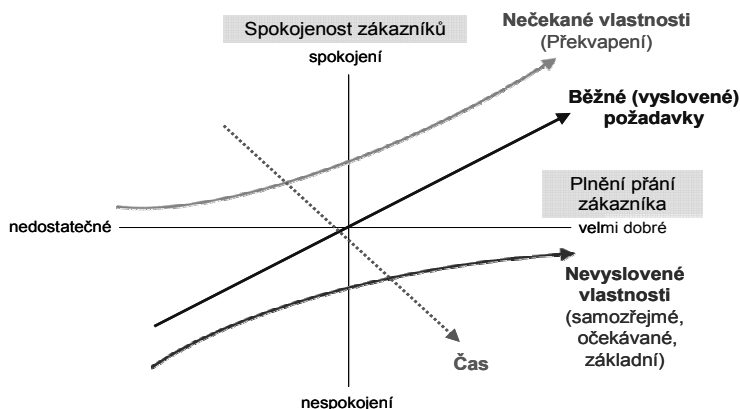
Běžné (vyslovené) požadavky, které zákazník v případě dotazníku nebo ankety dokáže vyjmenovat. Uspokojují (nebo neuspokojují) jeho požadavky v míře přímo úměrné svému výskytu.

Neočekávané vlastnosti (překvapení), které zákazníka udiví, neočekává splnění svých nestandardních požadavků a pokud výrobek vykazuje takovou vlastnost, která je toho schopna, obvykle je tím udiven. Protože ale zákazník není schopen tyto svoje požadavky pojmenovat, je na výrobcu, aby je předvídal a přizpůsobil jim svůj výrobek.

3.2. QFD jako interface mezi požadavky zákazníků a stanovením technických parametrů

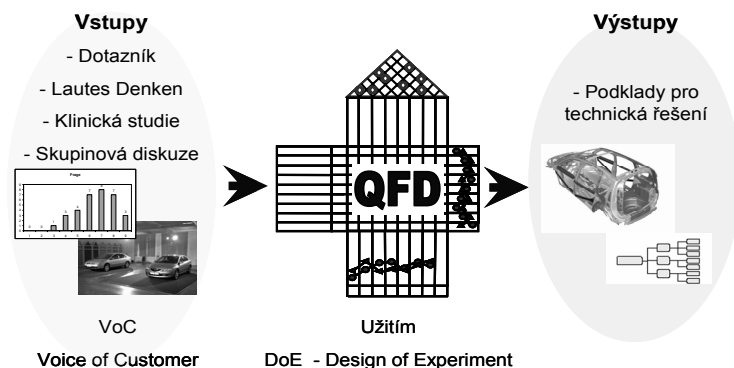
Při přípravě aplikace metody QFD je třeba mít stále na zřeteli, jaké výstupy chceme získat a jak je chceme dále využít. Metoda QFD slouží jako rozhraní (interface, převodník) mezi často verbálně definovanými požadavky zákazníků a technickými hodnotami, které musí být při vývoji produktu uplatněny. Proto musí být výstupy z předchozího kroku, tedy sběru zákaznických požadavků úplné, tak aby mohly být vyplněny všechny vstupy QFD. Toho dosáhneme správnou skladbou a formulací otázek kladených zákazníkům. Při přípravě této části procesu musíme pečlivě uplatnit všechny přístupy metody DoE (Design of Experiment). Schématicky je tato část postupu uvedena na obrázku 3.2.

Kano Model



Obr. 3.1: Model „Kano“ plnění očekávání zákazníků

VAZBY QFD

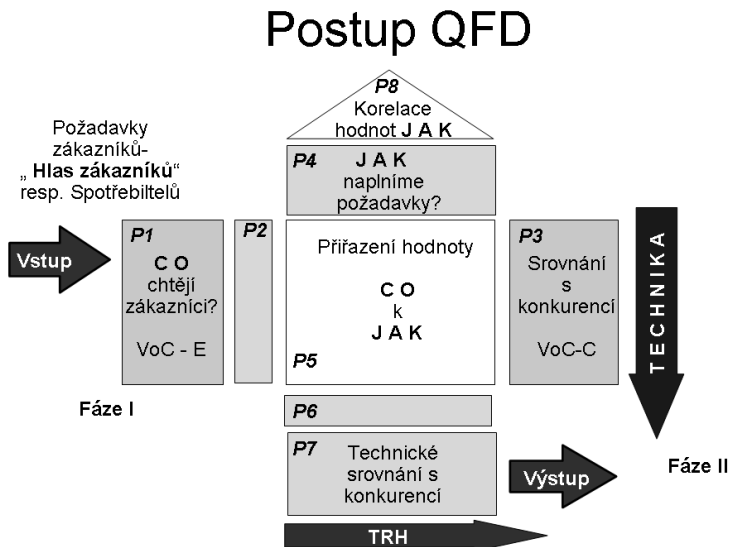


Obr. 3.2: Metoda QFD jako rozhraní (interface)

Ze zkušenosti je známo, že v této části se nejčastěji chybí. Pokud se skladba otázek nepřipraví s dostatečnou pečlivostí a pak se zjistí, že nám některé vstupy pro QFD chybí, velice těžko se tato chyba napravuje. Lze to napravit za určitých kompromisů, ale celkový výsledek zatížíme vyšší nejistotou.

3.3. Struktura matic QFD

Celkovou strukturu matic QFD ukazuje následující obrázek 3.3.



Obr. 3.3: Struktura QFD

Pro jednodušší identifikaci si označíme jednotlivá pole struktury QFD P1 až P8. Obsah jednotlivých polí je následující:

- P1 Co chtějí zákazníci, očekávání (VoC-E).
V této části je seznam všech očekávání (požadavků) zákazníků.
- P2 Priority očekávání. V této části jsou všem očekáváním přiřazeny priority, jako jeden z výsledků názoru zákazníků. Rozsah hodnot je 1 až 9, kdy 1 je nejnižší priorita.
- P3 Srovnání s konkurencí (VoC-C). V této části jsou uvedeny hodnoty srovnání vlastností více výrobků, dle názoru zákazníků. Dle některých publikací se zde uvádí absolutní posouzení vlastností v hodnotách 1 až 9, kdy 1 znamená nejhorší plnění vlastnosti. Na základě našich praktických zkušeností je lépe zde uvádět relativní hodnotu vůči vybranému referenčnímu výrobku v hodnotách -3 až +3, kdy -3 znamená, že posuzovaný výrobek je podstatně horší než výrobek referenční. Podle potřeby lze potom výsledek transformovat jako relativní vůči průměrnému (virtuálnímu) výrobku.

- P4 V této oblasti je seznam technických parametrů, jakými můžeme plnit očekávání zákazníků. U technických parametrů by měly být uvedeny jednotky (např.: mm, cd, km/hod, atd.).
- P5 V této oblasti jsou uvedeny vzájemné korelace mezi očekáváními zákazníků a technickými parametry. Tedy hodnota určující do jaké míry daným technickým parametrem ovlivníme odpovídající očekávání zákazníků. Zde se uvádí pouze hodnoty 0=žádné ovlivnění, 1=nízké ovlivnění, 3=průměrné ovlivnění a 9=úplné ovlivnění.
- P6 Zde jsou uvedeny hodnoty důležitosti jednotlivých technických parametrů. Každá hodnota je dána součtem součinů korelací daného parametru a priority odpovídajícího očekávání (skalární součin). Tato oblast je z hlediska dalšího postupu nejdůležitější. Na základě zde vypočítaných hodnot se dále rozhodneme, které technické parametry nejvíce ovlivní požadavky zákazníka a jsou tedy důležité při další konstrukci, a které technické parametry jsou méně důležité z pohledu splnění požadavků zákazníků a můžeme se jim věnovat s menší prioritou.
- P7 Do této oblasti se zapisují skutečné technické hodnoty porovnávaných výrobků. Na základě našich praktických zkušeností je dobré tyto hodnoty normovat v rozsahu hodnot, které skutečně dosahují porovnávané vzorky.
- P8 Do této oblasti (někdy označované jako střecha) QFD se uvádí vzájemné korelace technických parametrů. V dostupných pramenech se uvádí, že se do této oblasti zapisují hodnoty -1,0,+1 (negativní korelace, bez korelace, pozitivní korelace), někdy se uvádí pouze: -, prázdné místo a +. Na základě našich zkušeností je dobré zde uvádět hodnoty 0=žádné ovlivnění, 1=nízké ovlivnění, 3=průměrné ovlivnění a 9=úplné ovlivnění (a rozlišovat znaménky kladné či záporné hodnoty).

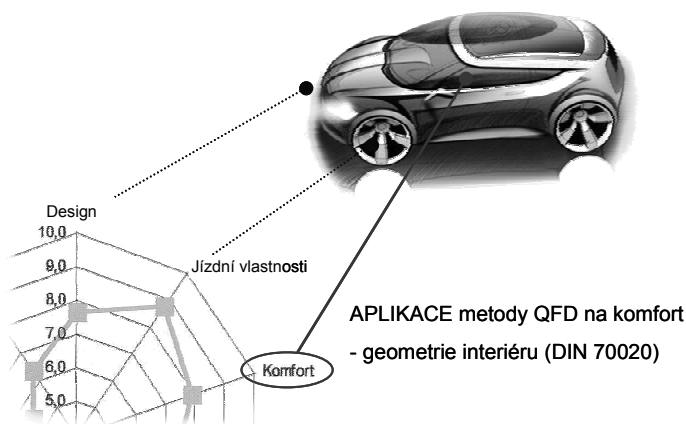
3.4. Příklad užití metody QFD pro stanovení koncepce interiéru vozidla

Jednotlivé kroky užití QFD budou dále dokumentovány na konkrétním již realizovaném příkladě [14]. Jedná se o případ návrhu koncepce geometrie interiéru nového projektu automobilu se zaměřením dosažení maximálního komfortu.

Úkolem bylo stanovit rozměry interiéru, tak aby připravovaný projekt automobilu splňoval zákazníky definované vlastnosti lépe než konkurence.

Hodnota důležitosti komfortu pro zákazníka se získává například dotazníkovou akcí, jak je ukázáno na následujícím obrázku.

APLIKACE METODY QFD



Obr. 3.4: Výběr zaměření aplikace QFD

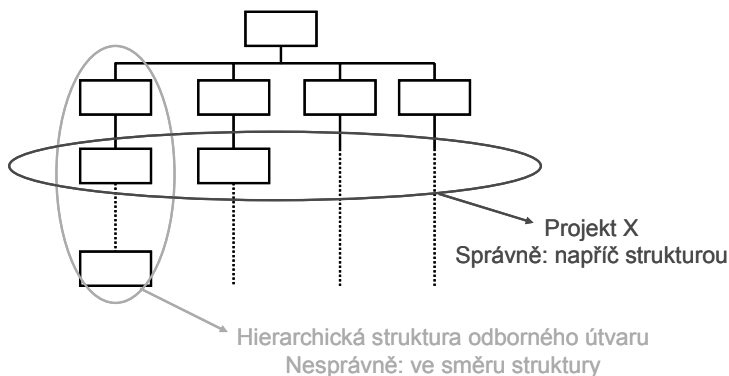
Pozn.: Aby mohl být tento postup publikován, musely být některé citlivé výsledky zobecněny nebo vyjádřeny v relativních hodnotách.

3.4.1. Příprava vstupů pro aplikaci metody QFD.

Pro přípravu vstupů byla použita dotazníková metoda. Dotazníková akce proběhla České republice a zahrnovala cca 100 respondentů.

Tým pro přípravu musí splňovat následující kritéria a dodržet následující doporučení:

- Být si vědom, že se bude užívat celý řetězec metod kvality a že jednotlivé metody musí na sebe navazovat.
- Tým pro přípravu vstupních dat (dotazníku) musí mít dostatečné povědomí o navazující metodě, tedy QFD.
- Je nezbytný doprovod odborníka na metodu QFD.
- Je nezbytný doprovod odborníků na vlastní produkt.
- Zásadní podmínkou je: Nevytvářet dotazník pro odborný útvar, ale pro projekt.



Obr. 3.5: Dotazník je určen pro podporu projektu

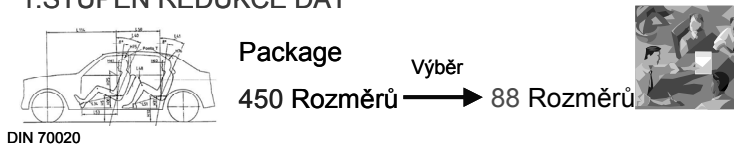
Pomocí dotazníkové akce bylo vybráno 22 nejdůležitějších vlastností, které zákazníci požadují z hlediska komfortu interiéru. Jednotlivým vlastnostem byly (na základě názoru zákazníků) přiřazeny hodnoty důležitosti v rozmezí 1 až 9, kdy 1 znamená, že daná vlastnost je nejméně důležitá. Dále byl získán názor zákazníků na srovnání s konkurencí z hlediska prioritních vlastností (VoC-C).

3.4.2. Postup redukce dat směřující k výsledku.

První stupeň redukce dat [11].

Podle DIN 70020 popisuje geometrii interiéru asi 450 hodnot. V rámci týmu bylo stanoveno 88 rozměrů, které mají hlavní vliv na požadované vlastnosti.

1. STUPEŇ REDUKCE DAT



Obr. 3.6: Redukce technických parametrů

Výsledkem je následující část struktury zobrazení QFD (dle zavedené terminologie to jsou části: P1, P2, P4, P5 a P6). Rozsah struktury zobrazení QFD dokumentuje obrázek 3.7. Tento obrázek slouží pouze pro představu rozsahu matice. Z důvodu utajení je obrázek uveden ve velikosti, kde uvedené záznamy nejsou čitelné.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Obr. 3.7: Struktura QFD po první redukci technických parametrů

Druhý stupeň redukce dat.

Na základě hodnot důležitosti jednotlivých technických parametrů (P6) byla provedena další redukce technických parametrů. Byla stanovena prahová hodnota důležitosti a všechny parametry s nižší hodnotou nebyly dále uvažovány. Výsledkem bylo snížení počtu parametrů z 88 na 23.

2.STUPEŇ REDUKCE DAT

23 Rozměrů ≥ 100

22 Otázky

23 Rozměry ≥ 100																		
22 Otázek			W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16
Q1	7,2	X	X	X														
Q2	6,7	X	X	X														
Q3	6,0	X	X															
Q4	6,3	X																
.....																		
Q18	6,5																	
Q20	8,0																	
Q21	6,2		X	X														
Q22	6,0			X														
			174	X	X	X	X	X			X	100	97	87	X		X	X

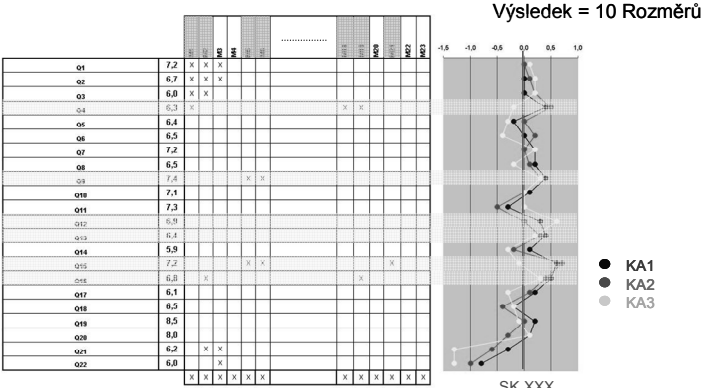
Obr. 3.8: Struktura QFD po druhé redukci technických parametrů

Třetí stupeň redukce dat.

Další stupeň redukce byl proveden na základě názoru zákazníků v oblasti srovnání s konkurencí (P3) z hlediska prioritních vlastností (VoC-C).

V tomto kroku byly vybrány pouze ty vlastnosti, v kterých je konkurence, podle názoru zákazníků, lepší a tak mohl být počet technických parametrů ovlivňující tyto vlastnosti snížen z 23 na 10.

3.STUPEŇ REDUKCE DAT



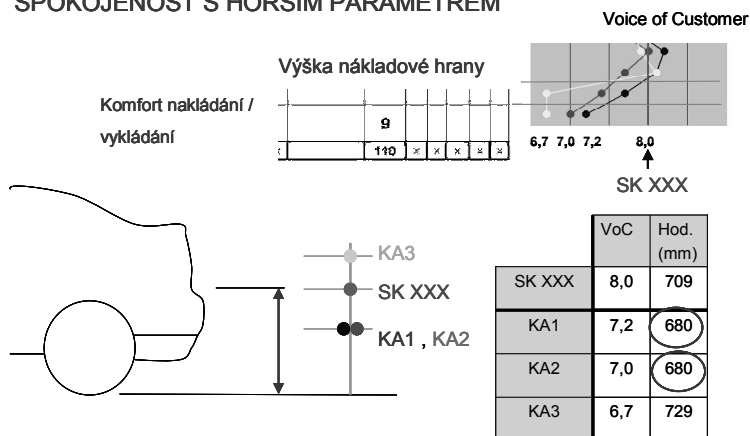
Obr. 3.9: Struktura QFD po třetí redukci technických parametrů

3.4.3. Interpretace některých výsledků QFD

Anomálie 1 – Spokojený zákazník s horšími technickými parametry produktu.

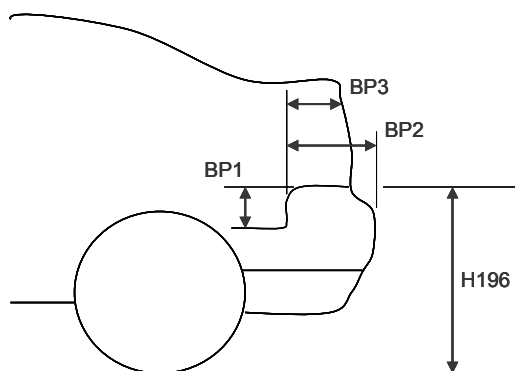
Při vyhodnocení výsledků může nastat případ, kdy je zákazník spokojený s vlastností, ale technické parametry jsou horší. Tento případ ukazuje následující obrázek 3.10. Jedná se o hodnocení vlastnosti „Snadné nakládání a vykládání ze zavazadlového prostoru vozidla“. Technickým parametrem ovlivňujícím zásadním způsobem tuto vlastnost je výška nakládací hrany. V uváděném příkladě má výška nakládací hrany u automobilu SKXXX hodnotu 709mm a výška nakládací hrany konkurence KA1 i KA2 má hodnotu 680mm, tedy nižší. Spokojenost zákazníka charakterizovaná hodnotou VoC je však u vozidla SKXXX vyšší, má hodnotu 8,0 a u konkurence KA1 nižší 7,2 a u KA2 7,0. Tento výsledek znamená, že je třeba najít i další parametry, které mohou, i třeba s nižší váhou charakterizovat analyzovanou vlastnost. Další možné korelující parametry jsou uvedeny na obrázku 3.11.

SPOKOJENOST S HORŠÍM PARAMETREM



Obr. 3.10: Spokojený zákazník s horšími technickými parametry produktu

DALŠÍ OVLIVŇUJÍCÍ PARAMETRY



Obr. 3.11: Nezbytné rozšíření o další uvažované parametry

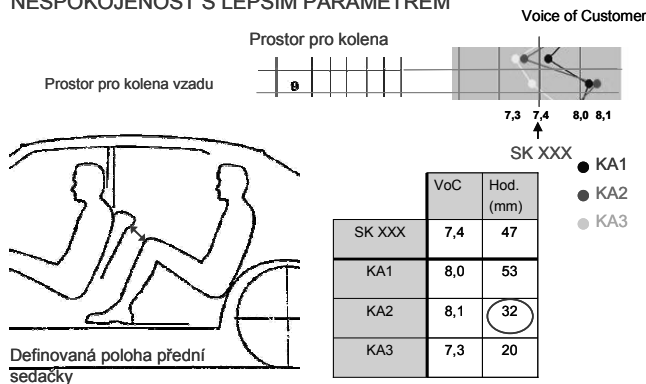
Anomálie 2 – Nespokojený zákazník s lepšími technickými parametry produktu.

Při vyhodnocení výsledků může nastat opačný případ, kdy je zákazník nespokojený s vlastností, ale technické parametry jsou lepší. Tento případ

ukazuje následující obrázek 3.12. Jedná se o hodnocení vlastnosti „Dostatek prostoru pro kolena vzadu“. Technickým parametrem ovlivňujícím zásadním způsobem tuto vlastnost je normou definovaná vzdálenost kolen vzadu sedícího pasažéra od zadní strany přední sedačky. V uváděném příkladě má vzdálenost kolen vzadu sedícího pasažéra od zadní strany přední sedačky u automobilu SKXXX hodnotu 47mm a vzdálenost kolen vzadu sedícího pasažéra od zadní strany přední sedačky u konkurence KA2 má hodnotu 32mm, tedy menší. Spokojenost zákazníka charakterizovaná hodnotou VoC je však u vozidla SKXXX nižší, má hodnotu 7,4 a u konkurence KA2 hodnotu 8,1, tedy vyšší. Tento výsledek znamená, že i v tomto případě je třeba najít i další parametry, které mohou, i třeba s nižší váhou charakterizovat analyzovanou vlastnost. Může nastat i případ,

že nenalezneme žádný technický parametr, pak bude třeba najít subjektivní důvod tohoto pozitivního hodnocení a najít další vhodnou charakteristiku, která nám umožní definovat jiné technické řešení.

NESPOKOJENOST S LEPŠÍM PARAMETREM



Obr. 3.12: Nespokojený zákazník s lepšími technickými parametry produktu

3.4.4. Výsledek příkladu užití QFD

Výsledkem dokumentovaného příkladu bylo stanovení 10 důležitých rozměrů interiéru, které byly modifikovány tak, aby připravovaný model automobilu splňoval vlastnosti požadované zákazníky lépe než konkurenční modely. Cílem je zlepšit těchto 10 parametrů a tím posunout model ŠKODA v zákaznických důležitých parametrech před konkurencí.

3.5. Shrnutí dosažených výsledků získaných na základě užití metody QFD.

Na základě poznatků o užití metody QFD uvedených v předkládané práci bylo dosaženo následujících výsledků:

- Byl modifikován způsob přípravy dotazníkových akcí tak, aby získané poznatky mohly být systematicky uplatněny i v dalších metodách užívaných ve fázi vývoje výrobku.
- Byla modifikována metoda QFD, s cílem lepšího uplatnění v automobilních aplikacích.
- Metoda QFD (v této publikované formě) byla použita v koncepční fázi u třech nových projektů automobilu. Výsledky byly prakticky uplatněny v těchto projektech.

4 Užití metod FMEA

4.1. Metoda FMEA

4.1.1. Definice pojmu metody FMEA

FMEA je v anglické terminologii zkratkou pro metodu Failure Mode and Effects Analysis [2], [3].

FMEA je v německé terminologii zkratkou pro stejnou metodu Fehler Moglichkeits und Einfluss-Analyse. Výběr slov v němčině byl zvolen tak, aby se obě zkratky anglická i německé shodovaly.

V české terminologii se jedná o „Metodu zjišťování možných chyb a jejich důsledků“. Český překlad zkratky se neužívá a i v naší odborné literatuře se pro tuto metodu užívá anglická zkratka FMEA. Jak už z názvu metody vyplývá, jedná se o metodu, při které jsou posuzována možná rizika a závažnost jejich důsledků pro konstrukční návrhy systémů, výrobků, sestav, podsestav a dílů nebo návrhy procesů.

FMEA je systematicky uspořádaným racionálním prostředkem, který umožňuje ještě před realizací provést systematický rozbor slabých míst (systému, konstrukce nebo procesu) a tím se včas vyvarovat neočekávaných potíží při realizaci. Zásadou FMEA je, že je lépe zabránit vzniku vad včas, než je následně odhalovat a odstraňovat, resp. hradit náklady následků vad. Nejekonomičtější forma redukce nákladů je prevence.

4.1.2. Historie vzniku FMEA

Zahájení systematického využití metod FMEA lze datovat do 60. let. První praktické aplikace FMEA byly realizovány na pracovištích NASA při kosmickém projektu Apollo. Po aplikacích v kosmickém průmyslu se postupně užití metod rozšířilo do leteckého, automobilního a jaderného průmyslu. Kromě vývoje a optimalizace výrobků se postupně užití FMEA uplatnilo i při plánování výroby a procesů. V současné době je užití FMEA nedílnou součástí systému pro zajištění kvality a spolehlivosti.

4.1.3. Druhy FMEA a vazby na další normy a předpisy

Konstrukční FMEA, tedy K-FMEA.

FMEA návrhu výrobku – pro analýzu výrobků, jejich částí a prvků.

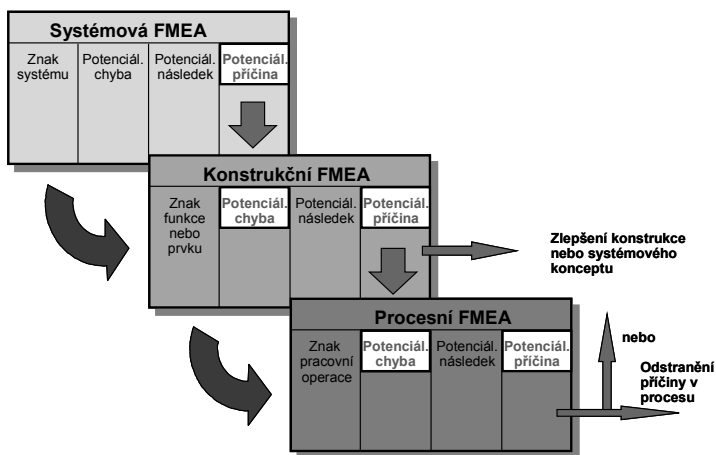
Procesní FMEA, tedy P-FMEA.

FMEA procesu – pro analýzu procesů, v nichž vznikají výrobky nebo služby.

Systémová FMEA výrobku a procesu, tedy S-FMEA.

S-FMEA je založena na stejných principech jako FMEA návrhu výrobku nebo procesu, s tím rozdílem, že se při analýze uplatňuje systémový přístup. Výrobek nebo proces se chápe jako systém skládající se z prvků na různých úrovních a u těchto prvků se analyzují jejich funkce. Možné vady, jejich důsledky a příčiny se pak analyzují jako selhání těchto funkcí.

Užití metodik FMEA je založeno zejména na plnění norem kvality ISO 9001 a ISO 16949 [5], [6]. Dále jsou v metodikách zahrnuty požadavky norem VDA 6.1, svazek 4, díl 3. Vazba užití metodik FMEA na plnění kritérií podle SPiCE (ISO 15504) je dosti volná, pohybuje se v rozmezí 15 až 20% [1], [7]. Zvládnutí metodik FMEA má dle metodiky SPiCE vliv na Výkonnost procesu (BP1-9), Řízení procesu (GP2.1.x) a na Management pracovních produktů (GP2.2.x) [12].



Obr. 4.1: Struktura FMEA, úrovně S, K, P

4.2. Začlenění metod FMEA do aktivit vývoje výrobku

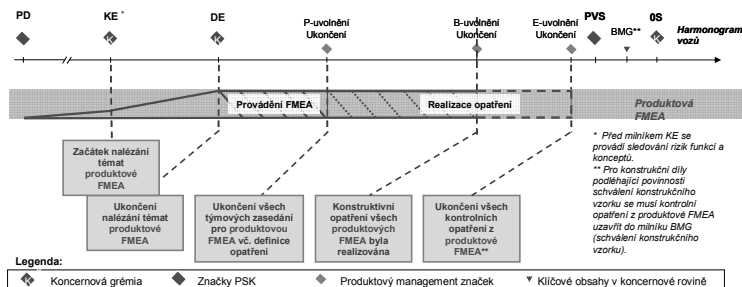
4.2.1. Synchronizace aktivit FMEA s termínovým plánem vývoje výrobku

Užití metod FMEA nemůže být samoúčelné, má sloužit k podpoře procesu vývoje výrobku s cílem dosažení co nejvyšší kvality a spolehlivosti, a proto musí být pevně přiřazeno termínovému plánu procesu vývoje výrobku. Přiřazení užití metod FMEA termínovému plánu vývoje výrobku ukazuje obrázek 4.2.

V této práci budeme výrobkem rozumět složitý technický systém, např. automobil. Prvním krokem pro zavedení metod FMEA do projektu je výběr systémů, skupin, podskupin a dílů výrobku, na které budeme metodu FMEA aplikovat. Do seznamu témat zařadíme jednak povinná témata definovaná platnými předpisy a normami a pak témata daná zkušeností z předchozích projektů, přínosné bývá zařadit do seznamu témat pro aplikaci metod FMEA i nově zaváděné nebo unikátní systémy. Potřebu zařadit téma do seznamu témat určených pro aplikaci metod FMEA můžeme také ověřit užitím metody QFD. Když máme připraven návrh témat pro aplikaci metod FMEA, musí být tento seznam témat odsouhlasen projektovým vedením i produktovým vedením. K jednotlivým tématům se přiřadí, i jaký typ FMEA se bude k těmto tématům provádět, tedy Systémová FMEA, Konstrukční FMEA nebo Procesní FMEA. K jednotlivému tématu se může provádět buď

jen jeden typ FMEA nebo dva a nebo všechny tři. V seznamu témat mohou být například taková témata jako: stěračové systémy, systémy osvětlení vozidla, klimatizace, sedačky atp. Dalším krokem je termínové naplánování provádění FMEA k jednotlivým tématům v souladu s termíny jejich vývoje (tedy např. k termínu uvolnění výkresové dokumentace k nehmotné nebo k hmotné přípravě výroby, případně k jiným klíčovým termínům). Termíny provádění FMEA musí být v souladu i s termíny aplikací jiných kvalitativních metod zejména DFMA aj. Součástí rozplánování FMEA je i rozdělení FMEA prováděných u dodavatelů. Důležité je i správné rozplánování na sebe navazujících témat. V praxi se běžně stává, že se některá témata dodatečně přidávají na základě výsledků jiných již realizovaných FMEA nebo se pro některá významná témata FMEA opakují. Každé téma FMEA má řadu samostatných bodů. Pro konkrétní představu k tématu: stěračové systémy se zabývají body např.: Nekvalitní setřená plocha, nebo Obtížná výměna stírací lišty atp. Část protokolu konkrétního příkladu je uveden na obrázku 4.3. V celém procesu vývoje výrobku probíhá kontrola stavu navržených opatření, stavu jejich plnění s cílem eliminovat možné riziko vady k akceptovatelné hranici a tím uzavřít jednotlivé body příslušných témat FMEA.

Pozn.: Při zpracování předkládané práce byly brány v úvahu i tématu relevantní interní normy a metodiky VW.



Obr. 4.2: Časový plán

Název FMEA	Zpracovatel	Datum konání FMEA	FMEA-Typ														
Name der FMEA	Bearbeiter	Datum der Umsetzung															
Stichtag/erstellt	Moderator & Zapis: Tobiška, OQA	15.2.2007	konstruktivní														
Předmět FMEA	Zodpovědná oblast	FMEA-Stav	Datum poslední změny														
Gegenstand der FMEA	Verantwortlicher Bereich	FMEA-Status	Datum der letzten Änderung														
Projekt X																	
FMEA Typs / FMEA Team																	
J. Machan	J. Tobiška	M. Pelant	J. Dvořák														
F. Otruba	A. Rychtářová																
Funkce	Možná chyba	Možný důsledek	S. Příčina	Kont. prev. opatření	Nebezpečnost	Možné riziko	Opisovaná opatření	Odhodnocení	Termín	Provedení opatření	Nebezpečnost	Možné riziko	Stav				
Funktion	Funktionsfehler	Funktionsfolge	Ursache	Erkennungsmaßnahmen	A	B	C	Englisch/Abkürzungen	ge. ermitteltes Datum	Geplante Maßnahmen	A	B	C				
1. Přední strací soustava	1.1 Zastádá do motoru	Nefunkční motor	Poloha motoru v WaKa, návrh krytí		4	8	5	192	1.1.1 Ověřit na 1.BS polohu motoru s ohledem na IP krytí, na základě výsledku navrhnout opatření proti zatečení vody do motoru	Dvořák (11)	26.10.2007	Na základě výsledků 1.BS bylo navrženo konstrukční opatření.	1	8	6	48	100%
analýza																	
	1.2 Problémy se zástavou nebo opravou	Montážní problémy, Montáž-probleme	Konstrukční návrh, soustavy, zástavový prostor		5	6	4	120	plánování		30.6.2007	Konstrukční návrh soustavy je v s. Montážní problémy	1	6	4	24	100%
zkouška																	
	1.3 Nesprávné upravení strací soustavy v kameřině	Nedokonalé setření akla	Nesprávný díel stráčka proti sílu		5	7	7	245	1.3.1 Představit na vyvojevném tj.ym: požadavek na nádh. tolerančního	Pelant (TC)	15.3.2007	provedení	7	7	7	49	100%
aplikace																	
	1.4 Poškození laku kapoty	Koroze	Kolíže ramínek s kapotou při odlopiení ramínka v zaparkované m stavu stráček -není		3	6	6	108	1.4.1 Zohlednit v návrhu k obložení serními s zrnem serními stráček, připravit podobný návd k vřmání	A. Rychtářová	31.12.2007	V návrhu k obložení doplněn požadavek návd k vřmání stráček s dopravní zřazovací s serními polose.	7	7	7	49	100%

Obr. 4.3: Ukázka protokolu

4.2.2. Jednotlivé kroky realizace jedné FMEA k danému tématu

Každá konkrétní FMEA k danému zvolenému tématu se skládá z následujících fází:

- Přípravná, plánovací fáze

Za tuto fázi zodpovídá vedoucí SETu společně s pracovníkem kvality odpovědným za moderování „jednání FMEA“ (vžitě označení pro jednání podle zásad metody FMEA zaměřené na zvolené téma konstrukčního řešení celku, dílu atp.). Činnost spočívá ve stanovení přesného termínu jednání, určení účastníků jednání včetně pozvání zástupce odborné oblasti odpovědného za realizaci probíraného tématu, který při jednání seznámí účastníky s projednávaným tématem a bude schopen v případné diskusi zdůvodnit navrhovaná řešení. Součástí přípravy

je i seznámení účastníků (s dostatečným časovým předstihem) s tématem, který bude probírán. Povinností účastníků je se na jednání řádně připravit.

- Vlastní jednání FMEA

Zodpovědnost za výsledek jednání má vedoucí SETu. Za moderaci a vypracování protokolu je odpovědný pracovník kvality. Při jednání jsou probírány jednotlivé body (potencionální chyby, nebo připomínky zákazníků) z hlediska struktury, funkční analýzy, možných chyb a jsou navrhována opatření k jejich úplnému zamezení nebo minimalizaci, na

předem definovanou míru. Je definován termín realizace opatření a odpovědný pracovník.

Analýza probíhá ve čtyřech stupních:

- analýza současného stavu
- hodnocení současného stavu
- návrh preventivního opatření
- hodnocení stavu po provedení preventivních opatření

U každého bodu je stanovena i jeho závažnost pomocí proměnné RPZ, tato proměnná nabývá hodnoty v rozsahu od 1 do 1000. Hodnota RPZ je dána součinem hodnot A, B a E. Hodnota A představuje četnost výskytu potencionální chyby. Má hodnotu v rozsahu 1 až 10, kdy hodnota 1 znamená, že tato chyba má nepravděpodobný výskyt (nevzniknou žádné problémy) a hodnota 10 znamená, že je téměř jistý výskyt neustálých chyb. Hodnota B představuje závažnost probírané, potencionální chyby. Má hodnotu v rozsahu 1 až 10, kdy hodnota 1 znamená, že je nepravděpodobné, že vada bude mít nějaký vliv pro zákazníka, hodnota 10 znamená, že vada ohrožuje bezpečnost a zdraví zákazníka. Hodnota E vyjadřuje snadnost nebo obtížnost odhalení chyby. Má hodnotu v rozsahu 1 až 10, kdy hodnota 1 znamená, že chyba je v následujících operacích snadno odhalena a hodnota 10 znamená, že chyba je velice těžko odhalitelná (např. chyba SW řídicí jednotky závislá na stavu ostatních řídicích jednotek v čase). Tedy:

$RPZ = A \times B \times E$ RPZ Charakteristika rizika (1 až 1000).

A - Četnost výskytu potencionální chyby (1 až 10).

B - Závažnost potencionální chyby (1 až 10).

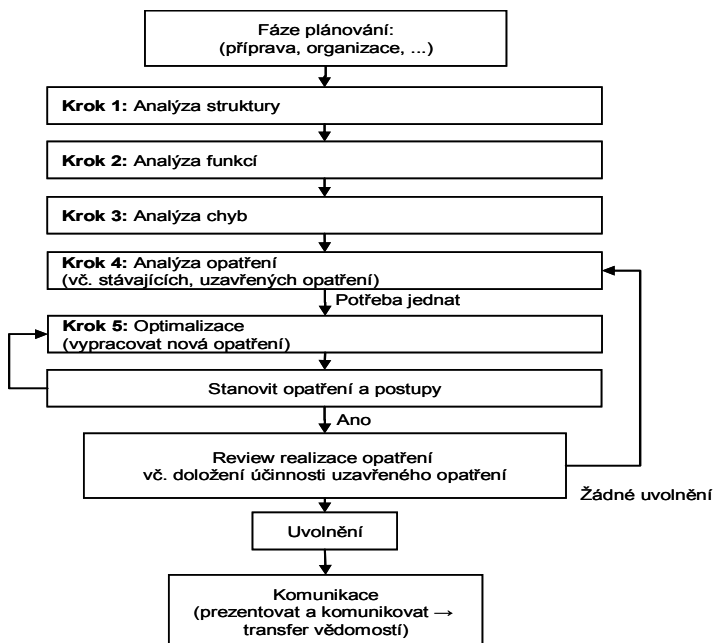
E - Odhalitelnost potencionální chyby (1 až 10).

- Vypracování a odsouhlasení protokolu

Za vypracování protokolu je odpovědný pracovník kvality. Za věcnou správnost je zodpovědný vedoucí SETu. S návrhem protokolu jsou seznámeni všichni účastníci proběhlého jednání FMEA. Po odsouhlasení je protokol prohlášen za definitivní a zaveden do sledovacích systémů. V protokole nelze provádět zpětně žádné změny, pouze doplňovat aktuální stavy řešení jednotlivých bodů dle stavu vývoje hodnoceného objektu. Zde máme na mysli úplnou verzi protokolu uloženou v databázovém systému. Pro operativní užití se užívají, podle potřeby, různé formy výběrů.

- Řízení průběhu plnění opatření definovaných v zápise z jednání FMEA.

Tato činnost představuje zejména kontrolu a aktualizaci plnění opatření. Určení stupně plnění opatření, případně uzavření opatření jako splněné. Dále se stanovují opatření u případných odchylek. V některých případech může být navrženo opakování jednání FMEA.



Obr. 4.4: Postup FMEA [9]

4.3. Vstupy pro jednání FMEA

Jedním z nejdůležitějších předpokladů úspěchu jednání FMEA je dobrá příprava jednotlivých členů týmu, z hlediska shromáždění zkušeností z předchozích projektů.

K dispozici jsou následující zdroje z předchozích projektů:

- Znalosti a zkušenosti pracovníků.
- Protokoly z laboratorních zkoušek.
- Protokoly z HIL simulací.
- Protokoly ze stavby prototypů.
- Protokoly ze zimních a letních zkoušek.
- Protokoly ze zimních a letních srovnávacích jízd.
- Protokoly z urychlených jízdních zkoušek.

- Protokoly z jízdních zkoušek.
- Protokoly z jízd kvality.
- Protokoly z Pilotní haly.
- Protokoly z předseriové výroby.
- Protokoly z náběhu série.
- Protokoly z kontrolních bodů a přípravy vozidel pro zákazníky.
- Soubor systémů pro sledování kvality prodaných vozidel a spokojenosti zákazníků (telefonní dotazy, záruční prohlídky, sledování pozáručních oprav atd.).

Využití zkušeností z realizovaných projektů pro nové projekty ukazuje obrázek 4.5.

Zkušenosti získané z celého průběhu předchozích projektů je nutné shrnout a na jednání FMEA prodiskutovat možný vliv pro projekty budoucí.

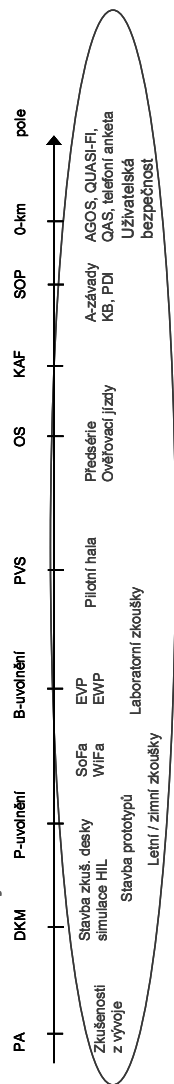
Dalším důležitým vstupem pro jednání FMEA nového projektu jsou zkušenosti z FMEA předchozích, již realizovaných projektů. K tomuto účelu byl zaveden pojem RD – RobustDesign (Robustní návrh). Zobecněné zkušenosti (poznatky) jsou uloženy v databázi RD, která je podмноžinou systému VDS. Jedná se o rozsáhlý soubor podrobně popsanych poznatků z potencionálních chyb ze všech již realizovaných projektů soustředěný v jedné virtuální databázi (můžeme označit P000). Jsou zde tedy poznatky z projektů různých velikostí vozidel (od A000, A00, A0 až po D). Jsou zde také soustředěny poznatky z různých typů vozidel (např. Limusina, Kombi, Kabriolet atp.). Jedná se o projektově nezávislou databázi obsahující řádově tisíce položek. Při přípravě FMEA nového projektu se jednotlivé body RD posuzují, zda jsou relevantní tomuto novému projektu a pokud ano, tak jsou přesunuty do databáze RD nového konkrétního projektu.

Obrázek 4.6 ukazuje princip využití obecné databáze RD pro jednotlivé plánované projekty. V tomto případě se jedná o přesun relevantních položek z projektově nezávislé databáze P000 do nově plánovaného projektu P3 (může se např. jednat o následníka Oktávie).

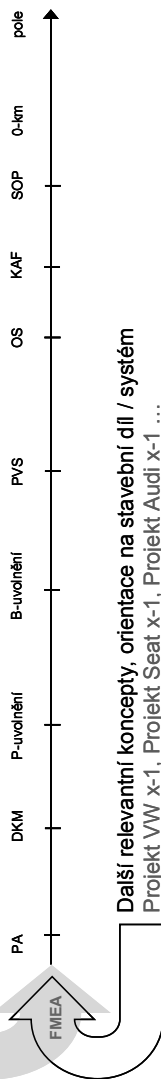
Preventivní analýzy a analýzy FMEA (časová osa pořizování dat)

Premisa: Pořizování všech datových zdrojů

Předchůdci Projekt X-1



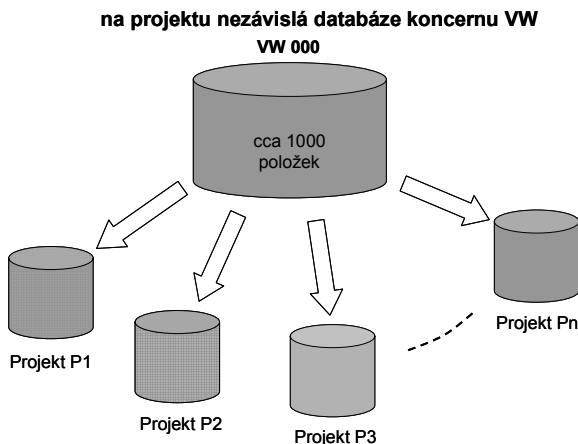
Aktuální projekt (Projekt X)



Další relevantní koncepty, orientace na stavební díl / systém
Projekt VW x-1, Projekt Seat x-1, Projekt Audi x-1 ...

Obr. 4.5: Aplikace zkušeností z již realizovaných projektů na nový projekt

Všeobecná struktura databáze RD (Robustdesign)



Obr. 4.6: Projektově nezávislé databáze RD

4.4. Hodnocení rizika jednotlivých bodů FMEA

Stanovení závažnosti posuzovaného bodu FMEA (potencionální chyby a jejich důsledků) pomocí proměnné RPZ neumožňuje riziko jednoznačně kvantifikovat. Stejná hodnota RPZ pro různé body neznamená vždy stejné riziko. Použití RPZ vyžaduje vždy ještě logickou kontrolu hodnot jednotlivých proměnných. Možnost nesprávné interpretace ukazuje následující příklad:

- A - Četnost výskytu potencionální chyby je vysoká, tedy hodnota 10.
- B - Závažnost potencionální chyby je také vysoká, tedy hodnota 10.
- E - Odhalitelnost potencionální chyby je snadná, tedy hodnota 1.

$$RPZ = A \times B \times E = 10 \times 10 \times 1 = 100$$

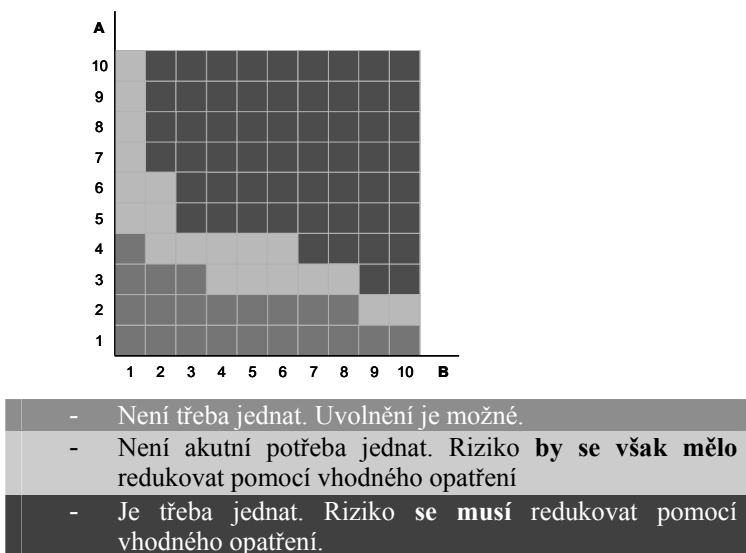
Hodnota RPZ je 100, i když se jedná o závažnou, častou, ale lehce odhalitelnou chybu, tedy celkově nebezpečný případ.

Stejnou hodnotu $PRZ = 100$ můžeme dostat pro kombinaci parametrů:

- A - Četnost výskytu potencionální chyby je vysoká, tedy hodnota 10.
- B - Závažnost potencionální chyby je nízká, nezajímavá, tedy hodnota 1.
- E - Odhalitelnost potencionální chyby je obtížná, tedy hodnota 10.

V tomto případě se jedná o podstatně méně závažný případ.

Proto se v současné době pro kvantifikaci rizika užívá grafické dvoupara-metrické zobrazení. Jako parametry jsou užívány opět proměnné A a B, i když B v tomto vyjádření je funkcí dříve používaných proměnných B a E. Jeden z možných návrhů posouzení závažnosti ukazuje obrázek 4.7, [3], [9].



Obr. 4.7: Hodnocení závažnosti problému pomocí matice

4.5. Proces aplikace FMEA

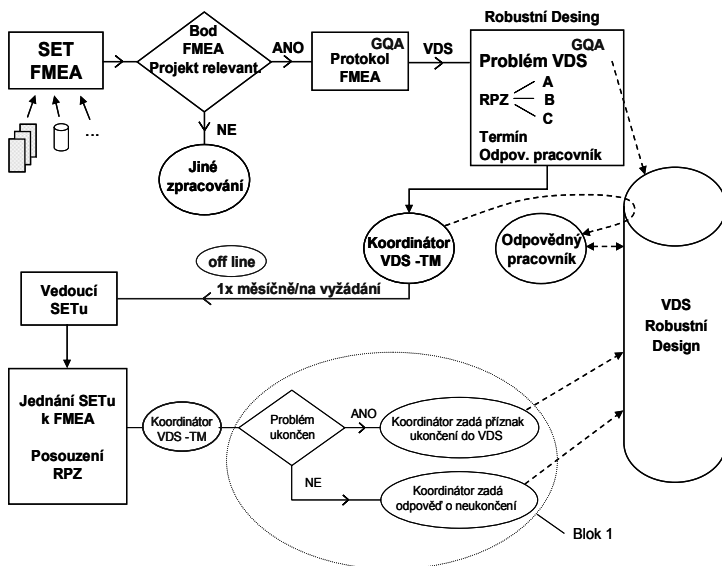
4.5.1. Dosud používaný proces aplikace FMEA

Dosud používaný proces můžeme zjednodušeně nazvat „off line“. Průběh procesu zobrazuje obrázek 4.8. Jednání k danému tématu FMEA svolává vedoucí SETu (většinou pracovník vývoje) ve spolupráci s FMEA moderátorem (pracovníkem kvality). Na toto jednání jsou přizváni zástupci

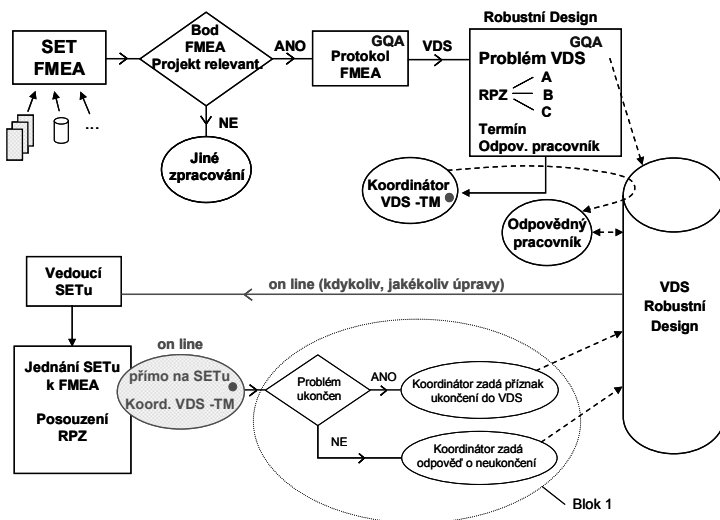
dalších útvarů ovlivňujících kvalitu posuzovaného systému (sestavy, podsestavy nebo dílu). Na jednání jsou postupně probírány body (témata), které mohou ovlivnit kvalitu výsledného produktu. Relevantní body jsou zapisovány do „FMEA protokolu“. Jednotlivým bodům je přiřazena hodnota RPZ, na které se musí sjednotit všichni účastníci jednání týmu. Dále jsou definována opatření zamezující vzniku potencionálních chyb včetně kontrolních termínů. Za plnění opatření je stanoven odpovědný pracovník, který musí být přítomen na jednání týmu. Po projednání všech bodů je vytvořen výsledný protokol FMEA (ve formě tabulky v Excelu) odsouhlasený všemi účastníky jednání. Plnění úkolů definovaných v tomto protokolu (ke stanoveným termínům) je pak pravidelně kontrolováno pracovníkem kvality. Veškeré úpravy v protokolu, včetně ukončení řešení problému, je oprávněn provádět pouze pracovník kvality. Ten také po dohodě s vedoucím SETu stanovuje zbytkové RPZ. K termínu zahájení sériové výroby produktu musí být všechny body ukončeny.

4.5.2. Navržený, modifikovaný proces aplikace metody FMEA

Nově navržený a v oblasti elektronických systémů zavedený proces ukazuje obrázek 4.9. Hlavní rozdíl proti dosud používanému postupu spočívá ve využití systému VDS ke sledování průběhu plnění jednotlivých bodů. Výsledný protokol FMEA je zadán do systému VDS jako množina svázaných bodů, což umožňuje okamžitý přístup všech oprávněných pracovníků. Stav řešení jednotlivých bodů zadávají odpovědní pracovníci. Vedoucí SETu i všechny další řídicí útvary (např. vedení řízení projektu) jsou tedy plynule „on line“ informováni o stavu řešení. Ukončení řešení jednotlivých úkolů je prováděno na jednáních SETu za přítomnosti pracovníka kvality.



Obr. 4.8: Dosud používaný proces aplikace FMEA



Obr. 4.9: Navržený, modifikovaný proces aplikace FMEA

Nově zavedený proces přinesl následující výhody:

- Transparentnost stavu řešení jednotlivých úkolů.
- Odsouhlasení ukončení úkolu všemi účastníky SETu.

- Možná okamžitá kontrola stavu řešení, stanovení zbytkových rizik.
- Vytvoření expertního systému jako jeden ze vstupů pro další projekty.
- Nepřepsatelný pravidelně zálohovaný průběh řešení jednotlivých úkolů.
- Veškeré výhody třídění a vyhledávání daný databázovým systémem.

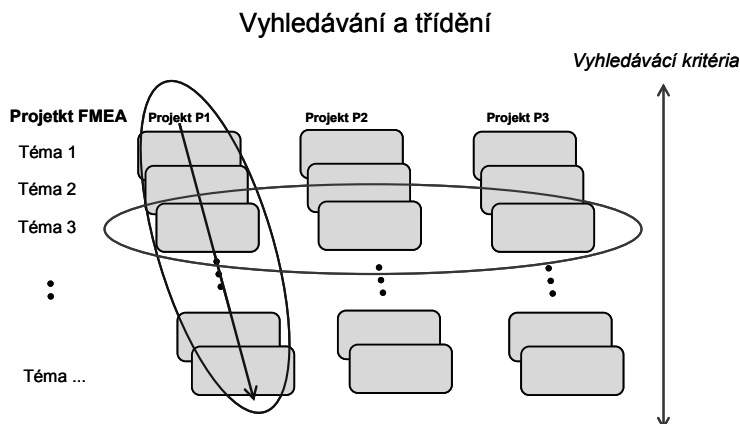
4.6. Vytvoření expertního systému

Významným výsledkem prováděných prací je i rozhodnutí využít systém VDS pro ukládání a zpracování jednotlivých úkolů z jednání FMEA a dále pak i jako databázi pro expertní systém.

Hlavní důvody využití systému VDS pro podporu FMEA jsou následující:

- VDS systém byl vytvořen pro zpracování jednotlivých poznatků (úkolů, připomínek atp.) z většiny typů jízdních zkoušek realizovaných před SOP, poznatků z Pilotní haly atd. Jedná se o konkrétní, jednotlivé připomínky spojené s konkrétním zkušebním vozidlem. Tedy např.: U prototypu X1 nastala porucha zadního stěrače.
- Systém VDS byl postupně rozšířen také na podporu RobustDesignu-RD. Tedy evidence a zpracování zobecněných chyb. Tedy chyb vyskytujících se u více prototypů daného projektu. Logickým směrem rozšíření možností systému VDS bylo doplnění podpory evidence a zpracování potencionálních chyb (připomínek atp.), tedy výsledků jednání FMEA.
- Tím bylo dosaženo sjednocení evidence, zpracování chyb (připomínek), tedy chyb jednotlivých, zobecněných i potencionálních stejným způsobem a stejným systémem.
- Systém VDS je osvědčený systém s databází obsahující řádově desítky tisíc informací. Je zajištěna jeho systémová podpora, zálohování dat atp. Systém má dobře rozpracovaný soubor zpracování výstupů a má širokou klientelu rozšířenou v celém Koncernu VW.
- Systém VDS má ucelený způsob vyhledávání a třídění informací podle řady kritérií (projekty, témata, typy vozidel, časové období atd.), zahrnuje i možnost užití maker. Je tedy velice vhodným systémem uchování znalostí a zkušeností všech pracovníků Koncernu. Znalosti i zkušenosti mohou čerpat zejména noví zaměstnanci a odpadá významně nutnost předávání zkušeností „ústním podáním“. Jelikož je systém VDS rozšířen ve všech

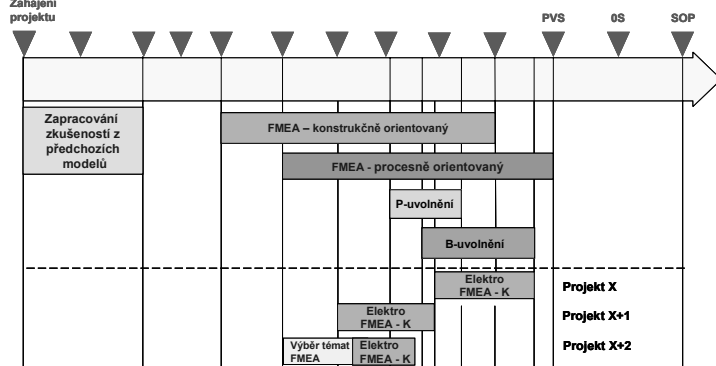
pobočkách VW po celém světě, umožňuje skutečně celokoncernové sdílení zkušeností. Je tedy předurčen stát se skutečným „Expertním systémem“. Pro správné užití systému je velice významná disciplína v oblasti užití jazykových mutací. Typický způsob vyhledávání ukazuje následující obrázek 4.10.



Obr. 4.10: Možnosti vyhledávání a třídění

4.7. Shrnutí dosažených výsledků

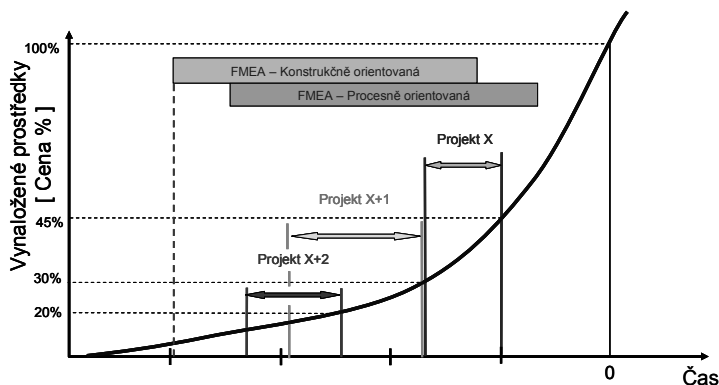
Na základě důsledného dodržování navrženého procesu aplikace FMEA metod se podařilo podstatným způsobem posunout realizaci FMEA u projektů P_{x+1} a P_{x+2} oproti projektu P_x do ranních etap procesu vývoje výrobku. Posunutí je zobrazeno na obrázku 4.11.



Obr. 4.11: Posun aplikace metody FMEA v časové ose řešení projektu

Toto posunutí představuje i významnou úsporu finančních prostředků nutných na realizaci změn. Tato úspora je ukázána na obrázku 4.12 v relativním vyjádření.

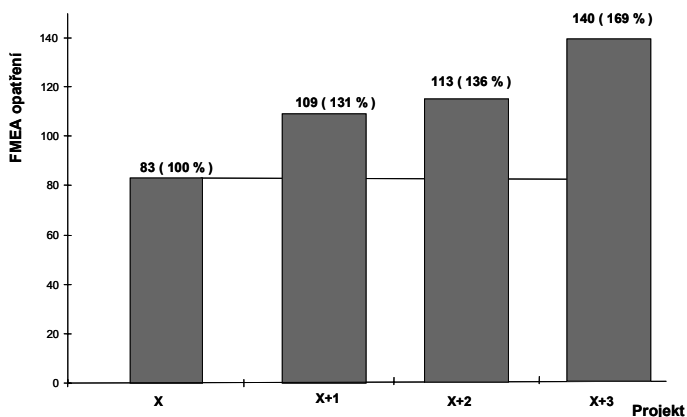
Náklady na změny



Obr. 4.12: Redukce nákladů na změny daná dřívějším odhalením chyb (závad) v průběhu vývoje výrobku. Úspory se pohybují v řádech milionů korun českých.

Významný je i nárůst počtu ověřovaných potencionálních chyb. Tento nárůst je relativně zobrazen na obrázku 4.13.

Srovnání počtu FMEA opatření



Obr. 4.13: Srovnání projektů z hlediska počtu posuzovaných závad

Shrnutí dalších výsledků s platností pro Koncern VW:

- Založení FMEA týmu s celokoncernovou působností.
- Vytvoření návrhu metodiky procesu FMEA s platností pro celý Koncern VW.
- Závazné navázání termínů FMEA na termíny procesu vývoje výrobku.

Shrnutí dalších výsledků s platností pro Škoda Auto a.s.:

- Realizace pilotního projektu procesu FMEA v oblasti elektroniky.
- Zvýšení akceptance FMEA na úrovni SETů.
- Stanovení a využívání systému VDS jako expertního systému, jako databázi znalostí.
- **Zvýšení kvality a spolehlivosti vozů Škoda**, jako hlavní cíl aplikace metody FMEA.

Vedlejší výsledky předkládané práce.

Stanovení kvality a spolehlivosti jako jednu z klíčových kompetencí konkurence-schopnosti Škoda Auto a.s. vyvolalo nutnost prohloubení odpovídajících znalostí (v oblasti užití metod kvality ve fázi vývoje výrobku) i mladé generace a vedlo mimo jiné i k zapojení Škody Auto do projektů esf – Evropský Sociální Fond .

Vývoj Škoda inicioval zahájení čtyř esf projektů zaměřených na přiblížení vzdělání na VŠ pro potřeby praxe.

Jsou to projekty :

Esf1 – Inovace a realizace studijního oboru **Mechatronika** (registrační číslo CZ.04.1.03/3.2.15.1./0110) s TU Liberec r.2005 až r.2007

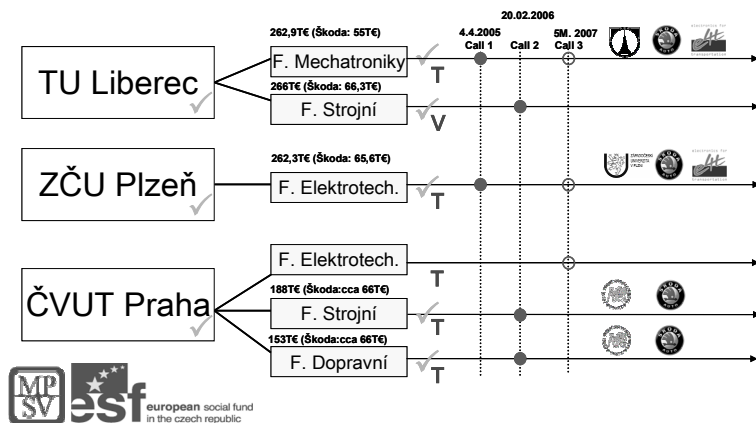
Esf2 – Inovace a realizace studijního oboru **Elektronika a aplikovaná informatika** v kontextu potřeb automobilového průmyslu (registrační číslo CZ.04.1.03/3.2.15.1/0056) s ZČU Plzeň r.2005 až r.2007

Esf3 – Inovace magisterského studijního oboru **Inženýrská informatika v dopravě a spojích** v kontextu potřeb automobilového průmyslu (registrační číslo CZ.04.1.03/3.2.15.2./0352) s Praha, Fakulta Dopravní, r.2006 až r.2008

Esf4 – Inovace a realizace studijního oboru **Dopravní a manipulační technika** pro strategické požadavky průmyslu (registrační číslo CZ.04.1.03/3.2.15.2/0380) s ČVUT Praha, Fakulta Strojní, r.2006 až r.2008

V rámci projektů esf3 a esf4 byl zaveden předmět „Metody kvality“ jako povinně volitelný předmět.

Dosud absolvovalo tento předmět cca 77 studentů, po skončení letošního školního roku to bude minimálně celkem 100 studentů. Přehled projektů ukazuje obrázek 4.14.



Obr. 4.14: Struktura řešených projektů esf

5 Závěr

Jak bylo uvedeno v kapitole „Motivace – vymezení úkolu“ vedlo k vypracování předkládané práce zejména stanovení dvou strategických úkolů:

I. Vytvořit a na konkrétních projektech aplikovat takový systém metod kvality, který by zajišťoval exaktní zohlednění požadavků zákazníků.

Shrnutí dosažených výsledků k úkolu I.:

- Byly modifikovány „Metody ke zjištění požadavků zákazníků“ ve smyslu navázání na metodu QFD. Takto modifikovaná dotazníková metoda byla využita při zahájení tří nových projektů Škoda.
- Byla modifikována metoda QFD, s cílem lepšího uplatnění v automobilních aplikacích.
- Metoda QFD (v této modifikované formě) byla použita v koncepční fázi u třech nových projektů automobilu. Výsledky byly prakticky uplatněny v těchto projektech.

II. Optimalizovat proces užití metod kvality sloužící k zamezení vzniku chyb v rámci nových projektů. Navrhnout a realizovat na konkrétních projektech takovou variantu procesu, aby bylo odstraněno (minimalizováno) opakování chyb. Navrhnout a realizovat expertní systém na podporu tohoto úkolu.

Shrnutí dosažených výsledků k úkolu II.:

- Byl navržen nový modifikovaný proces užití metody FMEA.
- Praktickou aplikací takto modifikovaného procesu se podařilo u třech projektů posunout užití metody FMEA (v oblasti elektřiny a elektroniky vozu) do ranějších fází vývoje výrobku a tím snížit náklady na realizaci změn. Ekonomické přínosy dané tímto posunem lze odhadnout v řádech milionů korun českých.
- Zvýšil se počet posuzovaných potencionálních chyb a tím se předešlo pozdějšímu nákladnému odstraňování chyb (závad), které se pohybují v řádech milionů korun českých.
- Důsledné uplatnění postupů uvedených v předkládané práci vedlo ve svém důsledku ke zvýšení kvality a spolehlivosti finálního výrobku.
- Byl založen koncernový tým FMEA a byla sjednocena metodika FMEA v rámci celého koncernu. Termíny FMEA byly zapracovány do obecně platného plánu vývoje výrobku.
- Byla navržena modifikace systému VDS na expertní systém. Stávající databáze systému byla rozšířena o oblast na podporu FMEA a byly do systému zadány výsledky 26ti jednání FMEA.
- V rámci spolupráce vysokých škol a průmyslu byly na ČVUT Praha Fakulta dopravní a Fakulta strojní zavedeny dva povinně volitelné předměty se zaměřením výuky na užití metod kvality ve fázi vývoje výrobku.

Celkově lze konstatovat, že zadané úkoly byly splněny.

Dalším navazujícím úkolem bude tyto procesy stabilizovat a v neustálém rozvoji modifikovat podle měnících se podmínek konkurence.

Z hlediska rozvoje a užití metod bude další pozornost věnována metodě DFMA s cílem zvýšení produktivity a zvýšení výrobní výtěžnosti.

6 Použitá literatura

- [1] Votruba Z., Sadil J., Kadlecová J.: Analysis of Concern FMEA Methodology. Critical study, Prague 2006
- [2] ISO/TS 16949:2002. Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations.

- [3] VDA (Verband der Automobilindustrie) Band 4. Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz. Sicherung der Qualität während der Produktrealisierung. Methoden und Verfahren. 1999, ISSN 0943-9412
- [4] Novák M., Přenosil V., Svitek M., Votruba Z.: Problémy spolehlivosti, životnosti a bezpečnosti systémů. Praha 2005, Monografie Neutral Network World, No.3. ISBN 80-903298-2-9
- [5] Novák M., Šebesta V., Votruba Z.: Bezpečnost a spolehlivost systémů. Praha 2003, ČVUT. 160 p. ISBN 80-01-02807-0
- [6] Veber J.: Řízení jakosti a ochrana spotřebitele. Praha 2002. Grada. 162 p. ISBN 80-247-0194-4
- [7] Votruba Z., Sadil J.: Analysis of Concern FMEA Methodology. Critical study, ČVUT Praha, 2007
- [8] Rolf Bergmann.: Methodenpass. Interní materiál VW, 2001
- [9] Konzerleitfaden FMEA – Metodik Version 0.23. Interní materiál VW, 2007
- [10] Machan J., Tobiška J., Dvořák J.: Applikation QFD in der Konzeptionellen Phase der Produktentwicklung. QFD – Symposium, Kassel 2007
- [11] Interní zkušební protokoly a výzkumné zprávy ŠKODA, 2003-2007
- [12] Howgrawe-Graham.: SPiCE Assessment Ergebnisse. Interní hodnotící zpráva, 2007, Synspace AG
- [13] Methodenpass – Mit Methode zu Excellence. Interní školící materiály VW, 2005
- [14] Machan J., Tobiška J., Boháček J., Dvořák J. Franc Z.: Interní protokol – TC/SK36X-2800/6002 – Cockpit A6 dotazníková akce I. etapa, shrnutí výsledků
- [15] Machan J., Tobiška J., Dvořák J.: Interní protokol – TC/SK36X-2801/6002 – Optimalizace komfortu interiéru – geometrie SK 36X
- [16] Machan J., Macoun V., Vršecký Z., Otruba F.: Interní protokol – TC/SK36-2802/6002 – Stanovení rozmístění ovládacích prvků v kokpitu
- [17] Machan J., Zderadička P., Dvořák J., Otruba F.: Interní protokol – TC/SK36-2803/6002 – Srovnávací jízda SK 361
- [18] Machan J., Otruba F.: Interní protokol – TC/SK36-2804/6002 – Statické posouzení umístění dotykového displeje SK 36x

7 Odborné CV

Ing. Machan Jaroslav, CSc

nar.: 11. 4. 1952

Vzdělání:

- r.1970 Ukončení SVVŠ, zaměření na výpočetní techniku
- r.1975 Ing., ČVUT-Praha, FS, Přístrojová, regulační a automatizační technika
- r.1983 PGK, ČVUT-Praha, FS, Měřicí technika.
- r.1985 Atestace, Vědecko-technický kvalifikační stupeň č.III
- r.1987 Atestace, Vědecko-technický kvalifikační stupeň č.II
- r.1987 CSc, ČVUT-Praha, FS, Technická kybernetika.
- r.2002 GJEP (Roční vzdělávací projekt pro managery Koncernu VW, celkem cca 40 absolventů/rok, za Škoda Auto cca 2-3 abs./rok)

Profesní kariéra:

- r.1975 VÚOSO Praha, výzkumný pracovník
- od r.1979 Škoda Auto
- r.1982 Samostatný výzkumný vývojový pracovník, Dynamická zkušebna
- r.1984 Vedoucí výzkumný vývojový pracovník, Dynamická zkušebna
- r.1990 Vedoucí oddělení: Technické výpočty.
- r.1991 Vedoucí organizační jednotky: Technické systémy Škoda
- r.1994 Vedoucí organizační jednotky: Vývojové metody a výpočty
- r.1996 Vedoucí organizační jednotky: Vývoj elektrika/elektronika a servis (Součástí OJ bylo kromě vývoje elektriky a elektroniky automobilu i Hluková zkušebna, Dynamická zkušebna-lab. životnostní zkoušky, výpočty FEM a provoz Výpočetní techniky Vývoje Škoda.)
- r.2003-dosud Vedoucí organizační jednotky: Zvláštní projekty elektrostrategie a výzkumu. (Náplní OJ je: Spolupráce s Výzkumem VW, vedení Elektronické strategie celé Škoda Auto, Spolupráce s VŠ, Organizace a práce na projektech EU a ČR a práce na projektech nových modelů automobilů Škoda)

Současné významné aktivity v oblasti: Metody kvality ve fázi vývoje výrobku.

Vzdělání a certifikáty:

- | | |
|-------------|---|
| r.2005 | Methodenpass I (Zkouškou prokázané schopnosti aplikovat metody kvality) |
| r.2005 | Methodenpass II (Zkouškou a praktickými aplikacemi prokázané schopnosti aplikovat metody kvality v praxi) |
| r.2005 | Kurz – K-FMEA |
| r.2005-2007 | K-FMEA, absolvování 26 tematických okruhů |
| r.2006 | Certifikát pro provádění QFD (Quality Function Deployment) Stupeň III |
| r.2007 | Certifikát pro provádění QFD (Quality Function Deployment) Stupeň II |
| r.2007 | Certifikát pro provádění QFD (Quality Function Deployment) Stupeň I |

Projekty:

- | | |
|--------------|---|
| r.2004-dosud | Präventive Analysen und FMEA-Analysen auf dem Gebiet der neuen Elektronikentwicklung mit dem Ziel der verbesserten Gebrauchssicherheit (Skoda projekt) |
| r.2006-dosud | Konzernweites FMEA-Reporting (VW Projekt) |
| r.2006-dosud | Applikation Q Methoden in der Frühphase der Entwicklung (Pilotprojekt SK36x) |
| r.2006-dosud | Garant povinně volitelného předmětu ČVUT FS – Metody kvality užité ve fázi vývoje výrobku. Tento předmět vznikl v rámci projektu Esf3, P.Baumruk, J.Machan. |
| r.2006-dosud | Garant povinně volitelného předmětu ČVUT FD – Nástroje kvality v předvýrobní fázi. Tento předmět vznikl v rámci projektu Esf4, Z. Votruba, J.Machan. |
| r.2006-dosud | Garant povinně volitelného předmětu ČVUT FD – Návrh experimentu ve fázi vývoje výrobku. Tento předmět vznikl v rámci projektu Esf4, Z. Votruba, J.Machan. |