

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Implementace reverzní FMEA ve vybraném podniku

Autor: Bc. **Lucie VALÁŠKOVÁ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Milan EDL, Ph.D**

Akademický rok 2014/2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Valášková	Jméno Lucie		
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Implementace reverzní FMEA ve vybraném podniku			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	1999
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	71	TEXTOVÁ ČÁST	53	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce obsahuje implementaci metody reverzní FMEA do systému podnikové dokumentace a provedení reverzní FMEA na pilotním projektu. Požadavky na reverzní FMEA jsou definovány zákazníkem, přesný postup není popsán. Výstupem práce je stanovení postupu provádění, vytvoření potřebné dokumentace a první použití reverzní FMEA prakticky.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	FMEA, reverzní FMEA, Check-list, ISO, Zákaznické požadavky, Podnikový systém, Systémová dokumentace

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Valášková	Name Lucie	
FIELD OF STUDY	2301T007 “ Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl,Ph.D.	Name Milan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Reverse FMEA implementation in the chosen Company		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	1999
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	71	TEXT PART	53	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This thesis dissert on reverse FMEA method implementation into the company documentation system and pilot project realization. General reverse FMEA method is defined by customer, exact procedure is not defined. The results of the dissert is reverse FMEA procedure, relevant documentation proposal and first practical realization.</p>
KEY WORDS	<p>FMEA, reverse FMEA, Check-list, ISO, Customer´s requirements, Company system, System documentation</p>

Poděkování

Za umožnění vypracovat diplomovou práci bych chtěla poděkovat firmě KOSTAL spol. s.r.o. a především panu Ing. Milanovi Langovi, který byl po celou dobu cenným zkušeným rádčem. Dále bych chtěla poděkovat panu docentovi Milanu Edlovi, který mě i přes svou vytíženost výborně vedl po celou dobu psaní. Poslední poděkování patří partnerovi, který měl semnou v posledních dnech trpělivost a hlavně všem vyučujícím na Strojní fakultě a katedře Průmyslového inženýrství a managementu, kteří mi předávali po celou dobu studia znalosti.

Obsah

Použité zkratky	3
Úvod	4
2 FMEA obecně	5
2.1 Historický vývoj metody FMEA	5
2.2 Význam a cíle metody FMEA	5
2.3 Definice FMEA	7
Systémová FMEA	7
Konstrukční FMEA	7
Procesní FMEA	8
2.4 Popis metodiky FMEA	8
a) Analýza hodnocení současného stavu	9
3 Reverzní FMEA a návrh implementace	12
3.1 Představení společnosti KOSTAL spol. s.r.o.	12
3.2 Požadavek zákazníka	14
3.3 Dostupné informace a publikace o RFMEA	16
3.4 Návrh implementace Reverzní FMEA do systému	16
3.4.1 Podklady pro provedení Reverzní FMEA	16
3.4.2 Checklist pro provedení RFMEA	17
3.5 Plán provedení RFMEA	17
4 Návrh implementace do podnikového systému	18
4.1 Úprava systémové dokumentace	18
4.2 Popis výrobní linky	19
4.3 Checklist vysvětlení	27
4.4 Podklady pro provedení	31
4.4.1. Flowchart (FCH) procesu	31
4.4.2. Procesní FMEA	32
4.4.3. Kontrolní plán	32
4.4.4. Kontrolní list uvolnění procesu - KLUP	34
4.4.5. Interní zmetkovitost	34
4.4.6. Výsledky LPA auditu	35
4.4.7. Poka Yoke plán kontrol	36
4.4.8. Přehled reklamací od zákazníka	36
5 Provedení reverzní FMEA na pilotním projektu	38

6	Vyhodnocení	41
6.1	Výstupy po provedení reverzní FMEA	41
6.2	Nejzávažnější vady	42
6.2.1	Operace F010/F020	42
6.2.2	Operace F110	43
6.2.3	Operace F110	44
7	Výstup	45
7.1	Obecné přínosy zavedení RFMEA	45
7.2	Finanční přínosy zavedení RFMEA	45
7.3	Shrnutí přínosů	47
	Závěr	48
	Zdroje	49
	Seznam obrázků	51
	Seznam příloh	53

Použité zkratky

BLI	Blinker (Páka signalizace změny směru)
ESD	Eletrstatic discharge (elektrostatický výboj)
FMEA	Failure Mode and Efect Analysis (analýza možnosti vzniku vad a jejich důsledků)
FCH	Flowchart
GM	General Motors
ISO	International Organization for Standardization
KFMEA	Konstrukční FMEA
KLUP	Kontrolní list uvolnění procesu
LPA	Layered Process Audit
PCB	Printed Circuit Board (deska plošných spojů)
PSA	Peugeot S.A.
PFMEA	Procesní FMEA
RFMEA	Reverzní FMEA
RPN	Risk priority number (rizikové číslo)
VDA	Verband der Automobilindustrie (Svaz automobilového průmyslu)
WFK	Wickelfedercassete (Rotační součást pro přenos elektrického vedení z volantu)
WI	Wischer (Páka pro ovládání stěrače)

Úvod

Jako zaměstnanec podniku působícím v automobilovém průmyslu, neustále sleduji reakce na nové požadavky zákazníků, jenž ve své podstatě reprezentují požadavky trhu, a to jak současné, tak i očekávané v budoucnu. Automobilový průmysl patří k nejvyvinutějším průmyslovým odvětvím, a proto díky rostoucím požadavkům trhu musí neustále zdokonalovat jak své výrobky, tak i používané výrobní technologie. Aby byl schopný správně a včas reagovat, musí plně využívat nástroje a technologie k tomu určené. Veškerá činnost je zaměřena na neustále zlepšování všech procesů, eliminace jeho slabých míst a efektivní využití všech zdrojů, při dosažení maximální kvality s cílem dosáhnout co nejvyšší konkurenceschopnost a samozřejmě zisku.

Mezi jeden ze standardně používaných nástrojů patří právě i FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (dále v textu uváděno pouze jako FMEA), do češtiny přeloženo jako analýza možnosti vzniku vad a jejich důsledků. Podobně jako i ostatní nástroje kvality se i FMEA nadále rozvíjí a zdokonaluje, Z tohoto důvodu vznikl u GM požadavek na Reverzní FMEA, která působí jednak jako nástroj pro zpětnou kontrolu správnosti pochopení a nastavení konkrétního procesu a zároveň i správnost provedení vlastní FMEA. Vzhledem k tomu, že jejím cílem je komplexní posouzení všech souvisejících oblastí, budí zájem i u ostatních zákazníků. Dá se tedy předpokládat, že bude v budoucnu využívána nejen pro koncern GM ale i pro ostatní zákazníky. To už u firmy Kostal prakticky funguje (například pro koncerny Audi, Ford, Fiat,...) a zákazníci to jednoznačně kladně oceňují, jako opatření, jenž dokáže nalézt, definovat a odstranit problémy a nedostatky.

Cílem této práce je aplikace požadavků zákazníka do systému společnosti a fyzické provedení pilotního projektu. Výstupem by měl být popsán postup, s tím související dokumentace a pilotní projekt s reálným výstupem, případnými připomínkami a náměty na zlepšení.

2 FMEA obecně

Pro firmy pohybující se v automobilovém průmyslu je vyžadována certifikace norem ISO 9001, 16949, 9000 a 9001. Právě tyto normy v sobě nesou odkaz na potřebu řízení rizik. FMEA je metoda určena právě k řízení rizik. Vzhledem k tlaku na ceny rostl význam předvýrobních fází projektu, strategie managementu jakosti se tak od detekce vad přesunula k prevenci. Odhalení vad dříve, než vůbec vzniknou, přináší vysoký ekonomický efekt, na rozdíl od pozdější detekce a mnohdy nákladnému nápravnému opatření. Obecně známý fakt týkající se životního cyklu výrobku je, že čím dříve se podaří odhalit riziko vzniku vady, tím nižší jsou finanční náklady na odstranění.

2.1 Historický vývoj metody FMEA

Metoda FMEA byla vyvinuta v americké armádě. Vojenský předpis MIL-P-1629 „Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis“ datován k 9. listopadu 1949. Byla používána jako technika vyhodnocování spolehlivosti ke stanovení možných dopadů poruch zařízení a systémů. Klasifikace poruch probíhala podle dopadu na úspěch mise a bezpečnost lidí a zařízení. Další užití této metody bylo zaznamenáno v 60. letech ve vesmírném programu NASA. Asi o deset let později začal tuto metodu využívat automobilový průmysl a to Ford. Následovalo zahrnutí této metody do normy QS 9000. Další mezník vývoje metody se datuje k roku 1980, kdy byla v německé normě DIN 25 448 popsána metodika analýzy následků a poruch. Dále se přizpůsobovala metoda automobilovému průmyslu například v německé normě VDA („Verband der Automobilindustrie“). Koncern Volkswagen ji začal systematicky využívat roku 1984. Metoda se nadále vyvíjí, což je patrné i na dalším stupni jako je právě reverzní FMEA.

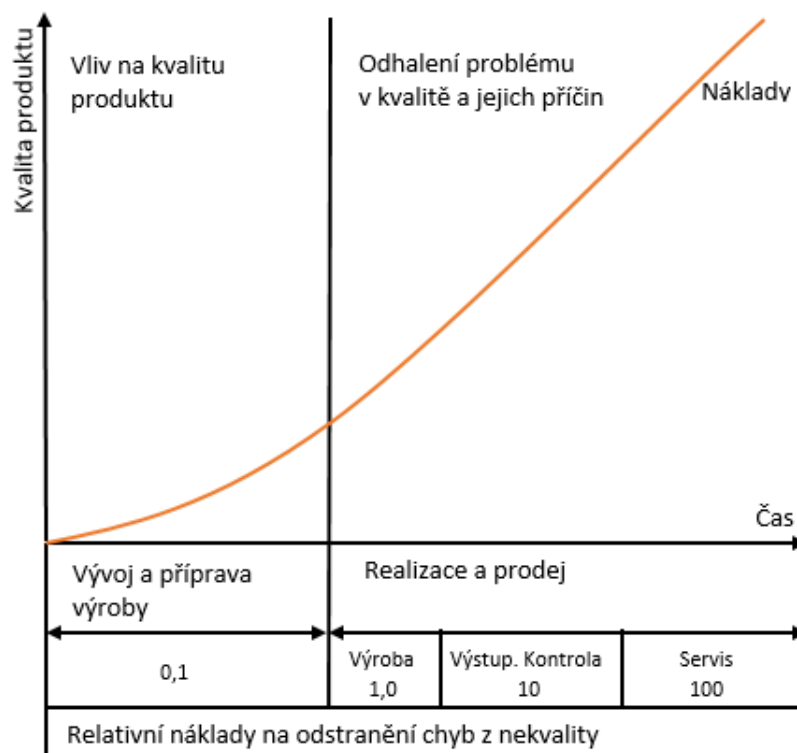
FMEA našla dále uplatnění v jiných oborech než je automobilový průmysl, jako zástupce může být jmenováno lékařství. Zastoupení má také v netechnických oborech.

2.2 Význam a cíle metody FMEA

Jak bylo již výše zmíněno, automobilový průmysl ve svých normách vyžaduje využití metody FMEA, to ale není jediný důvod jejího používání. Dle [1] patří mezi hlavní přínosy:

- Systémový přístup k prevenci nízké jakosti
- Možnost ohodnotit riziko možných vad a na jeho základě stanovit priority opatření ke zlepšení
- Možnost optimalizovat návrh, což se projeví ve snížení počtu změn ve fázi realizace
- Vytváření cenné informační databáze o produktu či procesu
- Minimální náklady na její projevení v porovnání s náklady, které by mohly vzniknout při výskytu vad

Shrme-li hlavní přínos správně provedené FMEA, lze v rané fázi projektu zachytit mnoho možných překážek a problémů, které mohou být ve fázi plánování odstraněny. Odstranění možných chyb v plánovací části lze za minimální náklady. Každý produkt (projekt) má svůj životní cyklus. Průzkum trhu/požadavek trhu → koncepční návrh → konstruování a výkresy → schválení dokumentace a spolupráce s dodavateli → plánování výroby → uvedení výrobku na trh a výroba → prodejní podpora a servis → likvidace → inovace → poté se cyklus znovu opakuje. Náklady na odstranění vzniklých chyb rostou exponenciálně s fází projektu viz. obrázek 2.1. Hodnoty 0,1, 1, 10 a 100 představují, kolikrát se zvýší náklady na odstranění vady v dané části projektu.



Obrázek 2.1 Vliv nákladů na odstranění vad v různých fázích projektu

Jak je patrné z výše uvedeného textu, FMEA má primární využití zejména pro nové nebo inovované procesy. Aplikovat je ale vhodná i na stávající produkty a procesy. Pokud je tato metoda používána pro nové projekty, je důležité začít již v konceptuální přípravě projektu.

Z obecně známe spirály jakosti, jež představuje model vzájemně na sebe navazujících činností, které ovlivňují jakost výrobku v různých etapách jeho životního cyklu, vyplývá že každá etapa se podílí na výsledné jakosti výrobku. Poslední m trendem ve vývoji a péči o jakost je orientace na předvýrobní etapy. Trend lze rozdělit dle [1] na dvě fáze:

V první fázi lze zaznamenat posun od strategie detekce ke strategii prevence. Strategie prevence se zaměřuje spíše na metody následné kontroly a jejich optimalizace, tak aby k zákazníkovi neodešly vadné kusy. Ideální stav je, aby vadné kusy vůbec nevznikaly (nižší náklady na zmetkovitost atd.), tímto směrem je orientovaná strategie prevence, kdy se řeší jakostní problémy ještě dříve, než nastanou.

Druhá fáze je popsána jako přesun od zabezpečování jakosti „on-line“ k zabezpečování jakosti „off-line“. U této strategie se péče o jakost přesunula z výrobní fáze do fáze návrhu. Výrobek se tak stává robustnější proti podmínkám působícím ve výrobě.

FMEA je zaměřena na obě dvě fáze, jak předvýrobní, tak fázi výrobní. Právě reverzní FMEA by se dala označit jako prevenční strategie ve výrobě, jak bude popsáno níže.

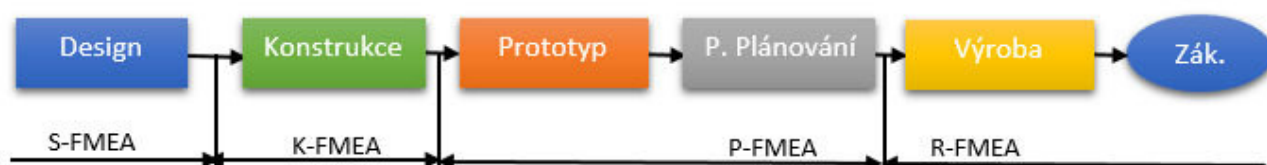
2.3 Definice FMEA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je základní nástroj, užitečný pro zlepšení spolehlivosti, udržení bezpečnosti a přežití produktu a procesu. Podporuje systematické hodnocení produktu nebo procesu, předvídatelnost selhání jednotlivých bodů, možné dopady na produkt, protiakce a dokumentaci všech těchto bodů.

Tato metoda musí být aplikovaná v týmu. Mezi její výhody patří využití znalostí všech členů řešitelského týmu, který by měl obsahovat především odborníky daných oblastí. Mezi oblasti zastoupené týmem by měl patřit vývoj, konstrukce, technologie, výroba, útvary řízení jakosti, marketingu atd. Pro správné vedení týmu je vhodné vedení zkušeným moderátorem.

FMEA se dělí na tři základní skupiny a to:

- Systémová FMEA (SFMEA)
- Konstrukční FMEA (KFMEA)
- Procesní FMEA (PFMEA)
- Reverzní FMEA (RFMEA)



Obrázek 2.2 Fáze použití jednotlivých skupin FMEA (převzato a upraveno z [9])

Systémová FMEA

Systémová FMEA výrobek nebo proces chápe jako systém, skládající se z prvků na různé úrovni. U těchto prvků se analyzuje jejich funkce. Možné vady, jejich důsledky a příčiny se pak analyzují, jako selhání těchto funkcí [9].

Cílem je vyšetřování celé koncepce a to z hlediska:

- Správné funkční součinnosti komponent systému
- Zamezení chyb při zpracování koncepce a projektování systému
- Očekávané chybné obsluhy / zneužití

Konstrukční FMEA

Konstrukční FMEA (dále jen KFMEA), jinak také FMEA návrhu produktu, designová FMEA zajišťuje co nejdůkladnější zkoumání návrhu produktu. Cílem je v etapě návrhu (konstrukce) odhalit všechny nedostatky návrhu a ještě před jeho realizací a schválením implementovat opatření pro odstranění nedostatků.

KFMEA by měla zahrnovat veškeré možné způsoby a příčiny poruch, které mohou nastat v průběhu procesu výroby nebo montáže a které jsou výsledkem návrhu produktu. Takové způsoby poruch je možné zmírnit provedením změn návrhu produktu (např. konstrukčním detailem, který zabrání namontování dílu v nesprávné poloze – tj. s ochranou proti chybám). Nejsou-li takové způsoby poruch zmírněny v průběhu analýzy KFMEA, měla by se jejich identifikace, účinek a metoda řízení přenést a zahrnout do procesní FMEA. [10]

KFMEA nespoleská při překonávání možných slabých stránek návrhu produktu na nástroje řízení procesu, nýbrž zohledňuje technické a fyzikální meze procesu výroby a montáže, například [10]:

- omezenou způsobilost konečné úpravy povrchu
- montážní prostor
- tolerance / způsobilost procesu / výkonost

Procesní FMEA

FMEA procesu (dále jen PFMEA) se používá před zahájením výroby nových, nebo inovovaných výrobků. Používá se také při změnách technologického postupu. Cílem je nalézt možnosti poruch procesu, které by měly za následek vznik neshodného výroku. Nalezením těchto míst v procesu umožní jejich odstranění, případně zavedení nápravných opatření. Procesní FMEA navazuje na konstrukční FMEA, která je jejím základem.

PFMEA předpokládá, že produkt tak, jak je navržen, bude splňovat záměr návrhu produktu. Do PFMEA mohou být zahrnuty možné způsoby poruch, ke kterým může dojít z důvodu slabé stránky návrhu produktu. Jejich důsledkem a zamezením se zabývá KFMEA. PFMEA se nespoleská na změny návrhu produktu, aby se překonala omezení v daném procesu. Nicméně bere v úvahu charakteristiky návrhu produktu ve vztahu k plánovanému procesu výroby nebo montáže s cílem zabezpečit, aby výsledný produkt v možné míře splňoval potřeby a očekávání zákazníků. [10]

Celkově PFMEA podporuje vývoj a revizi stávajícího procesu a zmírňuje rizika poruch, například [10]:

- identifikováním a hodnocením možných způsobů poruch vztahujících se k procesu a produktu a důsledků možných poruch s ohledem na proces a zákazníky
- identifikováním možných příčin ve výrobním nebo montážním procesu
- identifikováním proměnných veličin procesu, na které je třeba zaměřit nástroje řízení procesu pro snižování výskytu nebo zvyšování detekce podmínek poruchy a možným stanovením systému priorit pro preventivní opatření / opatření k opravě a nástrojů řízení

PFMEA je živý dokument, který musí neustále reagovat na změny v procesu.

Reverzní FMEA bude popsána detailně níže.

2.4 Popis metodiky FMEA

Principiálně je popis metodiky FMEA stejný pro všechny tři výše uvedené případy. Pro lepší pochopení bude vysvětlena na procesní FMEA. Vzhledem k cílům této práce týkající se reverzní FMEA, která se (jak je popsáno níže) provádí na procesu, pomůže vysvětlení právě procesní FMEA.

a) Analýza hodnocení současného stavu

PFMEA postupně analyzuje jednotlivé dílčí operace procesu, a to v pořadí, v němž na sebe navazují. Úkolem týmu je identifikovat všechny možné vady, které se mohou v průběhu dané operace na vyráběném produktu (polotovaru) vyskytnout. Týká se to jak vad, které se přednesou do konečného produktu, tak vad, které způsobí, že některá z následujících operací nebude úspěšná. K těmto vadám se rovněž přiřazují možná selhání procesu, jež mohou vést k tomu, že daná operace nebude proveditelná. [1]

V dalším kroku analyzuje tým působení možných vad na zákazníka, a to jak vnitřního, tak vnějšího, nebo na obsluhu procesu. Vnitřní zákazníky jsou následující operace nebo pracoviště, vnějším zákazníkem je zejména konečný uživatel. Ke každé možné vadě tým stanoví všechny možné příčiny, které by ji mohly vyvolat. Příčiny se na rozdíl od KFMEA hledají v nedostatcích procesu. U stanovených možných vad a jejich příčin tým nejprve analyzuje používaná preventivní opatření, kterými se předchází působení možné příčiny vady či vzniku vady. V dalším kroku pak tým analyzuje kontrolní postupy, které jsou v procesu používány k tomu, aby v případě výskytu byly možné vady včas odhaleny.[1]

Hlavní metodika FMEA spočívá v hodnocení významu, výskytu a odhalitelnosti vady. To se provádí u všech typů FMEA. Používá se desetibodové hodnotící stupnice. Rozdíly jednotlivých typů jsou pouze v hodnotících tabulkách. U PFMEA je hodnotící tabulka rozšířena o následky dopadů na navazující procesy. Důležité je u PFMEA zohlednění a znalost způsobilosti procesu index Cpk, který nám udává pravděpodobnost výskytu neshodných produktů.

Hodnotící kritéria

- Význam vady – posouzení, na kolik je následek vady závažný pro zákazníka, popis hodnocení, včetně charakteristik bude uveden v tabulce níže.
- Četnost/výskyt vady – možnosti vzniku vady (konstrukční FMEA hodnotí možnosti vzniku vady v průběhu životnosti podniku, vychází z podobného výrobku), FMEA procesu posuzuje pravděpodobnost vzniku vady v průběhu procesu, u stávajících procesu vychází z jejich statistické způsobilosti.
- Odhalitelnost vady – posouzení účinnosti stávajících kontrolních procesů před opuštěním místa montáže nebo výroby.

Hodnocení výše uvedených kritérií se provádí pomocí škály čísel 1 až 10 podle tabulek uvádějících pro jednotlivá kritéria stručné charakteristiky. Přehled kritérií dle německé normy VDA viz obrázek 1.2.

Kritéria pro hodnocení faktorů FMEA - procesní							
	Hodnocení významu vady (B)		Hodnocení pravděpodobnosti výskytu (A)	Podíl vad v ppm		Hodnocení pravděpodobnosti odhalení (E)	Jistota posupu prokazování
	Velmi vysoký		Velmi vysoký			Velmi nepatrná	
10	Bezpečnostní riziko, nesplnění	10	Velmi častý výskyt příčiny vady,	500.000	10	Odhalení stávající příčiny vady je	90%
9	zákonných požadavků	9	nepoužitelnost, nevhodný proces	100.000	9	nepravděpodobné, příčina vady není nebo nemůže být odzkoušena	
	Vysoký		Vysoký			Nepatrná	
8	Funkce vozidla je značně omezena, je	8	S příčinou vady se setkáváme	50.000	8	Odhalení stávající příčiny vady je méně	98%
7	nezbytně potřeba dílenské opravy, funkční omezení důležitých podsystémů	7	opakovaně, nestabilní (ungenau - nepřesný) proces	10.000	7	pravděpodobné, pravděpodobně neodhalitelné příčiny vad, zkoušky neisté	
	Mírný		Mírný			Mírná	
6	Funkce vozidla je omezena, není	6	Občasný výskyt příčiny vady, vhodný,	5.000	6	Odhalení stávající příčiny vady je	99,70%
5	nezbytně potřeba dílenské opravy,	5	méně stabilní (weniger genauer - méně	1.000	5	pravděpodobné, zkoušky jsou relativně	
4	funkční omezení důležitých podsystémů ovládání a nadstandardu	4	přesný) proces	500	4	jisté.	
	Nepatrný		Nepatrný			Vysoká	
3	Drobné ovlivnění funkce vozidla,	3	Nepatrný výskyt příčiny vady, stabilní	100	3	Odhalení stávající příčiny vady je velmi	99,90%
2	odstranění možné při další plánované návštěvě servisu, funkční omezení podsystémů ovládání a nadstandardu	2	(genau - přesný) proces	50	2	pravděpodobné, zkoušky jsou jisté, např. více mezi sebou nezávislé zkoušky	
	Velmi nepatrný		Velmi nepatrný			Velmi vysoká	
1	Nepatrné ovivnění funkce, rozpoznatelné pouze odborným personálem	1	Výskyt příčiny vady je nepravděpodobný	1	1	Stávající příčiny vady budou jistě odhaleny	99,99%

Obrázek 2.3 Kritéria pro hodnocení faktorů FMEA dle VDA

Po stanovení všech tří kritérií, se spočítá integrované kritérium tzv. rizikové číslo (v literatuře uváděné také jako RPN). Rizikové číslo se spočte součinem hodnocení všech kritérií. Jeho výsledek je důležitý pro další postup.

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

Po stanovení rizikového čísla, musí být vytipovány skupiny vad s největšími rizikovými čísly. U těchto skupin je nutné navrhnout nápravná opatření ke snížení rizika. Kritické číslo se stanoví porovnáním dle definovaných hodnot. Tyto hodnoty kritického čísla stanovuje většinou zákazník nebo příslušná norma. Dalším kritériem hodnocení jsou hodnoty jednotlivých kritérií, které dosahovaly vysokých hodnot. Pokud číslo kritéria je 9 a 10, nezávisle na hodnotě rizikového čísla, požaduje se nápravné opatření také.

b) Návrh opatření

Provádí se u skupin s největšími riziky (rizikovými čísly a vysoké hodnocení jednotlivých kritérií). Tým navrhne vhodná opatření, která sníží možnost příčin těchto vad. Prioritou je zavést opatření tak, aby byl snížen význam vady (v případě možných nebezpečných následků). Pokud se nejedná o nebezpečné následky, cílem je snížit pravděpodobnost výskytu této vady. V poslední řadě by se mělo snižovat číslo pravděpodobnosti odhalení vady.

c) Hodnocení stavu po realizaci nápravných opatření

Poslední fází je hodnocení, které se provádí po provedení všech nápravných opatření. Totožný řešitelský tým provede hodnocení rizik u vad, u kterých byla aplikována nápravná opatření. Musí být použita stejná hodnotící stupnice, jako byla použita při prvním hodnocení. Do formuláře se zaznamenají provedená opatření a hodnocení včetně nových rizikových čísel. Změny rizikových čísel vypovídají o účinnosti nápravných opatření. Za účinné opatření je považováno to, které sníží rizikové číslo pod jeho kritickou hodnotu. Pokud ke snížení kritického čísla nedojde, je třeba celý proces opakovat.

3 Reverzní FMEA a návrh implementace

3.1 Představení společnosti KOSTAL spol. s.r.o.

Firma KOSTAL spol, s.r.o., sídlící ve Zdicích je jednou z 16 dceřiných společností skupiny Kostal. Mateřská firma založená rodákem z České republiky Leopoldem Košťálem sídlí v německém Lüdenscheidu. Další pobočky lze nalézt téměř na všech kontinentech. Firma působí v automobilovém průmyslu (automotive). Soustředí se především na oblast podvolantových modulů a jiných elektromechanických výrobků do automobilů.



Obrázek. 3.1 Zákazníci firmy KOSTAL [4]

Pobočka Zdice je především výrobním závodem. Nachází se zde lisovna plastových dílů a montážní linky. Jak je posledním trendem v automobilovém průmyslu, jedná se o výrobu s vysokým podílem automatizace.



Obrázek 3.2. Výrobní závod Zdice [4]

Globálně firma KOSTAL působí ve čtyřech hlavních odvětvích (rozděleno na divize). Divize jsou členěny podle výrobků na automobilové elektrické systémy, průmyslovou elektroniku, konektory a testovací systémy. Rozdělení je znázorněno na obrázku 3.3. Mezi nejvýznamnější produkty patří:

- horní podvolantové moduly
- elektrické ovládání sedadel
- elektrické ovládání oken
- spínače a senzory pro převodovky
- otočné spínače světlometů
- tlačítkové spínače



Obrázek 3.3. Oblasti působení firmy [4]

Pro splnění dodavatelských kritérií musí být ve firmě KOSTAL uplatněn a zrealizován požadavek zákazníků GM a PSA na reverzní FMEA. Obecně definovanou metodiku je třeba správně pochopit a implementovat, tak aby splňovala zákaznické kritéria a představy. Jak bylo již zmíněno v kapitole 1, reverzní FMEA nevychází z norem, ale vzešla přímo od zákazníka, který její implementaci požadoval. Důležitým materiálem jsou tedy zákaznické požadavky a jejich správné pochopení a realizace.

3.2 Požadavek zákazníka

Výše byla definována systémová, konstrukční a procesní FMEA. Reverzní FMEA (dále jen RFMEA) je poměrně nová „odnož“, která vznikla z požadavků zákazníků GM (General Motors) a PSA. General Motors je majitelem PSA. GM definovalo reverzní procesní FMEA ve svém Quality System Basic [3] jako:

„Reverse PFMEA is an on-station review of all failure modes included in PFMEA conducted by cross-functional team, focused to verify that all failure modes have proper controls (prevention/detection) and they are working properly.“

Reverzní PFMEA je revize všech druhů vad zahrnutých v procesní FMEA přímo na výrobní operaci. Zaměřuje se na ověření, že všechny druhy poruch/vad mají správně nastavené kontroly (prevence/detekce) a pracují správně. Důležité je rovněž ověření, zda skutečný rating pro výskyt a detekci odpovídá realitě (smyslem je zajistit, že PFMEA bude „živý a pracovní“ dokument)

RFMEA tedy vychází z procesní FMEA a jak vypovídá slovo reverzní, jedná se o její převrácený postup. Metodika byla vytvořena jako „Proaktivní nástroj“ pro zlepšení procesu. GM [3] dále popisuje (požadavek) jak postupovat.

„Reverse PFMEA is intended as a tool to assist in PFMEA reviews and RPN reduction efforts based on actual data from in-station audits of all the failure modes. This review is an attempt to discover or create new Potential Failure Modes not considered during PFMEA development as well as validate Occurrence and Detection ratings based on real data.“

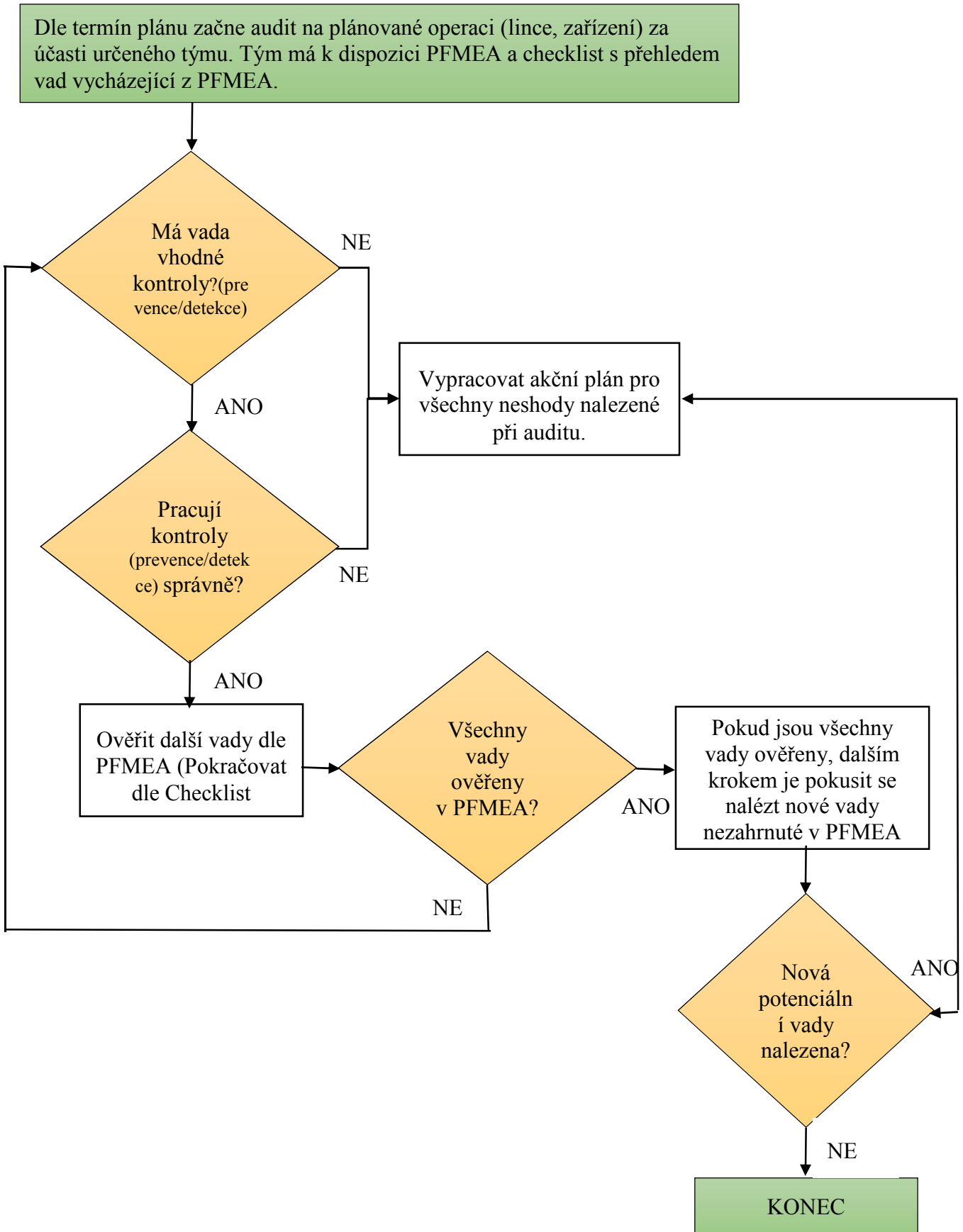
Reverzní PFMEA slouží jako nástroj pro revizi procesní FMEA a redukci rizikového čísla (RPN) na základně dat získaných přímo na výrobní operaci při auditu všech možných druhů poruch. Cílem této revize je najít nebo vytvořit novou potenciální vady nezahrnuté při sestavování procesní FMEA. Data jsou založena na prověření reálné situace na operaci.

Jako doporučení uvádí zdroj [3]:

- tým pro provádění auditu by měl být definovaný s jedním externím auditorem, který přinese do týmu nový pohled
- plán auditů by měl být předem rozvrhovaný
- tým by měl být standardizovaný, pro dosažení stejných kritérií při auditech
- provést experimenty přímo na montážní operaci s cílem nasimulovat možnosti vzniku vad (například použitím podobných dílů, montáž komponent špatným způsobem...)
- po provedení auditu musí být všechny nálezy dokumentovány v akčním plánu s definovaným řešitelem pro zajištění prevence vzniku těchto vad na výrobní lince

Po provedení auditu, stanovení nápravných opatření a jejich implementaci, by se měl tým znovu sejit a verifikovat účinnost opatření. Verifikace by měla opět proběhnout na dané operaci. Poté by se měla vyhodnotit pomocí rizikového čísla.

Flow diagram postupu provádění RFMEA dle představy zákazníka na obrázku č. 3.4 níže.



Obrázek 3.4. Reverzní FMEA ..Flow Diagram“ (převzato a upraveno dle[3])

3.3 Dostupné informace a publikace o RFMEA

Při rešerši dostupných zdrojů jsem nenalezla žádnou publikaci zabývající se přímo reversní FMEA. Jediné oficiální dokumenty jsou dokumenty poskytnuté zákazníky. Na internetu dostupné informace jsou pouze diskuzní fóra, kde přispívají uživatelé, kteří již tuto metodu implementovali. Některé zdroje označují RFMEA jako „Go and see FMEA“ (volně přeloženo jako: „Jdi a podívej se na FMEA“). Dle mého názoru se jedná o podobnou metodu, která má za účel stejně jako PFMEA revizi procesu s cílem nasimulovat další možné vady přímo na výrobní operaci. Stručně shrnuto, dostupná literatura na internetu a v jiných zdrojích je nulová. Jako zdroj informací budou sloužit pouze požadavky zákazníků formulované v požadavcích na jakost.

3.4 Návrh implementace Reverzní FMEA do systému

Jako každý podnik pohybující se v automobilovém průmyslu je i KOSTAL certifikovaný normami ISO 9000 a ISO/TS 16949 což zahrnuje i popsání procesů, (jejich řízení a zlepšování) definování lidí zodpovědných za proces a tak dále. Prvním krokem bude tedy popsat proces provádění RFMEA, definovat zodpovědnosti a zavést takto do systému. K tomu slouží nástroj směrnice. Další nutnost je vytvořit a standardizovat formuláře a checklisty (kontrolní listy) pro provádění této nové metody. Všechny tyto nově vytvořené dokumenty musí být zaneseny a popsány v odpovídající směrnici a vystaveny na firemním intranetu.

3.4.1 Podklady pro provedení Reverzní FMEA

Na začátku je potřeba nejdříve definovat jaké podklady jsou pro reverzní FMEA potřeba. Vzhledem k již popsanému systému, budeme vycházet z užívaných dokumentů.

- **Procesní FMEA a Fow Chart** – již sestavená, aktualizovaná procesní FMEA pro danou výrobní linku. Ve firmě KOSTAL je FMEA tvořena v interním programu IQIDOSS, který obsahuje modul pro tvorbu FMEA a kontrolních plánů.
- **Přehled interních vad** – firma KOSTAL zaznamenává přehled opět v interním programu IQIDOSS: modul určený pro sledování interních vad. Lze v něm vygenerovat přehled vad za dané období dle výrobku, dle výrobního zařízení, dle druhu vad a tak dále. Tyto informace poslouží k zaměření se na vady s nejvyšším výskytem, popřípadě na vady s nejvyšší závažností.
- **KLUP Kontrolní list uvolnění produktu/procesu** – kontrolní list uvolnění procesu slouží pro seřizovače (člověk zodpovědný za chod zařízení). Je to přehled kontrol, které musí provést na začátku směny, při změně varianty, při výpadku energie atd.
- **Výsledky LPA auditu** – LPA audit je vícestupňový audit zařízení. Vícestupňový znamená, že je prováděn na všech stupních organizace, to znamená od seřizovačů, přes kvalitáře, konstruktéry až k top managementu. Nálezy jsou zaznamenávány do akčního plánu a předávány na zodpovědné osoby.
- **Plán Kontrol** – plán kontrol je opět normou stanovený dokument popisující veškeré kontroly provedené na daném výrobku. Vychází z PFMEA.
- **Poka Yoke plán kontrol** – jedná se o dokument vycházející z klasického plánu kontrol. Jeho cílem je sumarizovat veškeré automatické kontroly na výrobním zařízení a definovat způsob jejich ověření. Provádí se 1x měsíčně kvalitářem zodpovědným za daný výrobní proces.

- **Lessons and Learnd** – tento soubor dokumentů (karet) je tvořen na základě reklamovaných vad. Všechny potřebné informace jako kořenová příčina, počet kusů, nápravná opatření a kontrola jsou uvedeny ve standardizované kartě a využity při plánování nových projektů.
- **Akční plán** – akční plán je výstupní formulář, sloužící k zaznamenání neshod a k nim náležitým akcím pro odstranění. Je zde vizuální nástroj pro sledování stavu plnění, zodpovědností atd.
- **Přehled reklamací od zákazníka** – přehled reklamací poskytuje přehled vad, které byly nalezeny u zákazníka, případně v poli (již v prodaném automobilu). Tyto vady jsou pro podnik nejkritičtější. Na základě těchto vad a externího PPM, si zákazník utváří obraz o podniku a kvalitě jeho výrobků.

3.4.2 Checklist pro provedení RFMEA

Vzhledem ke skutečnosti, že se RFMEA provádí přímo na výrobní lince, je třeba vytvořit dokument pro zaznamenání všech potřebných dat v procesu tak, aby bylo zajištěné systematické procházení všemi operacemi a výrobními pracovišti. Pro tento účel bude sloužit takzvaný checklist, v němž budou zaznamenány všechny důležité body pro vyhodnocení, tak aby se postupovalo systematicky a nedošlo k vynechání důležitých informací. Vytvořený checklist viz příloha č. 1. Dle potřeb RFMEA byl vytvořen 15-ti bodový checklist zahrnující:

- špatná montáž dílu
- vynechání dílu
- záměna dílu
- zapadnutí dílu
- montáž poškozeného dílu
- kontaminace dílu, montáž kontaminovaného dílu
- respektována ESD ochrana
- revize PFMEA pro danou operaci (obsah všech relevantních vad)

Při provádění revize FMEA procesu, je tým systematicky veden a přistupuje stejně ke všem pracovištím. Vyplněný checklist slouží jako podklad pro vyhodnocení

3.5 Plán provedení RFMEA

Proces RFMEA je výše popsán. Nyní je třeba přistoupit ke skutečnému provedení. Časový plán postupu popsán níže, včetně již provedených kroků:

- 1) Definování a návrh Reversní FMEA
- 2) Příprava – prostudování zákaznických požadavků PSA/GM metodika, příprava změny systémových dokumentů (směrnice), prezentace TOP managementu, úprava dle požadavků TOP managementu.
- 3) Příprava týmu a dokumentů – je třeba seznámit řešitelský tým s metodikou, smyslem a cílem RFMEA. Dále připravit veškeré dokumenty, které budou fyzicky potřeba. Následuje vyplánování termínu realizace.
- 4) Vlastní revize procesu - dle checklistu pro RFMEA, porovnání se všemi uvedenými dokumenty.
- 5) Zaznamenání nálezů – nálezy a neshody budou zaznamenány do akčního plánu a prezentovány TOP managementu. Všechny neshody budou mít stanoveného řešitele a nápravné opatření
- 6) Konečný výsledek – zhodnocení přínosů, aktualizace PFMEA

4 Návrh implementace do podnikového systému

Pro pilotní projekt byla vybrána výrobní linka projekt PSA COM/COM. Důvodem pro výběr byl požadavek tohoto zákazníka a jeho plánovaná návštěva. Níže bude popsán výrobní postup rozdělený na jednotlivé operace.

4.1 Úprava systémové dokumentace

Firma KOSTAL jakožto součást automotive rodiny, musí mít dle požadavků norem ISO vytvořený systém řízení jakosti, tzn. popsané procesy v organizaci, jejich kritéria a nástroje řízení. Norma požaduje dokumentování všech procesů s dostatečnou průkazností jejich průběhu. Podnik tedy musí vést a aktualizovat dokumentaci, kde jsou jasně definovány a popsány procesy například (systémová dokumentace firmy KOSTAL) pomocí technicko organizačních postupů, směrnicí a dalších dokumentů.

Abychom splnili požadavek normy, musíme popsat i proces provádění RFMEA. Pro zavedení RMEA do systémové dokumentace bude aktualizován dokument: Technicko organizační postup provádění analýzy rizik P-FMEA, číslo formuláře VA_04-13_KOCR_Z vydaný 12/2001 aktualizovaný 11/2014. Na straně 10 je vložený odstavec týkající se reverzní FMEA.

*Pro aktualizaci pravidla na úpravu se realizují navrhovaná opatření ke zlepšení v L.
Nové verze P-FMEA, dodané z LK nebo od zákazníků, distribuuje technik plánu výroby a FMEA na příslušné odborné útvary a o distribuci vede potřebnou evidenci.*

*Pro vybrané zákazníky (např. PSA, GM, ...) se provádí REVERZNÍ FMEA. Je zaměřena na:
- na pravidelné porovnání konkrétní pracovní stanice s cílem ověřit, zda jsou popsány všechny možné vady,
- validace, zda přiřazený rating VÝSKYTU a DETEKCE odpovídá aktuálním datům, situaci,
- pokusit se nalézt nové možné vady, které ještě nejsou ve stávající PFMEA popsány a aktualizovat PFMEA tak, aby maximálně odpovídala realitě*

Obrázek 4.1. Aktualizace VA_04-13_KOCR [8]

4.2 Popis výrobní linky

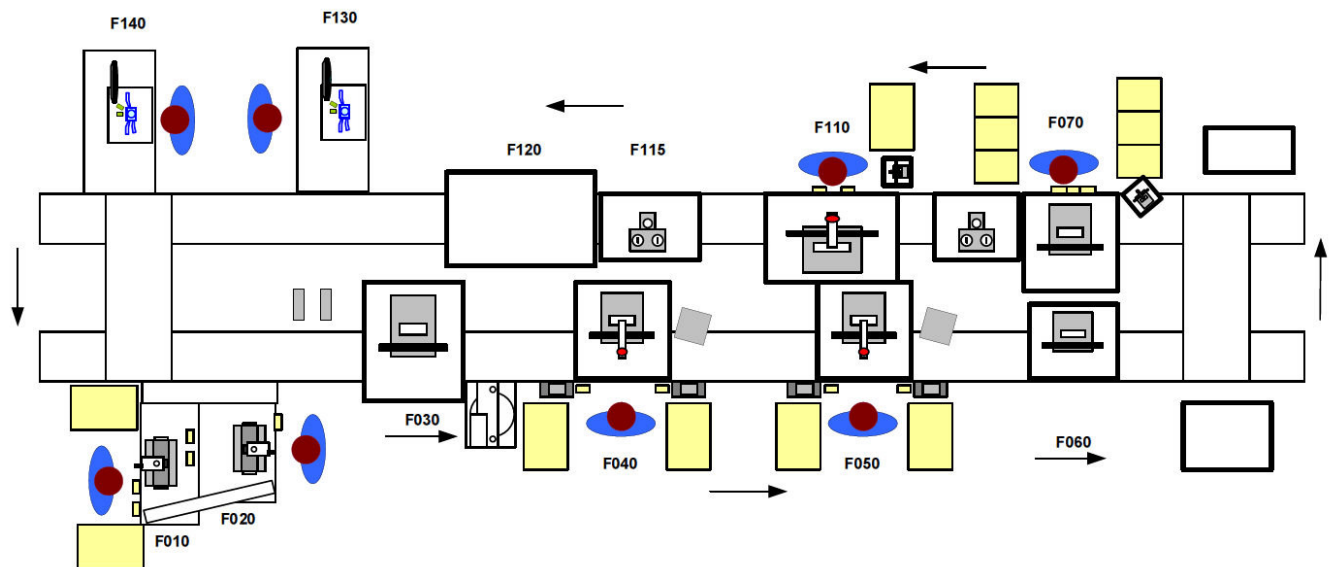
Výrobní linka PSA slouží ke kompletaci podvolantového modulu pro stejnojmenného zákazníka. Na obrázku 4.2.1 je finální výrobek, který naleznete v modelech vozů: Peugeot 407, 408, 608 a 3008, dále pak pro Citroen C2, C3 a C4.



Obrázek 4.2.1 Podvolantový modul, finální výrobek linky PSA

Podvolantový modul je jedním z ovladačů automobilů. Skládá se ze tří hlavních částí: páka blinker, páka wishcer a tzv. WFK. Páka blinker má za hlavní funkci ovládání směrových světel vozidla, plus další přidružené funkce, jako dálková světla a v případě tohoto modulu také ovládání klasických předních světel. Páka wishcer, je páka sloužící k ovládání stěračů, rychlosti jejich cyklu a ostřikovačů. WFK je název pro rotační část, která přenáší do vozu signály z volantu. U aut s vyšším stupněm výbavy se můžeme setkat ještě s dalšími pákami jako ACC pákou (páka tempomatu), pákou pro palubní počítač a u luxusních tříd s ovladačem vyhřívání volantu. Každý zákazník má své specifické požadavky na modul a jeho funkce.

Níže bude popsán výrobní postup modulu na obrázku 4.2.1 V Kostalu se používá speciální názvosloví pro jednotlivé díly, které se většinou v různé modifikované podobě prolínají různými projekty. Moduly jsou většinou založeny na stejném mechanickém funkčním principu. Popisovaná linka je jednou ze tří téměř totožných linek. Tři linky jsou vyrobené z kapacitních důvodů. Mezi linkami 1 a 2 jsou minimální odlišnosti. Třetí linka má již odlišností více, protože je stavěná později (je modernější).



Obrázek 4.2.2 Layout výrobní linky PSA (příloha č. 2)

F010 Montáž PCB a vratné mechaniky do sockelu

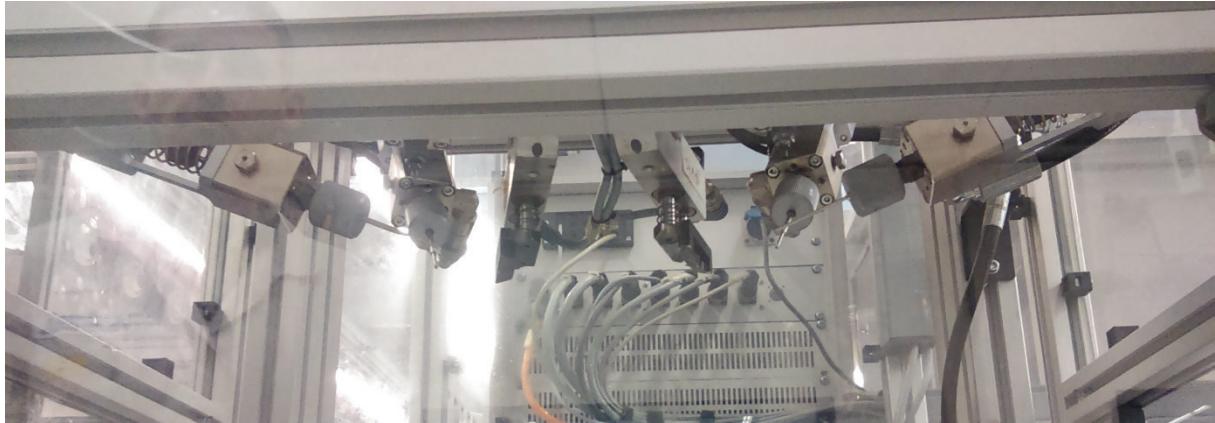
Na první operaci operátor manuálně založí PCB (Printed circuit board – deska plošných spojů), vratný mechanismu, raskurve a tzv. PCB foil (vodiče na pružném podkladu) do nosné části modulu tzv. Sockelu. Vratný mechanismus zná každý řidič. Tento mechanismus slouží k vracení páky blinkeru do nulové pozice při otáčení volantu zpět. Funkcí raskurve (rastrovací křivka) je, jak z názvu vyplývá, určení pozicí páky. Znamená to, pokud vychýlíte páku blinkeru směrem vzhůru, raskurve udává pozici, ve které zůstane páka zafixovaná. PCB foil elektricky propojují PCB s ostatními elektrickými součástmi zapojenými na pozdější operaci. Stanice je vybavena automatickou kontrolou varianty PCB (jak bylo uvedeno výše, je mnoho variant lišících se funkcemi podle výbavy automobilu, rozdílná může být i součást PCB, jejíž záměna by znamenala nekompletnost funkcí finálního výrobku). Další důležitá kontrola na této stanici je pozice PCB foil v PCB. Jedná se o kamerovou 100% kontrolu.

F020 Sesazení PCB se sockelem, usazení raskurve a nalepení etikety

Další operace navazuje těsně na první operaci, ze které jsou po lištách posílané předmontované skupiny. Pracovník tak kompletuje Sockel s PCB. Ke kompletaci jsou použity šrouby a montáž probíhá poloautomatickým šroubovákem. Pracovník sestaví díly do správně pozice na sebe. Přiklopí šablonu, do které vloží šrouby a zašroubuje šroubovákem, který sám zastaví, dosáhne-li potřebného momentu. Na této operaci modul dostane etiketu s kódem, ke kterému jsou zaznamenávány výsledky relevantních kontrol pro pozdější zpětnou sledovatelnost. Předmontovaná jednotka je zde usazena na pohyblivou paletku, na které bude absolvovat montáž skrz všechny operace linky.

F030 Automatické dotlačení raskurve a namazání

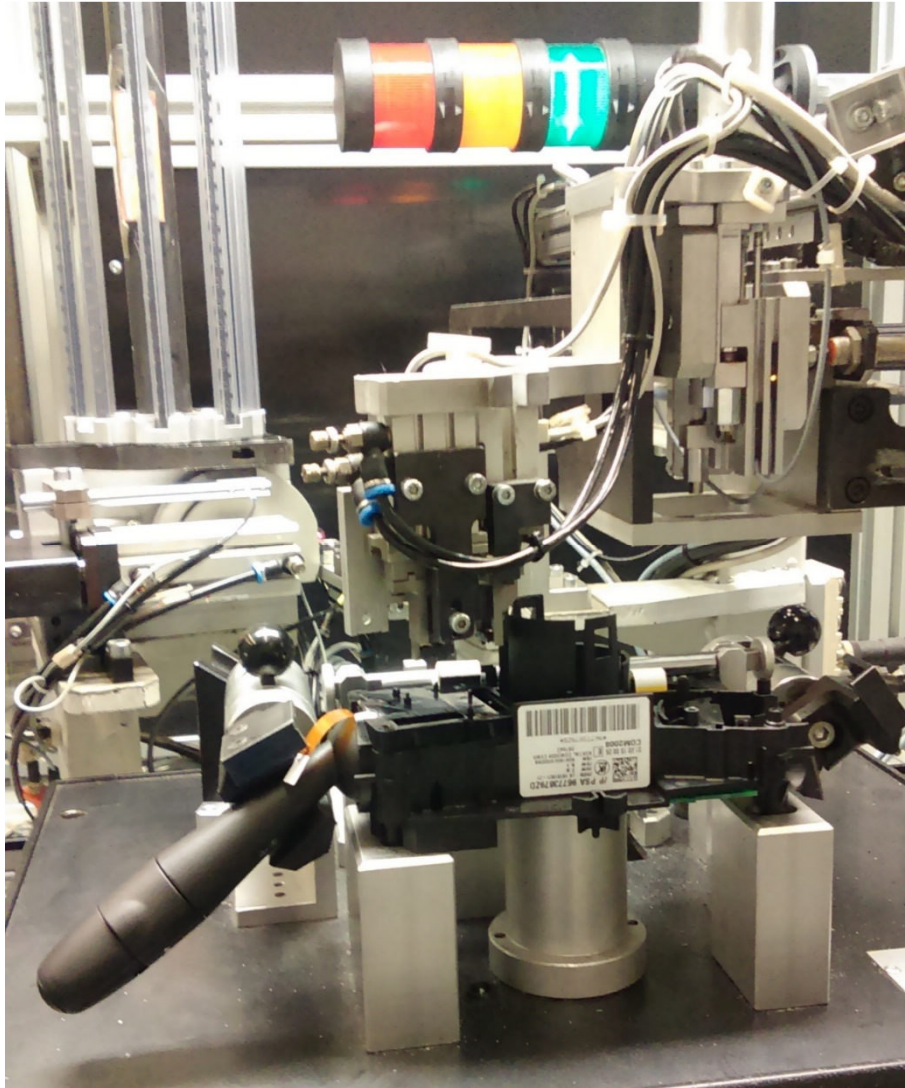
Operace F030 je plně automatická, dojde na ní k automatickému dotlačení raskurve do koncové polohy v sockelu (manuální dotlačení by bylo obtížné) a namazání. K mazání se používá speciální druh tuku určený speciálně pro automobilový průmysl. Důvody mazání: zlepšení mechanických vlastností a snížení hluchnosti při přepínání. Na obrázku 4.2.3. jsou vidět automatické mazací trysky nasměrované do přesné pozice mazacích bodů na plastovém díle.



Obrázek 4.2.3 Automatické mazací trysky operace F030

F040 Montáž blinkeru

Na následující manuální operaci je provedena asambláž páky blinkeru. Proběhne zde také velice důležitá montáž součástky tzv. schieberu. Schieber je pohyblivý kontakt spojený s pákou, který se pohybuje po PCB a spojuje elektromechanicky potřebné funkce páky, dané její polohou. Což je například právě světelný signál změny směru jízdy. Předmontovaná jednotka na straně přidaného blinkeru se přiklopí PCB (deska plošných spojů), PCB se nakontaktují s PCB foils (operace F010). Na operaci jsou automatické kontroly (optický senzor), prověřující správnou pozici páky, tzv. nulovou pozici. V případě, že by páka nebyla v nulové pozici, montáž schieberu by nemohla proběhnout správně a finální výrobek by měl nesprávné funkce. Po dokončení montáže, jsou-li automatické kontroly vyhodnocené jako OK, rozpracovaný výrobek pokračuje na další operaci. Díl je stále na pohyblivé paletce. Pro ilustraci rozpracovaného produktu níže obrázek 4.2.4.



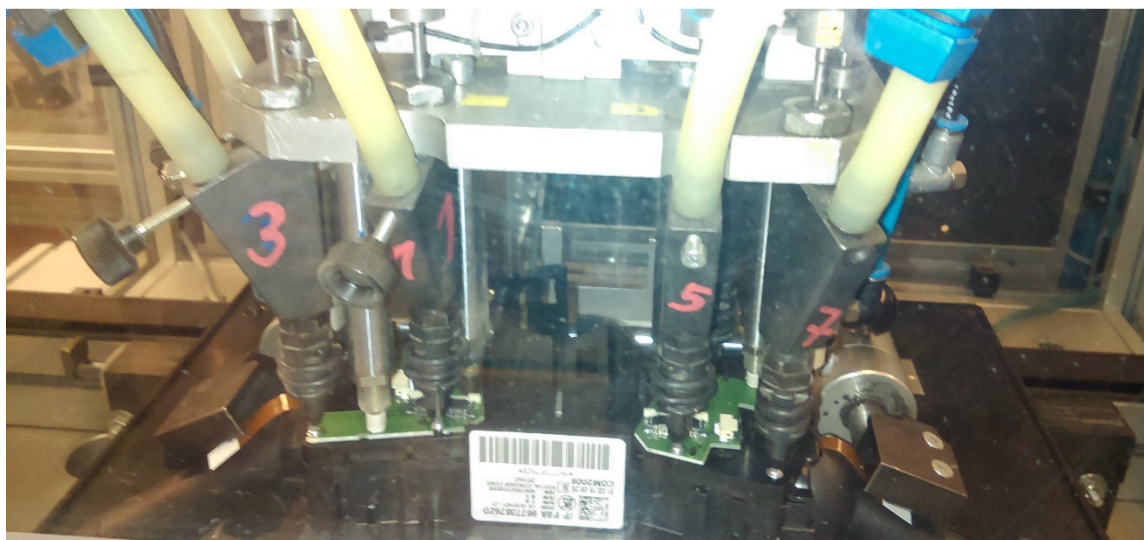
Obrázek 4.2.4 Rozpracovaný výrobek na operaci F040

F050 Montáž páky wischer

Operace F050 je téměř totožná s předchozí operací. Opět je prováděna manuálně pracovníkem. Rozdíl je pouze v tom, že zde pracovník zakládá druhou páku wischer (páka pro ovládání stěračů). Kontroly jsou taktéž stejné, jako na předchozí operaci.

F060 Automatická kontroly a šroubování

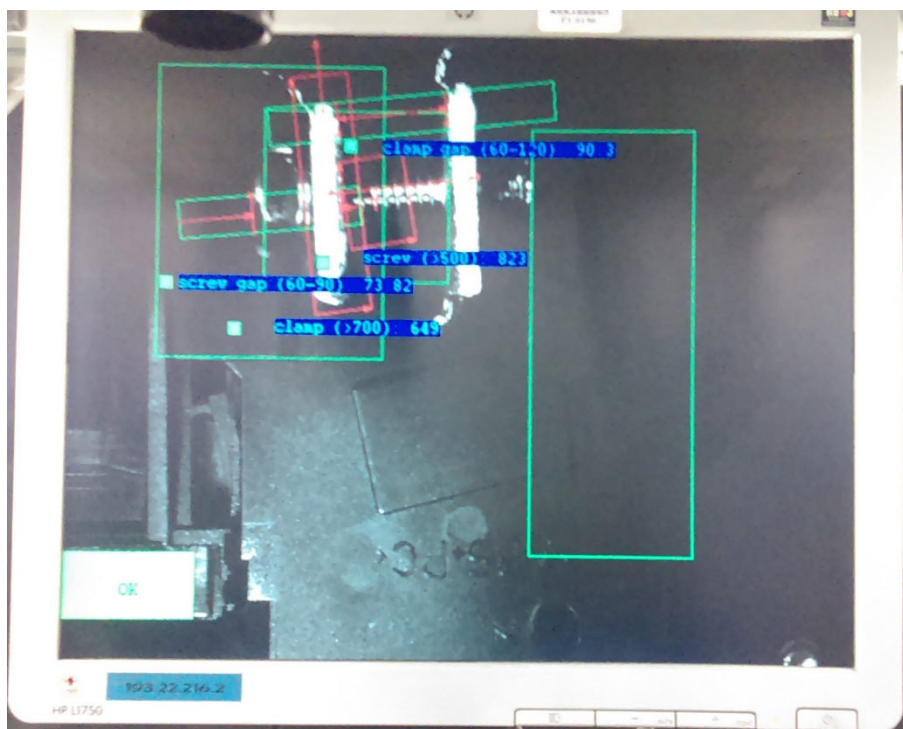
Tato operace je plně automatická. Hlavním cílem je šroubování pro zajištění fixní polohy PCB na sockelu. Automatický šroubovák nabije šrouby, zašroubuje a zkontroluje moment utažení a výšku šroubu (konečnou pozici, aby se nestalo, že šroub je nedošroubovaný). Opět se zde zkontroluje správná pozice obou pák. Foto automatického šroubováku, viz. obrázek 4.2.5.



Obrázek 4.2.5 Automatické šroubování operace F060

F070 Nakontaktování PCB FOILS, kontrola varianty PCB, montáž deklu BLI/WI

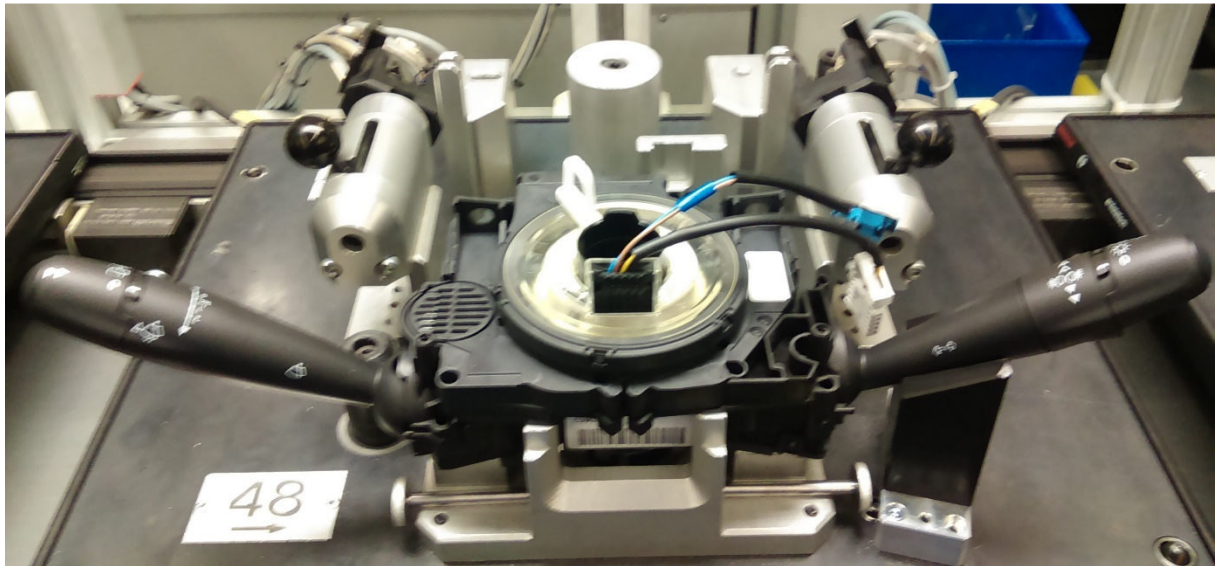
Operace F070 je poměrně složitá. Dochází zde k předmontáži samostatné součástky, která se pouze založí do paletky a odmontuje se na následujících operacích. Pracovník kontaktuje zbytek PCB foil z páček do PCB a založí krycí plasty tzv. deklu. Montážní stanice je opět vybavena automatickou kamerovou kontrolou. V tomto případě kamera sleduje a vyhodnocuje správnou pozici nakontaktování PCB foils na PCB, čistotu a variantu PCB. Vyhodnocení kamerového testu viz obrázek 4.2.6 níže. Kamera se zaměří na místo zapojení PCB foils (místa v zeleném rámečku) a vyhodnocuje odchylku od předem nastaveného standardu. Pracovník na této operaci v mezičase montuje výše zmíněnou součást tzv. vratnou mechaniku blinkeru.



Obrázek 4.2.6 Kamerový test pozice PCB foils na operaci F070

F110 Montáž kazety se soklem

Pracovník na této operaci přidává do modulu reproduktor (reproduktor zvukově signalizuje například nepřipoutaného řidiče apod.), poté založí již smontovanou kazetu (vyrobené na jiné výrobní lince) a nakonec sešroubuje kazetu s modulem. Z této operace vychází již kompletní výrobek. Opět je zde automatická kontrola. Probíhá zde měření odporu reproduktoru a vyhodnocení správné varianty. Na obrázku 4.2.7 foto kompletního modulu opouštějící operaci F115.



Obrázek 4.2.7 Modul po dokončení operace F110

F115 Automatická kontrola varianty, symbolů

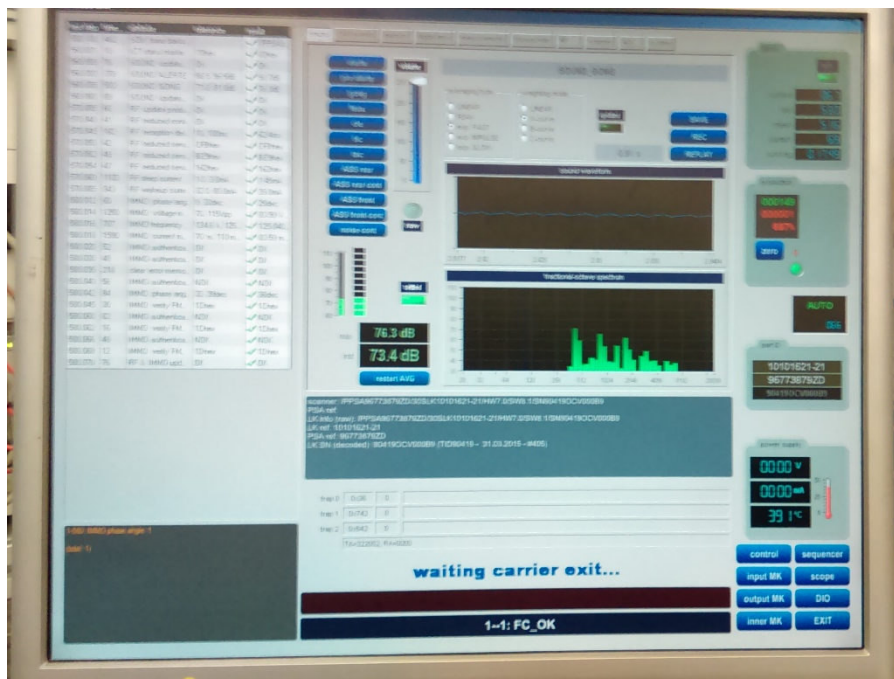
Plně automatická kamerová kontrola, jejímž účelem je prověřit správnost variant pák osazených v modulu. Jak již bylo zmíněno výše, moduly mají mnoho variant lišící se dle výbavy automobilu. Abychom například do modulu určeného do automobilu bez stěrače zadního okna, nenamontovali páku s funkcí stírání zadního okna, je linka vybavena touto kontrolou. Kamera se zaměří na určitá místa (na obrázku 4.2.8 označená zeleným/červeným obdélníkem), na kterých hledá požadované symboly k vyráběné variantě. V případě že v místě symbol nenalezne nebo například je zde symbol navíc, vyhodnotí díl jako špatný.



Obrázek 4.2.8 Výsledek kamerového testu z operace F 115

F120 Automatický zvukový test reproduktoru

Operace F120 je opět plně automatická. Cílem je, aby konečný výrobek byl co nejlépe prověřen na správnost všech funkcí a byla minimalizovaná možnost reklamace zákazníkem. Na této operaci dojde ke kontrole reproduktoru - konkrétně spektrální analýza. Výsledek testu se načte pod sériové číslo dílu a je uložen pro pozdější dohledání. Níže na obrázku 4.2.9 je vizuální výstup z testu se všemi měřenými veličinami.

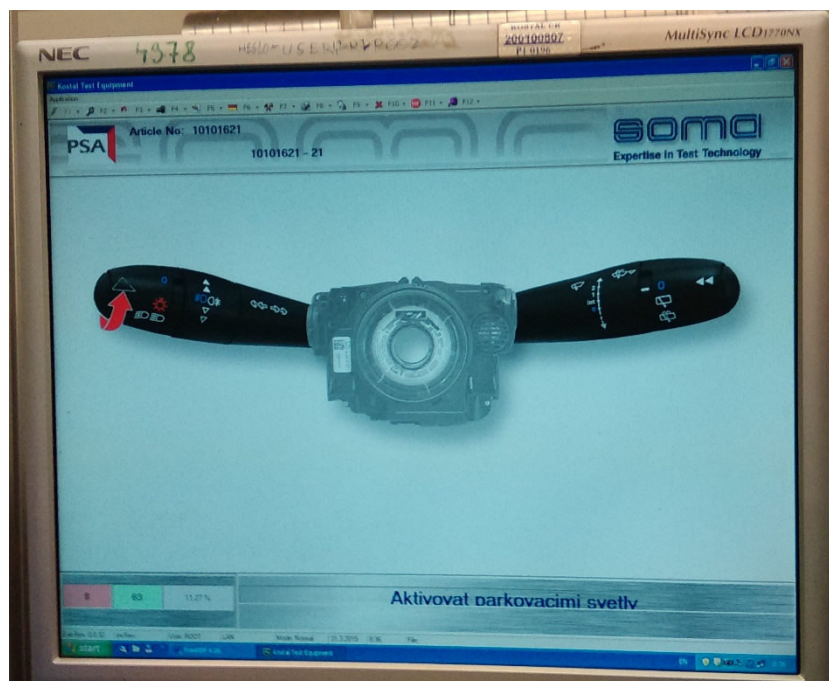


Obrázek 4.2.9 Výsledek hlukového testu reproduktoru na operaci F130

F140 End of line (EoL) test

Nejdůležitější a zároveň poslední částí výrobní linky, je EoL test. End of line test (test zakončující výrobní linku), je elektromechanický test, jehož úkolem je ověřit funkci všech elektrických i mechanických funkcí výrobku. Pracovník odebere hotový výrobek z pohyblivé paletky a umístí jej do testovacího zařízení, kde se zafixuje. Test je napůl automatický. Za druhou polovinu zodpovídá pracovník, který má za úkol manuálně spínat páky do všech pozic, dle požadavků test a simulovat tak řidiče v autě.

Po ukončení testu, se výsledky opět uloží pod sériové číslo dílu (OK i NoK výsledky). Pracovník zde pouze přidá k dílu plastové krytí okolo pák a po ukončení testu vymění pojistku v kazetě (pojistka brání otočení kazety) za červenou. Pozice kazety je důležitá pro pozdější montáž v automobilce. Při první montáži do automobilu musí být vždy v nulové poloze, tak aby měla na každou stranu (pro i proti hodinovým ručičkám) stejný počet otáček. To zajišťuje sledování polohy kol například u automobilů, které jsou vybaveny systémy ASB, EPS... Níže pro názornou ukázkou průběh testu EoL testu na obrázku 4.2.10 Červená šipka na levé straně je signál pro pracovníka, aby aktivoval parkovací světlomety. Takto ho program instruuje ke všem krokům (funkcím) modulu. Následně je díl zabalen do zákaznického balení a putuje dál na expedici, případně jsou na něm prováděny další kontroly, jako například výstupní kontrola.



Obrázek 4.2.10 Výsledek hlukového testu reproduktoru na operace F130

Ověřování funkce automatických kontrol a kritických parametrů na výrobku

Pro zajištění správného chodu všech automatických kontrol, je třeba jejich funkci ověřovat. Pokud by došlo k poruše na kontrole, mohla by výrobní linka vyrábět špatné kusy, které by mohly odejít k zákazníkovi a zapříčinit reklamaci. Pro ověření funkcí slouží tzv. mustrování. Probíhá na začátku směny, při změně varianty nebo dle jiných požadavků. Většinou se jedná o prověření funkce čidla/kamery/senzoru dobrým a špatným kusem. Dojde tak k nasimulování vady. Vše je popsáno v plánu kontrol, nebo v kontrolním listu uvolnění procesu.

Kritické parametry výrobku/procesu jsou monitorovány a ověřovány taktéž. Jedná se o kontrolu SPC (statistic process control), kdy odpovědný pracovník odebere požadovaný počet kusů v požadované časové frekvenci a ověří například správnost dotažení šroubů. Výsledek zanesse do speciálních karet, které jsou vyhodnocovány dle normy ISO TS 16949 a archivovány.

4.3 Checklist vysvětlení

V kapitole 4.2 byl popsán výrobní proces, který se bude po jednotlivých krocích procházet. Proces má vysoký podíl automatizace, ale zároveň jej může významně ovlivnit lidský faktor. Nyní budou vysvětleny jednotlivé otázky dotazníku a určeno, které dokumenty, popřípadě místa k nim náleží.

Otázka číslo 1

1	Může být díl montován špatně? Jak? (obráceně, posunutý, atd.)	Ano	Ne	

Obrázek 4.3.1 Otázka číslo 1 (příloha č. 1)

Cílem otázky číslo jedna, je prověřen montážní operace fyzicky na lince a to možnosti montáže dílu. Účelem je pokusit se nasimulovat montáž komponentu špatným způsobem – otočit díl, posunout, nevložit díl do konečné pozice atd. Pokud se to nasimulovat podaří, je nutné zaznamenat.

Otázka číslo 2

2	Je metoda na detekci nesprávně namontovaného dílu?	Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace				

Obrázek 4.3.2 Otázka číslo 2 (příloha č. 1)

Otázka číslo 2 navazuje na předchozí otázku. Má za úkol prověřit detekce týkající se vadné montáže dílu. Pokud tedy lze díl umístit špatně, pověřuje se schopnost kontrolních mechanismů tuto vadu odhalit. Například může jít o prověření optického sensoru, který odhaluje konečnou pozici dílu (doklapnutí). Pokud detekce existuje, zaznamená se, včetně toho jestli je nebo není funkční.

Otázka číslo 3

3	Pokud díl vynecháme, je to detekováno?	Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Je metoda na detekci chybějícího dílu?				

Obrázek 4.3.3 Otázka číslo 3 (příloha č. 1)

Další otázka se zaměřuje na absenci dílu a schopnost detekce. U automatizovaných linek je tato detekce povětšinou samozřejmostí, zajištěnou optickými senzory nebo jiným řešením. Opět se tento bod prověřuje přímo na výrobní operaci fyzickou simulací vynechání dílu při montáži.

Otázka číslo 4

	Může být namontován podobný, ale jiný díl?	Ano	Ne		
4	Je metoda na detekci záměny dílu?	Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace				

Obrázek 4.3.4 Otázka číslo 4 (příloha č. 1)

Častým problémem v sériové produkci, která má mnoho variant lišících se drobnými odlišnostmi, je záměna dílů. Při velkých objemech výrob a častým změnám variant je nutné zamezit možnosti těchto záměn, které mají fatální dopad na zákazníka. Cílem je opět prověřit možnosti záměn dílů přímo na výrobní operaci.

Otázka číslo 5

	Je možnost zapadnutí dílu do výrobku a jeho přehlédnutí? (např. bonusový šibr, šroub)	Ano	Ne		
5	Je metoda na detekci zapadlého dílu?	Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace				

Obrázek 4.3.5 Otázka číslo 5 (příloha č. 1)

Mezi opakující se zákaznické reklamace patří hluk způsobený zapadlým dílem do výrobku. Jedná se o drobné díly, jako jsou šrouby apod. Montážní operace by měla být konstruována od počátku tak, aby podavače nepodařily víc dílů než je třeba, případně aby v sobě měly počítadlo napojené na kontrolu odebrání, bez které by nešlo v montáži pokračovat.

Otázka číslo 6

	Je možnost namontovat poškozený díl?	Ano	Ne		
6	Je metoda na detekci poškozeného dílu?	Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace				

Obrázek 4.3.6 Otázka číslo 6 (příloha č. 1)

Důležitou vadou, která se vyskytuje jak interně tak externě (projde až k zákazníkovi) je poškozený díl, jehož poškození vzniklo během montáže a nebylo odhaleno. Při provedení reverzní FMEA je tedy důležité pokusit se nasimulovat na pracovišti poškození dílů a možnosti odhalení.

Otázka číslo 7

7	Je možnost namontovat kontaminovaný díl, případně ho kontaminovat?	Ano	Ne		
	Je metoda na detekci kontaminovaného dílu?	Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace				

Obrázek 4.3.7 Otázka číslo 7 (příloha č. 1)

Problémem u elektromechanických citlivých komponent jsou také nečistoty, jako je prach, znečištění mazacím tukem používaným při montáži apod. Toto znečištění může způsobovat různé problémy od haptických poruch až po elektrickou disfunkci. V checklistu je tedy bod pro prověření možností kontaminace a její detekci.

Otázka číslo 8

8	Jsou respektována pravidla ESD ochrany?	Ano	Ne	NA	
	Co není? (px, chování, pracoviště, obaly)				

Obrázek 4.3.8 Otázka číslo 8 (příloha č. 1)

Ve firmě KOSTAL se ve výrobě vyskytují tzv. ESD zóny. Pracuje se zde s elektromechanickými součástkami, které jsou citlivé na statickou elektřinu. Všichni pracovníci ve výrobě jsou povinni nosit tzv. ESD pláště a speciální boty. Před vstupem do výroby je třeba otestovat na testeru jejich správnou funkci. V případě, že je na výrobní operaci výskyt takové součásti, je vyžadováno speciální balení a další pracovní ochranné pomůcky (rukavice, uzemnění pracovníka...).

Otázka číslo 9

9	Popisuje PFMEA všechny možné VADY?	Ano	Ne		
	Jaké, kolik vad není popsáno?				

Obrázek 4.3.9 Otázka číslo 9 (příloha č. 1)

Pro prověření otázky číslo 9, je třeba mít na relevantní operaci přímo procesní FMEU. Prověřuje se, jestli jsou všechny možné vady zaznamenány. Pokud ne, je nutné je popsat.

Otázka číslo 10

10	Odpovídá rating Výskytu a Detekce aktuální situaci a ročnímu průměru?	Ano	Ne		
	Co neodpovídá?				

Obrázek 4.3.10 Otázka číslo 10 (příloha č. 1)

Otázka číslo deset navazuje na předchozí otázku. Opět je k ní třeba procesní FMEA. Cílem je prověření RPN čísla a to zejména ohodnocení výskytu a detekce.

Otázka číslo 11

11	Je nějaká EC/IC mající vztah k danému pracovišti?	Ano	Ne	NA	
	Byly Root cause ve FMEA?	Ano	Ne	NA	
	Jsou opatření efektivní?	Ano	Ne	NA	

Obrázek 4.3.11 Otázka číslo 11 (příloha č. 1)

Podklady pro prověření tohoto bodu jsou externí a interní reklamace (EC = external complain – externí reklamace, IC = internal complain – interní reklamace). Je tedy nutné projít tyto podklady, pokud je nějaké reklamace vztažená přímo k výrobní operaci, prověřit zanesení root cause (kořenové příiny) ve FMEA a zkontrolovat účinnost opatření.

Otázka číslo 12

12	Odpovídá Plán POKA YOKE požadavkům, je prováděn?	Ano	Ne	NA	
	Co neodpovídá?				

Obrázek 4.3.12 Otázka číslo 12 (příloha č. 1)

V kapitole 3.3.1 je vysvětleno co je POKA YOKE plán kontrol. Cílem bodu 12 je prověřit jeho správnost a provádění. Je tedy nutné mít tento plán fyzicky na výrobní operaci.

Otázka číslo 13

13	Odpovídá Pracovní instrukce požadavkům, je jasná a srozumitelná?	Ano	Ne		
	Co neodpovídá?				

Obrázek 4.3.13 Otázka číslo 13 (příloha č. 1)

Dalším důležitým bodem, je prověření pracovní instrukce, tedy dokumentu určeného pro pracovníky provádějící montážní operaci. Cílem je projít nesrovnalosti a srozumitelnost.

Otázka číslo 14

14	Vztahuje se k pracovišti požadavek z LL?	Ano	Ne		
	Je realizován, respektován? Co neodpovídá?				

Obrázek 4.3.14 Otázka číslo 14 (příloha č. 1)

Opět další bod vyžadující porovnání požadavků, tentokrát LL (Lessons and leard viz kapitola 3.3.1), přímo na výrobní operaci.

Otázka číslo 15

15	Brání způsob manipulace a skladování komponentů, výrobků jejich poškození, kontaminaci? Co neodpovídá?	Ano	Ne		
----	---	-----	----	--	--

Obrázek 4.3.15 Otázka číslo 15 (příloha č. 1)

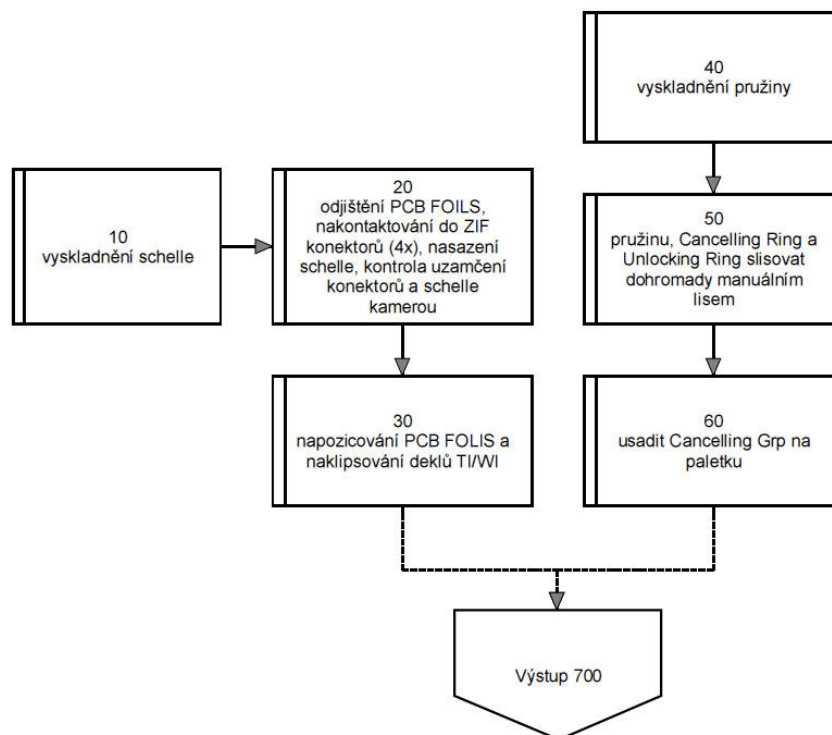
Otázka zaměřující se na možnost kontaminace (znečištění), poškození materiálu nebo výrobků přímo na výrobní operaci. Cílem je prověřit účelnost balení, tak aby balení bylo do jisté míry schopné ochránit výrobek před poškozením a znečištěním při manipulaci, případně aby jej balení vyloženě nepoškozovalo.

4.4 Podklady pro provedení

V kapitole 3.3.1 jsou uvedeny všechny potřebné podklady pro provedení reverzní FMEA. Nyní již budeme uvádět konkrétní dokumentaci přímo k projektu. Jednotlivé body dotazníku vyžadují přítomnost zmíněných dokumentů.

4.4.1. Flowchart (FCH) procesu

Prvním podkladem je flow chart procesu, který sice není nutné mít na pracovišti při provedení reverzní FMEA, ale odvíjí se z něj jak FMEA tak kontrol plán. Pro lepší pochopení a zřehlednění bude tedy uveden níže. Ve firmě Kostal je dokument obsahující flow chart generován z programu IQUIDOS a dokument je nazván: Výrobní a zkušební koncepce. FCH se větví od základních kroků (dělených stejným způsobem jako Layout) do podkroků jednotlivých operací. V příloze č. 4 je základní flowchart, níže ukázka FCH jednotlivého procesu.



Obrázek 4.4.1 Flowchart operace F110 (vyjmuta z výrobní a zkušební koncepce k lince PSA SCM COM Evo)

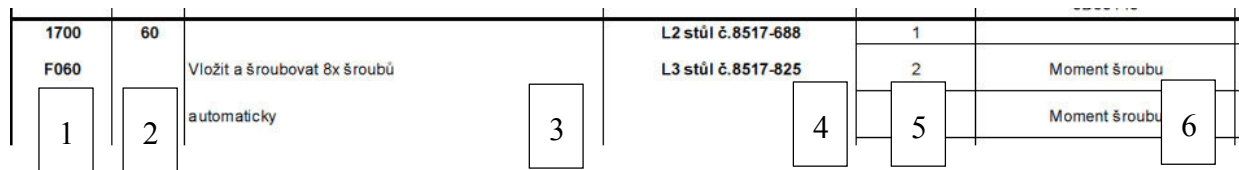
4.4.2. Procesní FMEA

Procesní FMEU je rozsáhlý formulář, který zde nebude prezentován (z důvodu délky dokumentu a zachování know-how). Obsahuje standardní body dle definice ISO. Procesní FMEA je generována v interpodnikovém programu IQUIDOS, kde je sestaven flowchart a na něj přímo navazuje plán kontrol. Vzhledem k tomu, že PSA je starší projekt, plán kontrol je tvořený v Excelu.

4.4.3. Kontrolní plán

Kontrolní plán vychází z procesní FMEA a musí obsahovat veškeré kontroly prováděné na výrobku od počátku výroby až do kompletace. Je to požadavek normy ISO TS 16949. Kontrolní plán pro tuto výrobní linku má celkem 7 stránek. Nebude tedy prezentován, bude vysvětlen pouze formulář pro pochopení.

V hlavičce plánu je uvedena informace, zda se jedná o kontrolní plán pro prototyp, předsérii nebo pro sériovou výrobu. Dále je uvedena zodpovědná osoba, v tomto případě výrobní kvalitář zodpovídající za výrobní linku a aktualizace kontrolního plánu v sériové výrobě. Důležitou částí je datum vydání a datum poslední aktualizace. Po vydání musí být kontrolní plán odepsán všemi zodpovědnými osobami (technolog, vedoucí výroby, kvalitář) uvedenými taktéž v krabici. Samozřejmostí je název výrobní linky, název výrobků a verze P-FMEA ze které vychází. Dále budou vysvětleny jednotlivé další údaje na jednom konkrétním řádku.



Obrázek 4.4.2 Výňatek z plánu kontrol

- 1 – Díl: 1700, další údaj (F060) číslo operace dle FLOW Chart
- 2 – Číslo procesu: jedná se o totéž vyjádření, viz. sloupec 1
- 3 – Název procesu/Popis operace: Stručný popis výrobní operace
- 4 – Stroje, zařízení, přípravky, nástroje pro výrobu: slouží pro jednoznačné označení, v uvedeném příkladu se jedná o číslo výrobního stolu (číslo stolu je jedinečné, ve firmě KOSTAL, se každý pracovník hlásí v docházkovém systému na pracovní stůl, kde bude pracovat)
- 5 – Číslo: Slouží k dalšímu rozdělení procesu v rámci operace, pro snadnější identifikace například operace 60, číslo 3.
- 6 – Výrobek: popis kontroly. Plán je zde rozdělen na dvě části. Je vyplněný pouze jeden sloupec 6 nebo 7. Nikdy se nemůže stát, že jsou v jednom řádku vyplněny oba dva sloupce. Jedná se buď o kontrolu na výrobku nebo kontrolu na procesu. V uvedeném příkladu se kontroluje výrobek - utahovací moment šroubu.

		Točivý moment šroubu č.1 45 Ncm ± 5 Ncm	REV	Ruční měřič momentu /KI-011-01-04		
		Točivý moment šroubu č.2 45 Ncm ± 5 Ncm	REV	Ruční měřič momentu /04		
7	8	Točivý moment šroubu č.3 45 Ncm ± 5 Ncm	9	10	11	Ruční měřič momentu /04

Obrázek 4.4.3 Výňatek z plánu kontrol

7 – Proces: jak bylo uvedeno u bodu 6, pokud by se jednalo o kontrolu prováděnou přímo na procesu, bude uvedena ve sloupci č. 7. Například: u procesu mazání se kontroluje, jestli dávkovač dávkuje správné množství tuku.

8 – Klasifikace zvláštních znaků: charakteristika důležitá pro zákazníka. V automotive jsou definované zákazníkem tzv. zvláštní znaky. Jsou to znaky, které jsou pro výrobu důležité, ať už se jedná o důvod smontovatelnosti, nebo o možném negativním vlivu na konečného zákazníka. Tyto znaky musí být sledovány a zaznamenávány, jakým způsobem určuje opět norma ISO TS 16949.

9 – Specifikace výrobku – procesu/tolerance: V sloupci číslo 9 je bližší specifikace prováděné kontroly, včetně hodnot, kterých musí dosahovat. Může se jednat o atributivní znak, kde je odpověď ano/ne. Nebo o variabilní znak, kde je uvedena hodnota s tolerancemi. Uvedený příklad popisuje kontrolu točivého momentu šroubku, který musí dosahovat hodnotu 45Ncm s tolerancemi ±5Ncm.

10 – Provádí: zde musí být definována osoba, zodpovědná za provádění kontroly. Jedná se o zkratky, které jsou na konci kontrolního plánu vysvětleny. Příkladnou kontrolu provádí dle tabulky REV – revizor.

11 – Vyhodnocovací a měřící technika: Informace o použitém měřidle, měřícího postupu (je-li třeba). Znázorněný příklad uvádí konkrétně ruční měřidlo momentu, postup dle KI-011-01-04. KI = kontrolní instrukce, kde je blíže specifikováno číslo konkrétního měřidla, které je používáno.

3 ks	SS, SP, ZN, ZJ, OZ, VE	SPC AT	VA13-47	
12	SS, SP, ZN, ZJ, OZ, VE	13	14	15
	SS, SP, ZN, ZJ, OZ, VE			

Obrázek 4.4.4 Výňatek z plánu kontrol

12 – Velikost výběru: na kolika kusech se má kontrola provést. Příklad udává provedení měření na třech kusech. Jiné kontroly mohou být například 100% - provádí se na 100% vyrobených kusech, v takovém případě se ale jedná většinou o automatickou kontrolu přímo v procesu.

konci plánu kontrol). U uvedeného příkladu se jedná o SS = start směny (ranní, odpolední, noční), SP = start produkce (kdykoliv během směny, dojde-li například k přerušení výroby z důvodu poruchy zařízení, výpadku elektrického proudu...), ZN = změna nástroje, ZJ = změna v procesu, OZ = oprava zařízení, VE = výpadek elektrického proudu.

14 – Kontrolní postup: kam je provedení zaznamenáno. Například SPC AT je zaznamenání do tzv. SPC karty (opět SPC – statistické procesní kontrola, je definovaný normou ISO TS 16949).

15 – Plán reakce: definovaný plán reakce v případě, že kontrola není funkční, nebo její výsledek není dle specifikace. V příkladu je uvedena směrnice VA13-47, kde je popsán plán reakcí pro společnost KOSTAL.

Plán kontrol je důležitý dokument, který se musí udržovat neustále aktuální. Slouží jak pro zákazníka, tak pro relevantní zaměstnance.

4.4.4. Kontrolní list uvolnění procesu - KLUP

Tento formulář obsahuje veškeré kroky pro seřizovače (osobu zodpovědnou za technický chod linky, přítomné po celou dobu výroby), který po jejich provedení může uvolnit výrobu a linka je způsobilá vyrábět. Číslo KLUP je uvedeno v plánu kontrol, kde je definováno, v jakých případech se uvolnění výroby provádí. Formulář vztažený přímo k výrobní lince je přiložen jako příloha číslo 3. Při provedení RFMEA je důležitým podkladem pro ověření způsobu uvolnění například automatických kontrol, kontrolu mustrů sloužící k uvolnění apod.

4.4.5. Interní zmetkovitost

Abychom se při provedení reverzní FMEA mohli zaměřit na kritické operace, je třeba znát interní zmetkovitost. Interní zmetkovitost ukazuje, kolik vadných kusů linka vyprodukuje a jakou vadou jsou postiženy. Díky analýze, lze určit, z jaké výrobní operace vada pochází. Níže je přehled TOP 5 vad, vznikajících na PSA výrobní lince. Přehled je za rok 2015. Pro lepší přehled byl předelán do formátu Excel. Klasický výstup je opět z programu IQUIDOS. V Kostalu se s interní zmetkovitostí neustále pracuje. Řešitelský tým se schází každý den a řeší výpadky z linky za předchozí den. Jednou týdně pak řeší statistiku u TOP 5, cílem je u těchto pěti nejvíce vyskytujících se vad najít kořenovou příčinu, odstranit ji a sledovat výskyt. Interní PPM by se tak mělo neustále snižovat. Díky pravidelným schůzkám, se řeší problémy on-line. Níže je přehled TOP 5 za rok 2014 rozdělený do čtyř kvartálů.

Na prvním místě je vada: Posunovač špatná pozice/není v pozici. Tato vada, je „celopodnikový problém“ vyskytující se napříč všemi projekty. Jedná se o výše uvedenou součástku Schieber, který je umístěn mimo svojí správnou pozici. Druhá, později třetí vada je: Kazeta spirálové pružiny mechanicky poškozeno/zničeno, jedná se o poškození kazety. Třetí opakující se vadou je Chybná zkouška 520.050 chyba nenalezena. Jedná se o elektrickou vadu s kódem uvedeným v názvu. Tyto vady jsou většinou výsledkem špatného kontaktování, nebo nějakého jiného vlivu na lince a jejich odstranění je náročné. Ostatní vady jsou defekty na pákách, nebo mechanické poškození plastových dílů. V ideálním stavu, by se vady neměly opakovat každý kvartál a pokud by se opakovaly, měly by být v pořadí na nižším místě. Tak by bylo průkazné, že se implementovaly nápravná opatření s účinkem. Bohužel ani v tomto případě, nejsou vady správně odstraněny a v TOP 5 přerývají.

2014	
TOP 5 (1.Q 2014)	Posunovac špatná pozice / není v pozici
	Kazeta spirálové pružiny mechanicky poškozeno / zniceno
	Chybná zkouška 520.050 chyba nenalezena
	In-Circuit-Test (ICT) 560.001
	Páka B
TOP 5 (2.Q 2014)	Posunovac špatná pozice / není v pozici
	Kazeta spirálové pružiny mechanicky poškozeno / zniceno
	Chybná zkouška 520.050 chyba nenalezena
	Rastrovací háky 140.500 mechanicky poškozeno / zniceno
	Elektronický modul 570.045 mechanicky poškozeno / zniceno
TOP 5 (3.Q 2014)	Posunovac špatná pozice / není v pozici
	Kazeta spirálové pružiny mechanicky poškozeno / zniceno
	Chybná zkouška 520.050 chyba nenalezena
	Páka F není v pořadku/vadně
	Páka 590.020 není v pořadku/vadně
TOP 5 (4.Q 2014)	Posunovac špatná pozice / není v pozici
	Rastrovací háky 140.500 mechanicky poškozeno / zniceno
	Kazeta spirálové pružiny mechanicky poškozeno / zniceno
	Posunovac 570.060 špatná pozice / není v pozici
	Chybná zkouška 520.050 chyba nenalezena

Obrázek 4.4.5 Interní zmetkovitost TOP5 rok 2014

4.4.6. Výsledky LPA auditu

Jak bylo uvedeno výše, LPA (Layered Process Audit) audit je vícestupňový audit prováděný pravidelně dle předepsaného postupu různými pracovníky. Výsledky posledních auditů vytvoří obraz o problémech na lince. Cílem těchto auditů je co nejrychlejší odstranění nálezů. Pokud je možné nález odstranit na místě, musí být provedeno. Pokud ne, úkol přechází na zodpovědnou osobu. Důležité je zaměřit se na příčiny těchto problémů a jejich odstranění. Formulář nebude uveden, pro příklad několik otázek z tohoto dokumentu:

- Ověření Uvolnění procesu: prováděno a dokumentováno
- Provedení uvolnění produktu a výrobní kontroly zboží
- Dodržování Layoutu (zoning)
- Čistota na každém pracovním místě a zařízení montážní linky
- Správně uložení, oddělení a identifikace dílů a výrobků
- Vadné díly uloženy v zásobnících pro neshodné díly a výrobky
- SPC karty: kontroly prováděny a dokumentovány
- Každý operátor zahrnut v ILU matici
- Údržba: prováděna a dokumentována
- ...

Otázky jsou zaměřené na dodržování pravidel tak, aby je zvládl zodpovědět každý z pracovníků provádějící audit. Splnění bodu se ohodnotí hodnotami 0 (v případě že bod není splněno), 6 (bod splněn částečně) a 10 (při splnění bodu vez připomínky). Celkový výsledek auditu je vyhodnocen součtem všech bodů. Nálezy jsou zapsány a uchovány v papírové podobě, zodpovědné osoby a termíny řešení jsou zaznamenávány na zadní straně formuláře. Níže obecné příklady nejčastěji se opakujících nálezů na výrobní lince PSA:

- Nečistoty/nepořádek na pracovišti způsobené nedodržením frekvence úklidu pracovníkem
- Neaktuální dokumenty, dokumenty s odchylkami od skutečného procesu
- Neoznačený materiál, kalibry, odkládací místa

V checklistu představeném v kapitole 4.3 se na tyto nálezy při provedení RFMEA zaměřujeme. Pokud je tedy v záznamech z posledních LPA auditů jeden z výše uvedených problémů konkrétně na dané operaci, při RFMEA bychom měli prověřit dopad na proces a simulovat možnosti vzniklých vad z této příčiny.

4.4.7. Poka Yoke plán kontrol

Poka Yoke plán kontrol je speciálním druhem dokumentu. Jeho cílem je prověřit správnou funkci všech automatických kontrol na lince. Vychází z kontrolního plánu, ze kterého jsou vyjmuty pouze automatické kontroly a umístěny do Poka Yoke plánu kontrol. Často se stává, že v průběhu výrobního procesu nastane technický problém, ať už s výrobní linkou nebo s jednou z automatických kontrol. Pracovník se často ve své dobré vůli (i když s porušením všech pravidel) snaží chybu odstranit, tak aby nebylo ohroženo splnění výrobního plánu. Často dochází (vědomě i nevědomě) k odstavení automatických kontrol, nebo vlivem oprav k nesprávnosti jejich funkce a k chybám v jejich vyhodnocování.

Poka Yoke plán kontrol (dále PY kontrol plán) provádí specialista výrobní kvality zodpovědný za danou výrobní linku. Provádí ho 1x měsíčně dle termín plánu a je při tomto auditu povinen projít za asistence seřizovače všechny automatické kontroly a ověřit jejich správnost. Ve formuláři PY kontrol plánu jsou definovány automatické kontroly s číslem stolu a operace, na níž je lze najít. Dále je zde definován stručný postup jak tuto automatickou kontrolu ověřit. Při nálezu nefunkční nebo špatně funkční kontroly, je kvalitář na místě povinen vadu odstranit. Pokud odstranění na místě není možné, zaznamená do formuláře a požaduje nápravu na odborném útvaru, zároveň by měl zajistit náhradu automatické kontroly, zejména jedná-li se o kontrolu kritické funkční vady.

Během provedení RFMEA slouží PY kontrol plán jednak jako přehled všech automatických kontrol a návod na jejich případné ověření, ale také musí tým zkontrolovat nálezy z posledního provedení PY auditu a zkontrolovat stav jejich odstranění, nebo stav jejich řešení. PY kontrol plán pro danou výrobní linku je přiložen v příloze č. 6.

4.4.8. Přehled reklamací od zákazníka

Nejzávažnější jsou vady na výrobcích (kritické i méně kritické), které projdou všemi kontrolami a dostanou se k zákazníkovi. Nejhorší možností je, že ani zákazník vadu neodhalí a vada se projeví až za běžného provozu automobilu – v poli. Tyto vady jsou nejvíce závažné, zejména jedná-li se o kritickou vadu ohrožující majitele vozu nebo okolí na životě. V případě sériového problému (výskytu na více než jednom kusu) zde hrozí možnost stahování vozů a výměna vadných dílů. Hodnota svolávací akce v závislosti na objemu automobilů, hodnotě dílů a práci (nehledě na poškození pověsti) se pohybuje ve velice vysokých částkách. Právě z tohoto důvodu je v automotive povinností zpětná sledovatelnost a dohledatelnost. Toto byl uvedený nejhorší možný případ, níže další příklady reklamací:

- vada detekovaná zákazníkem na výrobní lince
- vada detekovaná zákazníkem na kompletním výrobku (automobilu)
- vada detekovaná zákazníkem/servisem za provozu

Výše základní možnosti reklamací, se kterými se lze setkat. Základní rozdělení a všeobecné užívané názvosloví je reklamační kilometr (první dva případy) a reklamační pole – Warranty (třetí případ). Ať už se jedná o jakýkoliv z těchto příkladů, všechny reklamační případy jsou pro firmu jako dodavatele velice nákladné. Většina automobilových společností si účtuje částku za vystavení reklamační faktury jako takové. Následují pak náklady za třídící akce, náklady za náhradní dodávky, náklady za případné zastavení výrobní linky u zákazníka apod. Náklady účtované dodavateli jsou jedna strana reklamační faktury, druhá strana je hodnocení dodavatele zákazníkem, od kterého se odvíjí budoucí byznys. V zájmu společnosti je tedy zamezit úniku vadných dílů k zákazníkovi.

Na výrobní lince PSA je třeba v rámci RFMEA projít poslední reklamační případy, ověřit správnost určení kořenové příčiny, případně nápravného opatření. Přehled reklamací obstará kvalitář zodpovědný za komunikaci s daným zákazníkem. Zaměření by se mělo soustředit především na vady vznikající ve výrobním procesu nebo vady, které lze odhalit při provádění automatických kontrol. Při provedení RFMEA nebyla ani jedna z reklamací relevantní přímo k výrobnímu procesu.

5 Provedení reverzní FMEA na pilotním projektu

Výše byly vysvětleny všechny podklady a důležité věci k provedení reverzní FMEA, zároveň byly shromážděny a prostudovány pro linku PSA. V následující části bude řešena reverzní FMEA prakticky. Prvním krokem bylo sestavení týmu, který obsahoval specialisty ze všech oblastí. Ve firmě Kostal se jedná o:

- Procesní kvalita – zodpovědnost za řešení problémů ve výrobě, interních reklamací, správa dokumentace, spolupráce při implementaci nápravných opatření.
- Zákaznická kvalita – hlavní kontaktní osoba spojená se zákazníkem, správa zákaznických reklamací a 8D reportů
- Technolog – zodpovědnost za technickou stránku výrobního zařízení
- Pareto analýza – zodpovědnost za analýzu vadných dílů vzniklých při montáži na lince, určení kořenové příčiny vady, přehled interních vad
- FMEA specialista – správa a aktualizace FMEA v podniku
- Seřizovač – zodpovědnost za chod linky, uvolnění procesů, přítomen na každé směně

Dalším krokem bylo vyplánování vhodného termínu pro provedení reverzní FMEA. V tomto termínu musela být linka odstavena z provozu, aby tým měl možnost simulace vad bez rizika vzniku vadných kusů, které by mohly ohrozit zákazníka. Vyplánování takové odstávky sebou nese logistický plán na předzásobu dílů tak, aby nebyly narušeny odvolávky zákazníka. V automobilovém průmyslu, kde je just in time samozřejmostí, se platí velké pokuty za zastavení zákaznické výrobní linky (například nedodáním dostatečného množství dílů nebo dodáním vadných dílů). Celkem byly naplánovány 4 pracovní dny.

Postup byl systematický, jednotliví členové týmu připravili podklady uvedené výše. Postupovalo se po jednotlivých pracovištích dle layoutu a ke každému výrobnímu kroku dle flowchart byl vyplněn zvlášť checklist. Níže budou uvedeny pouze procesy, ve kterých byla nalezena neshoda.

Operace F 010

Nález: V KP/KLUP není kontrola funkčnosti čidel na pozici PCB, varianty soklu a barvy PCB Foil.

Jak bylo uvedeno výše, funkce každé automatické kontroly by měla být ověřována mustrováním nebo jiným způsobem, aby se prokázala její správná funkce. Na první operaci bylo zjištěno, že u jednoho z projektů není mustr pro ověření správné polohy PCB, varianty soklu a barvy.

Operace F 020

Nález: V KP/KLUP není kontrola funkčnosti čidla na varianty soklu

Stejný problém jako na předchozí operaci. Čidlo na hlídání varianty soklu existuje, ale není ověřováno

Nález: Špatné kryty zásobníku šroubu

Zásobník na šroubu má nevyhovující kryt, může dojít ke kontaminaci, kryt nedrží správně.

Operace F040

Nález: Možnost záměny dílu na páce dodávané subdodavatelem

Tuto vadu způsobenou dodavatelem není možné odhalit přímo na operaci, odhalitelná je až na EoL testu, kdy je výrobek kompletní a náklady na opravu/šrotaci dílu jsou několikrát vyšší.

Nález: Schieber mimo pozici

Vada schieber mimo pozici je TOP 1 viz interní zmetkovitost. Na operaci F040 je její výskyt o 1/3 vyšší než na operaci F050 i přes to, že jsou operace velice podobné.

Operace F040/F050

Nález: V KP/KLUP není kontrola funkčnosti čidla na polohu páky vs napozicování šíbru

Opět se jedná o stejný problém, kdy u automatické kontroly není ověřována její správná funkce.

Nález: Deformace, špatná pozice hrazdičky

Na těchto operacích se zakládá pro obě páky pohybový mechanismus, který převádí pohyb páky na schieber. Tato součástka je kovová a při její deformaci, může být problém s hybností páky nebo pozicí schieberu. Jedná se o problém z reklamace týkajících se jiného projektu, ale také o interní výskyt. Problém může vzniknout při transportu v balení, nebo díl může být poškozen při montáži.

Operace F060

Nález: V KP/KLUP chybí kontrola kamerou na správnou polohu, deformace hrazdičky WI

V dokumentech KP/KLUP chybí záznam o automatické kontrole. Jedná se o administrativní chybu.

Nález: V PTC/PFMEA chybí kontrola kamerou na správnou polohu, deformace hrazdičky WI

Stejný problém viz první nález, jedná se ale o dokumenty PTC (výrobní a zkušební koncept) a PFMEA, administrativní chyba,.

Nález: Chybí mustrování v PFMEA výšky housing BLI/WI

Opět chybějící údaj v dokumentu týkající se mustrování automatické kontroly jednoho z dílů

Operace F070

Nález: V KP/KLUP je kontrola mazání (zde není)

V dokumentu je zanesena kontrola, která na lince není.

Operace F110

Nález: V KP/KLUP není kontrola způsobilosti zařízení vyhodnocující variantu reproduktoru

V automobilovém průmyslu je třeba u specifických kontrolních zařízení provádět způsobilost procesu. U tohoto zařízení není způsobilosti prováděna a není zaneseno v dokumentaci.

Nález: Vliv pozice kabelového svazku na poškození během testu v hlukové komoře

Založení kabelu má vliv na jeho poškození při pozdějším testování v hlukové komoře. Je-li kabel špatně napozicován, maska, která sjíždí během testu na díl v hlukové komoře, mechanicky poškodí kabel. Tato vada není uvedena ani v PFMEA.

Operace F115

Nález: V KP/KLUP není doplněné mustrování některých nových variant

U některých nových variant není doplněné mustrování této operace dobrými a špatným díly.

Nález: Není jasné, zda testovací zařízení dokáže zachytit použití špatných Buttons

Jedna ze starých zákaznických reklamací na použití špatného dílu. Není prokazatelné, že senzor dokáže tuto vadu odhalit.

Nález: Není zde čidlo na přítomnost a správnou pozici canceling mechanismu

Chybí automatická kontrola pozice a přítomnosti mechanismu pro vracení páky blinkeru do nulové pozice. Na lince číslo 3, tato kontrola existuje.

Operace F130/F140

Nález: Montáž a kontrola přítomnosti blende

Blende je krytka pro páku, která je ručně kompletována pracovníkem na poslední operaci

Čidlo na kontrolu přítomnosti blende je nespolehlivé, povedlo se nasimulovat modul, který operací prošel i s chybějícím blende. Pracovník může do dráhy čidla vložit prst, nebo jiný předmět a přítomnost tak nasimulovat.

6 Vyhodnocení

Cílem vyhodnocení bylo sumarizovat změny relevantní pro RFMEA, sestavit akční plán se zodpovědnými osobami a termíny a v neposlední řadě přehled nejzávažnějších nálezů.

6.1 Výstupy po provedení reverzní FMEA

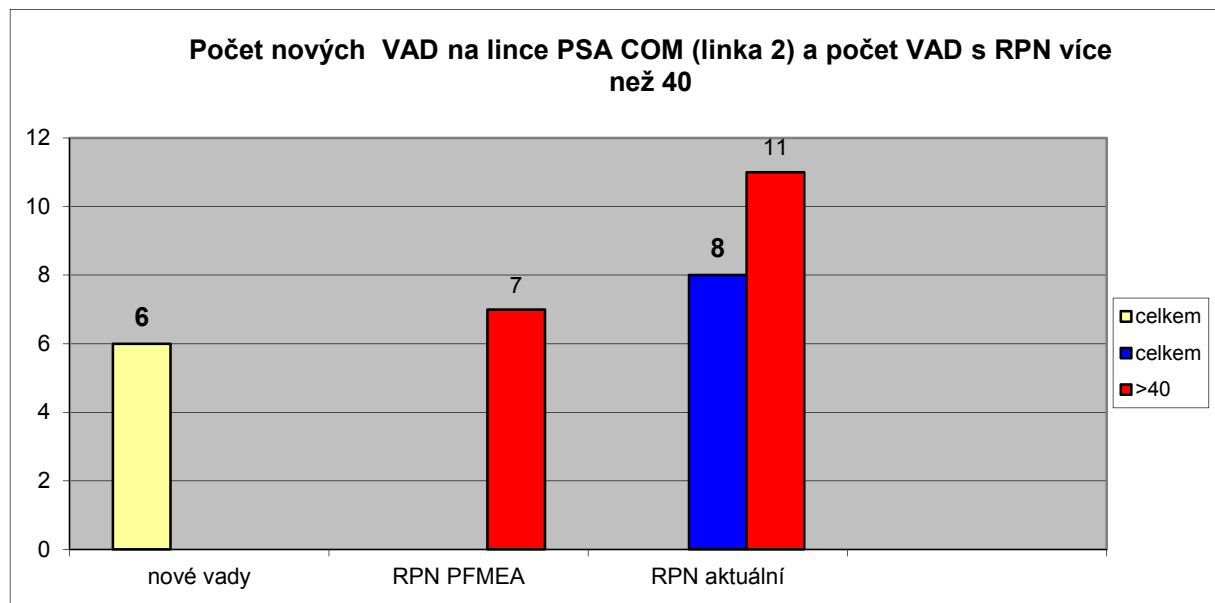
Z výše uvedených nálezů byl sestaven akční plán, do kterého byly definovány příčiny, opatření, termíny, zodpovědné osoby a termíny pro splnění. Pro akční plán existuje v Kotalu standardní formulář. Osoba zodpovědná za akční plán má přehled o všech bodech, stavu jejich plnění apod. Akční plán je udržovaný jako živý dokument, po uzavření všech bodů je formulář uzavřen.

Dalším výstupem byla aktualizace PFMEA, pro zpřehlednění byla vypracována tabulka se všemi body, kde byla změna ve FMEA. Viz obrázek 6.1 a příloha číslo 5.

MATRIX REVERSE FMEA										
Výrobní Linka	AG / WS	montážní krok	nové vady	popis vady	příčina (root causes)	RPN PFMEA	RPN aktuální	RPN cílové	Sev > 9 či 10	Poznámka
	AG 10	montáž elektroniky		vadná elektronika	dmg, vady pájení	60	60	36	10	SOD(RPN) 10 6 1.
		montáž soklu		mech dmg soklu	manipulace, montáž	48	48	36		SOD(RPN) 8 3 2
	AG 20	montáž elektroniky		mech. dmg PCB	manipulace, montáž	50	50	36	10	SOD(RPN) 10 5 1.

Obrázek 6.1. Přehled změn FMEA (příloha č. 5)

V tabulce je přehled k jednotlivým operacím a vadám, které je třeba v procesní FMEA díky provedení reverzní FMEA aktualizovat. Jedná se buďto o úplně novou vadu (označené ve sloupci nové vady číslem), nebo změnu RPN čísla. Pokud je RPN vyšší než požadované (36) tabulka signalizuje neshodu červeně. Pro sumarizaci graf s celkovým přehledem. Celkově bylo nalezeno 6 nových vad. U 7 položek bylo RPN větší než požadovaných 36, po změně se počet navýšil na 11 položek. Celkem došlo ke změně u RPN 8 položek.

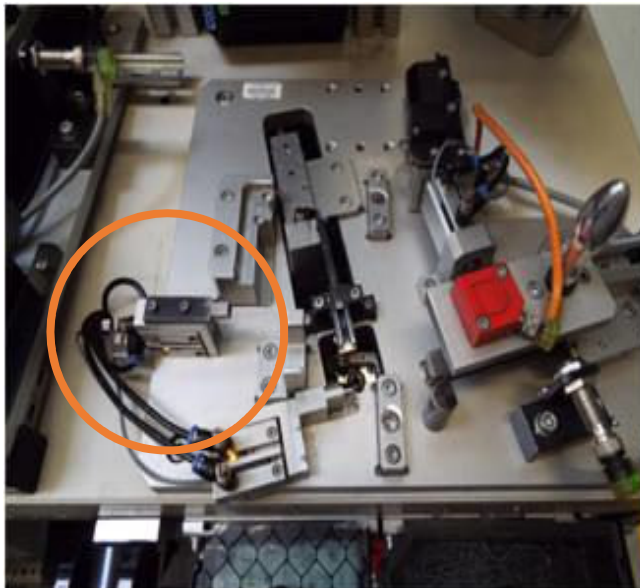


Obrázek 6.2 Celkový přehled změn FMEA (příloha č. 5)

6.2 Nejzávažnější vady

6.2.1 Operace F010/F020

Mezi nejzávažnější odhalené vady patří vada na operaci F010/F020, kde senzor sice odhalil, že je díl sokl špatný, vyhodnotil jej jako špatný, ale dál s touto informací nijak neprocoval (zastavení linky, upozornění pracovníka...). Pro nápravu bylo zavedeno mustrování tohoto čidla a úprava software, tak aby výrobní linka na vadu reagovala.



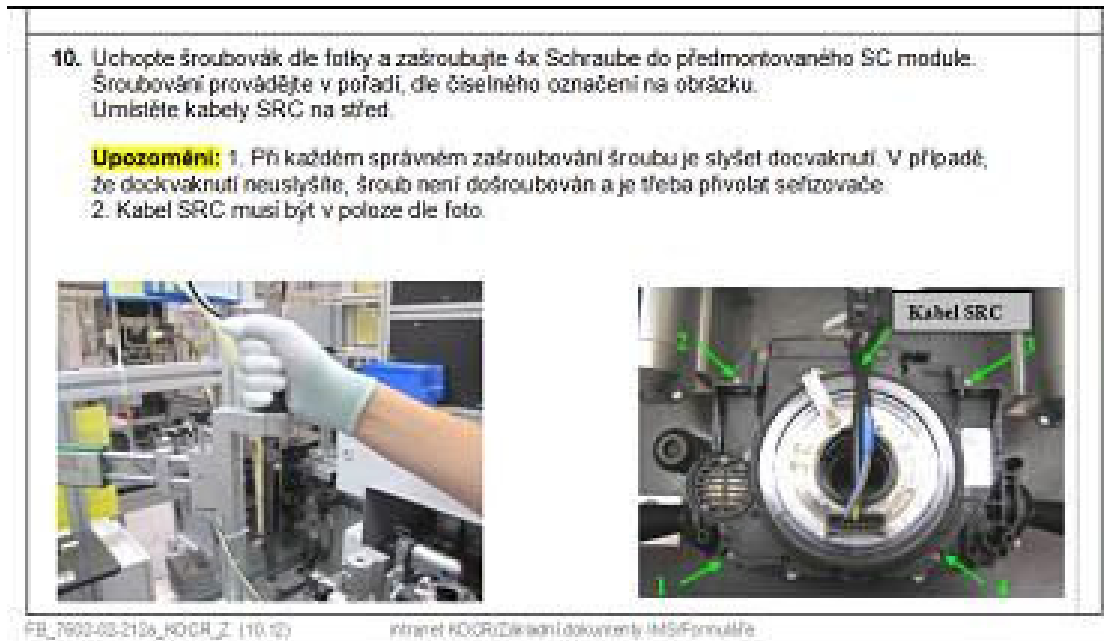
Obrázek 6.3 Senzor kontroly varianty soklu operace F010



Obrázek 6.4 Senzor kontroly varianty soklu operace F020

6.2.2 Operace F110

Založení kabelového svazku pracovníkem má vliv na pozdější testování v hlukové komoře, kde může být kabel testovací maskou poškozen. Jako nápravné opatření byla stanovena úprava pracovní instrukce (návodu montáže pro pracovníka). Zde je vysvětlena a graficky znázorněna správná pozice kabelu po provedení montáže.



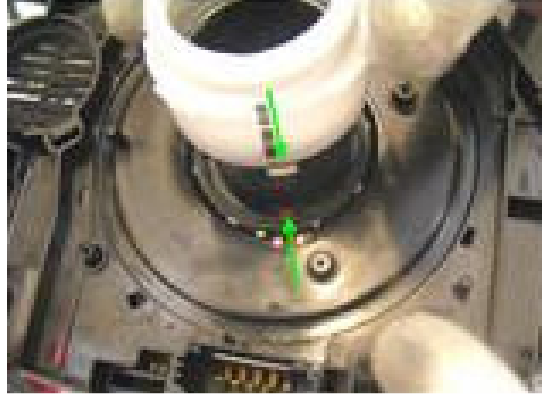
Obrázek 6.5 Upravená pracovní instrukce



Obrázek 6.6 Špatná pozice kabelového svazku, při které vzniká poškození

6.2.3 Operace F110

Kontrola pozice „canceling mechanismu“ (mechanismus vracející páku blinkeru do původní polohy). Na novější lince číslo 3 existuje 100% automatická kontrola na založení a kontrolu přítomnosti tohoto mechanismu. Vzhledem k manuální montáži může lehce dojít ke špatnému založení v nesprávné poloze.



Obrázek 6.7 Správná poloha „canceling mechanismu“

7 Výstup

Výstup přímo z provedení RFMEA je uveden zároveň s vyhodnocením v kapitole 6. Dalším výstupem jsou přínosy pro podnik. Přínosy se dají rozdělit do dvou skupin, přínosy podnikovému systému a finanční přínosy. Jednotlivé přínosy budou uvedeny níže.

7.1 Obecné přínosy zavedení RFMEA

Jak je zmíněno na začátku práce, primárním důvodem zavedení nástroje RFMEA byl požadavek zákazníka. RFMEA má představovat proaktivní nástroj pro zlepšování procesu. Shrme-li hlavní přínosy přímo pro výrobní linku u pilotního projektu PSA:

- nalezení neshod v dokumentaci a porovnání s realitou
- simulace vzniku nových vad
- prověření funkčnosti automatických kontrol
- přidaná aktualizace PFMEA
- aktualizace a revize ostatní dokumentace
- kompletace všech problémů a zvýšení informovanosti zodpovědného týmu

Pokud nahlédneme na RFMEU obecně, její přínos pro systém podniku jako takový:

- řízená revize výrobního procesu přímo na výrobním zařízení řešitelským týmem sestaveným napříč všemi odděleními
- know How nového nástroje kvality
- splnění požadavků zákazníka
- tvorba robustnějšího výrobního procesu po kvalitativní stránce
- nový nástroj jakosti
- zvýšení jakosti výroků
- zlepšení informačních toků týkajících se problémů na výrobních zařízeních

7.2 Finanční přínosy zavedení RFMEA

Vyčíslení finančních přínosů je u tohoto projektu velice náročné. S časovým odstupem při správném a pravidelném používání by měl nastat pokles v interní zmetkovitosti a externích reklamacích. Toto by byl ideální stav s ideálním výstupem.

Co se týká interní zmetkovitosti, výstupy lze sledovat, ale do výsledků vstupuje mnoho dalších faktorů, které mohou výsledky RFMEA promítnuté do výsledných čísel zastřít. Během výroby se například mohou vyskytnout nepředvídané problémy s výrobním zařízením, díky kterým stoupne zmetkovitost. Další faktor může být nábor nových pracovníků, vadný díl dodaný od dodavatele atd. Sledování všech těchto faktorů a oddělení jejich vlivu od pozitivního vlivu RFMEA je prozatím nemožné. Úspěšné odstranění kořenové příčiny pro jakoukoliv možnost vzniku vad se dá považovat za finanční přínos. Výrobní a prodejní cena za jeden kus v této práci uvedena být nemůže, při hromadné výrobě tisíců kusů si představu o nákladech na vzniklé vady, může udělat každý.

U externích reklamací by mělo platit totéž jako u interní zmetkovitosti, ideálním stavem by byl pokles reklamací. Toto vyčíslení by bylo opět složité, nehledě na to, že každá jediná reklamační má individuální náklady odvíjející se od závažnosti vady, dodávaném množství a taktéž zákazníka. Příklad nákladů bude ukázán na třech možnostech reklamace z kapitoly 4.4.9:

- **Vada detekovaná zákazníkem na výrobní lince** – za každou vadu nalezeno zákazníkem v jeho výrobní lokaci (každou vystavenou reklamaci) je dodavateli účtováno cca 500€ (tato částka se liší dle zákazníka). Pokud se jedná o závažnou vadu, nebo je nalezeno více než jeden kus, zákazník se může rozhodnout pro třídění přímo u něj ve výrobním závodě. Pověstinou se setkáváme s přístupem, že díly jsou odeslány mimo automobilku a třídění provádí externí firma. Automobilky si tak udržují „čistou“ výrobu bez výskytu vadných dílů s potenciálem zamíchání. Dle počtu kusů a druhu prováděné kontroly si za hodinu kontrol firmy účtují okolo 30€ (opět se to liší od náročnosti kontroly, počtu kusů, potřeby 24 hodin apod.) Při „záchraně“ vadného kusu se úspory mohou pohybovat od 500€ až k řádům tisíců euro.
- **Vada detekovaná zákazníkem na kompletním výrobku (automobilu)** – opět se jedná o stejný postup, jako u předchozího bodu, s tím rozdílem, že nyní je odstavený celý automobil (který zabírá logicky více místa než samostatný výrobek). Pokud se jedná o modifikovaný sériový model dle individuálních požadavků budoucího majitele, může se prodloužit termín jeho dodání, nehledě na obtížnější výměnu vadného dílu.
- **Vada detekovaná zákazníkem/servisem za provozu** – v nejhorším případě, tedy sériovém problému automobilu v provozu (kdy je stejnou vadou postižen více než jeden automobil), může mít reklamační proces pro dodavatele fatální důsledky. Pokud je zde možnost ohrožení koncového uživatele na životě nebo dokonce vinou vadného dílu k ohrožení dojde, má to krom velkých finančních sankcí i právní dohru. K tomuto dochází v krajních případech, protože i automobilové koncerny se snaží neohrozit své dobré jméno. Často dochází k výměně vadných součástí v rámci pravidelných servisů, takže se o tom majitel vozu nedozví, v horších případech dojde na svolávací dopis s výzvou návštěvy servisu. Všechny náklady na výměny jsou přeúčtovány na dodavatele – cena nového dílu, práce autoservisu, administrativa, apod. Pro tento případ musí být dodavatel vhodně pojištěn, krytí těchto nákladů by bez pojištění bylo jen velice obtížné.

Ať už se jedná o kteroukoliv ze tří uvedených možností, všechny mají pro dodavatele jak finanční tak obchodní význam. Automobilky v rámci dodavatelského rozvoje hodnotí dodavatele. V hodnocení je mimo jiné zahrnut i počet reklamací. Hodnocení se dělí většinou do tří kategorií, kategorie A, B a C. Dodavatel zařazený dle výsledku hodnocení do kategorie A, je kvalitní dodavatel, u kterého mohou být definované návrhy na zlepšení, ale většinou nejsou. Kategorie B je vyhovující dodavatel, u kterého jsou definována slabá místa, dodavatel vypracovává plán pro zlepšení. Do třetí kategorie C jsou zařazeni dodavatelé s nejhorším hodnocením. C dodavatel musí sestavit plán zlepšení a jsou pro něj zastaveny případné nové zakázky. Cílem každého dodavatele je udržet se v A skupině, předejít ztrátě nových projektů a vyhnout se vypracovávání zdlouhavých plánů na zlepšení, včetně prezentace a častých návštěv zákazníka.

Pokud se provádí nějaká větší úprava výrobního zařízení (ať už byla nalezena při provedení RFMEA nebo byla požadována například na základě zákaznické reklamace), vždy je prověřována návratnost, výhodnost investice (jedná-li se o větší z investic). Co se týká návratnosti investice, jedná se o automatický proces, vzhledem k tomu že po provedení RFMEA na lince PSA nebyla k žádné větší investici nutnost. Návratnost se zde vyhodnocovat nebude.

7.3 Shrnutí přínosů

Ať už se jedná o finanční nebo obecné přínosy pro podnik, všechny mají za účelem zlepšit a udržet konkurenceschopnost podniku, tak aby mohl podnik hospodařit se ziskem a dobrým obchodním jménem. V automotive tržních podmínkách toto platí dvojnásob, jedná o jedny z nejnáročnějších a nejpřísnějších požadavků. Trh se neustále vyvíjí, konkurence přichází se stále novými inovacemi, pro udržení je třeba neustále zlepšovat procesy a po dosažení úspěchu nezastavovat a ve zlepšování pokračovat. Reverzní FMEA je jedním z nástrojů, který těchto cílů pomáhá dosáhnout.

Závěr

V první části práce byl představen nutný teoretický základ o metodice FMEA, zahrnující její základní dělení, postup provedení procesní FMEA a hodnocení. V další části byla představena společnost KOSTAL spol. s.r.o. Reverzní FMEA jako hlavní náplň práce je taktéž shrnuta v kapitole 2. Zde bylo nutné důsledně projít veškeré zákaznické podklady, vyjmout z nich to nejpodstatnější. Následná koncepce provedení RFMEA a začlenění do podnikového systému, byla představena a schválena managementem což odstartovalo praktickou část.

Cílem praktické části bylo vytvoření checklistu pro provedení RFMEA, zapracování do systémové dokumentace (směrnice apod.) a následné provedení na pilotním projektu výrobní linky PSA. Pro provedení musela být shromážděna veškerá potřebná dokumentace. Co pokládám za důležité je vysvětlení jednotlivých bodů checklistu a důvodu jejich použití, stejně tak plán kontrol obsahující ucelený přehled o výrobních krocích a kontrolách. V závěru praktické části jsou výstupy z provedení RFMEA, soupis nálezů a přehled pro aktualizaci procesní FMEA.

Při úspěšné první realizaci se povedlo projít linku a zrevidovat jak proces, tak dokumentaci s linkou související. Na tomto pilotním projektu byly také nalezeny náměty na zlepšení při provádění reverzní FMEA na dalších projektech, což bude v budoucnu cílem. Podle poslední návštěvy v Kostalu, je reverzní FMEA již v běhu a to i v dceřiné firmě v Bulharsku. Výsledky byly přínosné a pomohly odhalit a poukázat na nesrovnalosti v procesu. Po splnění všech bodů v akčním plánu bude výrobní proces opět o něco robustnější, i když náměty na zlepšení se budou objevovat vždy. Lidský faktor a především vynalézavost českých pracovníků nezná meze při obcházení kontrol. Cílem je tedy robustní proces, u kterého je minimalizován dopad nepředvídatelných náhod a lidský faktor člověka.

Problémy na které jsem při zpracování narazila je především rozdílnost označování v systémové dokumentaci. V layoutu jsou operace značeny FOX0, ve flowchartu je odlišné značení a plán kontrol je opět odlišný. Jako příčinu vidím především to, že se jedná o starší projekt, jehož dokumentace je rozpracována v různých dokumentech a není sjednocena v programu IQIDOS tak jak je tomu u nových dokumentů. Jinak je firma Kostal dle mého názoru co se týká systémového pojetí procesů na vysoké úrovni.

Práce byla dle mého názoru přínosná nejen pro tento konkrétní projekt, ale také pro firmu, kde se budou od tohoto základu odvíjet další provedení reverzní FMEA a systém a důslednost jejího provedení se bude neustále zlepšovat.

Zdroje

- [1] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [2] KOLARIK, William J. *Creating quality: process design for results*. Vyd. 1. Boston: WCB/McGraw-Hill, c1999, xii, 641 p. ISBN 00-703-6309-9.
- [3] *Quality System Basic rev March 2009*, General Motors Global Purchasing Supply Chain.
- [4] KOSTAL CR, *prezentace firmy Kostal*
- [5] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 223 s. Expert (Grada). ISBN 978-802-4739-380.
- [6] CHROMJAKOVÁ, Felicitá. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. 1. vyd. Žilina: Georg, 2013, 116 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-8154-058-5.
- [7] DYTRT, Zdeněk a Michaela STRÍTESKÁ. *Efektivní inovace: odpovědnost v managementu*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 150 s. Business books (Computer Press). ISBN 978-802-5127-711.
- [8] *Technicko organizační postup 04-13 KOČR Z: Provádění analýzy rizik P-FMEA*. 2010.
- [9] FMEA. [online]. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: http://oprلز.iss.fd.cvut.cz/dokumenty/080523_6.2.FMEA.pdf
- [10] PETRAŠOVÁ, Ivana (překl.). 2008. *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 72 s. ISBN 80-020-1476-6.
- [11] *Failure Mode and Effects Analysis: FMEA Handbook (with Robustness Linkages)*. Version 4.2. Ford Motor Company, 2011.
- [12] *Presentation of the QIP V2.0: Quick Overview*. PSA Peugeot Citroën, 2013.
- [13] TŮMOVÁ, Olga a NETOLICKÝ, Petr. Is FMEA a risk?. In: *Diagnostika '11*. Pilsen: University of West Bohemia, 2011. s. 185-188. ISBN 978-80-261-0020-1.
- [14] MIKULAK, Raymond J., MCDERMOTT, Robin E. a BEAUREGARD, Michael R. *The basics of FMEA*. 2nd ed. New York: Productivity Press, 2009. ix, 91 s. ISBN 978-1-56327-377-3.
- [15] ZÍDKOVÁ, Karolína, ZÍDKOVÁ, Helena a MELICHAR, Martin. *Zlepšování procesů v podniku*. In: *5. Mezinárodní konference ICTKI 2014: sborník příspěvků*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2014. s. 391-396. ISBN 978-80-7414-679-4.
- [16] MAGAL, Simha a WORD, Jeffrey. *Essentials of business processes and information systems*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. xix, 170 s. ISBN 978-0-470-23059-6.
- [17] CHALOUPKA, Jiří. *FMEA* [online]. [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://www.chaloupka-kvalita.cz/fmea>
- [18] STANSBURY, Wayne a Kristine BEENKEN. *Failure Is an Option* [online]. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://asq.org/quality-progress/2011/06/one-good-idea/failure-is-an-option.html>

[19] *ISO/TS 16949 - Systémy managementu kvality - Zvláštní požadavky na používání ISO 9001:2008 v organizacích zajišťujících sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009, 128 s. ISBN 978-80-02-02176-6.

Seznam obrázků

- Obrázek 2.1 vliv nákladů na odstranění vad v různých fázích projektu*
- Obrázek 2.2 Fáze použití jednotlivých skupin FMEA (převzato a upraveno z [9])*
- Obrázek 2.3 Kritéria pro hodnocení faktorů FMEA dle VDA*
- Obrázek. 3.1 Zákazníci firmy KOSTAL [4]*
- Obrázek 3.2. Výrobní závod Zdice [4]*
- Obrázek 3.3. Oblasti působení firmy [4]*
- Obrázek 3.4. Reverzní FMEA „Flow Diagram“ (převzato a upraveno dle [3])*
- Obrázek 4.1. Aktualizace VA_04-13_KOCR [8]*
- Obrázek 4.2.1 Podvolantový modul, finální výrobek linky PSA*
- Obrázek 4.2.2 Layout výrobní linky PSA (příloha č. 2)*
- Obrázek 4.2.3 Automatické mazací trysky operace F030*
- Obrázek 4.2.4 Rozpracovaný výrobek na operaci F040*
- Obrázek 4.2.5 Automatické šroubování operace F060*
- Obrázek 4.2.6 Kamerový test pozice PCB foils na operaci F070*
- Obrázek 4.2.7 Modul po dokončení operace F110*
- Obrázek 4.2.8 Výsledek kamerového testu z operace F 115*
- Obrázek 4.2.9 Výsledek hlukového testu reproduktoru na operace F130*
- Obrázek 4.2.10 Výsledek hlukového testu reproduktoru na operace F130*
- Obrázek 4.3.1 Otázka číslo 1 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.2 Otázka číslo 2 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.3 Otázka číslo 3 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.4 Otázka číslo 4 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.5 Otázka číslo 5 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.6 Otázka číslo 6 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.7 Otázka číslo 7 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.8 Otázka číslo 8 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.9 Otázka číslo 9 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.10 Otázka číslo 10 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.11 Otázka číslo 11 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.12 Otázka číslo 12 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.13 Otázka číslo 13 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.14 Otázka číslo 14 (příloha č. 1)*
- Obrázek 4.3.15 Otázka číslo 15 (příloha č. 1)*

Obrázek 4.4.1 Flowchart operace F110 (vyjmuta z výrobní a zkušební koncepce k lince PSA SCM COM Evo)

Obrázek 4.4.2 Výňatek z plánu kontrol

Obrázek 4.4.3 Výňatek z plánu kontrol

Obrázek 4.4.4 Výňatek z plánu kontrol

Obrázek 4.4.5 Interní zmetkovitost TOP5 rok 2014

Obrázek 6.1 Přehled změn FMEA (příloha č. 5)

Obrázek 6.2 Celkový přehled změn FMEA (příloha č. 5)

Obrázek 6.3 Senzor kontroly varianty soklu operace F010

Obrázek 6.4 Senzor kontroly varianty soklu operace F020

Obrázek 6.5 Upravená pracovní instrukce

Obrázek 6.6 Špatná pozice kabelového svazku, při které vzniká poškození

Obrázek 6.7 Správná poloha „canceling mechanismu

Seznam příloh

Příloha č. 1 Checklist reverse FMEA

Příloha č. 2 Layout výrobní linky PSA

Příloha č. 3 Kontrolní list uvolnění procesu KLUP

Příloha č. 4 Výrobní a zkušební koncepce základního procesu (flowchart)

Příloha č. 5 Přehled změn v procesní FMEA

PŘÍLOHA č. 1

Checklist reverse FMEA

CHECKLIST REVERSE FMEA

PRACOVÍŠTĚ dílu, Bg., popis činnosti		číslo	Popis			
1	Může být díl montován špatně? Jak? (obráceně, posunutý, atd.)		Ano	Ne		
2	Je metoda na detekci nesprávně namontovaného dílu?		Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace					
3	Pokud díl vynecháme, je to detekováno?		Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Je metoda na detekci chybějícího dílu?					
4	Může být namontován podobný, ale jiný díl?		Ano	Ne		
	Je metoda na detekci záměny dílu?		Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace					
5	Je možnost zapadnutí dílu do výrobku a jeho přehlédnutí? (např. bonusový šíbr, šroub)		Ano	Ne		
	Je metoda na detekci zapadlého dílu?		Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace					
6	Je možnost namontovat poškozený díl?		Ano	Ne		
	Je metoda na detekci poškozeného dílu?		Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace					
7	Je možnost namontovat kontaminovaný díl, případně ho kontaminovat?		Ano	Ne		
	Je metoda na detekci kontaminovaného dílu?		Ano, ve stanici	Ano, v průběhu montáže	Ne	
	Popis detekční metody a indikace					
8	Jsou respektována pravidla ESD ochrany? Co není? (px, chování, pracoviště, obaly)		Ano	Ne	NA	
9	Popisuje PFMEA všechny možné VADY? Jaké, kolik vad není popsáno?		Ano	Ne		
10	Odpovídá rating Výskytu a Detekce aktuální situaci a ročnímu průměru? Co neodpovídá?		Ano	Ne		
11	Je nějaká EC/IC mající vztah k danému pracovišti?		Ano	Ne	NA	
	Byly Root cause ve FMEA?		Ano	Ne	NA	
	Jsou opatření efektivní?		Ano	Ne	NA	
12	Odpovídá Plán POKA YOKE požadavkům, je prováděn? Co neodpovídá?		Ano	Ne	NA	

13	Odpovídá Pracovní instrukce požadavkům, je jasná a srozumitelná?	Ano	Ne		
	Co neodpovídá?				
14	Vztahuje se k pracovišti požadavek z LL?	Ano	Ne		
	Je realizován, respektován? Co neodpovídá?				
15	Brání způsob manipulace a skladování komponentů, výrobků jejich poškození, kontaminaci?	Ano	Ne		
	Co neodpovídá?				

PŘÍLOHA č. 2

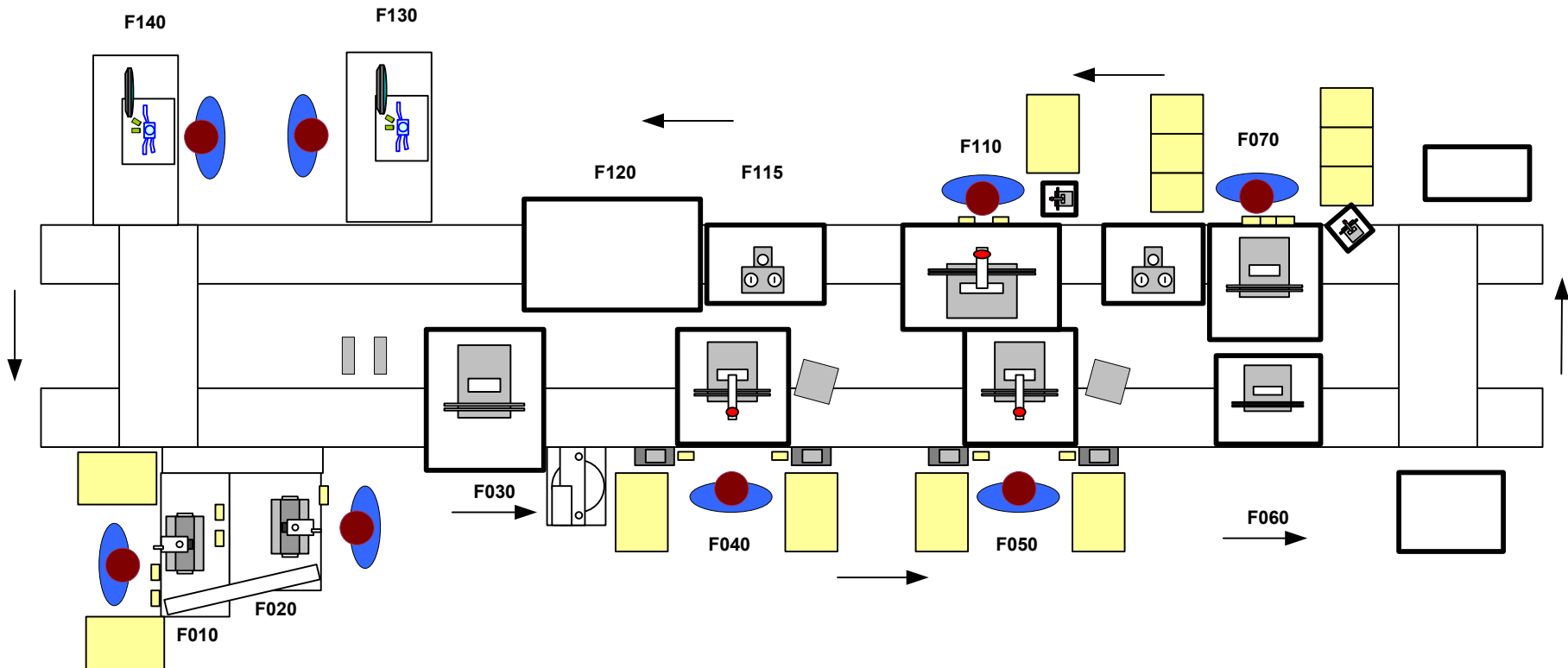
Layout výrobní linky PSA

Produktionslayout

PSA COM2008/Premium

Kostenstelle:	8517 Zdice:
Artikel Nr.Kostal:	01 4076 xx
Artikel Kunde Nr.:	
Datum:	1.6.2010
Fertigungsplaner:	Lojka

KOSTAL



PŘÍLOHA č. 3

Kontrolní list uvolnění procesu KLUP

Ev.č./index: 049-100228xx-Linka2-09-0071/16	Kontrolní list uvolnění procesu	KOSTAL
--	--	---------------

Pracoviště / linka (výrobek):	PSA / Linka 2 SCM	Název:	Modul PSA COM 2008 / COM EVO
Zpracoval: Stibal	Podpis:	Platnost od:	19.11.2014

1.Všeobecné povinnosti (kontrolovat v každé operaci) na začátku směny a při změně varianty	
Povinnost	Poznámky
Kontrola smontovaných dílů	Vizuálně/Manuálně
Čistota pracovních míst	Vizuálně
Kontrola výsledků SPC z předchozí směny	Případně zkoušky okamžitě provést

2.Povinnost pro jednotlivé operace na začátku směny a při změně varianty		
Operace	Povinnost	Číslo stolu / poznámky
10	Pozice a množství tuku – vizuálně Mustrování : Kontrola zajišťování ZIF konektorů a kamerový test (neplatí při změně varianty)	8517-679
20	Pozice a množství tuku ,došroubování a počet šroubů – vizuálně Etiketa – Obsah štítku dle KI-007-02-01, kontrola zvolené varianty a indexu dle JOBtiket a datumu Mustrování: Kontrola správné varianty Carrier Kontrola neporušenosti tisku etikety se zaměřením na „přerušení v celé vráýšce“	8517-680
30	Pozice a množství tuku – vizuálně Hlavní a pracovní mazací tlak - vizuálně dle Návodu na prac místo Rastkurve wischer v koncové poloze - manuálně	8517-706
40	Pozice a množství tuku - vizuálně Pozice usazení 2x schieber – vizuálně Pomůcka pro usazování Schieber - bez poškozené červené koncovky - vizuálně Mustrování: Kontrola výchozí pozice páky	8517-681
50	Pozice a množství tuku - vizuálně Pozice usazení 2x schieber – vizuálně Pomůcka pro usazování Schieber - bez poškozené červené koncovky - vizuálně Mustrování: Kontrola výchozí pozice páky	8517-687
60	Došroubování a počet šroubů – vizuálně Mustrování: kontrola výšky DI/Wi housing (dle PK)	8517-688
70	Mustrování (platí jen pro noční směnu nebo zahájení výroby po alespoň jedno-směnovém přerušení výroby, neplatí při změně varianty)	8517-689
110	Došroubování a počet šroubů - vizuálně Mustrování: výška kontaktů speaker (neplatí při změně varianty), Varianta speaker	8517-691
115	Mustrování (platí jen pro noční směnu nebo zahájení výroby po alespoň jedno-směnovém přerušení výroby, neplatí při změně varianty)	8517-692
120	Mustrování (platí jen pro noční směnu nebo zahájení výroby po alespoň jedno-směnovém přerušení výroby, neplatí při změně varianty)	8517-693
130	Mustrování EOL 3 , EOL4 (neplatí při změně varianty)	8517-707,708
10,20,40,50 70,110,130	Souhlasnost výrobní dokumentace s aktuálně vyráběnou variantou.	8517-679,680,681,687,689, 691,707,708

Ev.č./index: 049-100228xx-Linka2-09-0071/16	Kontrolní list uvolnění procesu	KOSTAL
--	--	---------------

	Kontrola nastavovacích parametrů podle „Návodu na pracovní místo“	
130	Shoda: zabalení / č.balení na Job etiketě/ č.balení v SAP POP3	8517-707,708

3.Povinnost pro jednotlivé operace při změně varianty

Operace	Povinnost	Číslo stolu / poznámky
	a) Provedte výše uvedené body 1,2	
20	b) Na op. 20 položte k prvnímu modulu nové varianty identifikační kartičku	8517-680
130	c) Na op. 130 EOL odeberte identifikační kartičku. Oddělte varianty v balení (správná JOBTicket a artikl posledního modulu staré varianty a prvního modulu nové varianty pro PSA balení).Od EOL odeberte JOBTicket staré varianty	8517-707,708
	d) Provedte další úkony podle Checklistu pro změnu variant, Kontrolního listu uvolnění procesu při změně variant a Návodu na pracovní místo	

- **Linka / předmontáž v průběhu uvolňování procesu vyrábí.**
- **Záznam o uvolnění procesu provádí seřizovač na začátku směny a při změně varianty do FM 25-037**
- **Vyráběné výrobky / podskupiny mohou být uvolněny modrým osobním razítkem na Job etiketě nebo průvodce do následujícího výrobního kroku pouze po uvolnění procesu.**

PŘÍLOHA č. 4

Výrobní a zkušební koncepce základního procesu (flowchart)

VÝROBNÍ A ZKUŠEBNÍ KONCEPCE

KOSTAL

PSA PEUGEOT CITROËN

**PSA SCM COM Evo(K0-P8-T9R) Line
2
COM/Premium**

LK c.: see list

Zákazn. C. art.: see list

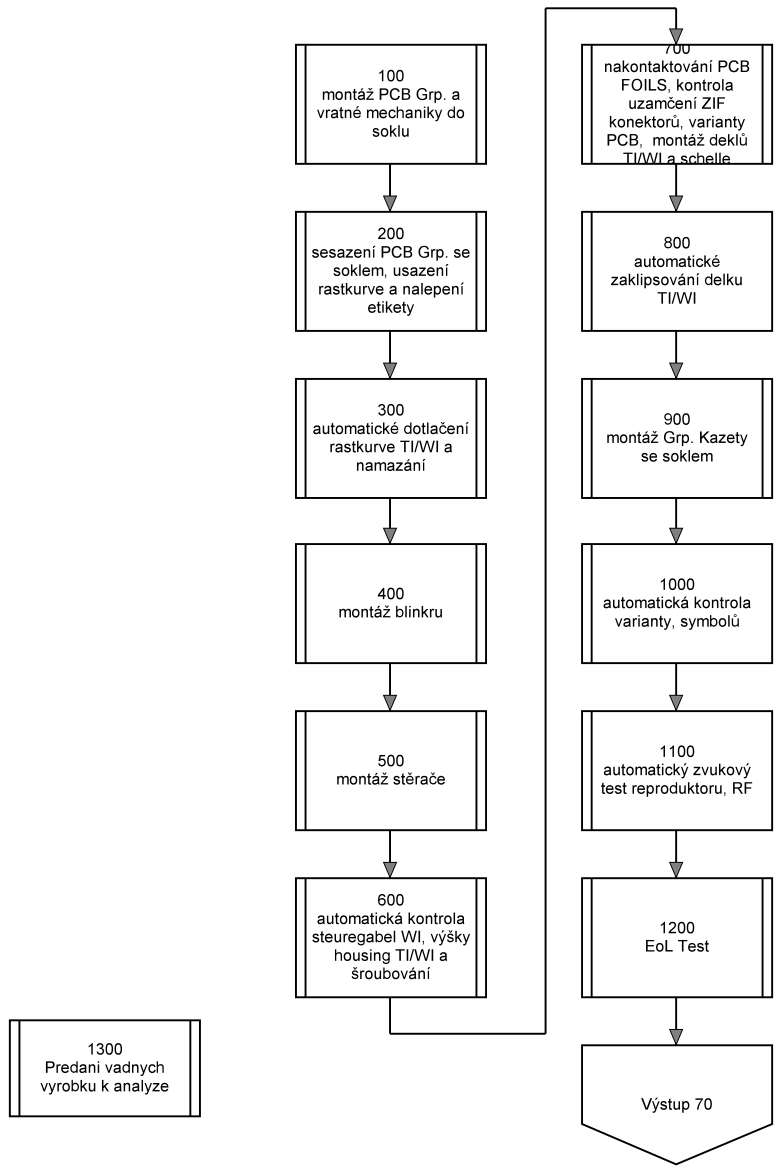
C projektu: P05667

Strana 3 z 24

Verze: 5

Dokumentace: D

3.12.2014



PŘÍLOHA č. 5

Přehled změn v procesní FMEA

MATRIX REVERSE FMEA

Výrobní Linka	AG / WS	montážní krok	nové vady	popis vady	příčina (root causes)	RPN PFMEA	RPN aktuální	RPN cílové	Sev > 9 či 10	Poznámka	
PSA Modul	AG 10	montáž elektroniky		vadná elektronika	dmg. vady pájení	60	60	36	10	SOD 10 6 1,	
		montáž soklu		mech dmg soklu	manipulace, montáž	48	48	36		SOD 8 3 2	
	AG 20	montáž elektroniky		mech. dmg. PCB	manipulace, montáž	50	50	36	10	SOD 10 5 1,	
	AG 40	vyskladnění páky TI	1	jiný mitnehmer	Hronovský			60	36	10	SOD 10 6 1, (PR stat.3)
		mont Actuator bar		deformace, prohnutí	manipulace, montáž	40	50	36	10	SOD 10 5 1,	
	AG 50	montáž šíbrů		šíbr špatná pozice	manipulace, montáž	60	60	36	10	SOD 10 6 1,	
		mont Actuator bar		deformace, prohnutí	manipulace, montáž	40	50	36	10	SOD 10 5 1,	
	AG 60	montáž šíbrů		šíbr špatná pozice	manipulace, montáž	60	60	36	10	SOD 10 6 1,	
		kamera na Actuator Bar WI	1	pozice, deformace Act.Bar	montáž			20	36	10	SOD 10 4 1,
	AG 90(110)	mustrování housing TI/WI	1	pozice housing , šíbrů, PCB	montáž			20	36	10	
		montáž SRC	1	dmg kabelu v hlukovce	špatná pozice - nedefinován			20	36	10	
	AG 110	montáž SRC		ulomený cover	manipulace, montáž	60	60	36	10	SOD 10 6 1,	
		test v zvukové komoře	1	test immobilizeru		16	5	36			
	AG 120	EoL	1	deformace, prohnutí act.bar TI/WI	manipulace, montáž	40	50	36	10	SOD 10 5 1,	
		EoL		kontaktování	špatný kontakt	60	60	36	10	SOD 10 6 1,	
Suma			6			11	8				
Suma RPN >40						7	11				

Počet nových VAD na lince PSA COM (linka 2) a počet VAD s RPN více než 40

