

# Aplikace metody FMEA na konkrétním případě

Bc. Eva MIKULOVÁ

---

Diplomová práce  
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

**Fakulta technologická**

**Ústav výrobního inženýrství**

**akademický rok: 2011/2012**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

**Jméno a příjmení: Bc. Eva MIKULOVÁ**

**Osobní číslo: T10967**

**Studijní program: N 3909 Procesní inženýrství**

**Studijní obor: Řízení jakosti**

**Téma práce: Aplikace metody FMEA na konkrétním případě**

**Zásady pro vypracování:**

- 1. Úvod do managementu jakosti**
- 2. Metody a nástroje managementu jakosti**
- 3. Principy a použití metody FMEA**
- 4. Návrh, zpracování FMEA**
- 5. Vyhodnocení zadané FMEA**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Vyd. 1. Praha : Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1
2. NENADÁL, Jaroslav. Moderní systémy řízení jakosti : quality management. 2. dopl. vyd. Praha : Management Press, 2005. 283 s. ISBN 8072610716
3. ČSN EN 60812 (010675) Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Josef Hrdina**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**13. února 2012**

Termín odevzdání diplomové práce:

**18. května 2012**

Ve Zlíně dne 2. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně .....

.....



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

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Táto práca sa zaoberá oblasťou plánovania a zlepšovania kvality. V teoretickej časti som sa zaoberala úvodom do manažérstva kvality vrátane prehľadu metód a nástrojov manažérstva kvality. Ďalej sa tu nachádza podrobný popis metódy FMEA jej princípy a použitie. V praktickej časti je predstavená spoločnosť Delta Electronics (Slovakia), s.r.o., popísaný proces výroby produktu CICERO D0109175 a prevedená analýza a hodnotenie súčasného stavu. V záverečnej časti sú uvedené doporučené opatrenia.

**Kľúčové slová:** manažérstvo kvality, metóda FMEA, možná chyba, možná príčina chyby, RPN, Pareto diagram

## **ABSTRACT**

This thesis is dealing with the area of planning and quality improvement. In the theoretical part, I have dealt with the introduction of quality management including an overview of methods and tools of quality management. Furthermore, this thesis provides a detailed description of the method FMEA its principles and applications. The practical part consists of the presentation of the Delta Electronics (Slovakia) Ltd., description of the process of production of the product CICERO D0109175 and the analysis and evaluation of the current status. The final section contains the recommended corrective actions.

**Keywords:** quality management, FMEA method, possible error, possible failure reason, RPN, Pareto diagram

**Motto:**

„Keď nevieme kam ideme, je jedno akú cestu si zvolíme.“

čínske príslovie

**Pod'akovanie:**

Ďakujem Ing. Jozefovi Hrdinovi vedúcemu mojej diplomovej práce, za odborné vedenie, cenné a ochotne poskytnuté rady a čas, ktorý mi venoval pri vypracovaní práce.

Ďalej by som sa rada pod'akovala Ing. Antonovi Jančekovi a pracovníkom firmy Delta Electronics, za výbornú spoluprácu, ochotu a pomoc pri získavaní potrebných údajov.

V neposlednom rade ďakujem mojej rodine za všestrannú podporu a trpezlivosť počas môjho štúdia.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAG sú totožné.

## OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ÚVOD DO MANAŽÉRSTVA KVALITY.....</b>	<b>12</b>
1.1    DEFINOVANIE KVALITY A JEJ VÝZNAM .....	12
1.2    SYSTÉM MANAŽÉRSTVA KVALITY .....	13
1.2.1    Prístup k systémom manažerstva kvality .....	15
1.2.2    Procesný prístup .....	15
1.2.3    Cyklus PDCA.....	17
<b>2 METÓDY A NÁSTROJE MANAŽÉRSTVA KVALITY .....</b>	<b>19</b>
2.1    KONTROLNÉ TABUĽKY .....	19
2.2    HISTOGRAM .....	20
2.3    VÝVOJOVÝ DIAGRAM .....	22
2.4    DIAGRAM PRÍČIN A NÁSLEDKOV .....	25
2.5    PARETOV DIAGRAM .....	26
2.6    REGULAČNÉ DIAGRAMY .....	27
2.7    BODOVÝ (KORELAČNÝ) DIAGRAM.....	29
<b>3 PRINCÍPY A POUŽITIE METÓDY FMEA.....</b>	<b>30</b>
3.1    HISTÓRIA A VÝVOJ FMEA .....	30
3.2    PRINCÍP METÓDY FMEA.....	30
3.3    VÝZNAM FMEA.....	31
3.4    DRUHY FMEA .....	32
3.4.1    FMEA návrhu výrobku .....	33
3.4.2    FMEA procesu .....	33
3.4.3    Systémová FMEA .....	33
3.5    POSTUP FMEA.....	34
3.5.1    Analýza a hodnotenie súčasného stavu.....	34
3.5.2    Formulár FMEA procesu .....	35
3.5.3    Návrh opatrení.....	45
3.5.4    Hodnotenie stavu po realizácií opatrení.....	45
<b>II PRAKTICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>46</b>
<b>4 PREDSTAVENIE SPOLOČNOSTI DELTA ELECTRONICS.....</b>	<b>47</b>
4.1    HISTÓRIA DELTA ELECTRONICS SLOVAKIA .....	48
<b>5 APLIKÁCIA METÓDY FMEA VO VÝROBNOM PROCESE .....</b>	<b>49</b>
5.1    PREDSTAVENIE PRODUKTU CICERO D0109175 .....	49
5.2    PROCES VÝROBY PRODUKTU CICERO D0109175 .....	50
5.2.1    SMT linka .....	51
5.2.2    Tvarovanie .....	53
5.2.3    Príprava DPS .....	54
5.2.4    Osádzanie DPS .....	56
5.2.5    Spájkovanie v cínovej vlne .....	57
5.2.6    Vizuálna kontrola (Touch-up).....	60
5.2.7    Proces testovania .....	60

5.2.8	Montáž modulu LVS D0109177 .....	61
5.2.9	Finálna montáž D0109175 .....	62
5.2.10	Balenie .....	63
5.3	ZOSTAVENIE TÍMU FMEA .....	63
5.4	FORMULÁR FMEA .....	64
5.5	ANALÝZA A HODNOTENIE SÚČASNÉHO STAVU .....	65
5.6	NÁVRH OPATRENÍ.....	73
5.7	HODNOTENIE STAVU PO REALIZÁCIÍ OPATRENÍ .....	76
<b>ZÁVER .....</b>		<b>77</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....</b>		<b>79</b>
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>		<b>81</b>
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>		<b>82</b>
<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>		<b>83</b>
<b>ZOZNAM PRÍLOH .....</b>		<b>84</b>

## ÚVOD

Každá organizácia musí v súčasnosti denne odolávať rôznym tlakom a ohrozeniam zo strany konkurencie, či už na národnom alebo medzinárodnom trhu. V posledných rokoch došlo k výrazným zmenám v ekonomike, napríklad z dôvodu prevahy ponuky nad dopytom, rýchle sa šíriacich znalostí, globalizácie podnikateľského prostredia a preto dramaticky stúpol význam kvality aj v celosvetovom meradle. Úspešnosť fungovania každej organizácie vo veľkej miere závisí od rýchlosti a schopnosti prispôbiť sa požiadavkám a praianiam jednotlivých zákazníkov. Pre dosiahnutie čo najvyššej kvality a najmä udržanie sa na trhu, organizácie zavádzajú systém manažérstva kvality. Systém manažérstva kvality je navrhnutý tak, aby trvalo zlepšoval výkonnosť organizácie a súčasne sa zaoberal potrebami všetkých zainteresovaných strán.

Pri plánovaní a neustálom zlepšovaní kvality sú v súčasnej dobe aplikované rôzne metódy a nástroje manažérstva kvality. Pozornosť je venovaná siedmym základným nástrojom manažérstva kvality. V kapitole dva sú podrobne popísané princípy metód, postupy a ich použitie.

Cieľom tejto práce je oboznámenie sa s analytickou metódou FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), pri ktorej sa môžu využiť spomenuté metódy a nástroje manažérstva kvality. V kapitole tri sú vysvetlené princípy a použitie metódy FMEA, charakteristika podstaty, obsahu, cieľov a základných typov metódy FMEA a oboznámenie sa s postupom, akým sa metóda FMEA realizuje.

S touto metódou som sa ďalej zaoberala v praktickej časti, konkrétne aplikáciou na vybraný proces v spoločnosti Delta Electronics Slovakia, s.r.o. V kapitole štyri je predstavená spoločnosť Delta a uvedená stručná história tejto medzinárodnej organizácie. V poslednej kapitole je aplikovaná metóda FMEA na konkrétny výrobný proces. Je tu vysvetlený samotný proces výroby produktu CICERO D0109175, sled a návaznosť operácií. Po oboznámení sa s procesom bola zrealizovaná analýza FMEA procesu, hodnotenie súčasného stavu, návrh opatrení a hodnotenie stavu po realizácii opatrení.

## I. TEORETICKÁ ČASŤ

# 1 ÚVOD DO MANAŽÉRSTVA KVALITY

## 1.1 Definovanie kvality a jej význam

Slovo kvalita či kvalitný používame v každodennom živote ako výraz hodnotenia. Podľa toho, v akej súvislosti ho použijeme, mu dávame rôzny obsah, napríklad: kvalitné auto, kvalitný výrobok, kvalitná kniha a pod. Avšak vo väčšine prípadov sa bližšie nevyjadrujeme o kritériách, z akého pohľadu toto hodnotenie vnímame. Neuvedomujeme si, čo je dôvodom tvrdenia, že je niečo kvalitné. Pritom tvrdenie jedného človeka o tom, že výrobok je kvalitný, nemusí byť také isté, ako tvrdenie iného človeka o tom istom výrobku. To sú dôvody, ktoré robia hodnotenie kvality v bežnom živote subjektívnym.

Najstaršia definícia pojmu „kvalita“ siaha až do doby pred naším letopočtom, je pripisovaná Aristotelovi. V novodobej histórii (zhruba od začiatku 20. storočia) mala definícia kvality množstvo podôb a prešla radou zmien. Pripomeňme si ako tento pojem definovali rôzne osobnosti kvality [1] :

- Joseph M. Juran: „Kvalita je vhodnosť pre použitie.“
- P. B. Crosby: „Kvalita je zhoda s požiadavkami.“
- W. E. Deming: „Kvalita je to, keď sa vracia zákazník a nie tovar.“

Oficiálna definícia podľa normy STN EN ISO 9000:2006 Systémy manažérstva kvality – Základy a slovník je: „kvalita miera, s akou súbor vlastných charakteristík spĺňa požiadavky.“ Definícia je súčasne doplnená nasledujúcimi poznámkami:

- termín kvalita sa môže používať s prívlastkami , ako sú zlá, dobrá alebo výborná,
- každý produkt má svoje vlastné charakteristiky ( napr.: spoľahlivosť, bezpečnosť, hmotnosť a pod.), ktoré sú parametrami kvality produktu a tzv. pridelené charakteristiky (napr.: cena produktu, vlastník produktu apod.), ktoré nie sú vyjadrením kvality tohto produktu. [2]



## 1.2 Systém manažerstva kvality

Súbor noriem rady ISO 9000 vrátane normy STN EN ISO 9001:2009 sa zaoberá systémom manažerstva kvality. Normy radu ISO 9000 poskytujú návod a definujú základné požiadavky k zavedeniu a uplatneniu efektívneho systému riadenia kvality a manažerstva kvality. Norma STN EN ISO 9001:2009 Systém manažerstva kvality - Požiadavky, umožňuje organizácii stanovením politiky a cieľov kvality, dosiahnuť zhodu s požiadavkami a preukázať túto zhodu aj tretím stranám. Hlavným cieľom tejto normy je podporovať rozvoj efektívneho a prehľadného riadenia spoločnosti. Systém si môžu zaviesť a nechať certifikovať výrobné, obchodné, servisné, montážne, či poradenské a vzdelávacie organizácie zo všetkých oblastí priemyslu a služieb. V súčasnosti sú tieto systémy zavádzané aj vo verejných inštitúciách (úrady, nemocnice, školy). Účinný, efektívny a kvalitne implementovaný systém manažerstva kvality podľa normy STN EN ISO 9001:2009 organizácii garantuje:

- maximálnu spokojnosť a lojalitu zákazníkov a minimalizovať výdaje s tým spojené
- podporovať činnosť neustáleho zlepšovania
- zvýšiť kvalitu produktov ( výrobkov a služieb)
- posilniť dôveru a vzťahy medzi organizáciou a zákazníkmi
- zvýšenie prestíže firmy, zlepšenie postavenia na trhu, zvýšenie dôveryhodnosti
- skvalitnenie jej fungovania (zvýšenie efektivity činnosti)
- sprehľadnenie činností, zavedenie poriadku v organizácii, zníženie výskytu nepodarkov a nezhôd
- zlepšenie funkčnosti a produktivity organizácie
- otvorenie nových príležitostí a udržovanie podielu na trhu. [3]

Pre úspešné riadenie a fungovanie organizácie, je nevyhnutné ju usmerňovať a riadiť systematickým a transparentným spôsobom. Úspech môže priniesť zavedenie a udržiavanie systému manažerstva kvality, ktorý je navrhnutý tak, aby trvalo zlepšoval výkonnosť organizácie a súčasne sa zaoberal potrebami všetkých zainteresovaných strán. Manažerstvo organizácie zahŕňa okrem ďalších manažérskych disciplín aj manažerstvo kvality.

Určilo sa osem zásad manažérstva kvality, ktoré môže vrcholový manažment využiť pri vedení organizácie smerom k zlepšovaniu výkonnosti:

### **1. Zameranie sa na zákazníka**

Organizácia závisí od svojich zákazníkov, a preto má chápať ich súčasné a budúce potreby, má uspokojovať požiadavky zákazníkov a má sa snažiť prekonať ich očakávania.

### **2. Vodcovstvo/vedenie**

Vodcovia určujú jednotu účelu a smerovanie organizácie. Vytvárajú a udržiavajú interné prostredie , v ktorom sa pracovníci plne zapoja do plnenia cieľov organizácie.

### **3. Zapojenie pracovníkov**

Pracovníci na všetkých úrovniach sú základom organizácie a ich plné zapojenie umožňuje využívať ich schopnosti na prospech organizácie.

### **4. Procesný prístup**

Želaný výsledok sa dosiahne účinnejšie, ak sa činnosti a súvisiace zdroje riadia ako proces.

### **5. Systémový prístup k manažérstvu**

Identifikácia, pochopenie a riadenie vzájomne previazaných procesov ako systému, prispieva k efektívnosti a účinnosti organizácie pri dosahovaní jej cieľov.

### **6. Trvalé zlepšovanie**

Trvalým cieľom organizácie má byť nepretržité zlepšovanie celkovej výkonnosti.

### **7. Rozhodovanie na základe faktov**

Efektívne rozhodnutia sa zakladajú na analýze údajov a informácií.

### **8. Vzájomne výhodné vzťahy s dodávateľmi**

Organizácia a jej dodávatelia sú vzájomne nezávislí a ich vzájomne výhodný vzťah umocňuje schopnosť obidvoch vytvárať hodnotu. [4]

### 1.2.1 Prístup k systémom manažérstva kvality

Prístup k vypracovaniu a zavedeniu SMK sa skladá z niekoľkých krokov:

- určenie potrieb a očakávaní zákazníkov a ďalších zainteresovaných strán,
- vytvorenie politiky kvality a cieľov kvality organizácie,
- určenie procesov a zodpovednosti nevyhnutných na dosiahnutie cieľov kvality,
- určenie a poskytnutie zdrojov nevyhnutných na dosiahnutie kvality,
- určenie metód merania, efektívnosti a účinnosti každého procesu,
- určenie prostriedkov na prevenciu nezhôd a vylúčenie ich príčin,
- určenie a využívanie procesu na trvalé zlepšovanie SMK.

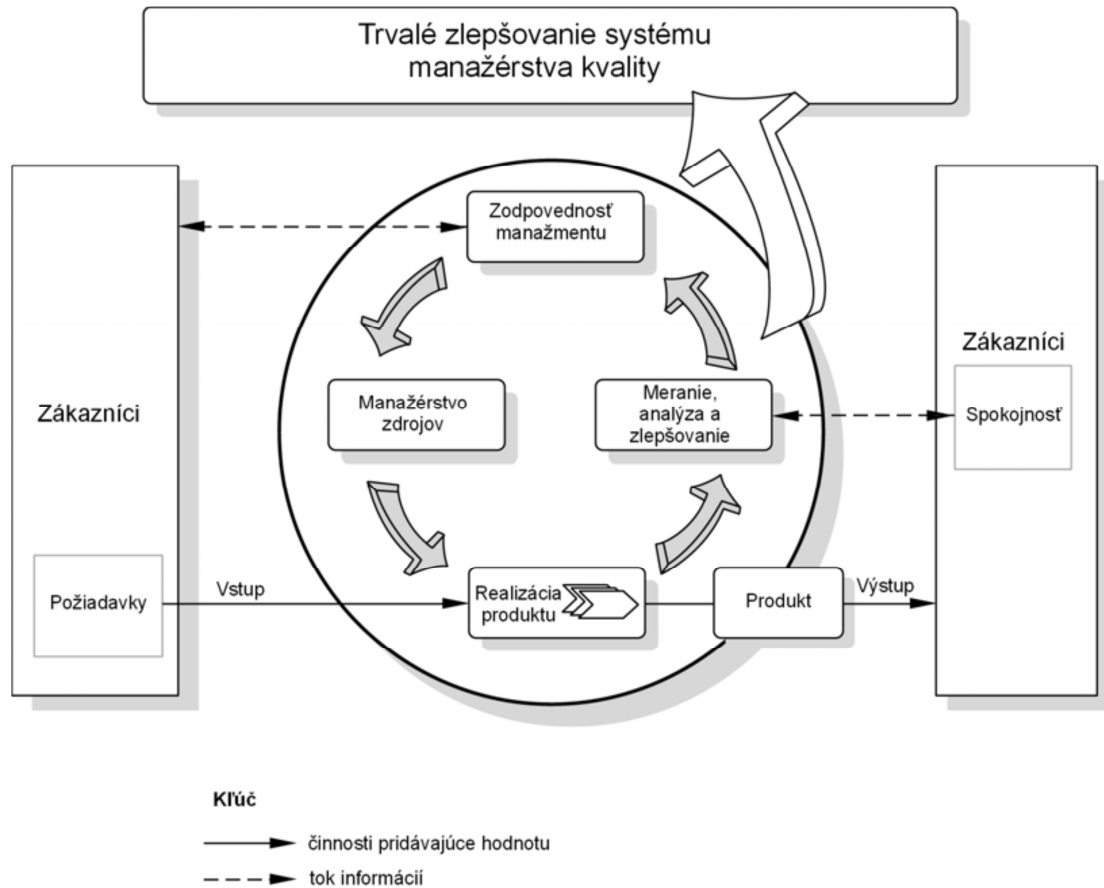
Organizácia, ktorá prijme tento prístup, vytvára dôveru v spôsobilosť svojich procesov a v kvalitu svojich produktov a poskytuje základ na trvalé zlepšovanie. To môže viesť k zvýšenej spokojnosti zákazníkov a ďalších zainteresovaných strán a k úspechu organizácie. Takýto prístup sa dá použiť aj na udržiavanie a zlepšovanie už existujúceho SMK. [4]

### 1.2.2 Procesný prístup

Akákolvek činnosť alebo súbor činností, ktoré používajú zdroje na transformáciu vstupov na výstupy, sa môže pokladať za proces. Aby organizácie mohli efektívne fungovať musia identifikovať a riadiť množstvo vzájomne previazaných a súvisiacich procesov. Často výstup z jedného procesu priamo vytvára vstup do ďalšieho procesu. Systematická identifikácia a manažérstvo procesov využívaných v organizácii a najmä interakcií medzi týmito procesmi sa označuje ako procesný prístup (Obr. 1).

Ak sa takýto prístup použije v rámci SMK, zdôrazňuje dôležitosť:

- pochopenia a splnenia požiadaviek,
- potreby chápať procesy v zmysle pridanej hodnoty,
- získavania poznatkov o výkonnosti a efektívnosti procesov,
- trvalého zlepšovania procesov na základe objektívnych meraní.

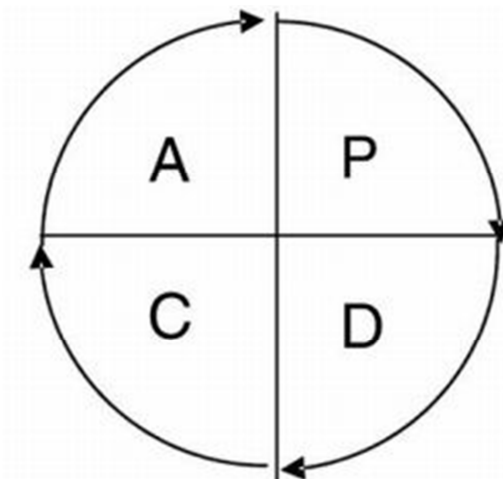


*Obr. 1. Model systému manažérstva kvality založený na procesnom prístupe.*

Z vyššie uvedeného obrázku je zrejmé, že zákazník hrá významnú úlohu pri definovaní požiadaviek ako vstupov. Monitorovanie spokojnosti zákazníka vyžaduje hodnotenie informácií o tom, ako zákazník vníma, či organizácia vyhoveľa jeho požiadavkám. Model zahŕňa všetky požiadavky, neznázorňuje však procesy podrobnejšie. Na všetky procesy je možné aplikovať metódu PDCA cyklus. [5]

### 1.2.3 Cyklus PDCA

Postup trvalého zlepšovania je v podstate rozpracovaním Demingovho cyklu PDCA (Plan-Do-Check-Act) (Obr. 2), ktorý je základným modelom zlepšovania kvality. Tento cyklus sa skladá zo štyroch fáz, v ktorých by malo prebiehať zlepšovanie kvality alebo uskutočňovanie zmien. Je charakterizovaný ako cyklus, ktorý nemá koniec a z pohľadu neustáleho zlepšovania sa stále opakuje.



Obr. 2. Cyklus PDCA.

**P-Plan (plánuj)** – vypracovanie plánu aktivít na zlepšovanie.

**D-Do (vykonaj)** – realizácia plánovaných činností, zavedenie procesov.

**C-Check (skontroluj)** – monitorovanie a analýza dosiahnutých výsledkov (vrátane porovnávania s očakávanými výsledkami).

**A-Act (reaguj)** – reakcia na dosiahnuté výsledky, realizácia vhodnej úpravy procesu. [6]

Vo fáze „plánuj“ sa stanovujú ciele, spôsoby merania cieľov, identifikujú sa problémy, ktoré je potrebné riešiť. Pripravujú sa podrobné analýzy a plány aktivít (napr. navrhuje sa mapa procesov). Vo fáze „vykonaj“ sa tieto naplánované aktivity zrealizujú. Fáza „skontroluj“ sa zameriava na meranie a analýzu dosiahnutých výsledkov a ich porovnanie s plánovanými cieľmi. Priebeh fázy „reaguj“ sa potom odvíja od výsledkov tohto porovnania. V prípade, ak boli plánované ciele dosiahnuté, nasleduje štandardizácia vykonaných opatrení. Pokiaľ však vykonané opatrenia neboli dostatočne účinné, hľadajú sa iné cesty

ako dosiahnuť plánované ciele. Zlepšovanie kvality môžeme realizovať pomocou nápravných opatrení alebo preventívnych opatrení. Všeobecne by mali byť preferované preventívne opatrenia, ktoré predchádzajú možným problémom. Jedným z hlavných dôvodov je ich ekonomická výhodnosť, pretože nedochádza k stratám, ktoré sú spojené so vznikom problémov t.j. nekvality. [7]

## 2 METÓDY A NÁSTROJE MANAŽÉRSTVA KVALITY

Dôležitú skupinu metód a nástrojov manažérstva kvality predstavuje sedem základných nástrojov manažérstva kvality, ktoré boli rozvinuté v Japonsku najmä K. Ishikawou a W.E. Demingom. Sedem základných nástrojov sa používa najmä pri riešení problémov operatívneho riadenia kvality a pri zlepšovaní kvality. Pri riadení procesu prispievajú:

- k jeho monitorovaniu a lepšiemu zvládnutiu riadenia,
- k hlbšiemu pochopeniu procesu a realizácii procesného prístupu,
- k problému identifikácie,
- k riešeniu problémov súvisiacich s diagnostikou a vzniknutých čiastkových konkrétnych problémov,
- k lepšiemu fungovaniu celého systému,
- k racionalizácii a objektivizácii realizovaných rozhodnutí. [8]

### 2.1 Kontrolné tabuľky

Kontrolné tabuľky (Obr. 3) slúžia k ručnému zberu prvotných dát o procese spoľahlivým a organizovaným spôsobom. Najčastejšou oblasťou použitia kontrolných tabuliek pri zaisťovaní kvality sú:

- vstupné, výstupné, medzioperačné kontroly kvality tovaru, surovín, polotovaru,
- analýza strojov a zariadení,
- analýza technologického procesu,
- analýza nezhodných výrobkov,
- výpočet základných charakteristík pre regulačné diagramy.

Pri tvorbe kontrolných tabuliek je nutné dodržať nasledujúce princípy:

1. princíp stratifikácie,
2. princíp jednoduchosti a štandardizácie,
3. princíp vizuálnej interpretácie.

Dodržanie týchto princíпов uľahčuje prvotný zber a záznam dát. Základ tvorí princíp stratifikácie. Ide o proces triedenia dát podľa zvolených hľadísk. Typickým hľadiskom pre stratifikáciu dát sú druhy chýb, poloha alebo miesto výskytu chýb, stroj, pracovník, výrobná linka apod. Cieľom je oddeliť dáta z rôznych zdrojov tak, aby bolo možné určiť rýchlo a

jednoznačne pôvod každej položky dá tak, aby bol proces vyhľadávania príčin nezhôd a problémov urýchlený.

Spôsob zápisu musí byť jednoduchý a jasný, aby ho zvládol bez chýb každý pracovník. Používajú sa čiarky, značky alebo symboly namiesto čísiel alebo textových charakteristík. To nám umožní záznam veľkého počtu dát do jednej tabuľky.

Každý formulár musí obsahovať informácie o pôvode dát (dátum, hodinu zberu, meno pracovníka, spôsob zisťovania chýb, napr.: metódu merania, číslo stroja apod.). Už vo fáze zberu dát, je treba dáta usporiadať tak, aby bol záznam ihneď interpretovateľný, či ďalej použiteľný ako vstup pre ďalšie spracovanie pomocou štatistických a grafických nástrojov.

Cieľom štandardizácie je predchádzať možnostiam vzniku chyby pri zázname, prípadne pri prepisovaní, interpretácií a ukladaní dát, ďalej minimalizácia potreby prepisovania dát a prispievanie k rýchlejšiemu odhaleniu príčiny problému. [7]

KONTROLNÁ TABUĽKA PRIEMERU HRIADEĽA		Tabuľka č.: xxx
Dátum:	Číslo noža:	Operátor:
Číslo sústruhu: xxxxxx		Poznámky:
Stupnica (mm)	Záznam	Súčet
<0,3-0,6)	### ##	9
<0,6-0,9)	###	8
<0,9-1,2)	### ### ### ### ###	25
<1,2-1,5)	### ###	12
<1,5-1,8)	###	5

Obr. 3. Kontrolná tabuľka.

## 2.2 Histogram

Histogram predstavuje grafické znázornenie intervalového rozdelenia početnosti. Je to stĺpcový graf, kde základňa jednotlivých stĺpcov (os x) zodpovedá šírke intervalu  $h$  a výška stĺpca (os y) vyjadruje početnosť/frekvenciu hodnôt sledovanej veličiny v príslušnom intervale. Vďaka prehľadnosti a jednoduchšej konštrukcie patrí histogram k najznámejším

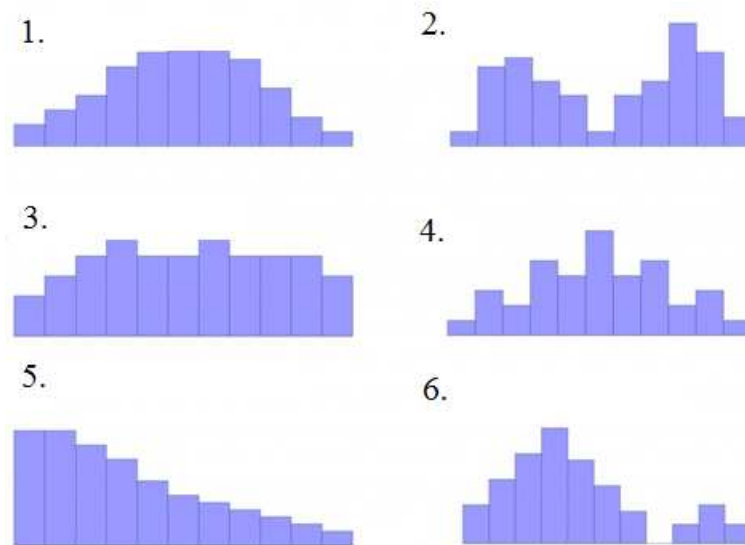


a v praxi najpoužívanejším jednoduchým štatistickým nástrojom. Aplikujú sa pri priebežnej kontrole výrobného procesu, pri štúdiu spôsobilosti procesu, pri analýze presnosti a stability výkonu.

Z histogramu môžeme vyčítať nasledujúce informácie:

- odhad polohy a rozptýlenosti hodnôt sledovaného znaku kvality či parametru procesu,
- odhad tvaru rozdelenia sledovaného znaku kvality či parametru procesu,
- identifikácia zmien v procese:
  - porovnaním histogramov medzi sebou a porovnaním odhadu polohy a rozptýlenosti
  - analýzou tvaru histogramu,
- prvotnú informáciu o spôsobilosti procesu.

Ak je analýzou dokázané, že sledovaný znak kvality či parameter procesu má normálne rozdelenie, potom by histogram je charakterizovaný tvarom „Gausovej krivky“ (zvonovitý tvar), ktorý signalizuje, že na proces pôsobia iba náhodné vplyvy a že je v štatisticky zvládnutom stave. Každá odchýlka histogramu od tohto tvaru signalizuje pravdepodobné pôsobenie vymedziteľných vplyvov. najčastejšie sa vyskytujúce tvary histogramov vrátane možných vymedziteľných príčin sú uvedené na obrázku (Obr. 4). [9]



Obr. 4. Tvary histogramov.

**1. Zvonovitý tvar**

- normálne rozdelenie hodnôt,
- pôsobenie náhodných vplyvov.

**2. Dvojvrcholový tvar**

- spojené dva výberové súbory,
- zmenené podmienky merania.

**3. Plochý tvar**

- nedodržanie výrobného predpisu,
- neúplný výrobný predpis,
- výsledok súčtu niekoľkých rozdelení zvonovitého tvaru.

**4. Hrebeňovitý tvar**

- chyby pri meraní,
- nesprávne zaokrúhľovanie údajov,
- nevhodne stanovené hranice intervalov.

**5. Ľavostranne alebo pravostranne odseknutý**

- hodnoty nie sú v tolerančných medziach,
- presnosť a rozlišovacia schopnosť prístroja,
- ide o exponenciálne alebo logaritmicko–normálne rozdelenie.

**6. S izolovanými hodnotami**

- chyby pri meraní,
- chyby pri prepisovaní. [10]

**2.3 Vývojový diagram**

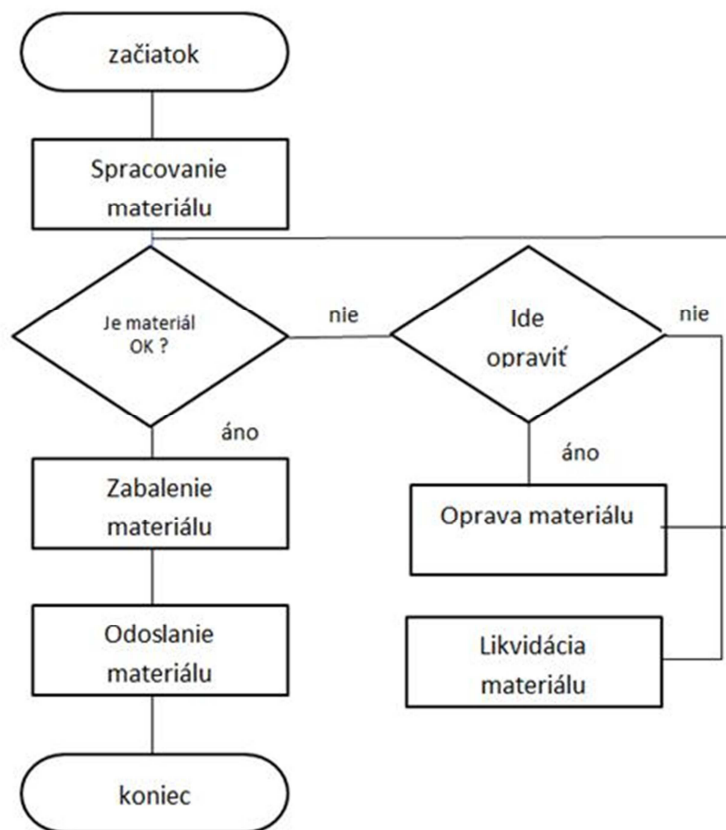
Vývojový diagram (Obr. 5) popisuje a v grafickej forme zobrazuje jednotlivé kroky procesu, ich nadväznosť, definuje výkon činností, zodpovednosti a spôsob dokumentovania danej činnosti. Má prispieť k pochopeniu väzieb procesu ak zdokonaleniu komunikácie. Je to natoľko univerzálny nástroj, že umožňuje popis ľubovoľného procesu, teda ako výrobného, tak technologického, riadiaceho či iného charakteru bez ohľadu na jeho zložitosť. Cieľom je zobrazenie činností, postupností operácií, náväznosti úkonov, čiastkového rozhodovania, založeného na alternatívnych výstupoch. Vo svojej podstate je to konečný orientovaný graf, s jedným začiatkom a jedným koncom.

Veľmi užitočným nástrojom sú vývojové diagramy pri:

- vysvetľovaní procesu zákazníkom alebo pri dokazovaní kvality,
- objasňovaní väzieb medzi činnosťami procesu novým pracovníkom,
- objasňovaní väzieb medzi útvarmi participujúcimi na určitom procese,
- odhaľovaní nedostatkov v procese, a navrhovanie zlepšenia,
- porovnávanie skutočného a ideálneho priebehu procesu. [9]

Tvorba a zostavovanie vývojového diagramu sa riadi týmito zásadami:

- Identifikovať proces, jeho rozhranie s inými procesmi a činnosťami.
- Zostaviť tím (všetci, ktorí sa zúčastnia realizácie procesu).
- Schváliť symboly, ktoré budú vo vývojovom diagrame použité, vrátane ich významu (Tab. 1), zakresliť symbol pre začiatok procesu.
- Identifikovať prvú činnosť (otázka „Čo sa stalo najskôr?“) a zakresliť symbol a popis prvej činnosti.
- Identifikovať ďalšie činnosti a miesta, kde prebieha rozhodovanie, vrátane záznamu opatrenia pre všetky možnosti rozhodnutia (otázky: „Čo sa stane ďalej?“, „Čo sa stane keď...?“), zakresliť ich do diagramu a spojiť šípkami.
- Po poslednej činnosti zakresliť symbol pre koniec procesu.
- Jednoznačne identifikovať vývojový diagram (názov procesu, autorov vývojového diagramu, meno používateľa, číslo varianty, dátum poslednej revízie...).



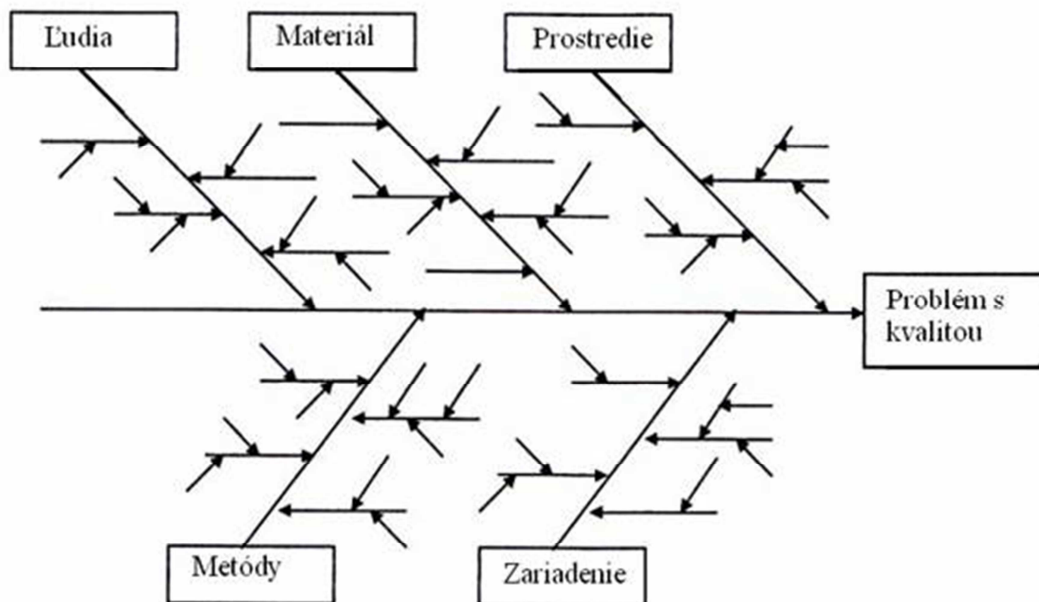
Obr. 5. Vývojový diagram.

Tab. 1. Symboly vývojových diagramov.

Symbol	Význam
	začiatok alebo koniec procesu
	činnosť, výkon operácie
	rozhodovací proces, vždy jeden vstup a jeden alebo dva výstupy
	spojka, prechod na inú časť, pokračovanie vývojového diagramu
	dokument
	smer postupu

## 2.4 Diagram příčin a následkov

Diagram příčin a následkov (Ishikawov diagram) je důležitým grafickým nástrojem pro analýzu všech příčin určitého následku (problému s kvalitou). Jeho použití představuje systémový přístup k řešení problému. Diagram příčin a následkov je prvním krokem řešení všech problémů, které mohou být vyvolané viacerými příčinami. Spracovanie diagramu je jednoduché a ľahko pochopiteľné, čo umožňuje zapojenie širšieho okruhu pracovníkov do řešení problému. Svojou charakteristikou je diagram predurčený pre tímovú prácu. Aplikácia diagramu príčin je zdrojom námetov, ktoré vedú k novým, nekonvenčným riešeniam. Na obrázku (Obr. 6) je znázornená štruktúra diagramu príčin a následkov. [11]



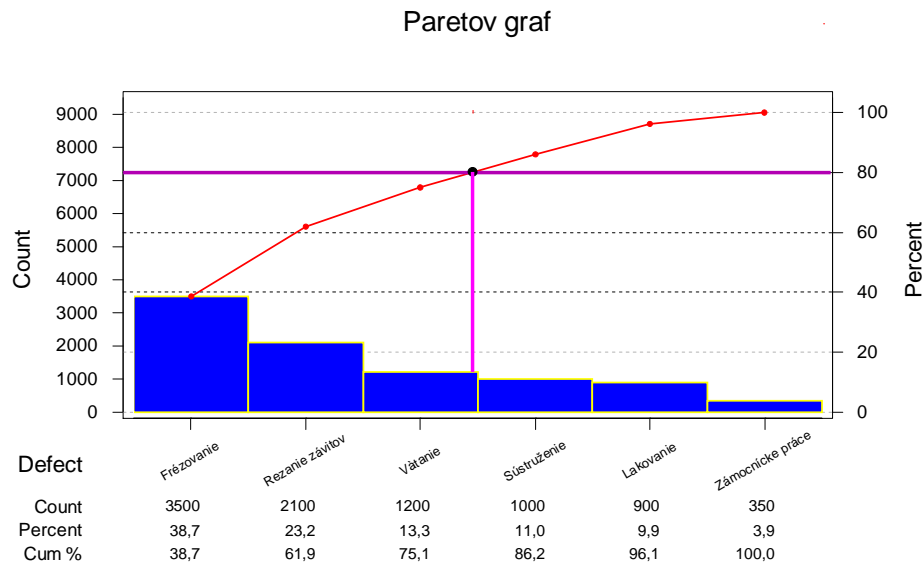
Obr. 6. Štruktúra diagramu príčin a následkov.

## 2.5 Paretov diagram

Pareto diagram je dôležitým nástrojom manažérskeho rozhodovania, pretože umožňuje stanoviť priority pri riešení problémov s kvalitou tak, aby pri účelnom využití zdrojov bol dosiahnutý maximálny efekt. Je taktiež vhodný pri názornej prezentácii problému. Taliansky sociológ a ekonóm Vilfredo Pareto v 19. storočí zistil, že 80 % bohatstva vlastní 20 % obyvateľstva. Americký odborník na kvalitu J. M. Juran označil zovšeobecnenie tohto rozdelenia ako Pareto princípu a na jeho základe sformuloval záver, že 80 – 95 % problémov s kvalitou je spôsobených malým počtom príčin (5 – 20 %). Na príčiny tvoriace túto menšinu je v ďalšej analýze procesu treba prednostne zamerať pozornosť, analyzovať ich do hĺbky a odstrániť či minimalizovať ich pôsobenie. Prostriedkom uplatnenia Paretoho princípu a základným nástrojom Paretovej analýzy je Pareto diagram (Obr. 7). V oblasti riadenia kvality je Pareto diagram jedným z najefektívnejších bežne dostupných a ľahko aplikovateľných rozhodovacích nástrojov. Je to stĺpcový graf, kde stĺpce sú zoradené od najvyššieho k najnižšiemu. Paretova analýza je technika využívajúca Paretoho princípu v rámci procesu riešenia problému ku stanoveniu priorít. Realizuje sa na základe konštrukcie Paretoho diagramu a následného uplatnenia Paretoho princípu či ďalších kritérií pre výber životne dôležitej menšiny. Cieľom Paretovej analýzy je teda oddeliť podstatné faktory (napr. príčiny určitého problému s úrovňou kvality) od menej podstatných a ukázať, kam prednostne zamerať úsilie pri zlepšovaní procesov. Využitie Paretovej analýzy v oblasti manažérstva kvality je mnohostranné. Môže ísť o nasledujúce oblasti :

- analýza počtu nezhodných výrobkov a ich druhov,
- analýza strát s nimi spojených,
- analýza časových a finančných strát spojených s vysporiadaním nezhodných výrobkov,
- analýza reklamácií z hľadiska finančných strát či dôvodov reklamácií,
- analýza príčin výroby nezhodných výrobkov,
- analýza príčin prestojov strojov,
- analýza porúch a havárií zariadení,
- analýza opotrebovania náradia,
- porovnanie stavu pred realizáciou a po realizácii opatrení na zlepšenie.

Pareto analýzu možno úspešne využiť ako pri vyhľadávaní a pri definovaní najpodstatnejších problémov, ktoré sú napr. najpočetnejšie alebo najnákladnejšie, tak pri stanovení „životne dôležitej menšiny“ príčin, ktoré spôsobujú vopred definovaný, už odhalený problém. [7]



Obr. 7. Pareto diagram.

## 2.6 Regulačné diagramy

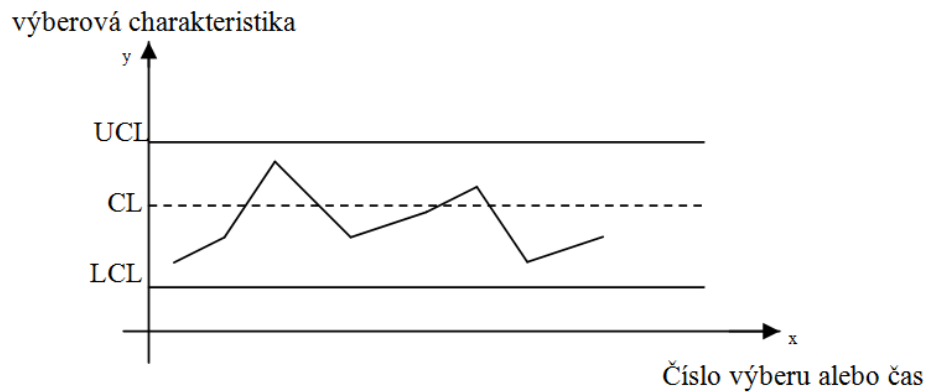
Regulačné diagramy boli pri riadení výrobného procesu po prvý krát navrhnuté Dr. Walterom Shewhartom v roku 1920. Dr. Shewhart pri štúdiu výrobných údajov ako prvý odlíšil regulované a neregulované kolísanie, vďaka čomu teraz hovoríme o náhodných a vymedziteľných príčinách. Vypracoval jednoduchý, avšak účinný nástroj na odlíšenie týchto dvoch typov príčin – regulačný diagram (Obr.8).

Cieľom je udržať proces pod štatistickou kontrolou. Nastáva vtedy, keď pôsobia iba náhodné príčiny. Náhodné príčiny sú také, ktoré sa nedajú vo výrobnom procese odstrániť (chvenie stroja, homogenita mat...). Pôsobia aj za ustáleného stavu a preto výsledne veličiny nenadobúdajú rovnaké hodnoty. Preto nikdy nie sú dva výrobky zhodné. Vymedziteľné príčiny sú, ak je proces v neustálenom stave a predpokladá sa, že na neho pôsobia tieto príčiny (napr. opotrebenie nástroja, chyby personálu), ktoré vyvolávajú reálnu zmenu vo výrobnom procese a dajú sa odstrániť. Vyžaduje sa, aby boli v procese identifikované, aby

bola vykonaná náprava a účinné opatrenia, ktoré zabránia ich vzniku. Identifikácia – prevencia. Pokiaľ začnú pôsobiť aj vymedziteľné príčiny, treba proces zastaviť. Pokiaľ je proces v štatisticky zvládnutom stave, je jeho kvalita predpokladaná a sú splnené požiadavky zákazníka.

### Ciele regulačných diagramov:

1. objasniť či je proces pod štatistickou kontrolou,
2. udržať stav pod štatistickou kontrolou,
3. preukázať opatrenia pre zlepšenie spôsobilosti procesu.



Obr. 8. Regulačný diagram.

Regulačné diagram zostrojujeme tak, že vodorovná os (x) je časová os, ktorá vyznačuje okamihy jednotlivých podskupín. Zvislá os (y) zobrazuje výberové charakteristiky patriace podskupinám. Diagram obsahuje aj centrálnu priamku (CL – Central Line), ktorá je umiestnená v referenčnej hodnote sledovaného znaku kvality a dve štatisticky určené regulačné medze:

- horná regulačná medza (UCL – Upper Control Limit)
- dolná regulačná medza (LCL – Lower Control Limit)

Regulačné medze (čiary UCL a LCL) vymedzujú pásmo v ktorom so zvolenou pravdepodobnosťou ležia výberové charakteristiky, ak na proces pôsobia len náhodné vplyvy (žiadne vymedziteľné príčiny). Vtedy je proces štatisticky zvládnutý/stabilný/ pod kontrolou,



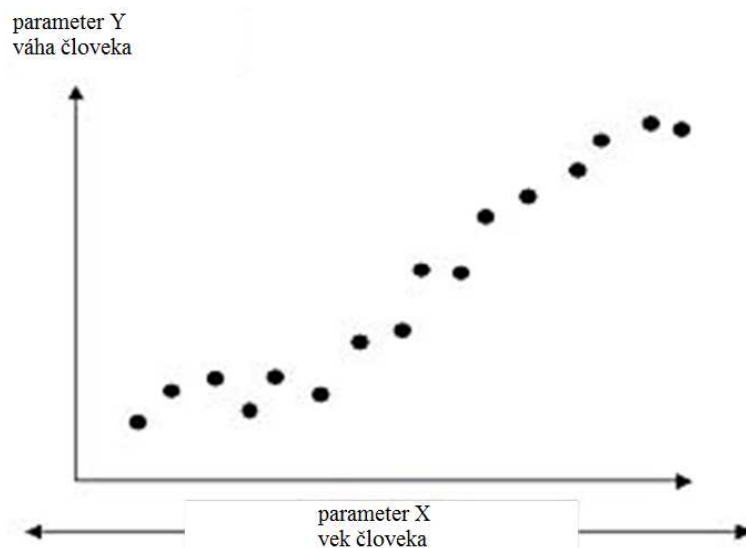
(čiže žiadny bod nie je mimo čiar nad a pod). Ak nejaký údaj leží mimo regulačných medzí, je potrebné zasiahnuť. [10]

## 2.7 Bodový (korelačný) diagram

Bodový diagram je grafickou metódou pre posudzovanie vzťahu medzi dvomi premennými. Pomocou bodového diagramu môžeme posudzovať napríklad vzájomnú súvislosť medzi dvomi znakmi kvality výrobku, súvislosti medzi určitým znakom kvality výrobku a jednotlivými parametrami procesu a pod.

Rozmiestnenie bodov v bodovom diagrame (Obr. 9), charakterizuje smer, tvar a mieru tesnosti závislosti medzi sledovanými premennými. Vo väčšine prípadov sa v praxi stretávame s voľnými závislosťami, ktoré sú charakteristické určitým rozptylom bodov. Príčinou tohto rozptylu je najčastejšie pôsobenie ďalších vplyvov, ako je napríklad variabilita parametrov procesu, vonkajšie podmienky apod. No rozptyle bodov sa rovnako podieľa nepresnosť meracieho zariadenia, nepresnosť obsluhy a pod.

Zostrojený bodový diagram podáva základnú grafickú informáciu o vzájomnej súvislosti dvoch sledovaných premenných. Pre posúdenie toho, či príslušnú závislosť môžeme popísať vhodným matematickým vzťahom a či tento vzťah je štatisticky významný, je potrebné previesť ďalšie hodnotenie. K tomu sa používa regresná a korelačná analýza. [6]



Obr. 9. Bodový diagram.

### 3 PRINCÍPY A POUŽITIE METÓDY FMEA

#### 3.1 História a vývoj FMEA

Metóda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) bola vyvinutá v šesťdesiatych rokoch v USA a bola pôvodne určená pre analýzu zložitých systémov pre kozmický výskum a jadernú energetiku.. Bola vyvinutá Národnou spoločnosťou pre vesmír a kozmonautiku NASA pre projekt APOLLO. Veľmi skoro sa však začala využívať k definovaniu všetkých potencionálne možných nezhôd v ďalších oblastiach. K najväčšiemu rozšíreniu došlo najmä v automobilovom priemysle. V Európe začala ako prvá používať túto metódu firma FORD v roku 1977 (koncern Volkswagen bežne uplatňuje metódu od roku 1984). V systémoch manažérstva kvality najmä v automobilovom priemysle bola FMEA rozvinutá do podoby systémovej metódy.

#### 3.2 Princíp metódy FMEA

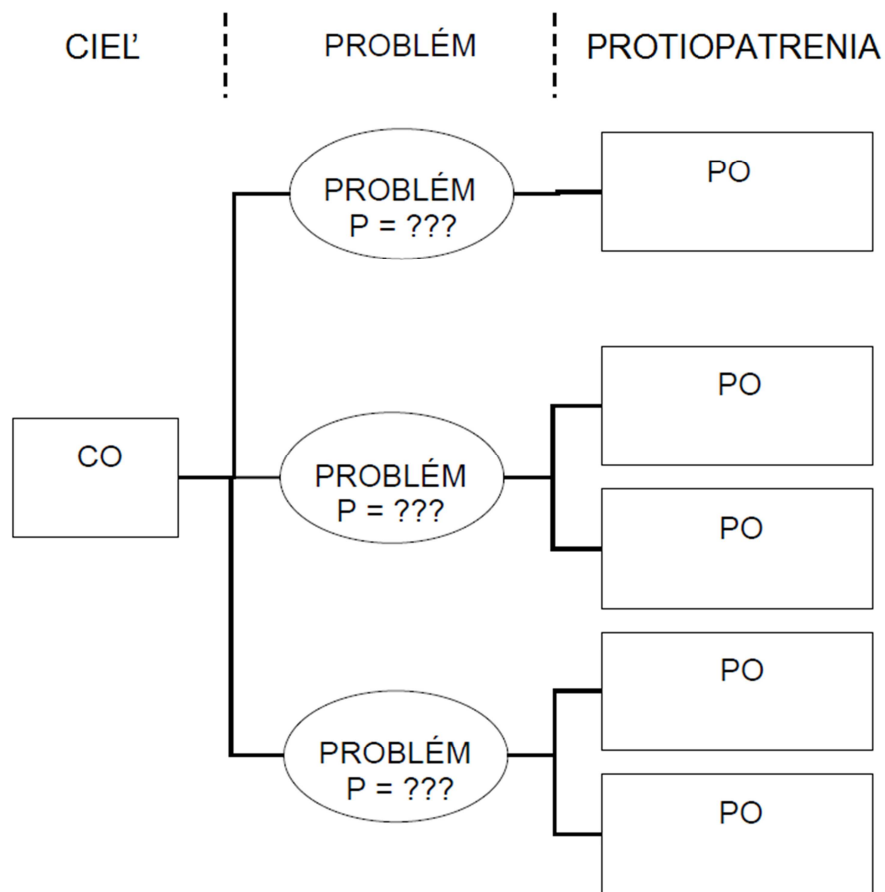
Základný princíp metódy FMEA je totožný s nástrojom rozhodovací diagram (diagram PDPC), ktorý patrí medzi sedem nových nástrojov manažérstva kvality.

Rozhodovací diagram je nástroj, pomocou ktorého môžeme identifikovať možné problémy, ktoré môžu nastať pri realizácii plánovaných činností a navrhujú sa vhodné protiopatrenia. Pomocou rozhodovacieho diagramu sa zobrazujú jednotlivé okamžiky rozhodovania a identifikujú sa možné problémy, ktoré by mohli pri realizácii nastať. Zároveň je kvalifikovane odhadovaná aj pravdepodobnosť že nastanú. To vedie tím k tomu, aby zvažil a navrhol pre vysoké rizika účinné protiopatrenia. Protiopatrenia môžu mať rôzne formy:

- iná varianta riešenia, ktorá znamená nižšie či žiadne riziko,
- dodatočná aktivita, ktorá vedie ku zníženiu identifikovaného rizika,
- následná aktivita, ktorú je nutné realizovať, v prípade že riziko nastalo.

Metodika rozhodovacieho diagramu:

- stanovenie aktivity,
- identifikácia všetkých možných problémov,
- kvalifikovaný odhad výskytu rizík,
- stanovenie protiopatrení.



Obr. 10. Rozhodovací diagram.

### 3.3 Význam FMEA

Metóda FMEA predstavuje tímovú analýzu možnosti vzniku chýb pri posudzovaní návrhu výrobku alebo procesu, hodnotenie rizika, možný dopad na zákazníka a návrh realizácii opatrení, vedúcich ku zlepšeniu kvality. Má indukčný charakter a je jednou zo základných metód plánovania a zlepšovania kvality. Skúsenosti ukazujú, že použitím tejto metódy môžeme odhaliť 70 až 90% možných nezhôd.

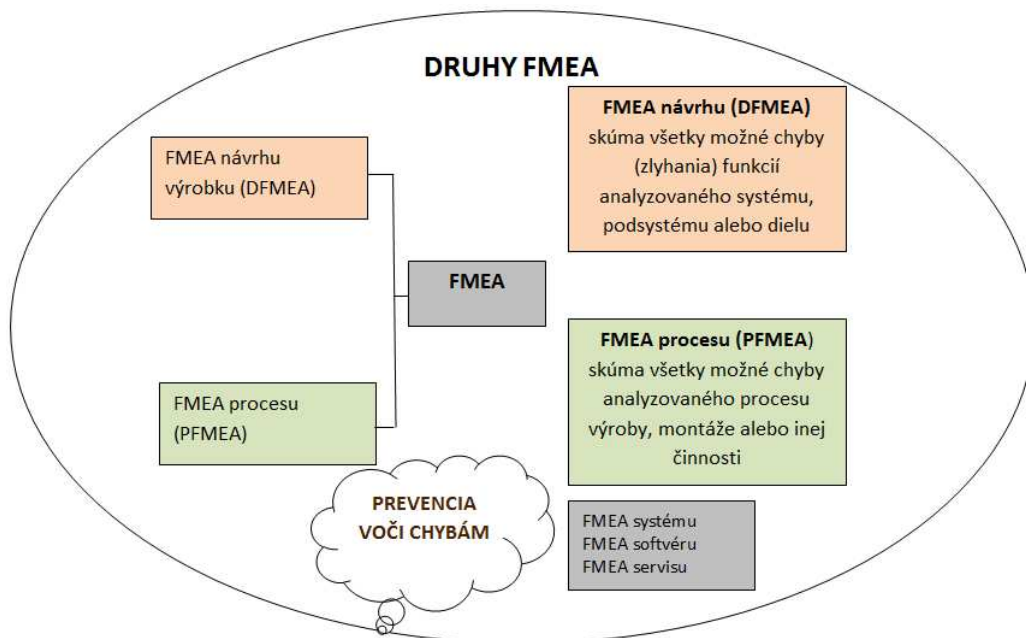
Používanie metódy FMEA je doporučené normami radu ISO 9000. Je stále častejšie požadované zákazníkmi, ktorí si takto overujú, že výrobca posúdil a vyhodnotil všetky riziká, ktoré môžu viesť k zlyhaniu výrobku alebo procesu, a urobil všetko pre minimalizáciu

týchto rizík. Používa sa pre nové alebo inovované výrobky alebo procesy, ale aj na už existujúce výrobky a procesy.

Pre zostavenie a používanie metódy FMEA hovorí množstvo argumentov, ako napríklad:

- charakterizuje systémový prístup k prevencii kvality,
- znižuje straty vyvolané nízkou kvalitou výrobkov,
- optimalizuje návrh a minimalizuje počet zmien vo fáze realizácie (umožňuje robiť veci správne hneď na prvý krát),
- umožňuje ohodnotiť riziko možných chýb a na jeho základe stanoviť priority opatrení, ktoré vedu k zlepšovaniu kvality,
- zlepšuje image a konkurencieschopnosť organizácie, zvyšuje spokojnosť zákazníka,
- náklady vynaložené na jej realizáciu sú len zlomkom nákladov, ktoré by mohli vzniknúť pri výskyte nezhôd. [6]

### 3.4 Druhy FMEA



Obr. 11. Druhy FMEA.

### 3.4.1 FMEA návrhu výrobku

FMEA návrhu výrobku (konštrukčná FMEA) zabezpečuje podrobné skúmanie návrhu výrobku s cieľom ešte v etape návrhu odhaliť všetky možné nedostatky, ktoré by navrhovaný výrobok mohol mať, a ešte pred jeho schválením zrealizovať opatrenia, ktoré by tieto nedostatky odstránili.

Praktické poznatky ukazujú, že použitie je účelné v najmä tých prípadoch, v ktorých ide o:

- návrh nových dielov alebo ich zmeny,
- návrh použitia nových materiálov,
- zmene požiadaviek zákazníka,
- zmene požiadaviek na bezpečnosť a ekologickú nezávadnosť,
- diely, pri ktorých očakávame problémy. [6]

### 3.4.2 FMEA procesu

FMEA procesu sa tvorí pred zahájením výroby nových či inovovaných výrobkov alebo pri zmenách technologického postupu. Zvyčajne nasleduje po FMEA návrhu výrobku, pred zahájením sériovej výroby, na ktorú nadväzuje a využíva jej výsledky. Je veľmi cennou metódou tiež pre analýzu a preskúmanie už definovaného a zavedeného výrobného postupu, pretože umožňuje odhaliť jeho slabé miesta a tak iniciovať jeho zlepšovanie. Aplikáciu metódy FMEA môžeme rozšíriť na akékoľvek nevýrobné procesy.

Za realizáciu FMEA procesu je zodpovedný poverený pracovník vývoja technológie, ktorý tímu FMEA predkladá návrh technologického postupu výroby. Technologický postup by mal obsahovať všetky fázy výroby a rovnako povýrobné operácie až do okamihu predania produktu zákazníkovi. Nadväznosť operácií by mala byť prehľadne znázornená pomocou vývojového diagramu. [7]

### 3.4.3 Systémová FMEA

Systémová FMEA výrobku alebo procesu je založená na rovnakých princípoch ako FMEA návrhu výrobku či procesu, s tým rozdielom, že pri analýze súčasného stavu sa dôsledne uplatňuje systémový prístup. Výrobok či proces sa chápe ako systém, ktorý sa skladá z prvkov v rôznych hierarchických úrovniach. Pri týchto prvkoch sa analyzujú ich funkcie.

Možné chyby, ich dôsledky a príčiny sa potom analyzujú ako zlyhanie týchto funkcií. Táto metóda je rozpracovaná v metodike nemeckého združenia automobilového priemyslu VDA 4.2. Zabezpečovanie kvality pred sériovou výrobou – Systémová FMEA. [6]

### 3.5 Postup FMEA

Analýza FMEA návrhu produktu a FMEA procesu prebieha vo všeobecnosti v týchto fázach [6]:

- 1) analýza a hodnotenie súčasného stavu,
- 2) návrh opatrení,
- 3) hodnotenie stavu po realizácii opatrení.

Vzhľadom na to, že v teoretickej časti sa zaoberám metódou FMEA procesu rozpíšem podrobne postup tejto metódy.

#### 3.5.1 Analýza a hodnotenie súčasného stavu

Metóda FMEA predstavuje tímovú analýzu možnosti vzniku chýb a ich dopad na výsledný produkt, preto prvým krokom je zostavenie riešiteľského tímu FMEA.

- **Tím FMEA**
  - vedúci tímu: konštruktér alebo technológ,
  - členovia tímu: napr.: inžinier kvality, konštruktér technológ, servisný pracovník, zákazník, dodávateľ, ekonóm,
  - tímová práca má množstvo výhod, ako napr.: pohľad na problém očami rôznych odborníkov, čo umožňuje mnohostranné posúdenie problému; posilňuje medzilidské vzťahy a lojalitu; zvyšuje spôsobilosť pracovníkov tak, že im sprostredkováva nové poznatky a skúsenosti,
  - tím FMEA má spravidla 4 až 8 členov.

Pri FMEA procesu sa postupne analyzujú jednotlivé operácie výrobného procesu, tak ako na seba nadväzujú (možnosť využitia vývojového diagramu vid'. kapitola 2.3), a následne sa zapisujú do formulára FMEA (Obr. 11). Pri analýze sú veľmi užitočné jednoduché nástroje riešenia problémov, ako sú najmä Ishikawov diagram, Paretov diagram, Histogram... (vid'. kap. 2 Metódy a nástroje manažérstva kvality). [12]

Úlohou tímu je stanoviť všetky možné chyby, ktoré sa môžu v priebehu danej operácie na vyrábanom výrobku vyskytnúť (*možná chyba*). Týka sa to chýb, ktoré sa prenesú do konečného výrobku, ale aj chýb, ktoré spôsobia, že niektorá z nasledujúcich operácií nebude úspešná.

V ďalšom kroku tím FMEA analyzuje pôsobenie možných chýb na vnútorného aj vonkajšieho zákazníka alebo na obsluhu procesu (*možný následok chyby*). Vnútornými zákazníkmi sú nasledujúce operácie alebo pracoviská, vonkajším zákazníkom je najmä konečný užívateľ.

Ku každej možnej chybe tím FMEA analyzuje všetky možné príčiny, ktoré by mohli vyvolať (*možné príčiny chyby*). Na rozdiel od FMEA návrhu výrobku sa tieto príčiny nehľadajú v nedostatkoch návrhu výrobku, ale v nedostatkoch navrhovaného procesu.

Pri stanovených možných chybách a ich príčinách sa ďalej zisťuje, aké kontrolné postupy sú v procese používané k tomu, aby možné chyby alebo ich príčiny, v prípade výskytu boli pred ďalšou operáciou alebo predtým ako výrobok opustí miesto montáže/výroby odhalené (*používané metódy k odhaleniu*).

Hodnotenie významu chyby (*význam*) sa vzťahuje k najzávažnejším následkom chyby (Tab. 2).

V prípade očakávaného výskytu chyby, sa posudzuje pravdepodobnosť, že v priebehu operácie vplyvom danej príčiny vzniknú výrobky s danou možnou chybou, prípadne, že dôjde k zlyhaniu procesu. K posúdeniu tejto pravdepodobnosti sa v prípade štatisticky zvládnutých procesov vychádza zo znalostí spôsobilosti procesu (Tab. 3), konkrétne indexu  $C_{pk}$  ktorý je priamo spätý s pravdepodobnosťou výskytu nezhodných výrobkov.

Pri posudzovaní odhaliteľnosti chyby (*odhaliteľnosť*) tím posudzuje účinnosť v súčasnosti používaných metód k odhaleniu novej chyby alebo jej príčiny predtým, než výrobok opustí miesto výroby alebo montáže (Tab. 4) Posledným krokom v prvej fáze FMEA je výpočet RPN - Rizikové číslo jednotlivých možných chýb.[6]

### 3.5.2 Formulár FMEA procesu

Formulár FMEA je živý dokument a neustále by mal odrážať aktuálny stav procesu, teda aj opatrenia prijímané v etape sériovej výroby, napr. reakcie na reklamácie, výskyt dovtedy neuvažovaných chýb a pod.

Zodpovedný pracovník by mal predovšetkým:

- overovať, či sa dosahujú zámery návrhu a požiadavky na výrobný proces,
- preverovať znova technické výkresy, špecifikácie a výrobné postupy,
- kontrolovať implementáciu výsledkov FMEA do výrobných a montážnych postupov,
- preverovať pravidelne FMEA a kontrolný plán kvality výrobného postupu. [13]



FMEA PROCESU

POLOŽKA 1	ZODPOVEDNÝ ZA PROCES 3	ČÍSLO FMEA 7																													
ROK MODELU / TYP 2	VYPRACOVAL 4	STRANA 8																													
ČLENOVIA TIMU / FUNKCIA 11	KRITICKÝ TERMÍN 5	REVIZIA Č. 9																													
	ORIGINAL UKONČENÝ 6	DÁTUM 10																													
12	FUNKCIA PROCESU / POŽIADAVKY	13	MOŽNÁ CHYBA	14	MOŽNÝ NÁSLEDOK CHYBY	15	VÝZNAM	16	KLASIFIKÁCIA	17	MOŽNÁ PRÍČINA / MECHANIZMUS CHYBY	18	VÝSKYT	19	POUŽÍVANÉ METODY K PREVENCI VŮČI VÝSKYTU	20	POUŽÍVANÉ METODY K ODHALENIU	21	ODHALENIE	22	RPN	23	DOPORUČENÉ OPATRENIA	24	ZODP. PRACOVNÍK / DÁTUM UKONČENIA	25	USKUTOČNENÉ OPATRENIA	VÝZNAM	VÝSKYT	ODHALENIE	RPN

Obr. 12. Formulár FMEA.

**1) Položka:**

- uvedie sa názov (typ) položky, ktorej sa týka analyzovaný výrobný proces / montážny postup.

**2) Rok modelu / Typ:**

- uvedú sa podľa zadania.

**3) Zodpovedný za proces:**

- uvedie sa oddelenie / útvar, zodpovedné za proces .

**4) Vypracoval:**

- uvedie sa meno a funkcia pracovníka zodpovedného za vypracovanie a aktualizáciu FMEA (zvyčajne aj vedúci tímu FMEA).

**5) Kritický termín:**

- uvedie sa termín, do ktorého je nutné FMEA pripraviť - nemal by prekročiť termín plánovaného spustenia procesu.

**6) Originál ukončený:**

- uvedie sa termín ukončenia originálnej verzie FMEA.

**7) Číslo FMEA:**

- uvedie sa číslo FMEA.

**8) Strana:**

- uvedie sa číslo strany z celkového počtu strán.

**9) Revízia č.:**

- uvedie sa číslo revízie FMEA.

**10) Dátum:**

- uvedie sa termín každej novej revízie, ak bola uskutočnená.

**11) Členovia tímu:**

- uvedú sa mená (funkcie) zodpovedných pracovníkov - členov tímu.

**12) Funkcie procesu/požiadavky:**

- uvedie sa jednoduchý popis procesu, operácie alebo montážneho / technologického kroku, ktorý bude analyzovaný (napr. točenie, zváranie, leptanie, lepenie a pod.) a zapíše sa stručne jeho účel a požiadavky naň kladené.

**13) Možná chyba:**

- Vyjadruje spôsob, akým môže prísť k nedodržaniu požiadaviek na proces (montáž, časť činnosti) a / alebo k nedodržaniu zámerov návrhu.

- Neuvádza sa ako symptóm pozorovateľný zákazníkom.
- Je nutné uvažovať, že chyba by sa mohla objaviť, aj keď to nemusí byť nevyhnutné.

**14) Možný následok chyby:**

- popisuje vždy následok pre zákazníka tak, ako by si ho mohol vnímať on,
- neberieme do úvahy fakt, že v našom procese sú kontrolné miesta, ktoré chybu odhalia a teda jej následok pre zákazníka „nie je žiadny“,
- zákazníkom v tomto kontexte môže byť nasledujúca operácia, finalizujúci odberateľ, predajca a/alebo vlastník výrobku.

**15) Význam:** je vyjadrený indexom významu resp. významnosti:

- je odhadom vážnosti následku chyby (uvedeného v predchádzajúcom stĺpci) pre zákazníka, pokiaľ by sa táto chyba u neho vyskytla,
- index významu následku nadobúda hodnoty v rozsahu od „1“ do „10“, (Tab. 2)
- následok chyby je jediným kritériom pre určenie významu,
- zníženie hodnoty indexu významnosti je možné iba zásadnými zmenami návrhu alebo procesu, ktoré však menia aj následok chyby. [13]

Tab. 2. Hodnotenie významu chyby. [6]

<i>Následok chyby</i>	<i>Význam chyby</i>	<i>Hodnotenie</i>
Nebezpečný – bez výstra- hy	Môže ohroziť pracovníka obsluhy zariadenia alebo montáže. Chyba nastane bez výstrahy a ohrozuje bezpečnosť alebo dodržanie zákonných požiadaviek.	10
Nebezpečný – s výstrahou	Môže ohroziť pracovníka obsluhy zariadenia alebo montáže. Chyba nastane s výstrahou a ohrozuje bezpečnosť alebo dodržanie zákonných požiadaviek.	9
Veľmi vy- soký	Významná porucha na výrobní linke, 100% výrobkov nezhodných. Výrobok je nefunkčný so stratou hlavnej funkcie. Zákazník je veľmi nespokojný.	8
Vysoký	Menšia porucha na výrobní linke, menej než 100% nezhodných výrobkov, výrobky musia byť pretriedené. Výrobok funkčný ale s obmedzením. Zákazník je nespokojný	7
Stredný	Menšia porucha na výrobní linke, časť výrobkov sa musí vyradiť (bez triedenia). Výrobok je funkčný ale časti zaisťujúce pohodlie sú nefunkčné. Zákazník pociťuje nepohodlie.	6
Nízky	Menšia porucha na výrobní linke, 100% výrobkov musí byť prepracované. Výrobok je funkčný ale časti zaisťujúce pohodlie majú zníženú úroveň. Zákazník pociťuje určité neuspokojenie.	5
Veľmi ní- zky	Menšia porucha na výrobní linke, výrobok musí byť pretriedený a časť (menej ako 100%) potom prepracovaná. Vadu zaznamenaná väčšina zákazníkov	4
Malý	Menšia porucha na výrobní linke, časť výrobku (menej ako 100%) bude musieť byť prepracovaná, ale mimo výrobný cyklus. Vadu zaznamenaná priemerný zákazník	3

Veľmi malý	Menšia porucha na výrobnjej linke, časť výrobku (menej ako 100%) bude musieť byť prepracovaná, bez narušenia výrobného cyklu. Vadu zaznamená náročný zákazník.	2
Žiadny	Žiadny následok	1

**16) Klasifikácia:**

- používa sa pre označenie špeciálnych - kritických charakteristík, ktoré môžu vyžadovať rozšírenie požiadaviek na ich riadenie alebo kontrolu. Klasifikácia sa riadi zásadami stanovenými organizáciou.

**17) Možná príčina/mechanizmus chyby:**

- definuje (popisuje) možnú príčinu výskytu chyby. Zaznamená sa každá možná príčina a/alebo mechanizmus chyby,
- z chýb ľudí a zariadení treba uviesť len tie špecifické (napr. operátor chybné osadí tesnenie),
- treba sa vyhnúť dvojznačným a nejasným frázam (napr. chyba operátora, chybná funkcia stroja).

**18) Výskyt:**

- vyjadruje pravdepodobnosť toho, že sa chyba spôsobená konkrétnou príčinou vyskytne,
- pravdepodobnosť výskytu vyjadrujeme pomocou indexu výskytu (v rozsahu od „1“ do „10“), pričom ide o predvídanie počtu chýb, nie o ich skutočnú početnosť zaregistrovania (detekcie),
- index výskytu má skôr charakter názoru než konkrétnej hodnoty pravdepodobnosti,
- pri odhade hodnoty indexu výskytu je účelné použiť štatistické údaje napr. zo štúdií spôsobilosti resp. z údajov o spôsobilosti procesu. Pokiaľ to nie je možné, treba sa orientovať podľa kritérií v nasledujúcej tabuľke (Tab. 3).

Tab. 3. Kritéria hodnotenia výskytu chyby. [14]

<i>Pravdepodobnosť výskytu chyby</i>	<i>Možná početnosť chýb</i>	$C_{pk}$	<i>Hodnotenie</i>
<b>Veľmi vysoká: neustále chyby</b>	$\geq 1$ z 2	$<0,33$	10
	1 z 3	$\geq 0,33$	9
<b>Vysoká: častý výskyt chyby</b>	1 z 8	$\geq 0,51$	8
	1 z 20	$\geq 0,67$	7
<b>Priemerná: občasný výskyt chyby</b>	1 z 80	$\geq 0,83$	6
	1 z 400	$\geq 1,00$	5
	1 z 2 000	$\geq 1,17$	4
<b>Nízka: malý výskyt chýb</b>	1 z 15 000	$\geq 1,33$	3
	1 z 150 000	$\geq 1,50$	2
<b>Vzácná: chyba je nepravdepodobná</b>	$\leq 1$ z 1 500 000	$\geq 1,67$	1

**19) Používané metódy k prevencii voči výskytu:**

- uvedú sa aktuálne používané preventívne opatrenia a metódy (napr. SPC a preventívna údržba), ktorých účelom je prevencia voči vzniku chýb resp. detekcia, že by sa mohli vyskytnúť.

**20) Používané metódy k odhaleniu:**

- uvedú sa aktuálne používané opatrenia, metódy overovania, hodnotenia a kontroly procesu, ktorých účelom je detekcia, že sa chyba vyskytla.

**21) Odhalenie:**

- vyjadruje pravdepodobnosť odhalenia chyby ešte skôr, ako výrobok opustí montážne/pracovné miesto resp. operáciu,
- predpokladá sa, že chyba (príčina) sa vyskytla a odhaduje sa pravdepodobnosť jej odhalenia kontrolnými metódami uvedenými v predchádzajúcom stĺpci,
- pravdepodobnosť odhalenia chyby (účinnosť kontrolných metód) vyjadrujeme pomocou indexu odhalenia (detekcie) v rozsahu hodnôt „1“ - „10“ (Tab. 4.),

- nepredpokladá sa automaticky, že ak je hodnotenie výskytu veľmi nízke, bude automaticky nízke i hodnotenie (index) odhalenia.

Tab. 4. Hodnotenie pravdepodobnosti odhalenia chyby. [14]

Odhalenie	Kritériá	Druhy kontroly			Návrh rozsahu metód odhalenia	Známka
		A	B	C		
Takmer vylúčené	Absolútna istota			X	Nedá sa odhaliť, nekontroluje sa	10
Veľmi nepravdepodobné	Pravdepodobne nebude odhalené			X	Len náhodné kontroly	9
Nepravdepodobné	Nástroje riadenia majú malú šancu poruchu odhaliť			X	Riadenie sa realizuje len vizuálnou kontrolou	8
Veľmi nízka pravdepodobnosť	Nástroje riadenia majú malú šancu poruchu odhaliť			X	Riadenie sa realizuje len vizuálnou kontrolou	7
Nízka pravdepodobnosť	Nástroje riadenia môžu poruchu odhaliť		X	X	Riadenie sa realizuje pomocou diagramu – napr. SPC	6
Mierna pravdepodobnosť	Nástroje riadenia môžu poruchu odhaliť		X		Riadenie sa opiera o meranie, kedy súčiastky opustili pracovisko, alebo kontrolu kalibrom sto percent súčiastok	5
Vyššia pravdepodobnosť	Nástroje riadenia majú dobrú šancu poruchu odhaliť	X	X		Odhalenie v následných operáciách, al. kontrola kalibrom uskutočnená po nastavení a kontrola prvého kusu	4

Vysoká pravdepodobnosť	Nástroje riadenia majú dobrú šancu poruchu odhaliť	X	X		Odhalenie chýb na pracovisku alebo v nasledujúcich operáciách	3
Veľmi vysoká pravdepodobnosť	Nástroje riadenia poruchu takmer isto odhalia	X	X		Odhalenie chýb na pracovisku. Automatické meranie na pracovisku	2
Takmer istota	Nástroje riadenia odhalia poruchu takmer s istotou	X			Nezhodné súčiastky sa nevyrábajú, prvok bol voči vzniku nehody ošetrený	1
Druhy kontroly: A – zaistene proti chybám, B – kontrola kalibrom, C – ručná kontrola						

#### 22) RPN – Rizikové číslo:

- je mierou rizika vyplývajúce z výskytu jednotlivých chýb a je daný súčinom indexov →  $RPN = význam \times výskyt \times odhalenie$ ,
- podľa hodnôt RPN je možné zostaviť poradie dôležitosti (napr. vo forme Paretoho diagramu a použitia princípu „80/20“).

#### 23) Odporúčené opatrenia:

- sú opatrenia, ktoré by mali viesť k zníženiu hodnoty indexu priority rizík (RPN) alebo také opatrenia, ktoré nám poskytnú informácie vedúce k tomuto cieľu,
- väčšinou opatrenia orientované na zlepšenie detekcie sú vo všeobecnosti nákladným a málo efektívnym krokom pre zvyšovanie kvality,
- najväčší dôraz sa musí klásť na prevenciu voči chybám (t.j. zníženie výskytu). Ako príklad tohto prístupu je uprednostnenie štatistického riadenia procesu (SPC) a jeho neustáleho zdokonaľovania pred metódami medzioperačných a náhodných kontrol kvality.

#### 24) Zodpovedný pracovník/dátum ukončenia:

- uviesť osobnú prípadne organizačnú zodpovednosť za realizáciu odporúčeného opatrenia a cieľový termín ukončenia.



### 25) Výsledky opatření:

- **Uskutočnené opatrenia:** zapíšu sa v skutočnosti prijaté opatrenia, ktoré sú výsledkom ukončených doporučených opatrení.
- Po tom, čo nadobudli účinnosť zavedené opatrenia, tím odhadne **nové hodnoty významnosti, výskytu a odhalenia**. Vypočíta sa aj **nová hodnota RPN**.
- Všetky nové hodnoty by mali byť časom validované, pretože zavedené opatrenie samo osebe ešte nemusí garantovať očakávané zlepšenie. [13]

### 3.5.3 Návrh opatření

Pre skupinu možných chýb s vyššími hodnotami rizikového čísla než je povolené medzná hodnota, tím navrhuje opatrenia, ktoré by riziko týchto možných chýb mali znížiť (*doporučené opatrenia*). Prednosť by mali mať opatrenia, ktoré znižujú pravdepodobnosť výskytu chýb. Vhodným opatrením v tejto oblasti je napríklad zavedenie štatistickej regulácie a pravidelné vyhodnocovanie spôsobilosti procesu.

Súbor doporučených opatrení tím predkladá zodpovednému vedúcemu ku schváleniu a prideleniu zodpovednosti a termínu realizácie opatrení. [6]

### 3.5.4 Hodnotenie stavu po realizácii opatření

Po realizácii opatrení tím FMEA najprv analyzuje, či prevedené opatrenia zodpovedajú plánovaným opatreniam a opätovne hodnotia riziko chýb, na ktoré boli opatrenia zamerané. Nové zistené hodnoty umožňujú posúdiť účinnosť jednotlivých opatrení, prípadne určiť nové možné chyby s vysokou mierou rizika. [6]

## II. PRAKTICKÁ ČASŤ

## 4 PREDSTAVENIE SPOLOČNOSTI DELTA ELECTRONICS

Medzinárodná spoločnosť Delta Electronics (Slovakia), s.r.o.

je členom Delta Electronics Group z Taiwanu s celosvetovo viac ako 60 000 zamestnancami. Skupina Delta je najväčším



svetovým výrobcom napájacích zdrojov. Široké produktové portfólio zahŕňa výrobu riešení napájacích systémov a obnoviteľnej energie, systémov solárnej energie, energicky úsporných produktov LED osvetlenia, komerčných zobrazovacích systémov ako video steny, LED a LCD obrazovky a rôzne projektory, systémov priemyselnej automatizácie, elektronických komponentov pre IT, telekomunikácie a automobilový priemysel.

Spoločnosť Delta Electronics (Slovakia), s.r.o., pôsobí na Slovensku od roku 1994, keď vzniklo predajné zastúpenie v Bratislave a začala sa spolupráca na výrobe našich produktov s lokálnym partnerom v Novej Dubnici. V roku 2001 bola založená výrobná spoločnosť v Novej Dubnici. Za posledné roky spoločnosť prešla niekoľkými zmenami, z ktorých najvýznamnejšie bolo začlenenie sa do skupiny Delta a zlúčenie dvoch sestier - výrobnéj a predajnej divízie do jednej jednotky. Dňa 4. mája 2007 bola v Dubnici nad Váhom oficiálne otvorená vlastná výrobná prevádzka. Nový podnik je vybavený modernými technológiami na výrobu komplexného portfólia produktov:

- napájacích zdrojov,
- komponentov napájacích systémov (usmerňovače, invertory a kontrolné jednotky),
- kompletných napájacích systémov.

Tieto produkty poskytujú napájanie pre telekomunikácie, IT, priemyselnú automatizáciu a medicínske zariadenia. Postupne sa zaviedla výroba solárnych invertorov, ktorá patrí v súčasnosti k najdynamickejšie rastúcim odvetviam.

Výrobný koncept je založený na realizácii spoľahlivých a inovatívnych riešení ušitých podľa potrieb zákazníkov. Moderný podnik so sídlom v Dubnici nad Váhom, ktorého fungovanie vystihuje súčinnosť kvalitných zariadení, štruktúrovaných procesov a skúsených kvalifikovaných zamestnancov, má ambície stať sa východoeurópskou centrálou Delty pre výrobu a servis. [15]

## 4.1 História Delta Electronics Slovakia

### 1993

Začiatok spolupráce medzi ZŤS Elektronikou a Deltou (vtedy Ascom Frako).

### 2000

Slovensko sa stáva hlavným sídlom produkcie v Európe s následnou modernizáciou výrobného závodu ZŤS.

### 2001

Založenie vlastnej spoločnosti Ascom Energy Systems (Slovakia) s.r.o.

### 2003

Delta preberá divíziu Energy Systems od švajčiarskej skupiny Ascom, vrátane Delta Energy System Slovensko.

### 2005

Začíname vykonávať zákaznícky servis (opravárenské centrum) a posielat' zásielky zo Slovenska priamo svojim zákazníkom.

### 2006

Rozbiehame vlastné predajné aktivity a rozhodli sme sa postaviť vlastný výrobný závod.

### 2007

Otvorenie vlastného výrobného závodu v Dubnici nad Váhom.

### 2010

Najúspešnejší rok v histórii Delta Electronics Slovakia vďaka nárastu obchodných aktivít a boomu na fotovoltaickom trhu.

### 2011

Rozšírenie prevádzky s plánmi rozšírenia produktového portfólia a vstupu na nové trhy.

[15]

## 5 APLIKÁCIA METÓDY FMEA VO VÝROBNOM PROCESE

Metóda FMEA je jedna zo základných metód plánovania a zlepšovania kvality. Aplikácia tejto metódy umožňuje podrobnú analýzu a preskúmanie výrobného procesu, čím sme schopní odhaliť jeho slabé miesta a iniciovať jeho zlepšenie.

Dôvodom aplikácie metódy FMEA bolo rozhodnutie vedenia postupne aplikovať metódu FMEA ako štandard pre všetky výrobné procesy v organizácii s cieľom zamerať sa na optimalizáciu výroby produktu CICERO D0109175. Hlavnou úlohou bolo zníženie rizík vzniku chýb a možných následných reklamácií, predchádzať chybovosti produktu, efektívne stanoviť body kontroly vyrábaného produktu a kontrolné miesta vo výrobnom procese (vytvorenie podkladov pre zostavenie kontrolného plánu procesu.). Nesmieme zabudnúť na overovanie účinností zavedených nápravných opatrení pre eliminovanie chybovosti.

Znižovanie chybovosti produktu má taktiež značný dopad na znižovanie výrobných nákladov na nekvalitu a s tým spojenú cenu finálneho produktu.

Pre riešenie daného problému bola použitá procesná FMEA. Úlohou bolo nájsť také miesta vo výrobnom procese, kde je možné zaviesť opatrenia na predchádzanie nežiaducich problémov a tým zvýšiť spoľahlivosť a kvalitu celého výrobného procesu.

### 5.1 Predstavenie produktu CICERO D0109175

Produkt CICERO D0109175 sa v organizácii Delta Electronics vyrába už od roku 2005. Od tých čias prešiel výraznými zmenami resp. vylepšeniami, ktoré postupne eliminovali nedostatky spôsobené výrobnými pracovníkmi a technologickým procesom vo výrobnom procese.

V praxi sa používa ako napájací zdroj pre vysokorýchlostné digitálne produkčné tlačiarne a veľkoformátové tlačové systémy pre technickú dokumentáciu a reklamnú grafiku.



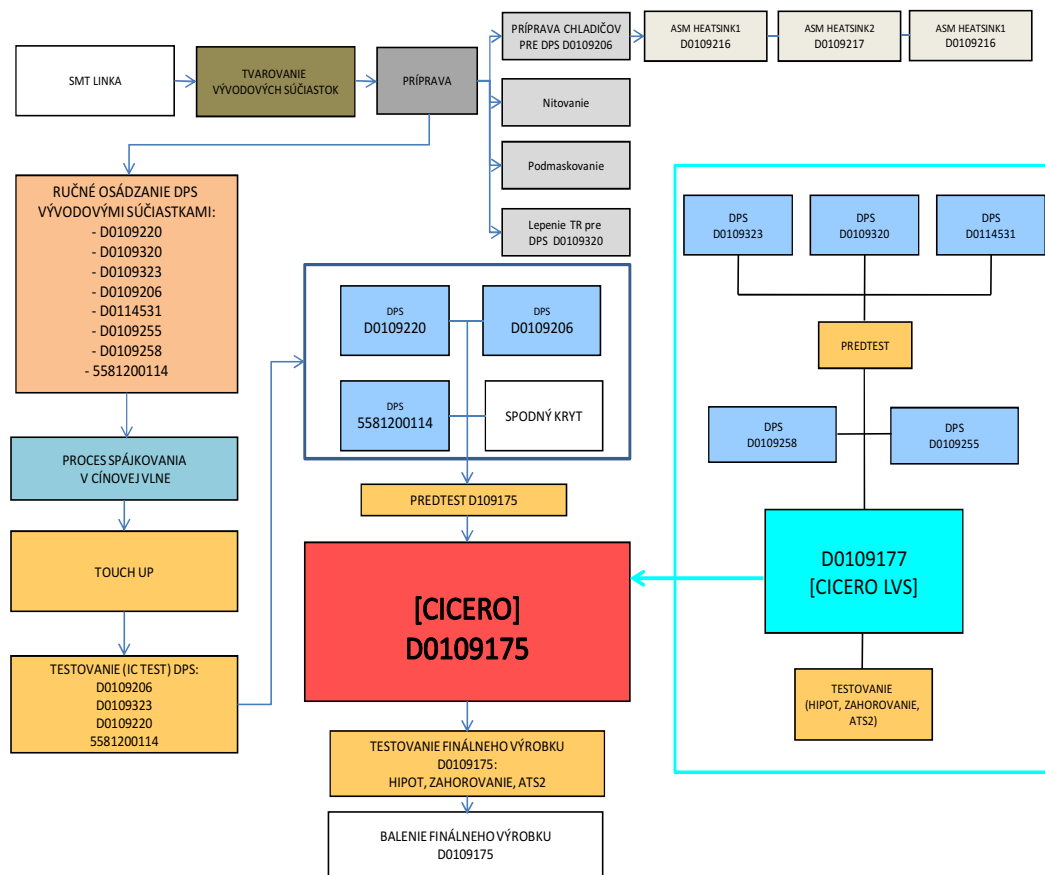
*Obr. 13. Velkoformátová tlačiareň.*

## 5.2 Proces výroby produktu CICERO D0109175

Výroba produktu CICERO D0109175 sa skladá z niekoľkých na seba naviazaných operácií, ako sú:

- tvarovanie vývodových komponentov,
- príprava DPS (montáž chladičov, nitovanie, lepenie transformátora, podmaskovanie),
- osádzanie DPS vývodovými komponentmi,
- spájkovanie,
- montáž modulu LVS,
- finálna montáž CICERO D0109175,
- balenie.

Pre lepšie pochopenie postupnosti a náväznosti operácií sme vytvorili process flow chart:



Obr. 14. Process flow chart.

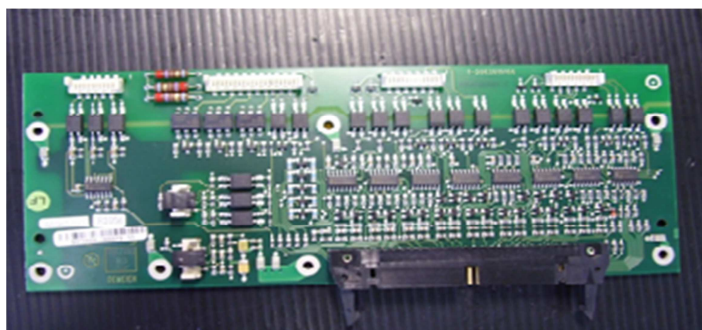
### 5.2.1 SMT linka

SMT linka nie je predmetom našej analýzy FMEA, ale vstupným dodávateľom do nášho výrobného procesu. Avšak pre ucelenosť obrazu uvádzame stručné vysvetlenie tejto technológie.

SMT technológia je určená k automatickému potláčaniu cez kovovú planžetu, osadzovaniu a pretaveniu SMD komponentov na dosky plošných spojov (DPS) pomocou aplikácie (olovnatej, bezolovnatej) pasty pretavením a pomocou epoxidového lepidla vytvrdnutím. Technológia umožňuje jednostranné osadzovanie na pastu alebo lepidlo a tiež obojstranné osadzovanie pre kombináciu pasta – pasta, pasta - lepidlo podľa požiadaviek zákazníka.

Proces prebieha v nasledovných krokoch:

- **Potlačanie:** nanosenie pasty/lepidla cez kovovú planžetu na predpísané plochy DPS. Kovová planžeta má špecifické rozmery a hrúbku pre každý typ osadzovanej DPS.
- **Osádzanie:** na potlačenú DPS (pastou/lepidlom) sa osádzajú SMD komponenty pomocou plnoautomatického osadzovacieho zariadenia. Osadzovacie zariadenie pracuje v súčinnosti s osadzovacími zásobníkmi – „feeder“, ktoré zabezpečujú prenos SMD komponentov zo zásobníkov (kotúčové, plastové tácky) pomocou otočnej karuselovej hlavy pracujúcej na vákuovom princípe s podporou kamerového systému na definované miesto potlačenej DPS.
- **Kontrola:** potlačených a osadených DPS, kontrolný priestor sa nachádza v procese výrobných linky za osadzovacím automatom a pred pretavovacou pecou. Ide o vizuálnu kontrolu, kde je možné odhaliť nesplnenie kvalitatívnych a technologických operácií v predchádzajúcich krokoch procesu.
- **Pretavovacia pec:** je určená na pretavenie a tým vodivé zospájkovanie osadených komponentov DPS na pastu, alebo vytvrdnutie lepidla, ktoré zabezpečí fixovanie osadených komponentov zo spodnej strany DPS. Takto pripravené DPS sú určené na ďalšie spracovanie technológiou ručného vkladania vývodových komponentov s následným zospájkovaním prechodom cínovou vlnou.
- **AOI (Automatic Optical Inspection) kontrola** - zariadenie AOI kontroluje a vyhodnocuje kvalitu pretavenia - zaspájkovania a správnosť osadenia SMD komponentov.



Obr. 15. Osadená DPS SMD komponentmi.



### 5.2.2 Tvarovanie

Prvým pracoviskom, kde sa celý výrobný proces začína, po SMT linke je pracovisko:

**Tvarovanie:** na tomto pracovisku sa vykonáva: príprava, tvarovanie, strihanie a formovanie vývodových súčiastok podľa tvarovacieho návodu (predpisu). Niektoré typy súčiastok sú náchylné na poškodenie alebo zničenie vplyvom elektrostatického výboja ESD (Electro Static Discharge). Počas týchto operácií a už pri samotnom vstupe do výrobnéj haly, je potrebné, aby pracovníci dodržiavali predpisy na ochranu proti ESD a používali ochranné prostriedky ako: ESD plášť, ESD náramok, ESD obuv. Používaním sa predchádza vzniku výrobných porúch, ktoré sú zapríčinené elektrostatickým výbojom. Z hľadiska ESD môžeme rozoznávať dve výrobné poruchy. Prvá z nich znamená okamžité zlyhanie súčiastky, čo je lepší prípad, pretože sa porucha zistí v procese výroby, a tak sa výrobok nedostane ku spotrebiteľovi. V druhom prípade ide o tzv. latentnú chybu, ktorá nemusí znamenať okamžitú poruchu súčiastky. Takáto porucha sa môže objaviť po uvedení výrobku do prevádzky už u samotného spotrebiteľa, čo okrem značných výdavkov na opravu, môže viesť k strate prestíže a poškodenie mena značky výrobku. V súčasných trhových podmienkach, ani jeden výrobca si nemôže dovoliť také riziko, pretože je pravdepodobné, že nespokojný spotrebiteľ, si pri ďalšom nákupe zvolí výrobok iného výrobcu. Treba preto uznať, že zanedbanie ESD ochrany a poruchy s tým súvisiace, môžu spôsobiť značné škody.

K tvarovaniu, naformovaniu, nastrihaniu vývodov komponentov sa používajú ručné, mechanické, pneumatické a elektrické zariadenia. Pre bezpečnú manipuláciu s tvarovacími a strihacími zariadeniami, je nutné dodržať technologické postupy, kontrolu správneho natvarovania, naformovanie a nastrihanie komponentov podľa kontrolnej DPS, kontrolnej šablóny, alebo meradla podľa tvarovacieho predpisu.

Počas prípravy vývodových komponentov, musia pracovníci venovať pozornosť najmä:

- správnej dĺžke vývodov – krátke, dlhé vývody,
- správny rozstup vývodov,
- použitie správneho tvarovacieho predpisu,
- použitie tvarovacieho zariadenia podľa pracovnej inštrukcie.

Natvarované súčiastky sú po kontrole uvoľnené podpisom na pracovisko osádzania. Kontrola prebieha v troch krokoch uvedených v tvarovacom predpise:

- kontrola prvých 5 kusov,
- náhodná kontrola v procese tvarovania,
- kontrola posledného natvarovaného prvku.



Obr. 16. Natvarované vývodové súčiastky.

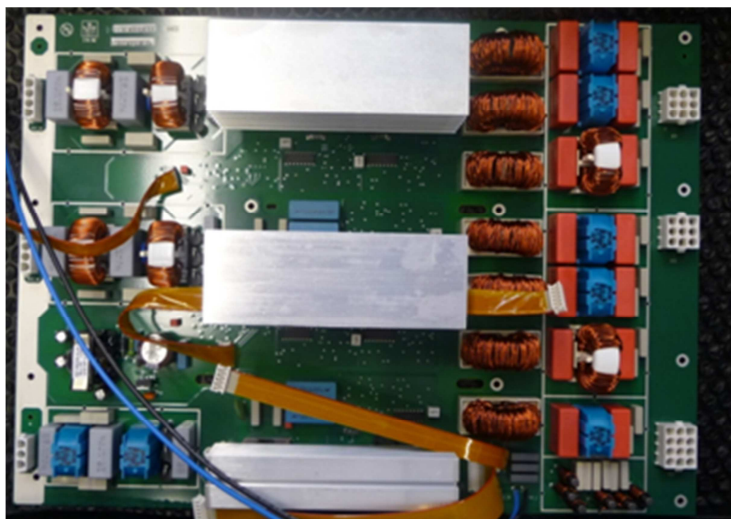
### 5.2.3 Príprava DPS

#### *Montáž chladičov*

Na pracovisku príprava chladičov, sa ešte pred samotným ručným osádzaním DPS vývodovými komponentmi uskutočňuje montáž - príprava chladičov HSK1 - D0109216, HSK2 - D0109216, HSK3 - D0109217 vstupujúcich do DPS D0109206.

Príprava chladičov v zmysle technologického predpisu obsahuje tieto kontrolné body:

- správna pozícia prvkov,
- dostatočné nanosenie teplovodivej pasty,
- zatlačenie pružinových pier,
- dotlačenie držiakov.



*Obr. 17. DPS D0109206 s chladiči.*

### ***Nitovanie***

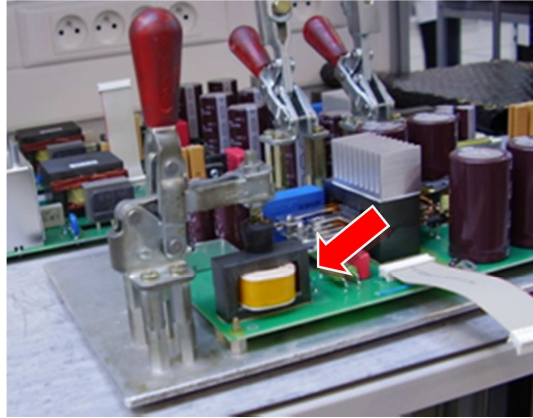
Nitovanie je výrobná operácia, pri ktorej sa prostredníctvom nitovacej hlavice, predpísaného typu nitu a strmeňa zabezpečí správna poloha a uchytenie konektora na DPS. Nitovanie je realizované na DPS: D0109320, D0109323, D0109206, D0109220, 5581200114.

### ***Podmaskovanie***

Podmaskovanie je výrobná operácia, pri ktorej sa prostredníctvom tepelne odolnej pásky „Kapton“, alebo tepelne odolnej „Jordan“ pasty pokrývajú montážne otvory a miesta, ktoré nie sú počas prechodu cínovou vlnou prekryté spájkovacím rámom. Predchádza sa tak možnému pretekaniu spájky cez nepodmaskované miesta.

### ***Lepenie transformátora***

Lepenie je výrobná operácia, pri ktorej dochádza prostredníctvom lepidla k prilepeniu transformátora DR203 na DPS D0109320. Lepením je vytvorený mechanicky pevný spoj medzi transformátorom a doskou plošného spoja. Fixovanie v presne definovanej pozícii je zabezpečené pomocou fixačného rámu a prítlakov.



*Obr. 18. Lepenie transformátora.*

#### 5.2.4 Osádzanie DPS

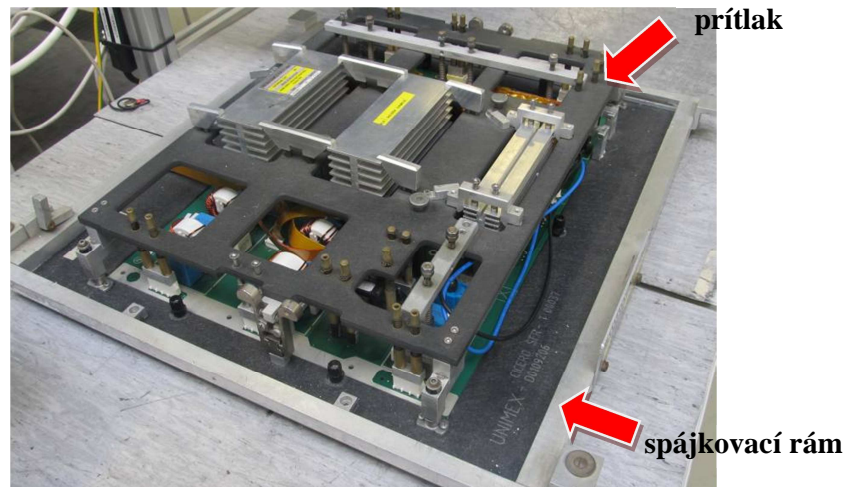
Osádzanie DPS vývodovými komponentmi je realizované manuálne, jednotlivými pracovníkmi na pracoviskách na to určených a prispôsobených. Výrobní operátori v definovanom výrobnom toku činností vykonávajú pracovné operácie prípravkami, pomôckami a nástrojmi. Proces osádzania je riadený prostredníctvom technologickej dokumentácie (práca s aktuálnou a riadenou technologicou dokumentáciou), osadzovacej tabuľky a plánu osádzania. Osadzovanie je realizované na ôsmych typoch DPS:

- |            |              |
|------------|--------------|
| - D0109206 | - D0109255   |
| - D0109220 | - D0109258   |
| - D0109320 | - D0114531   |
| - D0109323 | - 5581200114 |

Manuálne osadzovanie vývodových komponentov v zmysle technologickeho predpisu obsahuje tieto kontrolné body:

- správnosť osadenia, (poloha, definované miesto),
- správnu polaritu / polohu komponentov v DPS s pohľadom elektrickej funkcie,
- správny typ komponentov,
- kompletnosť súčiastok, (zoznam komponentov),
- správne upevnenie a použitie spájkovacieho rámu.

Osadená DPS je vložená do spájkovacieho rámu s vrchným krytom – tzv. prítlakom na zabezpečenie správnej polohy vývodových súčiastok a položená na dopravník spájkovacej vlny.



Obr. 19. Osadená DPS v spájkovacom ráme.

### 5.2.5 Spájkovanie v cínovej vlně

Cieľom spájkovania v elektrotechnike je vytvorenie spoľahlivého mechanického a elektrického spojenia materiálov prostredníctvom spájky v cínovej vlně.

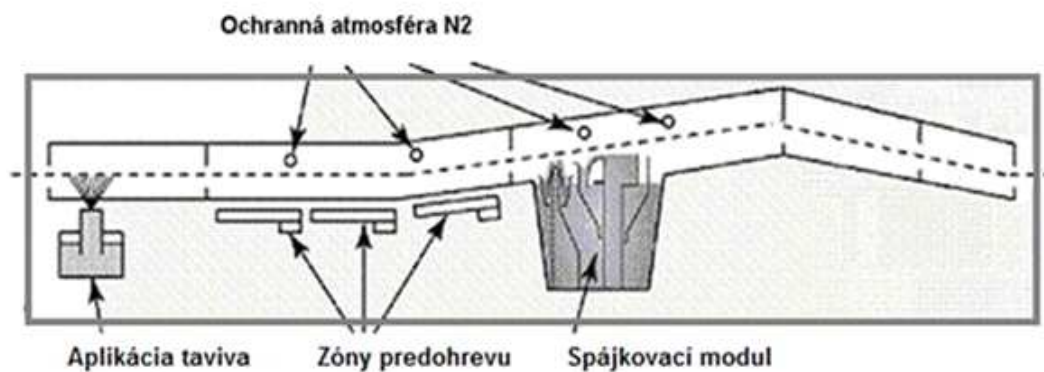
Cínová vlna je zariadenie určené na strojné spájkovanie dosiek plošných spojov vo zvlhnom cínovom kúpeli. Zariadenie je zakomponované v procesnom toku výroby osadzovania DPS.



Obr. 20. Cínová vlna ERSA.

Procesy spojené so spájkovaním v cínovej vlně:

1. Automatické nastavenie parametrov
2. Aplikácia taviva
3. Zóny predohrevu
4. Spájkovací modul



Obr. 21. Prierez cínovou vlnou s jednotlivými procesmi.

### *Automatické nastavenie parametrov*

Po osadení je DPS vložená do spájkovacieho rámu a položená na dopravník cínovej vlny. Pred vstupom spájkovacieho rámu do zariadenia (cínovej vlny) sa načíta programový kód pomocou synchrokódu alebo čipu prislúchajúci danej DPS. Jednotlivé parametre sa programujú pomocou PC terminálu a sú uložené v pamäti zariadenia. Súbor týchto informácií obsahuje napríklad:

- množstvo nanášaného taviva,
- variabilné nastavenie teplôt predohrevných zón,
- teplota spájkového kúpeľa,
- rýchlosť dopravníka.

### *Aplikácia taviva*

Tavivo je nekovový chemický materiál tekutej koexistencie, ktorého hlavná funkcia spočíva v zabránení oxidácie a v očistení kontaktných plôšok pred spájkovaním. Znižovaním povrchového napätia sa zvyšuje zmáčavosť povrchu a tak zabraňuje opätovnej oxidácii pri procese spájkovania.

### *Zóny predohrevu*

Hlavná funkcia predohrevu spočíva v odparení riedidla - nosnej časti taviva, zahriatí taviva na pracovnú teplotu (aktivácia taviva) a zahriatí DPS so súčiastkami, čím sa skôr dosiahne spájkovacia teplota a zabráni sa tepelnému šoku DPS a súčiastok v momente prechodu cez vlnu. Predohrev v cínovej vlne je zložený z viacerých po sebe nasledujúcich zón. Jednotky zón predohrevov sú konštruované ako výhrevné tepelné špirály, výhrevné kazety s nútenou konvekciou alebo infračervené žiariče (IR lampy).

### *Spájkovací modul*

Spájkovanie zabezpečuje spôsob metalurgického spájania kovových častí roztavenou spájkou, pričom spájkované plochy nie sú natavené, ale iba zmáčané použitou spájkou.

Pri spájkovaní v cínovom kúpeli (vlne) sa doska plošných spojov umiestnená v spájkovacom ráme pohybuje pomocou dopravníka šikmo pod uhlom 6 - 8° a dotýka sa hrebeňa vlny roztavenej spájky.

Po prechode DPS spájkovacím procesom a vybratím zo spájkovacieho rámu, nasleduje vizuálna kontrola DPS operátorom cínovej vlny. Vykonáva sa vizuálnym porovnávaním stavu spájkovania komponentov na DPS s požiadavkami normy kvality IPC A-610D.

### 5.2.6 Vizuálna kontrola (Touch-up)

Je vizuálna kontrola procesu osádzania a procesu spájkovania (správne umiestnenie komponentov, správna polarita, prítomnosť komponentov a navzlínanie a pod.), podľa technologickej dokumentácie a podľa požiadaviek normy **kvality IPC A-610D - Kritéria prijateľnosti elektronických zostáv** - tento štandard je súhrnom kritérií pri vizuálnej kontrole kvality elektronických zostáv.

Produkt CICERO D0109175 je vyrábaný v Delta Electronics v súlade s touto medzinárodnou normou podľa triedy 2 – Elektronické výrobky pre špecializované použitie, pri ktorých je požadovaný vysoký výkon, predĺžená životnosť, kde je žiaduca neprerušená prevádzka a spoľahlivosť.

### 5.2.7 Proces testovania

Je kontrola elektrických parametrov špecifikovaných pre daný produkt. Nastavenie merateľných parametrov je definované v testovacej, alebo funkčnej špecifikácii. Rozoznávame štyri základné typy testov:

**IC test** – obvodový test – je overenie elektrických a funkčných parametrov komponentov osadených na DPS, vodivých prepojení, kvality spájkovania.

**Hi-pot** – vysokonapäťový bezpečnostný test - je najdôležitejší test každého produktu v testovacej procedúre. Je zameraný na elektrickú bezpečnosť a životnosť produktu pre nasledujúce zaobchádzanie vo výrobnom procese a u zákazníka. Vysokonapäťovým testom overujeme správnosť kontaktácie medzi PE (ochranný vodič), hlavným terminálom, krytom a všetkými uzemňovacími bodmi na DPS. Tieto kontakty sú merané prostredníctvom volt-ampérovej charakteristiky.

**ATS test** – funkčný test - Je jedným z hlavných skúšok, ktorým overujeme funkčné a elektrické parametre zariadenia definované technickou dokumentáciou. Prostredníctvom funkčného testu sú testované elektrické a funkčné parametre, ako napr. výstupné napätie a prúd, prepätie, preťaženie, nadprúd, regulácie záťaže atď.



**Zahorovanie** – spoľahlivostný test - je druh testu s overením si životných funkcií pri plnej záťaži zariadenia. Proces zahorenia sa vykonáva v špeciálnych testovacích komorách. Dĺžka a spôsob vykonania testu je podľa testovacej špecifikácie, ktorá je jedinečná pre každé zariadenie.

Pre overenie správnej funkčnosti testovacieho zariadenia resp. adaptéra ( jedinečného pre každý produkt) použijeme „zlatú vzorku“ – „etalón“ a „dummy vzorku“ - nezhodný produkt.

Prostredníctvom **zlatej vzorky** sa deklaruje, že testovacie zariadenie (adaptér) je funkčné a pripravené na overenie elektrických parametrov produktu

Prostredníctvom **dummy vzorky** sa deklaruje, že testovacie zariadenie je funkčné a po zachytení chyby je testovacie zariadenie schopné vypísať zistenú nezhodu v danom kroku testu.

### 5.2.8 Montáž modulu LVS D0109177

Po operáciách: tvarovanie, príprava, osádzanie, spájkovanie v cínovej vlne a jednotlivých testoch DPS nasleduje montáž modulu LVS D0109177.

Pri montáži postupujú pracovníci podľa pracovnej inštrukcie, technologického výkresu. Montáž modulu LVS D0109175 je zložená z dvoch fáz. V prvej fáze je zabezpečenie správnej montáže DPS:

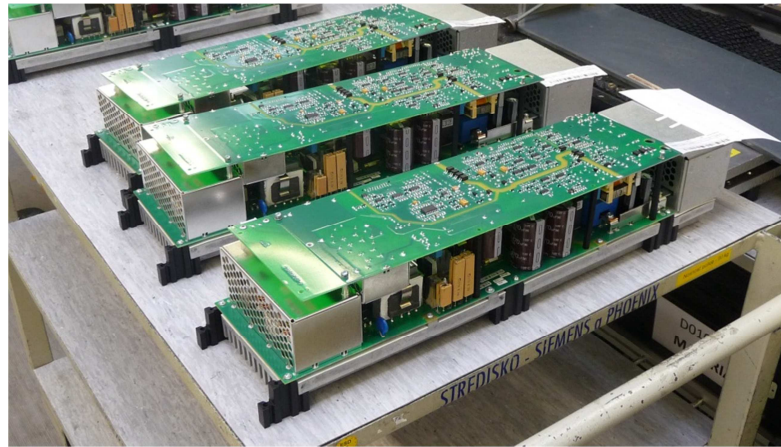
- D0109320
- D0109323
- D0114531 + puzdro

Po montáži nasleduje evidencia – snímanie čiarového kódu zložených DPS do PC, nalepenie evidenčných štítkov. Nasleduje elektrický predtest ATS1 – prvý funkčný test.

V druhej fáze nasleduje montáž pod zostáv do finálneho funkčného celku, zostavenie krytov a panelov.

- D0109255
- D0109258 + puzdro.

Opäť nasleduje evidencia, lepenie štítkov a následne potom finálnu podskupinu LVS D0109177 dáme na pracovisko testov: Hi-pot, zahorovanie, ATS2- druhý funkčný test.



*Obr. 22. Modul LVS D0109177.*

### **5.2.9 Finálna montáž D0109175**

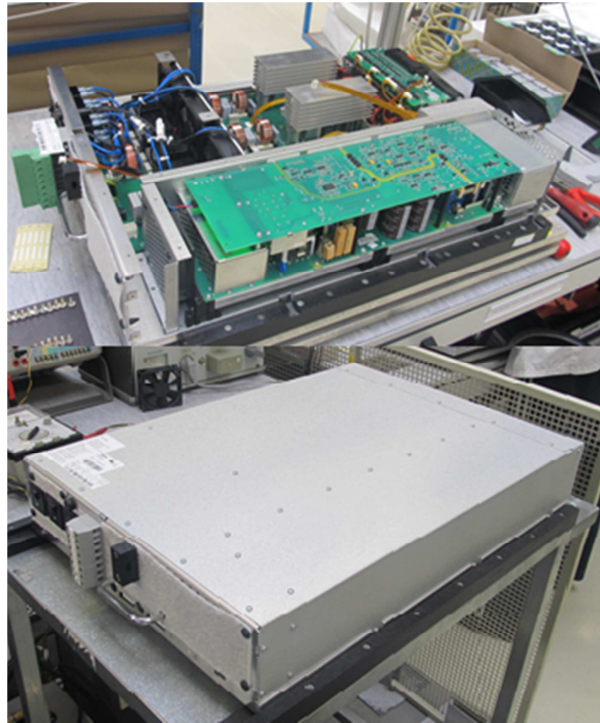
Podľa technologického postupu sa nasledujúce DPS vložia do chassi:

- DPS D0109220
- DPS D0109206
- DPS 5581200114

Po montáži nasleduje evidencia zložených DPS do PC, a predtest prístroja Cicero – bez podskupiny LVS podľa testovacej špecifikácie.

Po teste nasleduje montáž: LVS D0109177, vrchného krytu, filtra, držiaku. Nalepenie evidenčných štítkov.

Na záver sa uskutočňuje testovanie finálneho výrobku CICERO D0109175 (Hi-pot, zahorovanie, funkčný test)



Finálna montáž D0109175 pred zakrytovaním

Finálny produkt CICERO D0109175

*Obr. 23. Finálna montáž.*

### 5.2.10 Balenie

Po absolvovaní testovacích procedúr je produkt pripravený na balenie. V procese balenia je produkt vložený do predpísaného obalu, alebo do prepravky, podľa príslušného baliaceho predpisu. Pred balením je podrobený vizuálnej kontrole kvality. priamo na produkte splnenie všetkých predpísaných testov a operácií (prítomnosť štítkov), priloženie a správne zloženie príbalového materiálu. Po zabalení je produkt určený na expedíciu.

## 5.3 Zostavenie tímu FMEA

Ako už bolo spomenuté, metóda FMEA je založená na tímovej práci, preto je vždy prvým krokom zostavenie riešiteľského tímu FMEA.

Tím bol zostavený z odborníkov zaoberajúcich sa danou problematikou. Naša problematika bola zameraná na optimalizáciu výroby produktu CICERO D0109175, preto aj zastúpenie tímu bolo v nasledovnom zložení: A. Janček - QE - inžinier kvality, ktorý je zodpovedný za zabezpečenie kvality vyrábaného produktu, riešenie problémov vo výrobe, a riešenie

zákazníckych reklamácií - komunikácia so zákazníkom. Ďalšou členkou tímu bola A. Augustínová - TE – technolog inžinier – ktorá sa v organizácii zaoberá vypracovaním technologických a výrobných postupov pre výrobu produktu CICERO a je zodpovedná za správnú montáž produktu. Jej úlohou bolo poskytnúť všetky dostupné informácie a pracovné podklady. V tíme boli zastúpené profesie, ktoré sú v priamom kontakte s výrobou G. Kranečová – LQC – líniový kvalitár - podpora oddelenia kvality, ktorá je zodpovedná za riešenie problémov súvisiacich s kvalitou vo výrobe. A P. Samul – majster výrobnéj linky – ktorý je zodpovedný za plynulý priebeh výrobnéj linky, plnenie výrobných objednávok, dohľad nad operátormi. E. Mikulová – ako člen tímu som na základe poznatkov zo štúdia bola nápomocná a podieľala som sa na implementácii metódy FMEA vo výrobnom procese, na vytvorení a vyplňaní formulárov FMEA.

Úlohou pracovného tímu bolo preskúmať všetky chyby a nezhody, ktoré by teoreticky mohli nastať a odhaliť možné následky týchto nezhôd a ich pravdepodobné príčiny.

## 5.4 Formulár FMEA

Pre vytvorenie procesnej FMEA sme zostavili a použili nasledovný formulár (Obr. 24).

FMEA PROCESU																		
Položka: _____		Zodpovedný za proces: _____				Číslo FME												
Ročník/program modelu: _____		Kritický termín: _____				Strana: _____												
Zloženie tímu: _____		_____				Pripravil: _____												
_____		_____				Dátum (Originál): _____												
Krok procesu / Funkcia	Požiadavka	Možná chyba	Možný následok (-y) chyby	Význam	Klasifikácia	Možná příčina (-y) chyby	Súčasne používané metódy na				RPN	Doporučené opatrenia	Zodp. pracovník Termín ukončenia	Zavedené opatrenia Termín zavedenia	Výsledky opatrení			
							Prevenčiu voči výskytu	Výskyt	Odhalenie výskytu	Odhalenie					Význam	Výskyt	Odhalenie	RPN
analýza a hodnotenie súčasného stavu											návrh opatrení			hodnotenie stavu po realiz.opatrení				

Obr. 24. Formulár FMEA procesu.

Formulár sa skladá zo štyroch celkov. Prvá časť tvorí **hlavička formulára**, ktorá sa skladá najmä z interných informácií firmy, ako sú firemné označenia, mená zodpovedných pracovníkov, dátumy a iné dáta, ktoré pomáhajú pri zaradovaní a k lepšej orientácii pri opätovnom vyhľadávaní tohto formulára.

V časti **analýza a hodnotenie súčasného stavu** prebieha podrobný rozbor operácií. Definovanie možnej chyby, následku a príčiny. Zisťujú sa súčasné metódy používané na prevenciu voči výskytu a metódy na odhalenie výskytu. Na záver analýzy sa hodnotí súčasný stav vyčíslením RPN.

**Návrh opatrení** v tomto kroku tím navrhne doporučené opatrenia prostredníctvom ktorých by sa mala zabezpečiť náprava. Určí sa zodpovedný pracovník a termín realizácie.

**Kontrola stavu po realizácii opatrení** – po zavedení a nadobudnutí účinnosti opatrení tím odhadne nové hodnoty významnosti, výskytu a odhalenia. Vypočíta sa aj nová hodnota RPN.

## 5.5 Analýza a hodnotenie súčasného stavu

Po zostavení tímu, sme pristúpili k samotnej analýze jednotlivých operácií výrobného procesu. Naše zistenia sme priebežne zapisovali do formulárov FMEA procesu.

Do prvej kolónky **krok procesu/funkcia** boli zapísané jednotlivé operácie výrobného procesu produktu CICERO D0109175, tak ako idú chronologicky za sebou v poradí: tvarovanie, príprava, nitovanie, lepenie TR, osádzanie DPS, spájkovanie, montáž modulu LVS, finálna montáž až po balenie.

Potom boli ku každej operácií stanovené **požiadavky**, ktoré musia byť splnené, aby výstupom bol produkt podľa požiadaviek definovaných v technologicko-kontrolnom postupe TKP a výkresovej prílohe.

Ďalej nasledovala samotná analýza **možných chýb**, ktoré by sa pri jednotlivých operáciách mohli vyskytnúť. Pritom platí pravidlo, že sa vyhodnocujú všetky možné chyby, aj také ktoré sa na prvý pohľad zdajú bezvýznamné alebo by sa mohli vyskytovať len veľmi zriedkavo. Pri operácií tvarovanie sú to chyby ako: dlhé alebo krátke vývody súčiastok, nesprávny rozstup vývodov, prípadne zničená, poškodená súčiastka. Pri operácií príprava chladičov by sa mohli vyskytnúť nasledovné chyby: zámena pozície prvkov, nedostatočné naniesenie teplovodivej pasty, nezatlačenie alebo nesprávne dotlačenie držiakov a pružinových pier. Pri operácií nitovanie tím určil len dve možné chyby: prasknutý alebo voľný nit. Pri operácií lepenie transformátora boli určené chyby ako: nevhodné množstvo lepidla, nesprávne vložený transformátor do prípravku. Pri operácií osádzanie DPS vývodovými komponentmi, ktorá je náročná na pozornosť a zručnosť operátora, bolo zazname-

naných niekoľko možných chýb ako napr.: zámena, neosadenie súčiastky, poškodenie súčiastky ESD výbojom, vyosenie osádzaných komponentov, a iné. Pri operácií spájkovanie môžu vzniknúť chyby napr.: nezaspájkovaná súčiastka alebo DPS, zaliatie DPS spájkou, vyplaveniu súčiastky pri spájkovacom procese, prítomnosť nežiaducich cínových guľčiek na DPS po spájkovaní. Operácie montáž LVS a finálna montáž produktu sa skladajú z množstva postupných krokov, čím vzniká väčšia pravdepodobnosť možných chýb. Pri montáži boli mimo iných, menej významných chýb typu nesprávne zapojenie, zámena, či chýbajúce skrutky, zistená chyba nedostatočné nanosenie teplovodivej pasty, pri ktorej nám vzniká vysoké rizikové číslo. Pri poslednej operácií balenie sa môžu vyskytnúť chyby ako poškodenie produktu, nesprávne zloženie príbalového materiálu.

V ďalšom kroku tím analyzoval *možné následky chýb*, kde boli určené jednotlivé možné následky, ku ktorým by mohlo dôjsť vznikom chyby. Jednalo sa najmä o následky typu ako: nefunkčnosť alebo znížená životnosť produktu, znížená spoľahlivosť, ale aj menej závažné následky ako: uvoľnené skrutky, kozmetické chyby, atď.

Pri kolónke *význam* sme sa zamysleli nad vážnosťou možných následkov analyzovanej chyby. Index významu nadobúda hodnoty v rozsahu od „1“ do „10“ v tabuľke (Tab. 2), kde hodnota 1 znamená žiadny následok, naopak hodnota 10 znamená, že vznik chyby priamo a bez výstrahy ohrozuje život a bezpečnosť pracovníka, či zákazníka. V našom procese sa tak závažný význam nevyskytoval a index nadobúdaval hodnoty v rozsahu od 2-8. Význam 8 sa vyskytol pri operáciách: príprava chladičov, osádzanie DPS, spájkovanie. Pri týchto operáciách by mohlo dôjsť k závažnému narušeniu s následkom, že produkt by bol nefunkčný.

*Kolónka klasifikácia* sa používa pre označenie veľmi dôležitých chýb a s nimi súvisiacich príčin, ktoré si vyžadujú ďalšie preskúmanie či pozornosť. Väčšinou sa jedná o chyby, ktoré majú vplyv na funkčnosť, bezpečnosť. Pre lepšiu sledovateľnosť sme si ich označili špeciálnymi charakteristikami, ktoré sú zdefinované a popísané v internom dokumente organizácie PFMEA.

▲ - **Význam „10“** - Následkom možnej chyby je vplyv na bezpečnosť výrobku a/alebo vážne porušenie zákonných nariadení bez predchádzajúceho varovania.

★ - **Význam „9“** - Následkom možnej chyby je vplyv na bezpečnosť výrobku a/alebo vážne porušenie zákonných nariadení s predchádzajúcim varovaním

☆ - **Význam „8“** - Strata základnej funkcie (nefunkčný výrobok, bežná prevádzka nie je ohrozená).

▣ - **SPC** - pre daný procesný krok je nasadená štatistická regulácia procesu (merané charakteristiky sú kontrolované pomocou SPC).

◎ - **vzhľadovo významné charakteristiky** sú špecifikované vizuálne body kontroly na danom materiály, alebo produkte definované interne, vývojovým centrom, alebo externe (určené zákazníkom).

V našom procese sa špecifikácia ☆ - Význam „8“ vyskytla pri operáciách príprava chladičov, osádzanie DPS.

Ďalšou položkou, ktorou sa tím pri svojej práci zaoberal, bola analýza všetkých *možných príčin*, ktoré majú vplyv na vznik novej chyby. Napríklad pri operáciách tvarovanie pri chybách dlhé alebo krátke vývody boli ako možné príčiny stanovené použitie nesprávneho prípravku, zlý tvarovací predpis alebo nesprávne nastavenie tvarovacieho zariadenia. Ďalšou možnou príčinou pri tejto operácii je nedodržanie požiadaviek ESD ochrany, ktorá sa týka aj ostatných operácií. Veľmi často vyskytujúcou sa príčinou vo všetkých operáciách je znížená pozornosť operátora, ktorá môže byť spôsobená rôznymi vplyvmi. Pri operáciách spájkovanie boli určené príčiny: nevhodný alebo opotrebovaný spájkovací rám, nevhodný teplotný profil, nenaniesenie tavidla. Pri operáciách montáž LVS a finálna montáž ešte vznikajú možné príčiny: príliš veľký uťahovací moment, alebo nesprávny bit, nesprávny uhol pri montáži.

Ďalším krokom tímu, bolo hodnotenie výskytu danej chyby. **Výskyt** – je index, ktorý sme vyjadrovali v hodnotách od „1“ do „10“. Týmto indexom sme vyjadrili pravdepodobnosť výskytu príčiny, ktorá vyústi do analyzovanej chyby. Kritéria pre hodnotenie výskytu sú popísané v tabuľke (Tab. 3).

Ďalej nasledovala analýza súčasne používaných metód na *prevenciu voči výskytu*. Sú to také metódy, prostredníctvom ktorých dochádza k zníženiu pravdepodobnosti výskytu chyby. Jednalo sa najmä o certifikáciu operátorov, profilax (interný systém, databáza chýb a poruchovosti testovacích adaptérov, zariadení vo výrobe). Pri operáciách (tvarovanie, spájkovanie, nitovanie), kde sa používajú zariadenia sú zavedené pravidelné údržby (denná, týždenná, mesačná,) strojov a zariadení. Používanie ESD testovacieho zariadenia pri vstupe do EPA zóny. Pri montáži sa jednalo o samokontrolu vykonanej činnosti a vizualizáciu pracovných inštrukcií.

Medzi súčasne používané metódy na **odhalenie výskytu** pri operácií tvarovanie patrí kontrola prvých 5 kusov z dávky. Pri ostatných operáciách sú to najmä zavedené kontroly elektrických parametrov. Používajú sa štyri základné typy testov: IC test - obvodový test, Hi-pot- vysokonapäťový bezpečnostný test, ATS test –funkčný test, a zahorovanie (spohľadlivostný test). Prostredníctvom týchto testov by sa mala zaručiť vysoká pravdepodobnosť odhalenia chyby. Pri operáciách osádzanie a spájkovanie je zavedená vizuálna kontrola (touch-up).

Pri stanovení indexu **odhalenie** tím vychádzal z tabuľky (Tab. 4), kde nízke hodnoty znamenajú vysokú pravdepodobnosť odhalenia, to znamená najlepšie už behom samotnej operácie, alebo tesne po nej. Naopak vysoké hodnoty znamenajú, že odhalenie vzniknutej chyby je veľmi nepravdepodobné resp. náhodné. Pri operáciách, kde sú zavedené kontroly elektrických parametrov ma index odhalenie hodnotu 5. To nám hovorí, že chybu odhalíme nasledujúcim testovacím zariadením, tento chybný kus je nutne odstrániť manuálne operátorom z výrobného procesu a tiež označením v systéme ako nezhodný. Hodnota 6 – nízka pravdepodobnosť odhalenia, sa týka najmä operácie montáž, kedy sa jedná hlavne o chyby typu: zamenené, chýbajúce skrutky či súčiastky. Veľmi vysokú hodnotu odhalenia - 9 nadobúdajú operácie príprava chladičov a montáž LVS, pri kroku obojstranného nanášania teplovodivej pasty na keramické kamene, kde nie je možné zistiť či bola pasta nanesená v dostatočnom množstve. A tiež chyba nezatlačenie pružinových pier pri uvedených operáciách je veľmi ťažko odhaliteľná.

Po celkovej analýze možných chýb, príčin a následkov a určení hodnôt jednotlivých indexov, sme pristúpili k samotnému vyhodnoteniu rizikového čísla RPN, ktorý je súčinom: významu, výskytu a odhalenia:

$$\text{RPN} = \text{Význam} \times \text{Výskyt} \times \text{Odhalenie}$$

Výstupom analýzy sú formuláre pre každú jednu operáciu (prílohy: P I – P IX), Pareto diagram (Obr. 25).

Pri zostrojovaní diagramu sme zamerali **na možné príčiny chýb**, vzhľadom na to, že na jednotlivé možné chyby nám pôsobilo viac potenciálnych možných príčin, čím nám nastávala situácia, že chyby nadobúdali rôzne rizikové čísla RPN. Pre lepšiu orientáciu sme



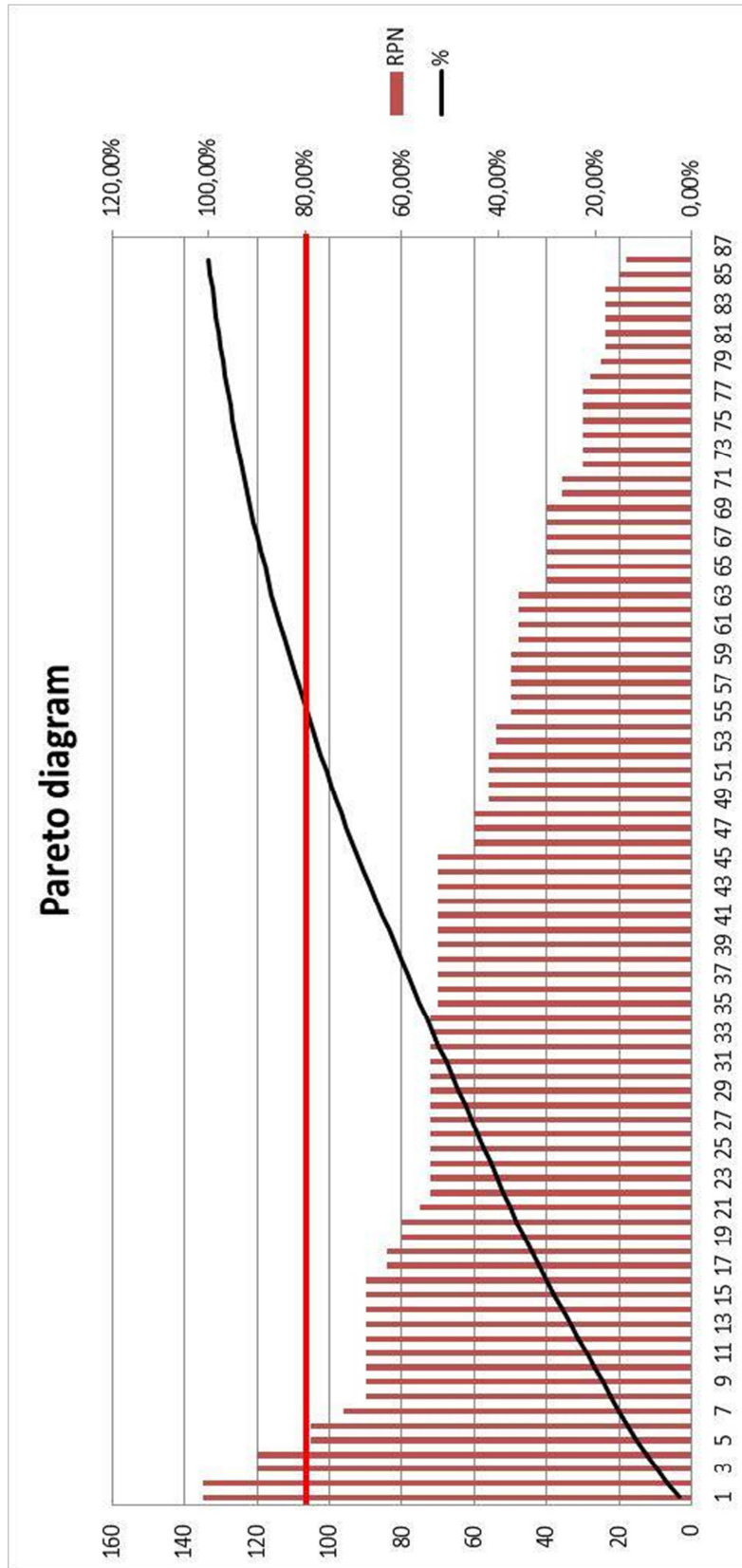
zostrojili tabuľku ( Tab. 5), v ktorej sme zoradili možné príčiny chýb od najvyššieho rizikového čísla RPN po najnižšie a farebne rozlíšili podľa operácií, aby sme mali rýchly prehľad, ktorá operácia má najvyššie číslo RPN.

Ďalej sme tabuľku pre zostrojenie Pareto diagramu (Obr. 25) doplnili o kumulatívny počet RPN a percentuálny podiel, zostrojili sme graf a na záver sme cez graf preložili Lorenzovú krivku (relatívna kumulatívna početnosť). Z diagramu nám vyplýva, že bod zlomu (kritický bod), od ktorého by sme sa mali venovať nápravným opatreniam je ak príčina chyby nadobúda hodnotu rizikového čísla RPN 50.

Tab. 5. Tabuľka možných príčin chyby.

Tvarovanie	Príprava chladičov	Nitovanie	Lepenie TR	Osádzanie	Spájkovanie	Montáž LVS	Finálna montáž	Balenie
por. č.	Možná príčina chyby					RPN	Kumulatívny počet	%
1	Nanesenie nesúvislej vrstvy pasty					135	135	2,50%
2	Nanesenie nesúvislej vrstvy pasty					135	270	5,01%
3	Zámena materiálu pri vychystávaní					120	390	7,23%
4	Nesprávna manipulácia					120	510	9,46%
5	Zámena materiálu pri vychystávaní do zásobníkov					105	615	11,41%
6	Znížená pozornosť operátora					105	720	13,35%
7	Manipulácia s produktom v procese výroby					96	816	15,13%
8	Nesprávna manipulácia					90	906	16,80%
9	Nesprávna pozícia pružinového pera					90	996	18,47%
10	Nesprávne dotlačenie pružinového pera					90	1086	20,14%
11	Nesprávna pracovná inštrukcia					90	1176	21,81%
12	Znížená pozornosť operátora					90	1266	23,48%
13	Nesprávna manipulácia					90	1356	25,15%
14	Nesprávna pozícia klipov					90	1446	26,82%
15	Nesprávne dotlačenie klipov					90	1536	28,49%
16	Znížená pozornosť operátora					90	1626	30,16%
17	Znížená pozornosť operátora					84	1710	31,71%
18	Znížená pozornosť operátora					84	1794	33,27%
19	Nezrozumiteľne vyhotovená TKP					80	1874	34,76%
20	Zámena prvku operátorom					80	1954	36,24%
21	Chýbajúci alebo nesprávne osadený prítlak na cínovom ráme					75	2029	37,63%
22	Náklon medzi nitovanými dielmi a nitovacím tŕňom					72	2101	38,97%
23	Nesprávna pracovná inštrukcia					72	2173	40,30%
24	Znížená pozornosť operátora					72	2245	41,64%
25	Zlý technický stav prípravku					72	2317	42,97%
26	Použitý príliš veľký uťahovací moment					72	2389	44,31%
27	Nesprávny uhol pri montáži skrutky					72	2461	45,64%
28	Nesprávne použitý bit					72	2533	46,98%
29	Znížená pozornosť operátora					72	2605	48,31%
30	Znížená pozornosť operátora					72	2677	49,65%
31	Použitý príliš veľký uťahovací moment					72	2749	50,98%
32	Nesprávny uhol pri montáži skrutky					72	2821	52,32%
33	Nesprávne použitý bit					72	2893	53,65%
34	Manipulácia s produktom v procese výroby					72	2965	54,99%
35	Nesprávne nastavenie tvar. zariadenia					70	3035	56,29%
36	Použitie nesprávneho prípravku					70	3105	57,59%
37	Zlý tvarovací predpis (zámena TP, predpísané nevhodné tvarovacie zariadenie)					70	3175	58,88%
38	Opatrebovanie, chyby na prístroji					70	3245	60,18%
39	Nesprávna manipulácia so súčiastkou					70	3315	61,48%
40	Nedodržanie požiadaviek ESD ochrany					70	3385	62,78%
41	Nezrozumiteľne vyhotovená TKP					70	3455	64,08%
42	Zámena prvku operátorom					70	3525	65,37%
43	Nejasne vyznačená polarita v prac. Predpise					70	3595	66,67%

44	Nevhodný alebo opotrebovaný spájkovací rám	70	3665	67,97%
45	Znížená pozornosť operátora	70	3735	69,27%
46	Nedotlačená súčiastka alebo neosadený prítlak	60	3795	70,38%
47	Nenanesenie tavidla	60	3855	71,49%
48	Nezaznamenanie predchádzajúcej výrobnéj operácie v CIM systéme	60	3915	72,61%
49	Znížená pozornosť operátora	56	3971	73,65%
50	Nedodržanie požiadaviek ESD ochrany	56	4027	74,68%
51	Znížená pozornosť operátora	56	4083	75,72%
52	Znížená pozornosť operátora	56	4139	76,76%
53	Nevhodný nitovací trň	54	4193	77,76%
54	Znížená pozornosť operátora	54	4247	78,76%
55	Nesprávne nastavenie tvar. zariadenia	50	4297	79,69%
56	Použitie nesprávneho prípravku	50	4347	80,62%
57	Zlý tvarovací predpis	50	4397	81,55%
58	Nevhodný alebo opotrebovaný spájkovací rám	50	4447	82,47%
59	Nenanesenie tavidla	50	4497	83,40%
60	Znížená pozornosť operátora	48	4545	84,29%
61	Znížená pozornosť operátora	48	4593	85,18%
62	Znížená pozornosť operátora	48	4641	86,07%
63	Neúplné pracovné inštrukcie	48	4689	86,96%
64	Znížená pozornosť operátora	40	4729	87,70%
65	Nedodržanie požiadaviek ESD ochrany	40	4769	88,45%
66	Nesprávne vložená DPS do spájkovacieho rámu	40	4809	89,19%
67	Nedostatočne upevnená DPS v spájkovacom ráme	40	4849	89,93%
68	Znížená pozornosť operátora	40	4889	90,67%
69	Znížená pozornosť operátora	40	4929	91,41%
70	Nesprávna manipulácia	36	4965	92,08%
71	Znížená pozornosť operátora	36	5001	92,75%
72	Nesprávne nastavenie tvar. Zariadenia	30	5031	93,30%
73	Použitie nesprávneho prípravku	30	5061	93,86%
74	Zlý tvarovací predpis	30	5091	94,42%
75	Zlý technický stav tv. zariadenia	30	5121	94,97%
76	Zlý technický stav tv. zariadenia	30	5151	95,53%
77	Znížená pozornosť operátora	30	5181	96,09%
78	Nejasne vyznačená polarita v prac. Predpise	28	5209	96,61%
79	Nevhodný teplotný profil	25	5234	97,07%
80	Neplatná kalibrácia skrutkovača	24	5258	97,51%
81	Neúplné pracovné inštrukcie	24	5282	97,96%
82	Znížená pozornosť operátora	24	5306	98,41%
83	Neúplná pracovná inštrukcia	24	5330	98,85%
84	Neplatná kalibrácia	24	5354	99,30%
85	Znížená pozornosť operátor	20	5374	99,67%
86	Znížená pozornosť operátora	18	5392	100,00%
	<b>spolu</b>		5392	



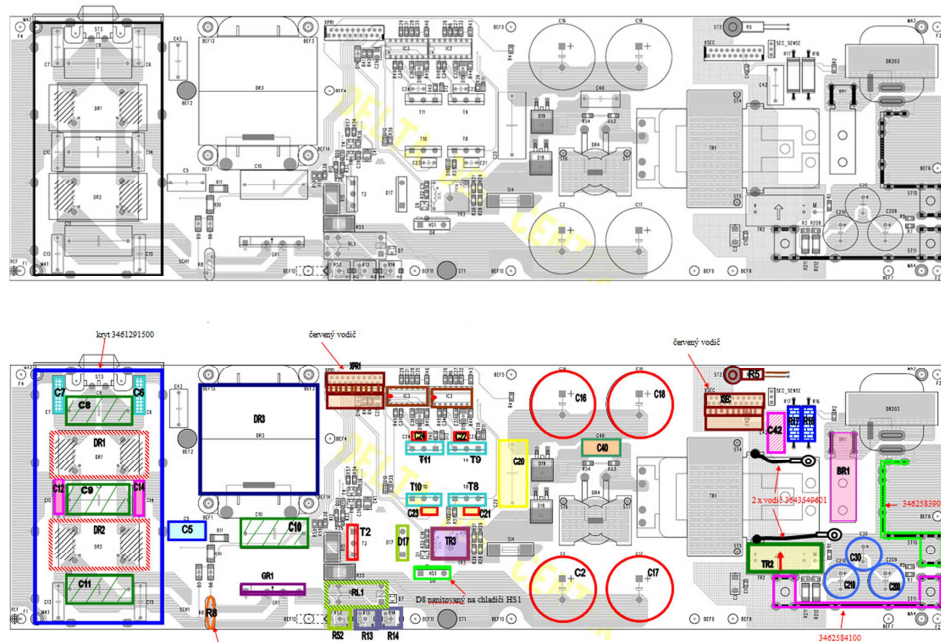
Obr. 25. Pareto diagram.

## 5.6 Návrh opatrení

Po analýze súčasného stavu procesu, jeho vyhodnotení RPN, a zostrojení grafu sme sa začali zaoberať návrhom nápravných opatrení. Aj keď z grafu vyplynulo, že hranica kedy by sa tím mal zaoberať nápravnými opatreniami je, ak príčina chyby nadobudne hodnotu RPN 50, tým sa rozhodol zamerať len na kľúčové body s vyššou hodnotou RPN. Dôvodom pre takéto rozhodnutie bol fakt, že v niektorých prípadoch nie je pre organizáciu efektívne (investovanie do nových zariadení a prípravkov - zvýšenie nákladov na výrobu produktu) alebo možné (terajší stav – technická vybavenosť zariadení používaných v organizácii) riešiť takéto nápravné opatrenia.

V prvom rade sme sa zamerali na návrh opatrení pre chyby, ktoré boli označené špeciálnou charakteristikou ☆ - Význam „8“ (operácie: príprava chladičov a osádzanie DPS). Pri príprave chladičov boli navrhnuté nasledovné opatrenia:

- možná príčina chyby: nezrozumiteľne vyhotovený TKP, bolo doporučeným opatrením *Farebné značenie súčiastok vo výkrese a na prípravku.*



Obr. 26. Farebné značenie súčiastok vo výkrese a na prípravku.

- možná príčina chyby: záměna prvku operátorom - *Farebné označovanie komponentov pri tvarovaní podľa farby na zásobníku a vo výkrese* – počas tvarovania automatické farebné označenie na „telíčko“ komponentu.
- možná príčina chyby: záměna materiálu pri vychystávaní - *Zavedenie automatickej sledovateľnosti materiálu určeného k vychystaniu - aplikácia v internom intranetovom systéme.*

Pri operácií osádzanie DPS, bolo pre možnú príčinu chyby: mechanicky poškodené SMD komponenty (RPN 120), doporučené opatrenie *používanie ochranných prostriedkov pri SMD komponentoch, zmena spôsobu balenia*. Pre operátorov výroby bolo navrhnuté zaviesť používanie rukavíc, a po komunikácií s dodávateľom SMD komponentov bola navrhnutá zmena spôsobu balenia komponentov.

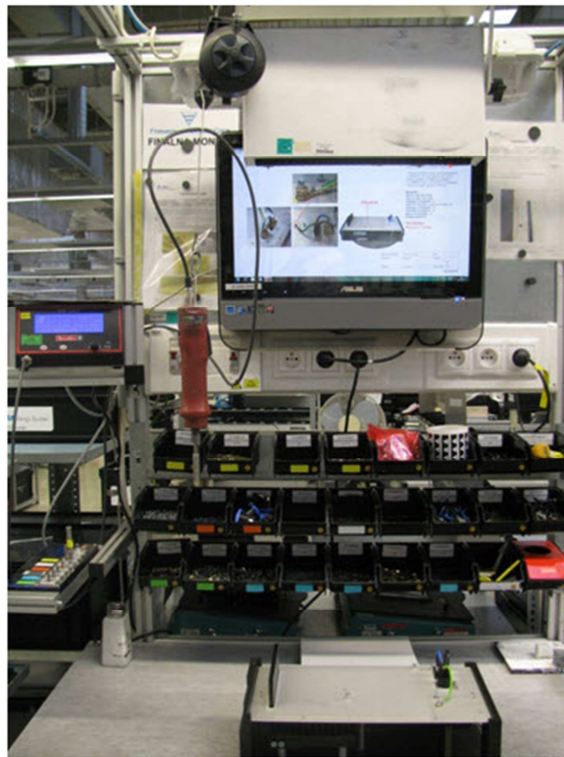
V ďalšom kroku boli navrhnuté opatrenia pre možné príčiny chyby, ktoré dosahovali najvyššiu hodnotu RPN 135 (operácia príprava chladičov a montáž LVS). Pri týchto operáciách vznikal problém pri obojstrannom nanášaní teplovodivej pasty na keramické kamene. Doterajší postup, pri ktorom operátor položil kamene na natretú podložku a valčekom naniesol vrstvu teplovodivej pasty nezaručoval, že na kamene je nanesená predpísaná hrúbka a súvislá vrstva pasty. Uvedená chyba môže mať za následok zníženú životnosť finálneho produktu vplyvom nezabezpečenia dostatočnej priľnavosti medzi komponentom a chladičom, alebo vplyvom nesprávneho chladenia komponentu. Doporučeným opatrením v týchto prípadoch bolo *zavedenie prípravku pre naniesenie súvislej vrstvy pasty*. Do prípravku sa vložia keramické kamene a pomocou stierky zabezpečíme naniesenie rovnomernej vrstvy teplovodivej pasty. Ďalšou chybou, ktorá vznikala pri týchto operáciách bola nesprávna pozícia a dotlačenie pružinových pier (RPN 90), ktoré zabezpečujú správne ustavenie prvkov a izolačných podložiek. Mechanický lis má byť nahradený *automatickým lisovacím zariadením*, ktoré zabezpečuje správnu polohu a doraz pružinových pier. Navyše by sa operácie zefektívnili z časového hľadiska, kedy sa jedným úkonom zatlačia všetky pružinové perá naraz.

Pri operácií príprava bolo navrhnuté ešte jedno doporučené opatrenie *snímanie barcode štítku* – čiarového kódu, prostredníctvom ktorého sa má zabrániť záměne materiálu pri vychystávaní (RPN 105) a následne nesprávne osadeniu. Pracovník pri vychystávaní materiálu do zásobníkov naskenuje pomocou skenera čiarový kód na ESD zásobníku

a kód na ESD vrečku. V prípade nezhody kódov systém zablokuje uskutočnenie ďalšieho kroku.

V prípade operácie osádzanie DPS, kde sa vyskytovala najčastejšia príčina chyby znížená pozornosť operátora, bolo navrhnuté opatrenie *zmena usporiadania ESD zásobníkov*. Toto opatrenie vychádzalo zo samotného návrhu a skúsenosti výrobných operátorov.

V procesoch montáž LVS a finálna montáž, kde je kladená požiadavka na zvýšenú pozornosť operátora sa nevyskytovali vysoké hodnoty rizikového čísla RPN, ale pre zvýšenie efektívnosti procesu bolo navrhnuté opatrenie *elektronický spôsob vizualizácie technologického postupu*. Operátor postupoval pri montáži len na základe výkresov, pri ktorých vznikala väčšia pravdepodobnosť vzniku chyby. Zavedením elektronickej vizualizácie sa má zabezpečiť názornejší sled jednotlivých úkonov, používaných prípravkov, náradia a pomôcok.



Obr. 27. Elektronický spôsob vizualizácie technologického postupu.

Po stanovení doporučených opatření bol určený termín a osoba, ktorá je zodpovedná za realizáciu navrhnutých opatrení.

## **5.7 Hodnotenie stavu po realizácií opatrení**

Záverečným krokom FMEA a úlohou tímu bolo pri zrealizovaných doporučených opatreniach zhodnotiť ich prínos. Potom, čo nadobudli účinnosť zavedené opatrenia, tím odhadol nové hodnoty významnosti, výskytu a odhalenia, vypočítala sa aj nová hodnota RPN. Rizikové číslo po vykonaní opatrení by malo byť nižšie, ak by taký stav nenastal je nutné zamyslieť sa nad novými opatreniami a hodnotenie prepracovať. Všetky nové hodnoty by mali byť časom validované, pretože zavedené opatrenie samo o sebe ešte nemusí garantovať očakávané zlepšenie.



## ZÁVER

V diplomovej práci som sa zaoberala metódami a nástrojmi manažérstva kvality, prostredníctvom ktorých môžeme efektívne plánovať a neustále zlepšovať kvalitu. Prvá časť práce sa zaoberá významom manažérstva kvality a obsahuje teoretický popis základných metód a nástrojov.

V praktickej časti boli tieto nástroje využité vo výrobnom procese v organizácii Delta Electronics Slovakia s.r.o.. Primárne som sa zamerala na metódu FMEA a Pareto diagram, ktorý s touto metódou úzko súvisí.

Organizácia sa v súčasnej dobe pripravuje na certifikáciu podľa normy ISO/TS 16949 a ako štandard zavádza metódu FMEA na všetky vyrábané produkty s cieľom zamerať sa na optimalizáciu výroby produktov, zvyšovanie kvality a efektívnosti procesov.

Metódu FMEA sme v tíme aplikovali na produkt CICERO D0109175. Hlavnou úlohou bolo zníženie rizík vzniku chýb a možných následných reklamácií, predchádzať chybovosti produktu, vytvorenie podkladov pre zostavenie kontrolného plánu procesu (efektívne stanoviť body kontroly vyrábaného produktu a kontrolné miesta vo výrobnom procese), definovať nápravné opatrenia.

Mojím prvým krokom pred samotnou analýzou procesu, bolo oboznámenie sa s celým výrobným postupom. Výroba produktu sa skladá niekoľkých na seba naviazaných operácií, ktoré som popísala v úvode praktickej časti.

Samotná analýza FMEA sa začína zostavením riešiteľského tímu, kde som sa zúčastnila ako člen tímu a na základe poznatkov zo štúdia som bola nápomocná a podieľala som sa na implementácii metódy FMEA vo výrobnom procese, na vytvorení a vyplňaní formulárov FMEA. V prvej fáze, analýza a hodnotenie súčasného stavu, boli tímom identifikované možné chyby a ich následky spolu s možnými príčinami chyby, ktoré sme priebežne zapisovali do formulárov FMEA. Tiež boli definované súčasne používané metódy na prevenciu voči výskytu a odhalenie výskytu. Analýza bola ukončená hodnotením súčasného stavu a to klasifikáciou indexov: význam, výskyt, odhalenie a následne vyčíslením rizikového čísla RPN. Na základe hodnôt RPN, ktoré prislúchali jednotlivým možným príčinám chyby sme zostrojili Pareto diagram, z ktorého nám vyplynulo, že bod zlomu (kritický bod), od ktorého by sme sa mali venovať nápravným opatreniam je ak príčina chyby nadobúda hodnotu rizikového čísla RPN 50.

V druhej fáze, návrh opatrení, sa tím rozhodol zamerať len na kľúčové body s vyššou hodnotou RPN, pretože zaoberať sa príčinami s nízkou hodnotou RPN 50 by bolo pre organizáciu neefektívne z ekonomického hľadiska alebo nemožné vzhľadom na súčasnú technickú vybavenosť.

Celkovo tím navrhol deväť nápravných opatrení, z ktorých niektoré už nadobudli účinnosť a boli zavedené do praxe, napríklad: farebné značenie súčiastok vo výkrese a na prípravku, zavedenie elektronickej vizualizácie pracovného postupu, snímanie barcode štítku, zmena usporiadania zásobníkov pre ESD komponenty.

Ďalšie navrhnuté opatrenia, ktoré ešte neboli zavedené do praxe, z dôvodu že ich zrealizovanie si vyžaduje dlhší časový interval - komunikácia s dodávateľom v prípade zmeny spôsobu balenia SMD komponentov, alebo si vyžadujú vyššiu investíciu organizácie - zavedenie automatických lisov, zavedenie prípravku na nanosenie súvislej vrstvy pasty.

Pri opatreniach, ktoré už boli aplikované tím odhadol nové hodnoty významnosti, výskytu a odhalenia, vypočítali sme nové hodnoty RPN, ktoré boli nižšie, čím sme dosiahli zníženie rizík vzniku chýb.

Na záver si tím stanovil termín kedy overí účinnosť všetkých zavedených nápravných opatrení a prehodnotí efektívnosť zadaných akcií.

Vypracovanie tejto diplomovej práce malo prínos pre organizáciu v niekoľkých bodoch:

- úspešná aplikácia metódy FMEA vo výrobnom procese – čím sme zabezpečili zvyšovanie kvality a efektívnosti procesu výroby produktu CICERO D 0109175,
- spracovanie formulárov FMEA pre jednotlivé operácie – vytvorenie podkladov pre zostavenie kontrolného plánu, ktorý je výsledkom poznatkov a opatrení získaných z FMEA a je prehľadom o kontrole výrobného procesu,
- stanovenie účinných nápravných opatrení – prostredníctvom ktorých by sme mali dosiahnuť optimalizáciu výroby produktu, zníženie rizík vzniku chýb a možných následných reklamácií.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

- [1] MATEIDES, A., a kol.: *Manažérstvo kvality: história, koncepty, metódy*. Bratislava: Epos, 2006. ISBN 80-8057-656-4.
- [2] STN EN ISO 9000:2006. *Systém manažérstva kvality - Základy a slovník*. Bratislava, 2006.
- [3] Avris Consulting. [online]. [cit. 2012-01-20]. Dostupné z: <http://www.avrisco.sk/sk/ISO9001?page=10011&conf=62f70ea5d796b2914c7016f68a75f706>
- [4] HRUBEC, J., VIRČÍKOVÁ, E. a kol.: *Integrovaný manažérsky systém*. Nitra, 2009. ISBN 978-80-552-0231-0.
- [5] STN EN ISO 9001:2008. *Systémy manažérstva kvality. Požiadavky*. Bratislava, 2009.
- [6] PLURA, J.: *Plánování a neustále zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543-1.
- [7] NENADÁL, J., NOSKIEVIČOVÁ, D., a kol.: *Moderní management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [8] HORÁLEK, V.: *Jednoduché nástroje řízení jakosti I*. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004. ISBN 80-02-01689-0
- [9] NENADÁL, J., NOSKIEVIČOVÁ, D., a kol.: *Moderní systémy řízení jakosti. Quality Managemet*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2005. ISBN 80-726-071-6
- [10] STOFIRA, K.: Kvalita produkcie. [online]. 6.6.2011 [cit. 2012-01-19]. Dostupné z: <http://www.kvalitaprodukcie.info/histogram/>.
- [11] KUBEČKA, P.: *Aplikácia moderného nástroja manažérstva kvality v konkrétnej firme* [online]. 2011 [cit.2012-01-12]. Dostupné z: [http://kiwiki.fmtnuni.sk/mediawiki/index.php/Aplik%C3%A1cia\\_modern%C3%A9ho\\_n%C3%A1stroja\\_mana%C5%BE%C3%A9rstva\\_kvality\\_v\\_konkr%C3%A9tnej\\_firme](http://kiwiki.fmtnuni.sk/mediawiki/index.php/Aplik%C3%A1cia_modern%C3%A9ho_n%C3%A1stroja_mana%C5%BE%C3%A9rstva_kvality_v_konkr%C3%A9tnej_firme). Bakalárska práca. Trenčianska Univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne.
- [12] ZGODAVOVÁ, K., a kol.: *Profesionál kvality*. Košice: TU Košice, 2001. ISBN 80-7099-669-2.

- [13] Metódy MK: Analýza rizík FMEA. In: *FMEA postup vypracovania* [online]. [cit. 2012-01-22]. Dostupné z: <http://kme.elf.stuba.sk/moodle/course/view.php?id=31>
- [14] FRANK, J. H.: *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001. ISBN 80-02-01476-6.
- [15] Delta Electronics. [online]. [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.deltaelectronics.sk/spolocnost/delta-electronics-slovakia.php>

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

DPS	Doska plošných spojov
ESD	(Electro Static Discharge) - elektrostatický výboj
FMEA	(Failure Mode and Effect Analysis) - analýza možnosti vzniku chýb a ich následkov
HSK	(Heatsink) - chladič
PDCA	Plan-Do-Check-Act
SMD	(Surface Mount Devices) - elektronické súčiastky pre technológiu povrchovej montáže
SMK	Systém manažérstva kvality
SMT	(Surface Mounting Technology) - technológia povrchovej montáže
TKP	Technicko-kontrolný postup
TR	Transformátor

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1. Model systému manažerstva kvality založený.....	16
Obr. 2. Cyklus PDCA.....	17
Obr. 3. Kontrolná tabuľka.....	20
Obr. 4. Tvary histogramov.....	21
Obr. 5. Vývojový diagram.....	24
Obr. 6. Štruktúra diagramu príčin a následkov.....	25
Obr. 7. Pareto diagram.....	27
Obr. 8. Regulačný diagram.....	28
Obr. 9. Bodový diagram.....	29
Obr. 10. Rozhodovací diagram.....	31
Obr. 11. Druhy FMEA.....	32
Obr. 12. Formulár FMEA.....	37
Obr. 13. Veľkoformátová tlačiareň.....	50
Obr. 14. Process flow chart.....	51
Obr. 15. Osadená DPS SMD komponentmi.....	52
Obr. 16. Natvarované vývodové súčiastky.....	54
Obr. 17. DPS D0109206 s chladičmi.....	55
Obr. 18. Lepenie transformátora.....	56
Obr. 19. Osadená DPS v spájkovacom ráme.....	57
Obr. 20. Cínová vlna ERSA.....	58
Obr. 21. Prierez cínovou vlnou s jednotlivými procesmi.....	58
Obr. 22. Modul LVS D0109177.....	62
Obr. 23. Finálna montáž.....	63
Obr. 24. Formulár FMEA procesu.....	64
Obr. 25. Pareto diagram.....	72
Obr. 26. Farebné značenie súčiastok vo výkrese a.....	73
Obr. 27. Elektronický spôsob vizualizácie.....	75

**ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 1. Symboly vývojových diagramov.....	24
Tab. 2. Hodnotenie významu chyby. [6] .....	40
Tab. 3. Kritéria hodnotenia výskytu chyby. [14] .....	42
Tab. 4. Hodnotenie pravdepodobnosti odhalenia chyby. [14].....	43
Tab. 5. Tabuľka možných príčin chyby.....	70

**ZOZNAM PRÍLOH**

- P I Formulár FMEA tvarovanie vývodových komponentov
- P II Formulár FMEA príprava chladičov
- P III Formulár FMEA nitovanie
- P IV Formulár FMEA lepenie
- P V Formulár FMEA osádzanie DPS
- P VI Formulár FMEA spájkovanie
- P VII Formulár FMEA montáž LVS
- P VIII Formulár FMEA finálna montáž
- P IX Formulár FMEA balenie







Tvarovanie vývodových komponentov	Natvarované súčiastky podľa tvarovacieho predpisu	Krátke vývody	Súčiastka sa dá osadiť bez požadovanej kontúry	5	Použitie nesprávneho prípravku	Jasné značenie prípravku	2	Kontrola prvých 5 kusov z dávky, Touch Up-100%, Hipot -100%, osádzanie	5	<b>50</b>									
				5	Zlý tvarovací predpis	Pri tvorbe TP kontrola na vzorke,	2	Kontrola prvých 5 kusov z dávky, Touch Up-100%, Hipot -100%, Osádzanie	5	<b>50</b>									
				5	Nesprávne nastavenie tvar. zariadenia	Uvoľnenie procesu/ produktu	2		5	<b>50</b>									
				5	Zlý technický stav tv. zariadenia	Pravidelná údržba (denná, týždňová, mesačná)	2	Kontrola prvých 5 kusov z dávky, priebežne a posledný kus	5	<b>50</b>									
		Zlý rozostup vývodov	Súčiastka sa nedá osadiť	3	Použitie nesprávneho prípravku	Jasné značenie prípravku	2	Kontrola prvých 5 kusov z dávky, priebežne a posledný kus Touch Up-100%, Hipot -100%, Osádzanie	5	<b>30</b>									



# PRÍLOHA P II: PRÍPRAVA CHLADIČOV

## FMEA PROCESU

Položka:	D0109175	Zodpovedný za proces:	A. Augustínová (TE)	Číslo FMEA:	PFMEA_D0109175_00
Ročník/program modelu:	OCE CICERO	Kritický termín:	30.3.2012	Strana:	1 z 3
Zloženie tímu:	A. Janček, A. Augustínová, G. Kranecová, P. Samul, E. Mikulová			Prípravil:	A. Janček, E. Mikulová
				Dátum (Originál):	26.3.2012

Krok procesu Funkcia	Požiadavka	Možná chyba	Možný následok (-y) chyby	Význam	Klasifikácia	Možná príčina (-y) chyby	Súčasne používané metódy na				RPN	Doporučené opatrenia	Zodp. pracovník Termín ukončenia	Výsledky opatrení				
							Preveniu voči výskytu	Výskyt	Odhalenie výskytu	Odhalenie				Zavedené opatrenia	Termín zavedenia	Význam	Výskyt	Odhalenie
Príprava chladičov	Správna montáž chladiča podľa TKP	Zámena pozície prvkov (súčiastok) na chladiči	Nefunkčnosť produktu	8	☆	Nezrozumiteľne vyhotovený TKP	Certifikácia operátora, Farebné značenie zásobníkov pre materiál, Farebné značenie súčiastok vo výkrese a na prípravku	2	100% - Vizuálna kontrola, ICT, FAT, Zahorovanie	5	80	Farebné značenie súčiastok vo výkrese a na prípravku	A. Augustínová 3. Apríl 2012	3. Apríl 2012	8	1	5	40
				8	☆	Zámena prvku operátorom					80							

Príprava chladičov	Správna montáž chladiča podľa TKP	Zámena pozície prvkov (súčiastok) na chladiči	Nefunkčnosť produktu	8	☆	Zámena materiálu pri vychystávaní	Kontrola dopĺňaného materiálu podľa označenia etikete obalu materiálu	3	100% - Vizualna kontrola, ICT, FAT, Zahorovanie	5	120	Zavedenie automatickej sledovateľnosti materiálu určeného k vychystaniu - aplikácia v internom intranetovom systéme	A. Janček 14. Maj 2012							
		Nedosaiahnutie požadovaných výstupných parametrov		7		Nezrozumiteľne vyhotovená TKP	Pripomienkovanie pri schvaľovaní dokumentácie	2	100% - Vizualna kontrola, ICT, FAT, Zahorovanie	5	70									
				7		Zámena prvku operátorom	Certifikácia operátora, Farebné značenie zásobníkov pre materiál Farebné značenie súčiastok vo výkrese a na prípravku	2		5	70									
				7		Zámena materiálu pri vychystávaní do zásobníkov	Kontrola dopĺňaného materiálu podľa označenia	3		5	105	Snímanie barcode štítku	A. Augustínová 14. April 2012	14. April 2012	7	2	5	70		
		Nedostaťtočné nanesenie teplovodivej pasty	Znížená životnosť produktu	5		Nesprávna manipulácia	Usporiadanie pracoviska	2	100% Vizualna kontrola	9	90	Zavedenie prípravku pre nanesenie súvislej vrstvy pasty	A. Augustínová 18. Maja 2012							

<b>Príprava chladičov</b>	Správna montáž chladiča podľa TKP	Nedosta- točné nane- senie teplo- vodivej pasty	Znížená životnosť produktu	5		Nanesenie nesúvislej vrstvy pasty	Certifikácia operátora	3	100% Vizuálna kontrola	9	<b>135</b>	<b>Zavedenie prípravku pre nanesenie súvislej vrstvy pasty</b>	A. Augus- tínová 18. Mája 2012					
		Nezatlače- nie pružino- vých pier	Znížená životnosť produktu	5		Nesprávna pozícia pružino- vého pera	Certifikácia operátora, Profylax	2	100% Vizuálna kontrola	9	<b>90</b>	<b>Automatické lisovacie zariadenie</b>	A. Augus- tínová 18. Mája 2012					
				5		Nesprávne dotlačenie pružinového pera	Certifikácia operátora, Profylax	2	100% Vizuálna kontrola	9	<b>90</b>	<b>Automatické lisovacie zariadenie</b>	A. Augus- tínová 18. Mája 2012					
				3		Nesprávna manipulácia	Certifikácia operátora	2	100% Vizuálna kontrola / 100%	6	<b>36</b>							
		Nesprávne dotlačenie držiakov	Neosadenie chladiča do DPS	3		Zlý technický stav tv. zariade- nia	Pravidelná údržba (denná, týždňová, me- sačná)	2	Profilax, Kontrola prvých kusov z dávky/ Profilax	5	<b>30</b>							

# PRÍLOHA P III: NITOVANIE

## FMEA PROCESU

Položka:	D0109175	Zodpovedný za proces:	A. Augustínová (TE))	Číslo FMEA:	PFMEA_D0109175_00
Ročník/program modelu: OCE CICERO		Kritický termín:	30.3.2012	Strana:	1 z 1
Zloženie tímu:	A. Janček, A. Augustínová, G. Kranecová, P. Samul , E. Mikulová			Pripravil:	A. Janček, E. Mikulová
				Dátum (Originál):	26.3.2012

Krok procesu Funkcia	Požiadavka	Možná chyba	Možný následok (-y) chyby	Význam	Klasifikácia	Možná príčina (-y) chyby	Súčasne používané metódy na				RPN	Doporučené opatrenia	Zodp. pracovník Termín ukončenia	Výsledky opatrení				
							Preveniu voči výskytu	Výskyt	Odhalenie výskytu	Odhalenie				Zavedené opatrenia Termín zavedenia	Význam	Výskyt	Odhalenie	RPN
Nitovanie	Mechanicky pevný spoj, kolmosť a orientácia nitu v DPS	Prasknutý nit	Nedostatočný mechanický a elektrický spoj	3		Nevhodný nitovací trň	Predpísanie správneho nitovacieho trňa	3	100% - Vizuálna kontrola, Touch up	6	54							
			Znížená spoľahlivosť	3		Nevhodný nitovací trň	Predpísanie správneho nitovacieho trňa	3	100% - Vizuálna kontrola, Touch up	6	54							
		Voľný nit	Nedostatočný mechanický a elektrický spoj	3		Náklon medzi nitovanými dielmi a nitovacím trňom	Certifikácia operátorov	4	100% - Vizuálna kontrola, Touch up	6	72							
			Znížená spoľahlivosť	3		Náklon medzi nitovanými dielmi a nitovacím trňom	Certifikácia operátorov	4	100% - Vizuálna kontrola, Touch up	6	72							



# PRÍLOHA P IV: LEPENIE

## FMEA PROCESU

Položka: D0109175      Zodpovedný za proces: A. Augustínová (TE)      Číslo FMEA: PFMEA\_D0109175\_00  
 Ročník/program modelu: OCE      Kritický termín: 30.3.2012      Strana: 1 z 2  
 CICERO  
 Zloženie tímu: A. Janček, A. Augustínová, G. Kranecová, P. Samul, E. Mikulová      Pripravil: A. Janček, E. Mikulová  
 Dátum (Originál): 26.3.2012

Krok procesu Funkcia	Požiadavka	Možná chyba	Možný následok (-y) chyby	Význam	Klasifikácia	Možná príčina (-y) chyby	Súčasne používané metódy na				RPN	Doporučené opatrenia	Zodp. pracovník Termín ukončenia	Výsledky opatrení				
							Preveniu voči výskytu	Výskyt	Odhalenie výskytu	Odhalenie				Zavedené opatrenia	Termín zavedenia	Význam	Výskyt	Odhalenie
Lepenie	Lepenie súčiastok na DPS podľa technologického postupu	Nevhodné množstvo lepidla	Znížená priľnavosť súčiastky na DPS	6		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora Uvoľnenie procesu/produktu	3	100% - Touch-up, ICT, FAT	4	72							
						Nesprávna pracovná inštrukcia	Spätná väzba z pracoviska prípravy (produkcie)	3	100% vizuálna kontrola na osádzaní, Touch up	4	72							
		Nesprávne vloženie TR do prípravku	Nedostatočné chladenie prvku	6		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora Uvoľnenie procesu/produktu	3	100% - Touch-up, ICT, FAT	4	72							

<b>Lepenie</b>	Lepenie súčiastok na DPS podľa technologického postupu	Nesprávne vložené TR do prípravku		6	Nesprávna pracovná inštrukcia	Spätná väzba z pracoviska prípravy (produkcie)	3	100% vizuálna kontrola na osádzaní, Touch up	4	<b>72</b>										
			Nevyhovujúci prítlak	6	Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora Uvoľnenie procesu/produktu	3	100% - Touch-up, ICT, FAT	4	<b>72</b>										
				6	Zlý technický stav prípravku	Pravidelná údržba (denná, týždňová, mesačná)	3		4	<b>72</b>										
			Znížená prílnavosť súčiastky na DPS	6	Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora Uvoľnenie procesu/produktu	3	100% - Touch-up, ICT, FAT	4	<b>72</b>										
				6	Nesprávna pracovná inštrukcia	Spätná väzba z pracoviska prípravy (produkcie)	3	100% vizuálna kontrola na osádzaní, Touch up	5	<b>90</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70			



<b>Osádzanie DPS</b>	DPS osadená podľa špecifikácie	Neosadená súčiastka	Nefunkčnosť produktu	7		Nejasne vyznačená polarita v prac. Predpise	Spätná väzba z pracoviska osádzania (produkcie)	1	100% - Touch-up, ICT, FAT	4	<b>28</b>									
		Nedotlačenie súčiastky pri ručnom osádzaní	Znížená životnosť produktu	5		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	2	100% - Touch-up, ICT, FAT	4	<b>40</b>									
		Vyosenie osádzaných súčiastok	Sťažená alebo nemožná montáž produktu	5		Chýbajúci alebo nesprávne osadený prítlak na cínovom ráme	Pravidelná údržba spájkovacích rámov a prítlakov, certifikácia operátora	3	Operátor CV, 100% Touch-up, operátor montáže	5	<b>75</b>									
		Zámena orientácie konektora	Nefunkčnosť produktu	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	100% - Touch-up, ICT, FAT	5	<b>105</b>									
				7		Nejasne vyznačená polarita v prac. predpise	Spätná väzba z pracoviska osádzania (produkcie)	2		5	<b>70</b>									
		Zámena vodičov	Nefunkčnosť produktu	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	100% - Touch-up, ICT, FAT	5	<b>105</b>									
				7		Nejasne vyznačená polarita v prac. predpise	Spätná väzba z pracoviska osádzania (produkcie)	2		5	<b>70</b>									
		Funkčné a nepoškodené súčiastky po osadení	Zničené súčiastky ESD výbojom	Nefunkčnosť prístroja	7		Nedodržanie požiadaviek ESD ochrany	ESD tester pri vstupe do EPA zóny, ESD plášť, obuv, podlaha, náramok	2	100% - ICT, FAT / 100% - ICT, FAT	4	<b>56</b>								

<b>Osádzanie DPS</b>	Funkčné a nepoškodené súčiastky po osadení	Poškodenie súčiastky ESD výbojom	Znížená životnosť produktu	5		Nedodržanie požiadaviek ESD ochrany	ESD tester pri vstupe do EPA zóny, ESD plášť, obuv, podlaha ,náramok	2	100% - ICT, FAT, Hi-Pot, zahorovanie	4	<b>40</b>							
		Zámena súčiastky	Nefunkčnosť produktu	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	100% - ICT, FAT, Hi-Pot, zahorovanie	5	<b>105</b>	<b>zmena usporiadania ESD zásobníkov na el. komponenty</b>	A. Augustínová 12. Apríl 2012	12. Apríl 2012	7	2	5	<b>70</b>
			Prístroj nespĺňa požadované parametre	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	100% - ICT, FAT, Hi-Pot, zahorovanie	5	<b>105</b>	<b>zmena usporiadania ESD zásobníkov na el. komponenty</b>	A. Augustínová 12. Apríl 2012	12. Apríl 2012	7	2	5	<b>70</b>
		Mechanicky poškodené SMD komponenty	Nefunkčnosť produktu	8	☆	Nesprávna manipulácia	Certifikácia operátora	3	100% - ICT, FAT, Hi-Pot, zahorovanie	5	<b>120</b>	<b>Použitie ochranných prostriedkov pre SMD komponenty/ zmena spôsobu balenia</b>	A. Janček 28. Jún 2012					
	upevnenie DPS v spájkovacom ráme, prítlaky	Zalíatie DPS spájkou	Produkt mimo špecifikácie	5		Nesprávne vložená DPS do spájkovacieho rámu	Certifikácia operátora	2	Operátor CV, 100% - Touch-up, ICT, Hi-pot, FAT	4	<b>40</b>							
		Vyplavenie súčiastky pri spájkovacom procese	Znížená životnosť produktu	5		Nedotlačená súčiastka alebo neosadený prítlak	Certifikácia operátora	3	Operátor CV, 100% - Touch-up, ICT, Hi-pot,	4	<b>60</b>							

Osádzanie DPS	upevnenie DPS v spájkovacom ráme, prítlaky	Cínové guľičky na DPS po spájkovacom procese	Znížená životnosť produktu	5		Nedostatočne upevnená DPS v spájkovacom ráme	Pravidelné čistenie spájkovacích rámov, Certifikácia operátora	2	Operátor CV, 100% - Touch-up, ICT, Hi-pot, FAT	4	40							
---------------	--	--	----------------------------	---	--	--	--	---	--	---	----	--	--	--	--	--	--	--







# PRÍLOHA P VII: MONTÁŽ LVS

## FMEA PROCESU

Položka:	D0109175	Zodpovedný za proces:	A. Augustínová (TE)	Číslo FMEA:	PFMEA_D0109175_00
Ročník/program modelu:	OCE CICERO	Kritický termín:	30.3.2012	Strana:	1 z 4
Zloženie tímu:	A. Janček, A. Augustínová, G. Kranecová, P. Samul, E. Mikulová			Prípravil:	A. Janček, E. Mikulová
				Dátum (Originál):	26.3.2012

Krok procesu Funkcia	Požiadavka	Možná chyba	Možný následok (-y) chyby	Význam	Klasifikácia	Možná príčina (-y) chyby	Súčasne používané metódy na				RPN	Doporučené opatrenia	Zodp. pracovník Termín ukončenia	Výsledky opatrení					
							Preveniu voči výskytu	Výskyt	Odhalenie výskytu	Opatrenie				Zavedené opatrenia Termín zavedenia	Význam	Výskyt	Odhalenie	RPN	
<b>Montáž LVS</b>	Funkčne zložený prístroj	Chýbajúca izolácia medzi chladičom a DPS	Nefunkčný alebo znížená životnosť produktu	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	2	100% - Hi-Pot, Zahorovanie	4	<b>56</b>								
	Káble priskrutkované momentom podľa špecifikácie	Nedostatočný moment	Uvoľnenie skrutky /	2		Neplatná kalibrácia skrutkovača	Pravidelná kalibrácia	2	Kontrola platnosti kalibrácie	6	<b>24</b>								
		Nesprávne zapojený kábel	Nefunkčný produkt		7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	2	100% - FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>							
		Nesprávna orientácia vodičov	Nefunkčný produkt		7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, samokontrola operátora	2	100% - FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>							

<b>Montáž LVS</b>	Prístroj zložený podľa TKP	Chýbajúca dióda	Nefunkčný produkt	7	Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, samokontrola operátora	2	100% - Hi-Pot, FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>										
		Nesprávna orientácia diódy	Nefunkčný produkt	7	Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, samokontrola operátora	2	100% - Hi-Pot, FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>										
		Zalomená skrutka, strhnutý závit	Kozmetická vada, nutná výmena skrutky	3	Použitý príliš veľký uťahovací moment	Pravidelná kalibrácia	4	Kontrola platnosti kalibrácie, úprava pracovného postupu	6	<b>72</b>										
				3	Nesprávny uhol pri montáži skrutky	Detailné pracovné inštrukcie na pracovisku, Certifikácia operátora	4	Samokontrola operátora, Balenie	6	<b>72</b>										
				3	Nesprávne použitý bit	Detailné pracovné inštrukcie na pracovisku, Certifikácia operátora	4	Samokontrola operátora, Balenie	6	<b>72</b>										
		Zamenená skrutka	Nedostatočné uchytenie komponentov, DPS	5	Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	Samokontrola operátora	6	<b>90</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70			
		Chýbajúca skrutka	Vibrácie, IP-krytie produktu	5	Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	Samokontrola operátora, Balenie	6	<b>90</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70			

Montáž LVS	Prístroj zložený podľa TKP	Chýbajúca podložka	Vplyvom času a vibrácii možné uvoľnenie skrutky (matice)	3		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora,	3	100% - Hi-Pot, FAT, Zahorovňa	4	36									
		Chýbajúca medené krúžky, medená lišta	Nedostatočný elektrický spoj	6		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora,	3	100% - Hi-Pot, FAT, Zahorovňa	4	72									
			Vplyvom času a vibrácii možné uvoľnenie skrutky (matice)	4		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora,	3	100% - Hi-Pot, FAT, Zahorovňa	6	72									
		Chýbajúce keramické kamene	Nesprávny odvod tepla z komponentu na chladič, Znížená životnosť produktu	6		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora,	2	100% - Hi-Pot, FAT, Zahorovňa Samokontrola operátora	6	72									
		Nedosta- točné nanesenie teplodiv- nej pasty	Znížená životnosť produktu	5		Nesprávna manipulácia	Usporiadanie pracoviska	2	100% Vizual- na kontrola	9	90	Zavedenie prípravku pre nanesenie súvislej vrstvy pasty	A. Augustínová 18. Mája 2012							
				5		Nanesenie nesúvislej vrstvy pasty	Certifikácia operátora	3		9	135	Zavedenie prípravku pre nanesenie súvislej vrstvy pasty	A. Augustínová 18. Mája 2012							







<b>Finálna montáž D0109175</b>	Prístroj zložený a zakrytovaný podľa TKP	Nesprávne zapojený konektor ventilátora	Nefunkčnosť ventilátora	6		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, Vizualizácia pracovných inštrukcií	3	Samokontrola, 100% Predtest ATS1, Hi-Pot, FAT, Zahorovňa	5	<b>90</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70		
		Poškodenie kábla pri montáži ventilátora	Nefunkčnosť ventilátor	6		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, Upozornenie v TKP, Vizualna kontrola	2	100% - Hi-Pot, FAT,	4	<b>48</b>									
		Zalomená skrutka, strhnutý závit	Kozmetická vada, nutná výmena skrutky	3		Použitý príliš veľký uťahovací moment	Pravidelná kalibrácia	4	Kontrola platnosti kalibrácie, úprava pracovného postupu	6	<b>72</b>									
				3		Nesprávny uhol pri montáži skrutky	Detailné pracovné inštrukcie na pracovisku, Certifikácia operátora	4	Samokontrola operátora, Balenie	6	<b>72</b>									
				3		Nesprávne použitý bit	Detailné pracovné inštrukcie na pracovisku, Certifikácia operátora	4	Samokontrola operátora, Balenie	6	<b>72</b>									
		Zamenená skrutka	Nedostaččné uchytenie komponentov, DPS	5		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	Samokontrola operátora	6	<b>90</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70		
		Chýbajúca skrutka	Vibrácie, IP- krytie produktu /	5		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	3	Samokontrola operátora, Balenie	6	<b>90</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70		

<b>Finálna montáž D0109175</b>	Prístroj zložený a zakrytovaný podľa TKP	Nesprávne zapojenie karty D0109220	Nefunkčnosť produktu	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora	2	Samokontrola, 100% Hi-pot, FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>								
		Nesprávne zapojený konektor (nedotlačený)	Nefunkčnosť produktu	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, Upozornenie v TKP, Vizúálna kontrola	3		4	<b>84</b>	zavedenie elektronickej pracovnej dokumentácie	A. Augustínová 16. Apríl 2012	16. Apríl 2012	7	2	5	70	
	Káble priskrutkované momentom a zapojené podľa špecifikácie	Nedostaččný moment	Uvoľnenie skrutky	2		Neplatná kalibrácia	Pravidelná kalibrácia Uvoľnenie procesu/produktu	2	Kontrola platnosti kalibrácie	6	<b>24</b>								
		Nesprávne zapojený kábel	Nefunkčný produkt	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora Uvoľnenie procesu/produktu	2	100% - FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>								
		Nesprávna orientácia vodičov	Nefunkčný produkt	7		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, samokontrola operátora	2	100% - FAT, Zahorovanie	4	<b>56</b>								
Prítomnosť všetkých štítkov podľa špecifikácie	Chýbajúci štítk, nesprávny typ a poloha štítku	Stážená identifikácia produktu	4		Znížená pozornosť operátora	Vstupné a periodické školenia Uvoľnenie procesu/produktu	2	Samokontrola operátora, Balenie, prípravok	6	<b>48</b>									







<b>Balenie</b>	Kompletnosť príbalového materiálu	Nesprávne zloženie príbalového materiálu	Nezhoda pre zákazníka	3		Znížená pozornosť operátora	Certifikácia operátora, Vizualizácia pracovných inštrukcií	2	100% Vizualná kontrola	9	<b>54</b>							
----------------	-----------------------------------	--	-----------------------	---	--	-----------------------------	--	---	------------------------	---	-----------	--	--	--	--	--	--	--