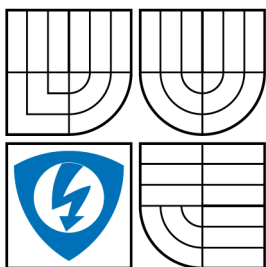


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONIC

ANALÝZA JAKOSTI MOBILNÍCH JEDNOTEK

QUALITY ANALYZE OF MOBIL UNITS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

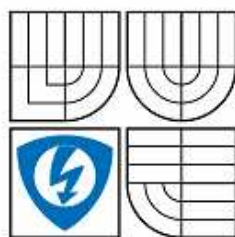
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAROSLAV SOKOL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Doc. Ing. IVAN SZENDIUCH, CSc.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Mikroelektronika

Student: Bc. Jaroslav Sokol
Ročník: 2

ID: 83246
Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Analýza jakosti mobilních jednotek

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Na vybraných produktech, snímacích jednotkách, analyzujte vznikající výrobní poruchy dle dat z firmy Motorola. Zpracujte příslušnou dokumentaci pro řízení jakosti a na základě statistické kontroly stanovte, na kterých modelech se tyto problémy vyskytují nejčastěji. S využitím statistických nástrojů navrhnete opatření vedoucí k dosažení stanovené hranice 20 000 ppm.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Szendiuč, I.: Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů, VUT IUM, 2007

Dle doporučení vedoucího práce

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 29.5.2009

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Szendiuč, CSc.

prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jaroslav Sokol
Bytem: Hunkovce 75, 09003 Ladomírová, Slovensko
Narozen/a (datum a místo): 10.7.1985 vo Svidníku

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
Prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- ☐ disertační práce
 - ☒ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Analýza jakosti mobilních jednotek
Vedoucí/ školitel VŠKP: doc. Ing. Ivan Szendiuch, CSc.
Ústav: Ústav mikroelektroniky
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě – počet exemplářů 2
- ☒ elektronické formě – počet exemplářů 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 29. 5. 2009

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ABSTRAKT

Manažment kvality čoraz viac preniká do sféry obchodu a stáva sa jeho dôležitou súčasťou. V prvej časti tejto práce predstavujeme servisné stredisko firmy Motorola s.r.o. a tiež najpoužívanéjšie štatistické nástroje pre riadenie kvality, ktoré je možno využiť na zlepšenie procesov v tejto firme. Ťažiskom tejto práce je analýza porúch a ich príčin vzniknutých na snímacích jednotkách opravovaných v spomínanej firme. Výsledkom tejto práce sú nápravné riešenia, vďaka ktorým sa zvýši interná kvalita jedného produktu, ktorý bol pomocou štatistickej kontroly kvality vybraný ako najproblémovjší. Navrhované riešenia mali zvýšiť internú kvalitu tým, že PPM klesne pod hodnotu 20000. Väčšinu navrhovaných opatrení sa podarilo aj implementovať do praxe a tie priniesli pozitívne výsledky.

Kľúčové slová:

Optimalizácia, manažment kvality, štatistické nástroje, pareto diagram, diagram príčin a následkov, matica príčin a následkov, audit.

ABSTRACT

The management of quality more often penetrate into the sector of trade and becomes the important part of it. In the first part of my work I introduce the service department of Motorola Company . Also there are the most widely used statistic implements of the management of quality, which can be used for the improvement of the processes in the company. The base of the work is the analysis of brakedowns and their causes accured on reading units, repaired in the company. The result of the work is the corrective solution, which caused the rise of internal quality of the product, which was selected as the most problematic product on the basis of statistic control. The proposing solutions should rise internal quality by falling PPM under 20000. The most of proposing solutions were successfully implemented into the use.

Keywords:

Optimization, quality management, statistical tools, Pareto diagram, cause and effect diagram, cause and effect matrix, audit.

Bibliografická citácia:

SOKOL, J. Analýza jakosti mobilných jednotek . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 64 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Ivan Szendiuch, CSc.

Prehlásenie autora o pôvodnosti diela:

Prehlasujem, že som túto vysokoškolskú kvalifikačnú prácu vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce, s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry. Ako autor uvedenej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce so neporušil autorské práva tretích osôb, a taktiež som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Zb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení § 152 trestného zákona č. 140/1961 Zb.

V Brne dňa:

.....

podpis autora

Pod'akovanie:

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Ivanovi Szendiuchovi, CSc. za metodické a cielené orientované vedenie pri plnení úloh realizovaných v náväznosti na diplomovú prácu. Ďalej ďakujem spolupracujúcej firme Motorola s.r.o. v Brne, za poskytnutie priestoru k realizácii experimentálnych prác a pracovníkom tejto firmy Janovi Kubíčkovovi a Ing. Tomášovi Heřmanovi za poskytnutú metodickú pomoc a odborné rady.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	SERVISNÉ STREDISKO MOTOROLA V BRNE.....	11
2.1	SYSTÉM MANAŽMENTU AKOSTI	11
2.2	POLITIKA AKOSTI	11
2.3	CIELE A MERATEĽNÉ UKAZOVATELE.....	12
2.4	STRUČNÝ POPIS OPRÁVÁRENSKÉHO CYKLU JEDNEJ JEDNOTKY	12
3	ŠTATISTICKÉ NÁSTROJE.....	14
3.1	SIPOC TABUĽKA.....	14
3.2	ANALÝZA MOŽNÝCH CHÝB A ICH DÔSLEDKOV	15
3.3	HĽADANIE NOVÝCH NÁPADOV DISKUSIOU („BRAINSTORMING“).....	15
3.4	PROCESNÁ MAPA	15
3.5	DIAGRAM PRÍČIN A NÁSLEDKOV	16
3.6	MATICA PRÍČIN A NÁSLEDKOV	18
3.7	RIADIACI GRAF	19
3.8	PARETOV DIAGRAM.....	20
3.9	HISTOGRAM	21
4	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ (PRAKTICKÁ)	22
4.1	INTERNÁ KVALITA PROCESU OPŔÁV VÝROBKOV	22
4.2	ANALÝZA AKOSTI PROCESU OPRAVY PRODUKTU 13	27
4.2.1	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU „PRODUKT 13“	27
4.2.2	CHARAKTERISTIKA PROCESU OPRAVY VÝROBKU „PRODUKT 13“	28
4.2.3	SPRACOVANIE CHÝB	30
4.3	ANALÝZA PORÚCH A DEFINOVANIE ICH PRÍČIN	32
4.3.1	DEFINOVANIE PRÍČIN CHÝB	37
4.3.2	PROBLÉM S KOMUNIKÁCIOU GSM MODEMU/GPRS	39
4.3.3	PROBLÉM SO ZVUKOM.....	43
4.3.4	PROBLÉM S KLÁVESNICOU.....	46
4.3.5	PROBLÉM SO SOFTVÉROM (OPERAČNÝ SYSTÉM).....	50
4.3.6	PROBLÉM S ÚDAJMI	50
4.4	ANALÝZA PRÍČIN PORÚCH A NÁVRH VHODNÝCH OPATRENÍ..	50
4.4.1	ANALÝZA ĽUDSKÉHO FAKTORA	52
4.4.2	ANALÝZA HLAVNEJ DOSKY PLOŠNÝCH SPOJOV (DPS)	56
5	ZHRNUTIE A ZÁVER.....	61
6	PREHĽAD POUŽITEJ LITERATÚRY	64

ZOZNAM OBRÁZKOV

obr.1:	Bloková schéma toku materiálu v Motorole Brno	13
obr.2:	Príklad SIPOC tabuľky [3]	14
obr.3:	Príklad procesnej mapy [4]	16
obr.4:	Diagram príčin a následkov [3]	18
obr.5:	Príklad matice príčin a následkov	19
obr.6:	Príklad riadiaceho grafu: proces vŕtania otvorov	20
obr.7:	Pareto diagram	21
obr.8:	Histogram	21
obr.9:	Priebeh PPM	26
obr.10:	Priebeh PPM	26
obr.11:	Procesná mapa opravy produktu 13	29
obr.12:	SIPOC tabuľka procesu opravy produktu 13	30
obr.13:	Paretov diagram porúch produktu 13 za obdobie január 2009	33
obr.14:	Paretov diagram porúch všetkých produktov za obdobie január 2009	34
obr.15:	Paretov diagram porúch produktu 13 za obdobie január 2009 – február 2009	35
obr.16:	Paretov diagram porúch všetkých produktov za obdobie január 2008 – február 2009	36
obr.17:	Priebeh najkrízovejších chýb za dlhšie obdobie	37
obr.18:	Ishikawa diagram príčin chýb pri procese opravy	39
obr.19:	Paretov diagram analýzy komunikačného problému s modemom GSM/GPRS	40
obr.20:	Diagram príčin poruchy s komunikáciou GSM modemu	42
obr.21:	Grafické znázornenie podielu každého faktoru na chybe s komunikáciou GSM modemu / GPRS	43
obr.22:	Paretov diagram analýzy problémov so zvukom	44
obr.23:	Diagram príčin poruchy so zvukom	45
obr.24:	Grafické znázornenie podielu každého faktoru na chybe so zvukom	46
obr.25:	Paretov diagram porúch s klávesnicou	47
obr.26:	Diagram príčin a následkov poruchy klávesnice	49
obr.27:	Grafické znázornenie podielu každého faktoru na chybe so zvukom	49
obr.28:	Diagram príčin a následkov všetkých piatich vybraných chýb	51
obr.29:	Grafické znázornenie podielu každého faktoru na piatich vybraných chybách	52
obr.30:	Ochranné pomôcky ESD (zápätné a pätné pútko)	54
obr.31:	Tester ESD a kovová podložka	54
obr.32:	DISC model [6]	55
obr.33:	Hlavná DPS tzv. CPU produktu 13 (pohľad y oboch strán)	58
obr.34:	Paretov diagram chýb nájdených pri prvej vstupnej kontrole	59
obr.35:	Fyzické poškodenie – chýba distančný kolík	60
obr.36:	Fyzické poškodenie – poškodené bluetooth anténa	60
obr.37:	Fyzické poškodenie – ulomené styčné plošky	60
obr.38:	Priebeh PPM produktu 13 v období apríl 2009	63

ZOZNAM TABULIEK

tab.1:	Report internej kvality za obdobie január 09	23
tab.2:	Prehľad PPM na všetkých produktoch od januára 2008 do februára 2009.....	25
tab.3:	Prehľad kódov chýb (eng. Fault codes).....	31
tab.4:	Prehľad repair kódov na úrovni DPS	31
tab.5:	Prehľad repair kódov	31
tab.6:	Prehľad chýb internej kvality	32
tab.7:	Problém s komunikáciou modemom GSM/GPRS - Matica príčin a následkov	41
tab.8:	Váha dôležitosti faktorov zapríčiňujúcich chybu s komunikáciou GSM modemom / GPRS	42
tab.9:	Problém so zvukom – Matica príčin a následkov.....	45
tab.10:	Váha dôležitosti faktorov zapríčiňujúcich chybu so zvukom	45
tab.11:	Poruchy s klávesnicou – matica príčin a následkov.....	48
tab.12:	Váha dôležitosti všetkých faktorov podieľajúcich sa na poruche s klávesnicou	48
tab.13:	Prehľad všetkých faktorov zapríčiňujúcich 5 najčastejších chýb.....	51
tab.14:	Výsledok z prvej vstupnej kontroly DPS	57

1 Úvod

Typickou črtou človeka je snaha neustále zlepšovať seba a svoje okolie, ktorá funguje už od praveku, keď pračlovek začal používať rôzne kamenné nástroje, aby si tým uľahčil dovtedajšie činnosti. Keďže človek je od prírody lenivý (rozumej efektívny, teda chce s čo najmenšou snahou dosiahnuť čo najväčší úžitok), snažil sa vynájsť čoraz dômyselnejšie nástroje. Prvým takým prevratným objavom, ktorý ovplyvnil históriu, bol vynález kolesa asi 5000 rokov pred našim letopočtom. Medzi ďalšie prevratné objavy, ktoré ovplyvnili ľudské bytie, patria oheň, železo, hodiny, lieky, noviny, automobil, elektrina, tranzistor, počítače a internet.[1]

S čoraz väčšou populáciou úmerne narastal aj dopyt po rôznych výrobkoch, ktoré spoločnosti nestačili vyrábať. Z tohto dôvodu nastúpila masová výroba, ktorá sa istým spôsobom formuje dodnes. Je rozšírená po celom svete a tým pádom je v súčasnosti dosť veľká konkurencia medzi firmami. Tá súvisí hlavne s kvalitou vyrábaných produktov či poskytovaných služieb. Z tohto dôvodu sa spoločnosti začali stále viac zaoberať otázkou kvality a to vyrobiť čo najviac kvalitných výrobkov za čo najnižšie náklady. Pretože každý zle vyrobený produkt je pre firmu nadbytočný výdaj a stojí firmu peniaze, vynorilo sa množstvo metód, ktoré si dali za úlohu zefektívniť procesy.

Cieľom tejto práce je na základe správne vybraných metód nájsť produkty s najväčšími poruchami pri servise, ktoré sa opravujú v servisnom centre v Brne nadnárodnej spoločnosti Motorola, Inc., The Enterprise Mobility Company™ pre oblasť EMEA. Na základe navrhutej štatistickej kontroly stanoviť a analyzovať hlavné poruchy, ktoré sa s najväčšou váhou podieľajú na celkovej poruchovosti vybraného produktu. S využitím štatistických nástrojov ďalej navrhnúť opatrenia vedúce k dosiahnutiu stanovenej hranice 2000 PPM, ktorá súvisí s internou kvalitou firmy a tento cieľ je daný manažérom kvality opravárenského centra.

2 Servisné stredisko Motorola v Brne

Motorola s.r.o. (predošlý Symbol Technologies) v Brne je servisným centrom spoločnosti Motorola, Inc., The Enterprise Mobility Company™ pre oblasť EMEA. Jedná sa predovšetkým o servis produktov bývalej firmy Symbol Technologies. Sú to prevažne produkty, ktoré získavajú, prenášajú a riadia informácie v reálnom čase. „Enterprise Mobilty“ riešenia integrujú nadčasové technológie získavania dát, mobilné počítačové platformy, bezdrôtovú infraštruktúru, mobilný software a servisné programy svetovej triedy pod značkou „the Enterprise Mobility Services“. Produkty sú určené k zvýšeniu produktivity práce, redukcii operatívnych nákladov, riadenia operatívnej účinnosti a realizácii odpovedajúcich ziskov pre maloobchodníkov po celom svete, dopravcov a logistiky – výrobné spoločnosti, marketingové a distribučné centrá, národné agentúry a zdravotnícke zariadenia. [2]

Divízie, realizujúce návrh a vývoj produktov, sú umiestnené v Holttsville (štát New York) a San Jose (štát Kalifornia). V Holttsville, v Symbol de Mexico, v McAllene a v Texase sú operatívne divízie vrátane výroby, distribúcie a zákazníckeho servisu.

2.1 Systém manažmentu akosti

Spoločnosť má vytvorený zdokumentovaný a udržiavaný systém manažmentu akosti, ktorý slúži ako prostriedok pre posúdenie schopnosti spoločnosti plniť požiadavky zákazníka a zvyšovať jeho spokojnosť a taktiež ako prostriedok k naplňovaniu príslušných požiadaviek zákonov a predpisov. Cieľom je, aby efektívnou aplikáciou tohto systému bola zvyšovaná jeho výkonnosť a zaistená zhoda s požiadavkami uvedenými v medzinárodnej norme ISO 9001:2000.

2.2 Politika akosti

Trvalá spokojnosť zákazníkov a neustále zlepšovanie procesov. Toto je možné dosiahnuť poskytovaním servisu vo vysokej kvalite, včas a zároveň vďaka dosiahnutiu trvale nízkych nákladov a ziskovosti.[2]

2.3 Ciele a merateľné ukazovatele

Oprávnenské centrum meria a monitoruje plno ukazovateľov. Tri z nich sú kľúčové výkonnostné ukazovatele, 2 z nich monitorujú spokojnosť zákazníka s kvalitou a včasnosťou servisu (Repeat Repairs, Turn Around Time). Jedna z nich monitoruje kľúčovú nákladovú položku MCPU (material cost per unit). Aktuálne výsledky týchto ukazovateľov sú pravidelne konzultované s riaditeľom oprávnenského centra na komunikačných stretnutiach so všetkými zamestnancami oprávnenského centra.

Definície kľúčových ukazovateľov a ich ciele:

Opakované opravy – angl. Repeat repairs (RR): delí sa na 2 časti:

RR hrubé (angl. gross) – Každá jednotka, ktorá sa vráti späť do servisu v dobe 30 dni a menej od poslednej opravy.

RR čisté (angl. nett) – RR gross, ale nepočítajú sa jednotky, na ktorých nebola nájdená žiadna chyba.

Tieto RR jednotky sa vydedia celkovým počtom opravených a dostaneme číslo v %.

TAT (z angl. Turn around time) – merajú sa včas dodané jednotky. Tie sa vydedia celkovým počtom odoslaných jednotiek a dostaneme číslo v %.

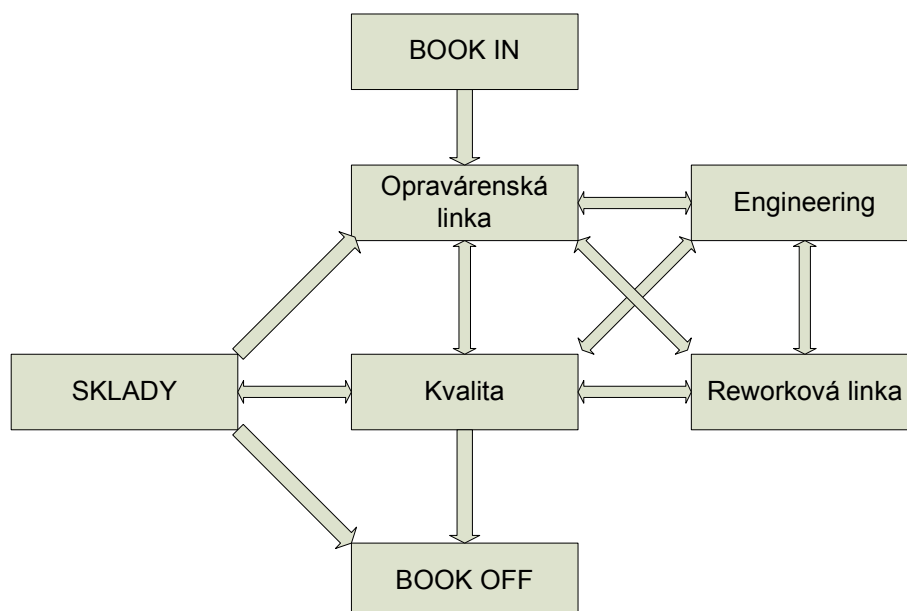
MCPU (z angl. Material cost per unit) – priemerné materiálové náklady na opravu jednej jednotky.

2.4 Stručný popis oprávnenského cyklu jednej jednotky

Po tom, čo dôjde jednotka do oprávnenského centra v Brne, hneď na začiatku je umiestnená v tzv. **book in-e**, kde zamestnanec jednotku rozbalí, zapíše do databázy základné informácie o jednotke (typ jednotky, na čo sa zákazník sťažuje, aké príslušenstvo prišlo s jednotkou a pod.). A nakoniec vytlačí **job sheet** (je to papier, na ktorom sú všetky základné údaje o jednotke).

Potom už je jednotka poslaná priamo na príslušnú **oprávnenskú linku**, na ktorej opravujú presne daný typ jednotky. Oprava prebieha tak, že najprv diagnostik vezme jednotku a otestuje ju. Na základe sťažnosti zákazníka určí presnú chybu.

Zistené informácie zapíše do databázy a dá pokyn operátorovi, ktorý komponent na jednotke má vymeniť. Ten jednotku rozoberie a vymení to, čo je potrebné. Na konci procesu sa jednotka ešte otestuje a ak je v poriadku, je daná na linku **kvality**. Ak sa nájde chyba na tejto linke, jednotka sa opäť vráti na opravárenskú linku, kde sa opäť jednotka diagnostikuje. Ak je problém na zložitejšej úrovni, tak sa to rieši s oddelením **Engineeringu** alebo s oddelením kvality. Pri podozrení, že problém môže byť v chybnom novom materiáli, tak sa problém rieši s oddelením kvality.



obr.1: Bloková schéma toku materiálu v Motorole Brno

Ak produkt prejde testom na linke kvality, je zaslaný na tzv. **book off**, kde jednotku zabalia, skontrolujú či má všetko príslušenstvo, čo má mať a ak je to v poriadku, je poslaná zákazníkovi.

To, koľko chýb sa prejaví a nájde na linke kvality, sa štatisticky kontroluje. Presné ciele internej kvality určuje manažér kvality a zároveň sú to aj ciele tejto práce. Táto problematika je podrobnejšie analyzovaná v praktickej časti tejto práce.

3 Štatistické nástroje

Pre potreby tejto práce je táto kapitola venovaná najznámejším a najpoužívanejším štatistickým nástrojom, ktoré sú taktiež použité v praktickej časti tejto práce.

3.1 SIPOC tabuľka

Je to tabuľka, ktorá zobrazuje mapu procesu. Mapa procesu je sústava krokov, ktoré vedú k jeho zlepšeniu. SIPOC tabuľka má preddefinovanú štruktúru. Písmená v názve reprezentujú jednotlivé oblasti mapovania:

S – Suppliers – Dodávateľia

I – Inputs – Vstupy

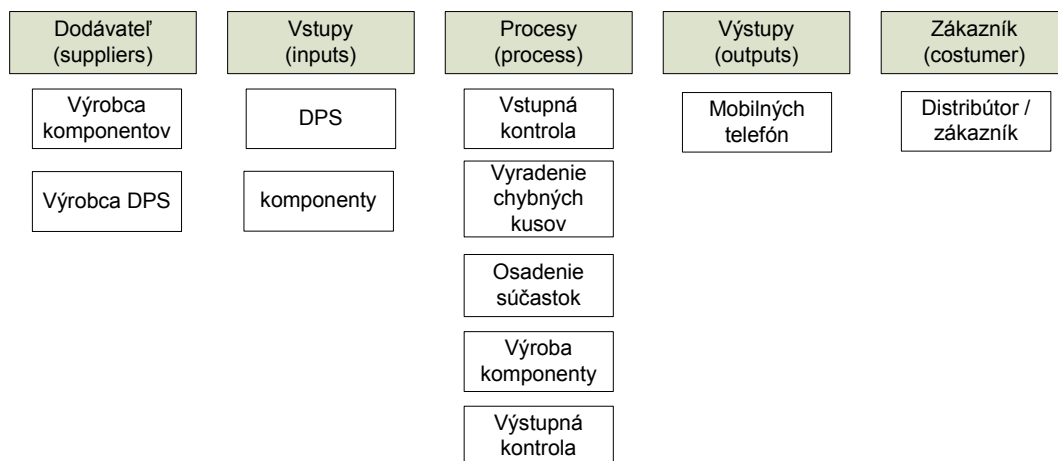
P – Process – Proces

O – Outputs – Výstupy

C – Costumers – Zákazníci

Táto tabuľka nám môže odhaliť kroky, ktoré sú pre proces významné a musíme ich zahrnúť do mapy procesu, aby bola kompletná.

Na obr.2 je znázornený príklad SIPOC tabuľky.



obr.2: Príklad SIPOC tabuľky [3]

3.2 Analýza možných chýb a ich dôsledkov

FMEA (z angl. Failure modes and effects analysis – Analýza možných chýb a ich dôsledkov) identifikuje budúce možné problémy, určuje nástroje a osoby, pomocou ktorých sa budú riešiť. Má formu tabuľky, kde sa zapíše každý možný problém, priradí sa mu miera závažnosti a určí sa osoba, ktorá ho má na starosti.

3.3 Hľadanie nových nápadov diskusiou („brainstorming“)

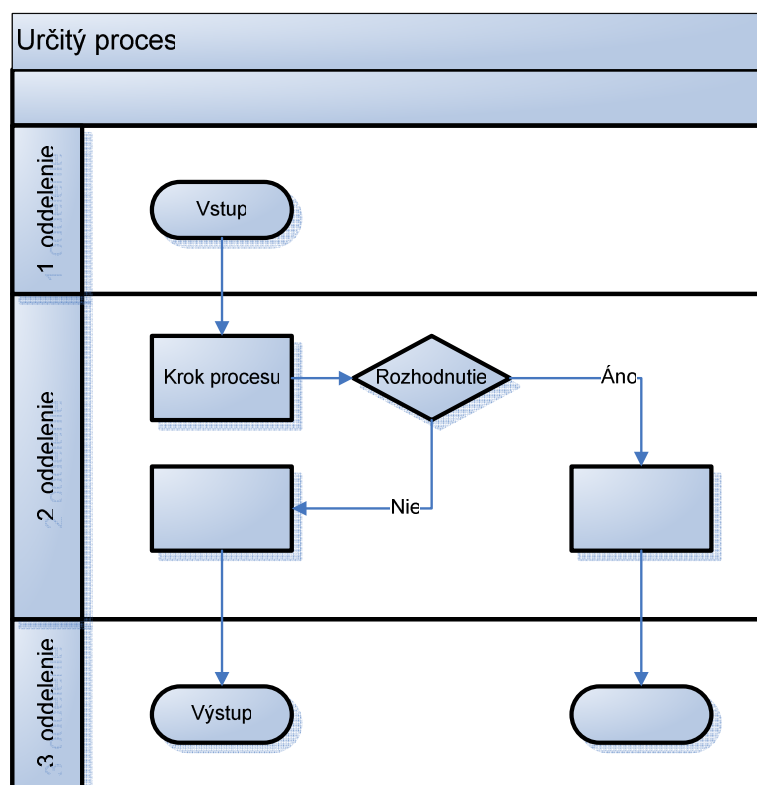
Veľmi dôležitou súčasťou kreatívnej atmosféry je tzv. „brainstorming“. Je to metóda, ktorá ma za úlohu zozbierať nápady ohľadne daného problému. Väčšinou prebieha formou diskusie, kde každý povie svoj nápad, ktorý sa zapíše. V tejto fáze sa však žiadny nápad nekritizuje a každý by mal dostať šancu prezentovať svoj nápad, v tomto bode je dôležitá kvantita.[1]

3.4 Procesná mapa

Procesná mapa je nástroj pre mapovanie procesu. Je vizuálnou reprezentáciou hraníc procesu a hlavných krokov procesu. Popisuje proces z hľadiska kvality, nákladov, času, zodpovedností za jednotlivé kroky procesu a toku informácií. [4]

Výhody:

- lepšie pochopiť súčasný stav procesu,
- identifikovať problémové oblasti a kroky nepridávajúce hodnotu v procese,
- odhaliť príležitosti na zlepšenie.



obr.3: Príklad procesnej mapy [4]

3.5 Diagram príčin a následkov

Je známy aj pod názvom Ishikawa, či Fishbone diagram. Je to diagram stromčekového tvaru (4-M diagram, "rybia kosť"), využívaný pre zobrazenie relácie medzi problémami (efektmi) a možnými príčinami ich vzniku. Hlavná os diagramu reprezentuje problém, vetvy stromčeka sú tvorené jednotlivými vplyvmi, ktoré zapríčiňujú problém. Tento diagram by sa mal stať prvým krokom riešenia všetkých problémov, ktoré môžu byť vyvolané viacerými príčinami. Spracovanie je jednoduché a ľahko pochopiteľné, čo vedie k zapojeniu širšieho okruhu pracovníkov a prináša námety na nové nekonvenčné riešenia.

Potrebným predpokladom, pre efektívne spracovanie diagramu príčin a následkov je tímová práca s využitím „brainstormingu“. Doporučuje sa zapojenie laikov, ktorí nie sú zaťažení „prevádzkovou slepotou“. Prácu tímu by mal viesť skúsený moderátor. V prvej fáze tím stanoví hlavné kategórie príčin daného

problému. V prípade problémov s kvalitou výrobku sa často používajú tieto hlavné kategórie:

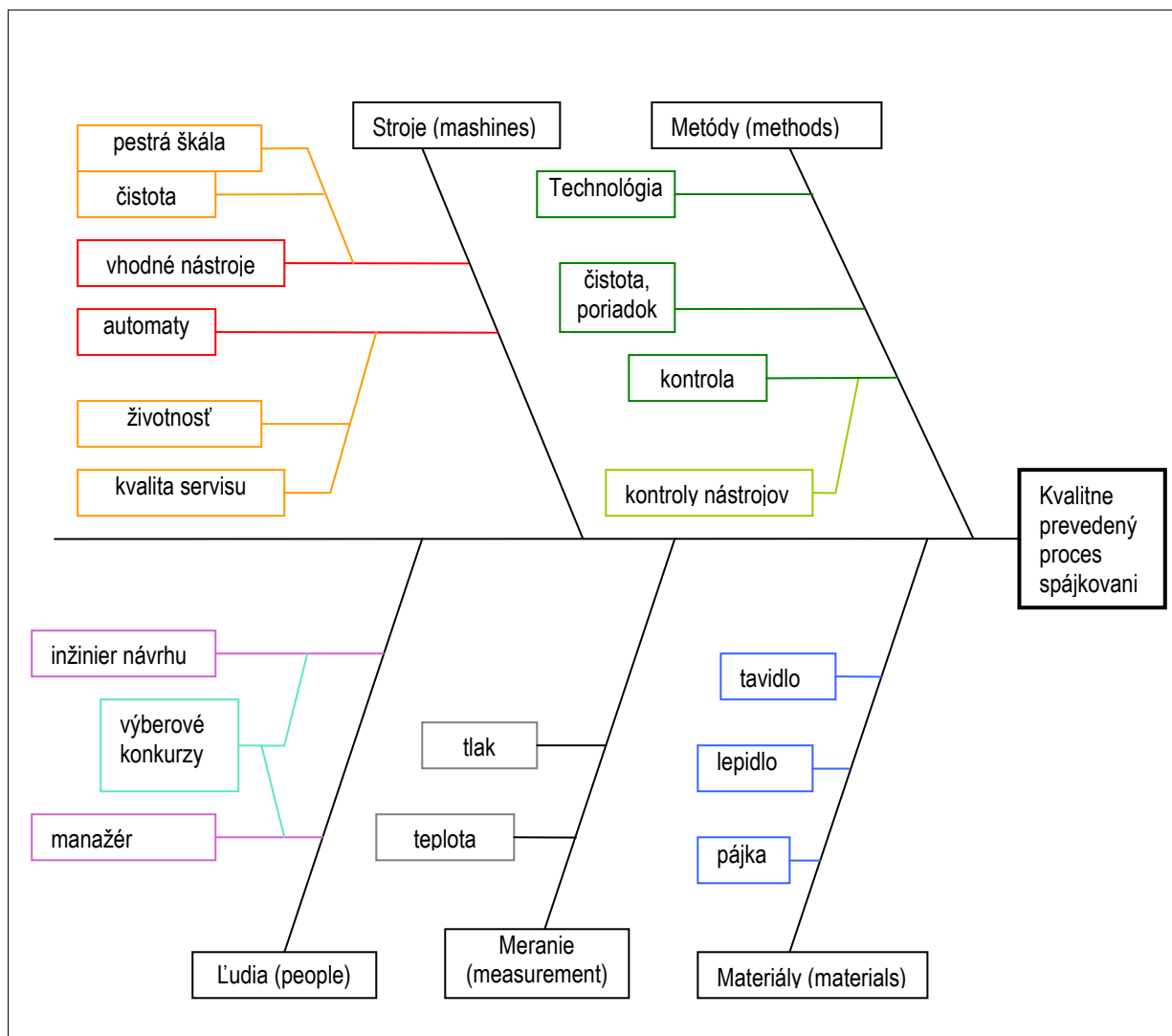
- **materiál;**
- **zariadenia;**
- **metódy;**
- **ľudia;**
- **prostredie;**

Dekompozícia príčin na „príčiny príčin“ by sa mala robiť tak dlho, pokiaľ sa neodhalia všetky koreňové príčiny následku. Za koreňové príčiny možno považovať konkrétne možné príčiny následku, ktoré už nie je potrebné ďalej dekomponovať a na jej odstránenie možno navrhnúť konkrétne nápravné alebo preventívne opatrenia.

Postup Ishikawa diagramu:

1. Problém je jasne znázornený v hlave ryby.
2. Je potrebné nakresliť chrbticu a rebrá.
3. Pokračuje sa vo vyplnení diagramu pýtaním sa otázky “prečo?” na každú príčinu problému.
4. Pohľad na diagram a identifikovanie hlavných príčin.
5. Navrhnutie opatrení na odstránenie hlavných príčin.

Na obrázku (viď obr.4) je príklad Ishikawa diagramu.



obr.4: Diagram príčin a následkov [3]

3.6 Matica príčin a následkov

V tejto matici sa zaznamenávajú všetky príčiny, ktoré boli získané, napr. aj pomocou Ishikawa diagramu. Každá sa však porovnáva s požiadavkami, ktoré sú kritické pre zákazníkov a zapisuje sa známka ich vplyvu na danú požiadavku. Tieto požiadavky takisto majú váhu dôležitosti u zákazníkov. Pre každú príčinu sa uvedie vážená suma známok. Príčiny s najvyšším výsledkom sú kandidátmi na prvotné meranie.[1]

	parametre výstupu	chuť kávy	teplota kávy	сила kávy		
	váha dôležitosti	10	8	6		
parametre vstupu		Korelácia vstupov a výstupov			Spolu	%
vyčistiť karafu		3		1	36	15,52
naplniť karafu vodou		9		9	144	62,07
naliať kávu do kávovaru		1		1	16	6,90
dať filter do kávovaru		3		1	36	15,52

obr.5: Príklad matice príčin a následkov

3.7 Riadiaci graf

Každá opakovaná činnosť vykazuje isté známky variácie. Keď sa niekto podpíše 10-krát, všetky podpisy budú podobné, no nebudú rovnaké. Variácia je však v určitých vopred predpokladaných limitoch. Prípady, kedy sa proces správa neštandardne, pomáha odhaliť riadiaci graf. V riadiacom grafe sa zaznamenávajú hodnoty daného procesu, ich kolísanie v čase. Graf vypovedá o stabilite procesu. Pre určenie prirodzeného rozptylu sú dané kontrolné limity (horný a dolný). Všetko, čo presiahne nami stanovené limity, je potrebné preskúmať. Príklad riadiaceho grafu je na obr.9.

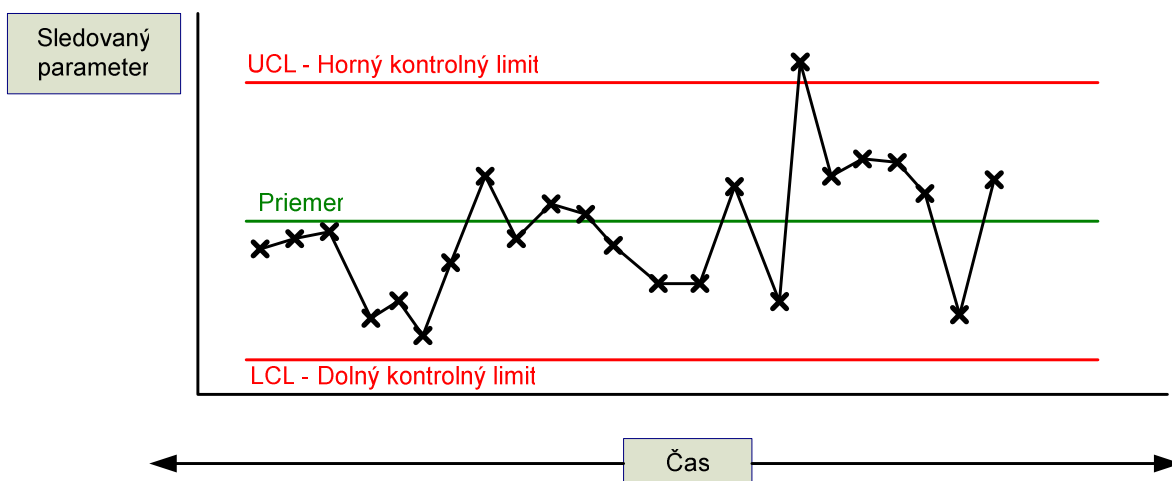
Ako znázorňuje obr.9, ak sa nachádzajú hodnoty mimo hranicu, ktorá je určená horným a dolným limitom, to hneď neznamena, že je zle vyvrtaný otvor, ale že v procese vŕtania sú odchýlky natoľko veľké, že chyba je asi niekde inde a treba ju odhaliť skôr, než vzniknú väčšie problémy.

LCL (angl. Lower Control Limit) - Dolný kontrolný limit (Dolná prirodzená tolerancia);

UCL (angl. Upper Control Limit)- Horný kontrolný limit (Horná prirodzená tolerancia);

LCL, UCL - Hlas procesu;

UCL - LCL - Prirodzená šírka procesu.

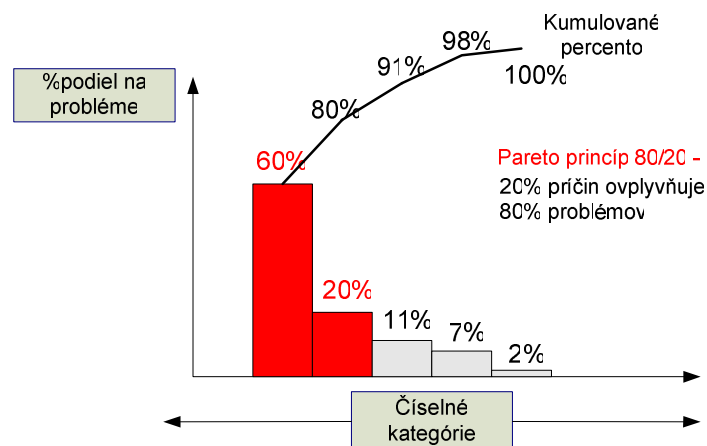


obr.6: Príklad riadiaceho grafu: proces vŕtania otvorov

3.8 Pareto diagram

Vychádza zo zákonitosti, že väčšina následkov má pôvod v relatívne malom počte príčin. Túto zákonitosť objavil a použil pre manažment kvality Dr. Juran. Podľa neho 5 - 20% príčin spôsobuje 80 - 95% výsledných defektov. Inak vyjadrené, odstránením malého počtu systematických príčin sa môže odstrániť väčšina negatívnych javov spôsobujúcich nezhodnosť výrobkov alebo nespôsobilosť procesov.

Pareto diagram je grafické znázornenie početnosti vyskytujúceho sa javu v závislosti na vybraných podmnožinách ako druhy chýb, príčiny vzniku javu, straty, druhy defektov, nákladov, nepodarkov a iné. Vybrané podmnožiny sa získavajú napr. z auditov, z rozborov nezhôd nepodarkov, výstupnej kontroly, výrobného procesu, reklamácií od zákazníkov a pod. Pareto diagram sa dopĺňa Lorenzovou (kumulatívnou početnosťou) krivkou.



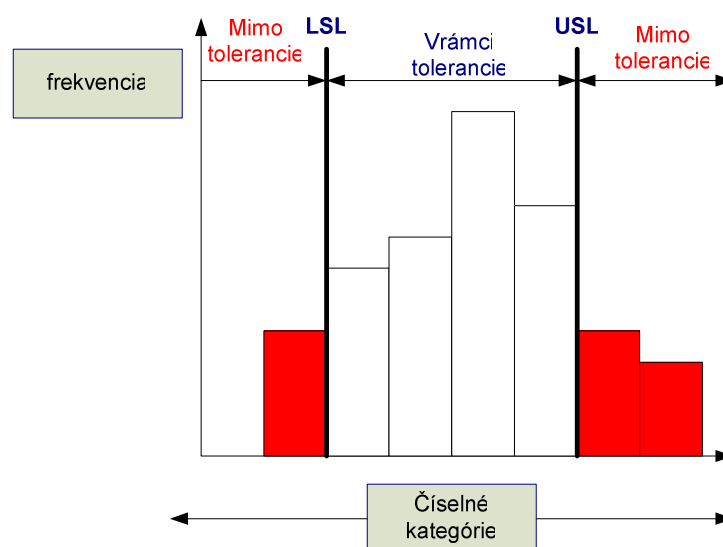
obr.7: Pareto diagram

3.9 Histogram

Histogram je nástroj vhodný na vizualizáciu frekvencie výskytu sledovaného javu v procese. Je to stĺpcový graf skladajúci sa z číselných kategórií, ktorý ukazuje ich rozdelenie. Môže byť doplnený o zákazníkovo stanovené tolerancie (LSL - Dolná špecifikácia zákazníka, USL - Horná špecifikácia zákazníka) pre sledovaný jav. Tieto limity môžu byť použité k stanoveniu spôsobilosti procesu.

- **LSL** (angl. Lower Specification Limit) - Dolná špecifikácia zákazníka (Dolná zákazníkovo požadovaná tolerancia)

- **USL** (angl. Upper Specification Limit) - Horná špecifikácia zákazníka (Horná zákazníkovo požadovaná tolerancia).



obr.8: Histogram

4 Experimentálna časť (praktická)

Celá experimentálna časť sa skladala z niekoľkých krokov. Prvým bolo analyzovanie interného manažmentu akosti produktov opravovaných v Motorole Brno. Oboznámenie sa so štatistickým riadením internej kvality firmy a na základne vhodne zvolených metód a nástrojov určiť produkt s najväčším množstvom porúch, čiže vykazujú najhoršie výsledky internej kvality. Ďalším krokom bola analýza vybraného produktu. Taktiež definovanie porúch, ktoré na ňom vznikajú a analyzovanie príčin, na základe ktorých tieto poruchy vznikajú. V treťom kroku bolo potrebné navrhnúť vhodnou metódou a nástrojmi opatrenia, ktoré viedli k odstráneniu, prípadne minimalizácii týchto porúch a tým aj dosiahnutie požadovaných cieľov.

4.1 *Interná kvalita procesu opráv výrobkov*

Celý proces od prijatia pokazeného produktu do opravárenského centra Motorola Brno až po jeho odoslanie k zákazníkovi, je popísaný v prvej kapitole. Táto podkapitola je venovaná analýze manažmentu akosti internej kvality. Parametre, ktorými sa meria a kontroluje interná kvalita procesu opravy daných produktov.

Ako už bolo spomínané v prvej kapitole, po procese opravy produktov, každý produkt putuje na linku kvality, kde sa tento produkt otestuje vyškoleným odborníkom na daný produkt a ten posúdi, či produkt spĺňa potrebné požiadavky alebo nie. Všetky tieto úkony a presuny z jednej linky na druhú sa zapisujú do internej databázy firmy, na základe ktorej možno tieto pohyby produktov sledovať a taktiež sledovať procesy, ktoré sa na danom produkte vykonávajú. Ak kvalitár nájde poruchu resp. nezhodu s požiadavkami internej kvality, zapíše ju do databázy, kde sa objaví meno pracovníka kvality, ktorý nezhodu objavil a taktiež meno operátora, ktorý produkt opravoval.

Pomocou programovacieho softwaru Crystal Report sa vytvoril report, ktorý ukazuje, koľko produktov z každého modelu sa vyrobilo, koľko chýb, aké chyby to boli a samozrejme aj percentuálne vyjadrenie chybovosti. Tento report sa upravil v MS Excel a dopočítala sa aj veličina PPM, ktorá sa vypočíta z nasledujúceho vzťahu:

$$PPM = \frac{x}{n} \cdot 10^6,$$

kde x je počet nezhodných výrobkov v dávke,

n je počet všetkých výrobkov v dávke.

V prvom kroku sa vytvoril takýto upravený report pre mesiac január 2009. Ten je znázornený na nasledujúcom obrázku:

tab.1: Report internej kvality za obdobie január 09

Názov produktu	Celkový počet	Počet chýb	chyby v %	Výťažnosť	PPM
produkt 1	383	1	0,26%	99,74%	2611
produkt 2	994	20	2,01%	97,99%	20121
produkt 3	661	7	1,06%	98,94%	10590
produkt 4	13	0	0,00%	100,00%	0
produkt 5	1 028	22	2,14%	97,86%	21401
produkt 6	316	2	0,63%	99,37%	6329
produkt 7	997	10	1,00%	99,00%	10030
produkt 8	626	7	1,12%	98,88%	11182
produkt 9	222	4	1,80%	98,20%	18018
produkt 10	1 362	20	1,47%	98,53%	14684
produkt 11	37	0	0,00%	100,00%	0
produkt 12	4 043	199	4,92%	95,08%	49221
produkt 13	500	78	15,60%	84,40%	156000
produkt 14	476	8	1,68%	98,32%	16807
produkt 15	3 180	94	2,96%	97,04%	29560
produkt 16	4 745	167	3,52%	96,48%	35195
produkt 17	863	9	1,04%	98,96%	10429
produkt 18	2 923	19	0,65%	99,35%	6500
produkt 19	1 087	8	0,74%	99,26%	7360
produkt 20	3 008	13	0,43%	99,57%	4322
produkt 21	207	1	0,48%	99,52%	4831
produkt 22	360	5	1,39%	98,61%	13889
produkt 23	731	8	1,09%	98,91%	10944
produkt 24	5 992	0	0,00%	100,00%	

V tabuľke (viď tab.1) je znázornený report za obdobie január 09, kde jednotlivé stĺpce znázorňujú:

celkový počet – počet kusov daného produktu, ktorý sa za to obdobie otestovalo,

počet chýb – ktorý sa našiel v danej dávke,

chyby v % - percentuálne vyjadrenie počtu chýb:

$$chyby_v_ \% = \frac{pocet_chyb}{celkovy_pocet} \cdot 100,$$

výťažnosť -ziskovosť: 100 – chyby v %,

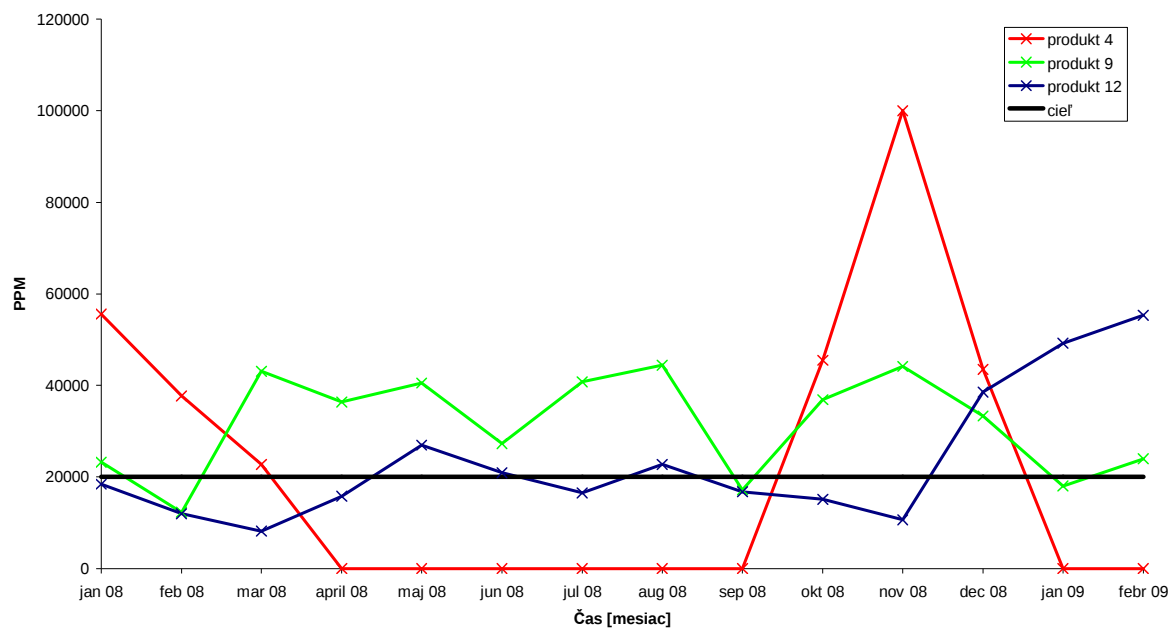
PPM - (angl. parts per million) vyjadruje počet chybných produktov na milión, jeho výpočet je uvedený vyššie.

Cieľom, ktorý stanovil manažér kvality je, aby chybovosť každého produktu nebola vyššia ako 2%. V prepočte na PPM nesmie presiahnuť hodnotu 20000. Hodnoty, ktoré to spĺňajú, sú označené zelenou farbou a tie, ktoré cieľ nespĺňajú, sú znázornené červenou farbou. Ako je zrejmé, 6 produktov nespĺňa cieľ. Z nich má najhoršie výsledky produkt 13.

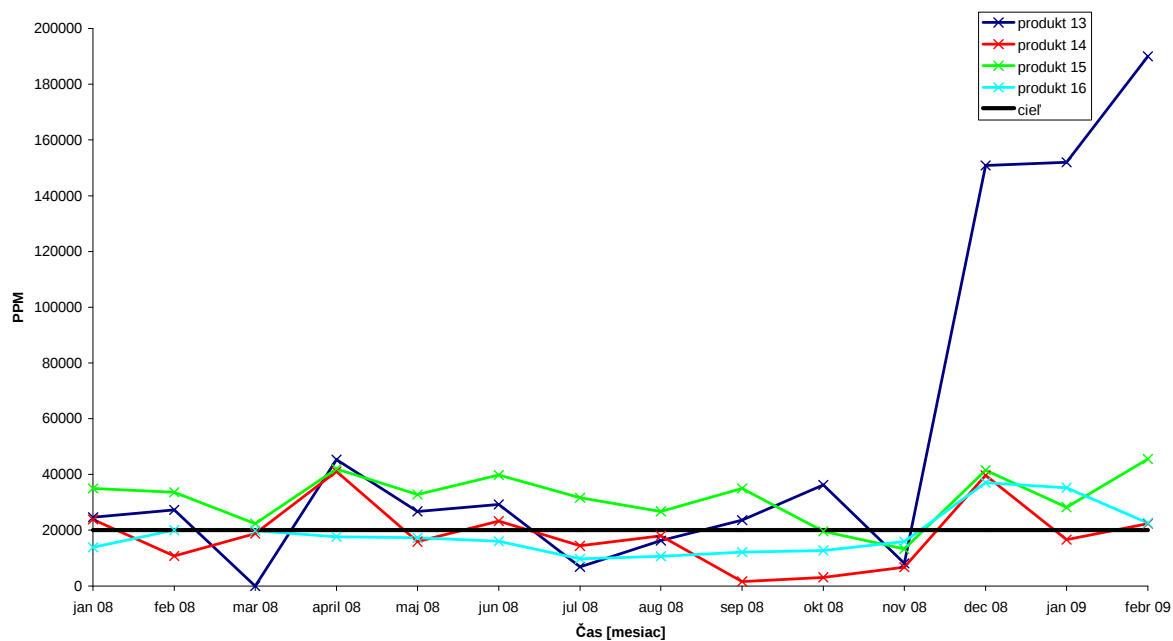
Pre overenie hypotézy, či tento produkt má skutočne najväčšiu poruchovosť, sa urobila analýza aj za celý rok 2008, vďaka ktorému je možné sledovať priebeh PPM počas celého roka a na základe toho určiť, či to nie sú len krátkodobé výkyvy.

V tabuľke (viď tab.2) je znázornený priebeh PPM všetkých produktov od januára 2008 po február 2009. Pre podrobnejšiu analýzu sa v ďalších úvahách bude brať obdobie posledných šiestich mesiacov. Ako je možné si všimnúť, červené hodnoty majú produkty 2, 4, 5, 7, 9, 11-16 a 18. Lenže nie všetky produkty majú červené hodnoty počas celého roka. Produkt 2 má tesne nad 20 000 len za posledné dva mesiace, takže sa vylúčil a podobným štýlom aj produkty 5, 7, 11 a 18. V konečnom dôsledku ostávajú produkty 4, 9, 12-16 (7 produktov) na analýzu. Pre lepší prehľad na obr. 8 a obr. 9 je graficky znázornený priebeh týchto najproblémovnejších výrobkov.

Z obidvoch obrázkov (obr. 9 a obr. 10) je vidieť, že jednoznačne produktom s najhoršou internou kvalitou je produkt 13. Po „brainstormingu“ s pracovníkmi oddelenia kvality sa dospelo k názoru, že najproblémovjším produktom v otázke internej kvality je produkt 13 a hneď po ňom produkt 12, ktorého priebeh PPM za posledný rok možno vidieť na obr. 9. Podrobnejšej analýze chýb, ktoré sa vyskytujú na produkte 13 sú venované nasledujúce podkapitoly (viď podkapitola 4.3).



obr.9: *Priebeh PPM*



obr.10: *Priebeh PPM*

4.2 Analýza akosti procesu opravy produktu 13

Pre presné analyzovanie chýb a ich príčin bolo potrebné podrobne preskúmať vybraný produkt 13, ktorý vykazuje najhoršie výsledky internej kvality a v neposlednom rade taktiež podrobne preskúmať opravárenský proces konkrétne tohto produktu. Až na základe týchto poznatkov bolo možné analyzovať príčiny porúch, ktoré sa na tomto výrobku pravidelne vyskytovali.

4.2.1 Charakteristika výrobku „produkt 13“

Analyzovaným produktom je digitálny asistent, ktorý umožňuje mobilným zamestnancom zostať v spojení so spolupracovníkmi, klientmi a podnikovými systémami. Výrobok podporuje technológie EDGE GPRS / GSM a predstavuje tak novú úroveň komunikácie, funkcií a použiteľnosť v podnikovom prostredí v malom, prenosnom a ľahko použiteľnom zariadení.

Procesor je od spoločnosti Intel: XScale PXA270 416 MHz. Operačný systém od spoločnosti Microsoft: Windows Mobile 5.0 Phone Edition, komplexné funkcie hlasovej a dátovej komunikácie, vrátane podpory multimédií, trvalá pamäť.

WWAN: kompatibilita s technológiami EDGE GPRS / GSM. Prenos hlasu a bezdrôtový vysokorychlostný prenos dát.

WLAN: 802.11/b/g - efektívny a úsporný spôsob dátovej komunikácie pre kanceláriu.

WPAN: Bluetooth v1.2, bezdrôtový modem, synchronizácia tlače a ďalšie funkcie.

Prijímač GPS podporuje množstvo prospešných služieb a aplikácií využívajúcich určovanie polohy.

Integrovaný fotoaparát s vysokým rozlíšením 2 MP, možnosť zaostrenia na blízku vzdialenosť. LED blesk umožňuje snímanie obrázkov vysokej kvality priamo na mieste s možnosťou záznamu dokumentov i čiarových kódov 1D a 2D.

Farebný displej má 2,8 " QVGA. Dobrá viditeľnosť za všetkých podmienok. Dotyková obrazovka a voliteľná klávesnica. Viac spôsobov zadávania dát maximalizuje využitie funkcií aplikácií a užívateľský komfort.

Tento výrobok sa vyrába vo viacerých variáciách s rozličnou konfiguráciou. Je zložený z týchto súčastí:

- predný kryt,
- stredný kryt,
- zadný kryt,
- dotykový display,
- plastové klávesy,
- DPS klávesnice,
- CPU – hlavná DPS,
- GSM modem,
- WLAN modul,
- kamera.

Z toho WLAN modul a kamera sa nenachádzajú na každej konfigurácii tohto produktu. S tým úzko súvisí aj rozličnosť CPU. Je viacero typov, ktoré sa od seba líšia veľkosťou RAM pamäte (64 MB a 128 MB) a konektormi pre WLAN modul či kameru.

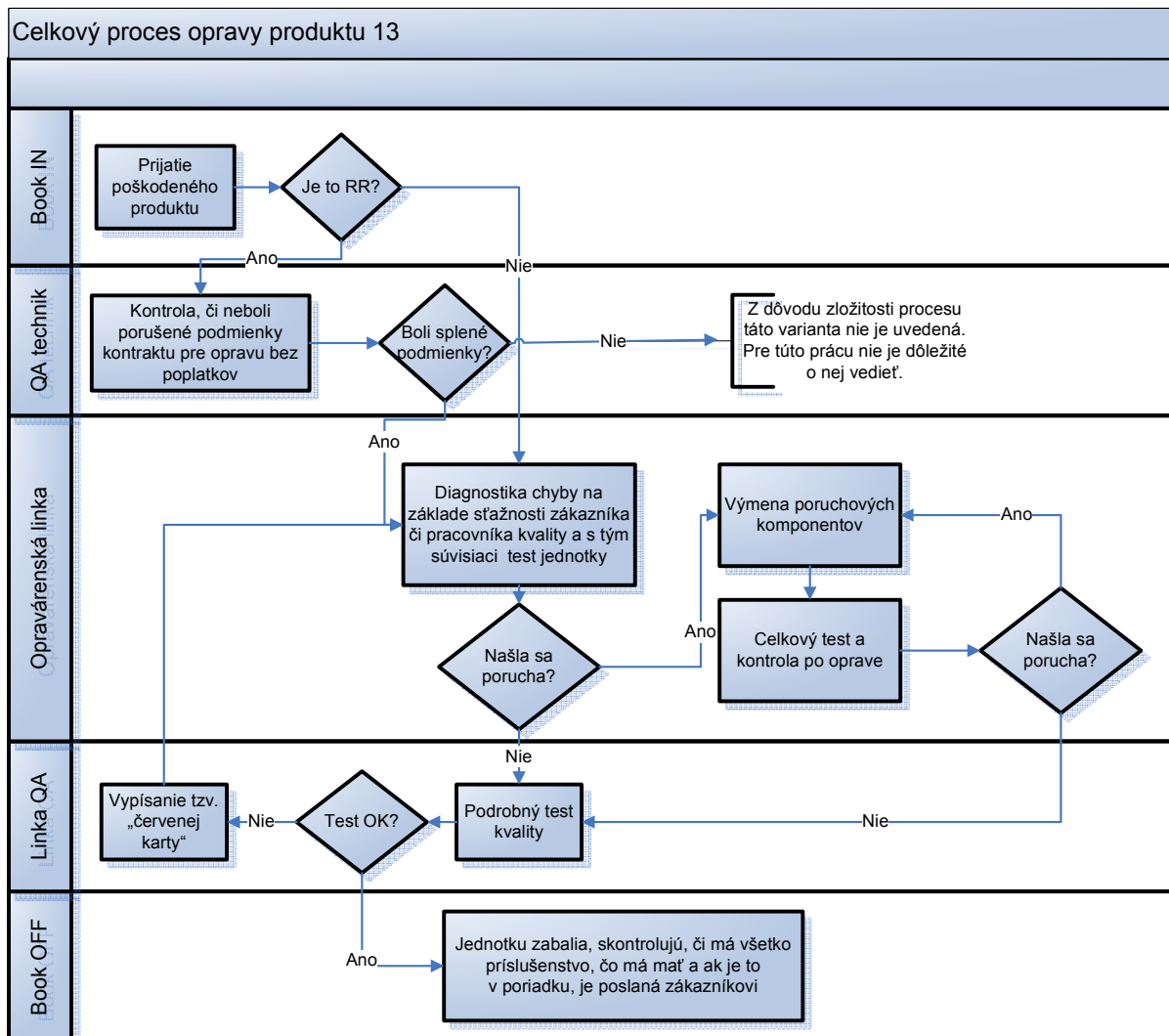
4.2.2 Charakteristika procesu opravy výrobku „produkt 13“

Tento produkt sa opravuje na opravárenskej linke, ktorá nie je špecializovaná len na tento produkt, ale opravuje aj iné produkty. Na opravu tohto výrobku sú vyčlenení priemerne 3 - 4 operátori, ktorí opravujú len tento produkt.

Podrobnejší priebeh opravy tohto produktu je znázornený na obrázku, vid' obr. 11. Táto procesná mapa je podstatne zjednodušená oproti skutočnej, kde je oveľa viac procesných slučiek, ktoré bolo zbytočné v tejto práci rozoberať a zaoberať sa nimi. Najpodstatnejšími procesmi pre túto prácu boli úkony, ktoré sa konali na opravárenskej linke aj spolupráca s linkou kvality.

Veľmi podstatnou informáciou pre štatistické riadenie tohto procesu je to, že po každom úkone, ktorý je znázornený v procesnej mape, pracovník zaznamená informácie do spomínanej internej databázy firmy, pomocou ktorej je potom možné zisťovať informácie o všetkých týchto úkonoch a vytvárať reporty – správy. Do databázy sa zaznamenáva napríklad aj to, aká chyba bola diagnostikovaná na opravárenskej linke, taktiež aj to, akú chybu našiel pracovník kvality po tomto

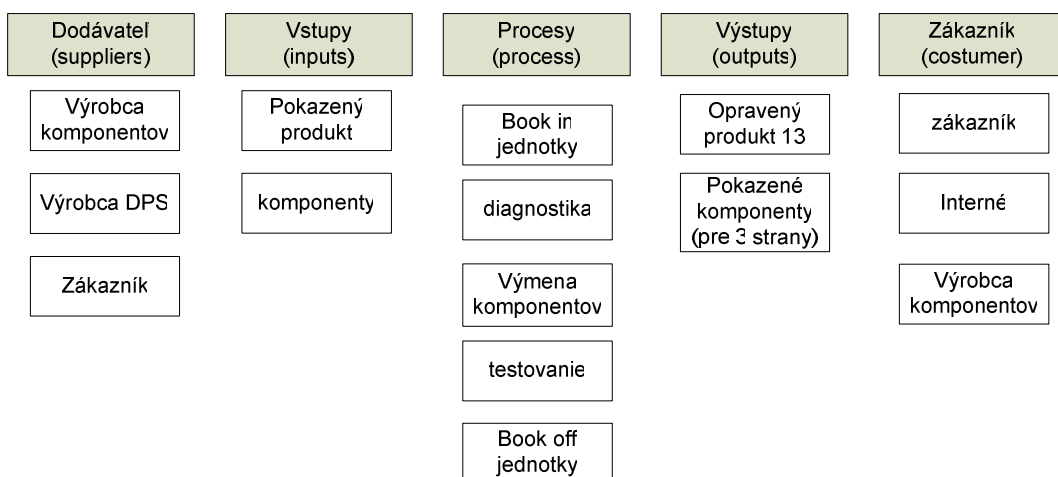
opravárenskom procese a v neposlednom rade aj to, aké súčiastky na tomto produkte sa vymenili. A tieto všetky informácie boli kľúčovým faktorom štatistického riadenia tejto práce.



obr.11: Procesná mapa opravy produktu 13

Na obrázku (viď obr.12) je znázornená SIPOC tabuľka analyzovaného procesu, kde je zrejmé, že vstupom a taktiež výstupom tohto procesu nie je len opravovaný výrobok, ale taktiež súčiastky, ktoré sa pri tomto procese vymieňajú.

Po podrobnejšej analýze ako produktu, tak aj jeho opravárenského procesu, bolo možné zaoberať sa poruchami, ktoré na produkte vznikli na základe reportu z internej databázy firmy.



obr.12: SIPOC tabuľka procesu opravy produktu 13

4.2.3 Spracovanie chýb

Motorola Brno má presne zadaný zoznam chýb, ktorý je zhotovený na základe praktických skúseností a opakovania sa týchto chýb. Firma má celkovo 4 typy popisu chýb, ktoré majú svoje heslá z čísiel či písmen tzv. **kódy**, kde každý takýto kód predstavuje určitý typ chyby.

Typy popisu chýb:

- problém kódy : chyby, na ktoré sa sťažuje zákazník;
- kódy chýb: chyby, ktoré diagnostikovali/odhalili na opravárenskej linke (viď tab.3);
- kódy interných chýb: chyby, ktoré zapisuje do databázy pracovník kvality, keď odhalí nezrovnalosť po opravárenskom procese s požiadavkami internej kvality;

Ak sa jedná o chyby, ktoré sú nájdené na REWORK-ovej linke, kde opravujú priamo DPS, tak chyby, ktoré sa tam opravujú, sú trochu odlišné, preto táto linka používa iné fault kódy (viď tab.4).

V servisnej centrále Motorola Brno sú zavedené v súvislosti s opravou ešte tzv. repair kódy (viď tab.5), ktoré zapisujú do databázy operátori na linke. A tieto kódy informujú o tom, čo sa s danou jednou jednotkou/súčiastkou dialo.

tab.3: Prehľad kódov chýb (angl. Fault codes)

kód chyby	popis chyby	kód chyby	popis chyby
000	žiadny podobný kód chyby	069	pomalý nábeh. alebo rozostrený paprsok, alebo žiadny paprsok (SCAN)
048	celkové zlyhanie	071	nenájdená chyba (NFF)
049	problém so spúšťou	073	skener nedokáže načítať čiarový kód
050	problém s batériou/napätím	074	iný typ jednotky a PWA
051	problém s klávesnicou	075	fyzicky poškodená
052	prístroj zablokovaný	076	jednotka sa resetuje
053	problém s displejom	077	problém s konektorom
054	problém s pamäťou	078	vodou poškodená jednotka
056	problém s komunikáciou	079	poškodená plomba
059	problém pri zálohovaní	091	problém rádiovkej komunikácie
061	nenabíja, nabíjačka nefunguje	092	problém s GSM/GPRS pripojením
062	problém s diskom	093	problém s komunikáciou cez sériový port
063	nesprávna verzia OS	094	problém s komunikáciou cez USB port
064	problém so zvukom	095	chýba jeden alebo viacero komponentov
065	problém so štítkom	096	chyba, ktorá sa prihodí sporadicky
066	problém s káblom	097	opotrebovaná jednotka
068	doska s problémom podľa FF*		

tab.4: Prehľad repair kódov na úrovni DPS

kód chyby	popis chyby
301	chýbajúca súčiastka
302	poškodená súčiastka
303	elektricky chybná súčiastka
304	studený spoj
305	zdvihnutý vývod
306	poškodená / chýbajúca vodičová cesta
307	zdvihnutá plôška
308	skrat
309	fyzicky poškodená DPS
310	poškodenie vodou
311	iná chyba
312	chyba nenájdená - NFF

tab.5: Prehľad repair kódov

kód chyby	popis procesu	kód chyby	popis procesu
00	žiadny podobný kód chyby	63	aktualizované a otestované
11	nahratie softwaru	65	poslané na opravu do iného opravárenského centra
12	oprava plôšky / vodič	66	opravená snímacia hlava
13	oprava / čistenie	70	opravené PCB cesty
14	kontrola DPS	72	diel a jeho oprava podľa ECO
15	prepájanie	76	kalibrované a otestované
50	skontrolované, testované, NFF	84	zariadenie vrátené neopravené
61	vymenená súčiastka	90	výmena celého bloku

Pri realizácii a štatistickej analýze tejto práce sa pracovalo s internými chybami, ktoré zapisovali pracovníci kvality (prehľad týchto chýb vid'. tab.6).

tab.6: Prehľad chýb internej kvality

popis chyby	popis chyby
Problém s údajmi	Problém s dotykovým displejom
Jednotka nereaguje na príkazy	Komunikácia - modem/GPRS
Kozmetické chyby - štítok	Problém s nabíjaním
Problém so skenovaním čiarových kódov	Komunikácia- problém s Bluetooth
Kozmetické chyby - plasty	Fyzické poškodenie
Problém s klávesnicou	Náhodná chyba
Komunikácia - problém s Wifi	Problém s komunikáciou
Problém so softvérom	Kozmetické chyby - špina
Kozmetické chyby - skrutka	Problém s vibrovaním
Problém s tlačidlom od skenera	Komunikácia - sériové pripojenie
problém s batériou/napájaním	Problém s pamäťou
Problém so zálohovaním	Problém s komponentmi
Problém s displejom	Komunikácia - problém s USB
Problém so zvukom	Problém s konektorom
Konfiguračný problém	Problém s káblom

4.3 Analýza porúch a definovanie ich príčin

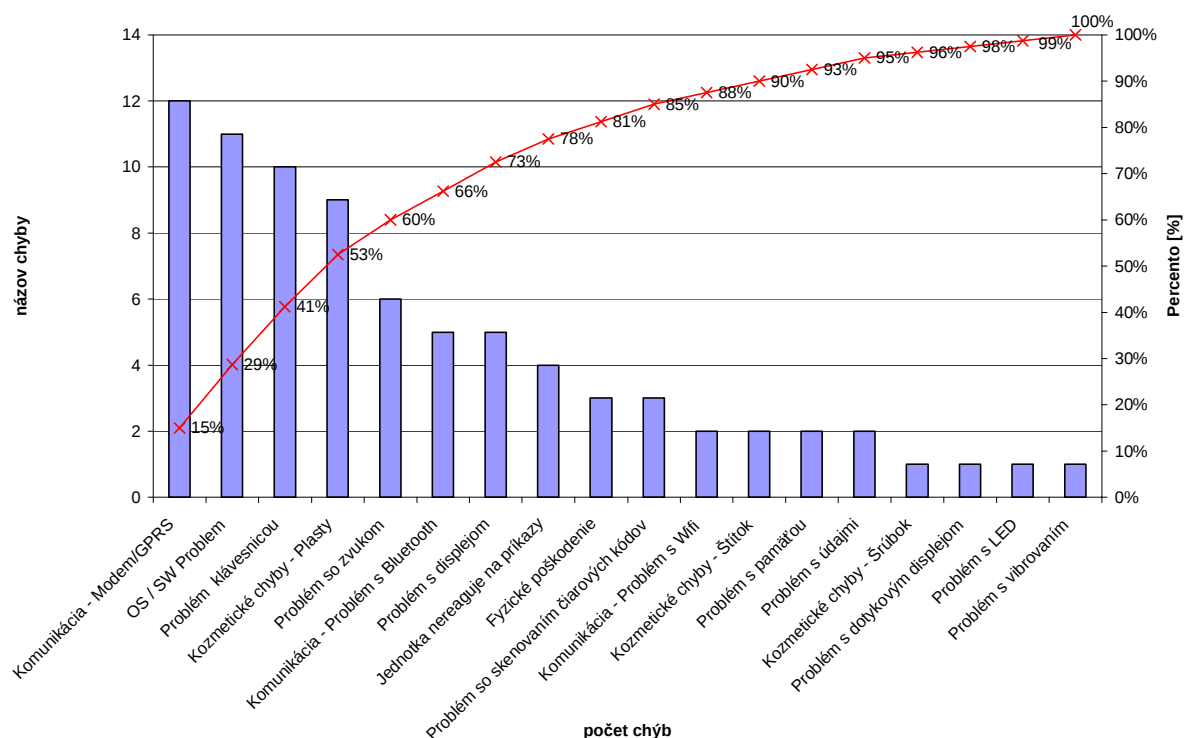
Celý proces zlepšenia internej kvality bol založený na výsledkoch linky kvality, ktorá tieto chyby zapisovala do databázy, takže sa pracovalo s internými chybami.

V prvom rade sa urobila predbežná analýza chýb za obdobie jedného mesiaca (január 2009), pomocou ktorej sa získal prehľad o tom, o aké chyby ide (aj táto analýza hrala dôležitú úlohu pri výbere vhodného produktu pre túto prácu).

Na obrázku obr.13 je znázornený pareto diagram všetkých interných chýb produktu 13 za obdobie január 2009. Z neho sa vybralo 5 najkritickejších chýb, ktoré ako je z grafu zrejme tvorí 53 %. Ide o chyby:

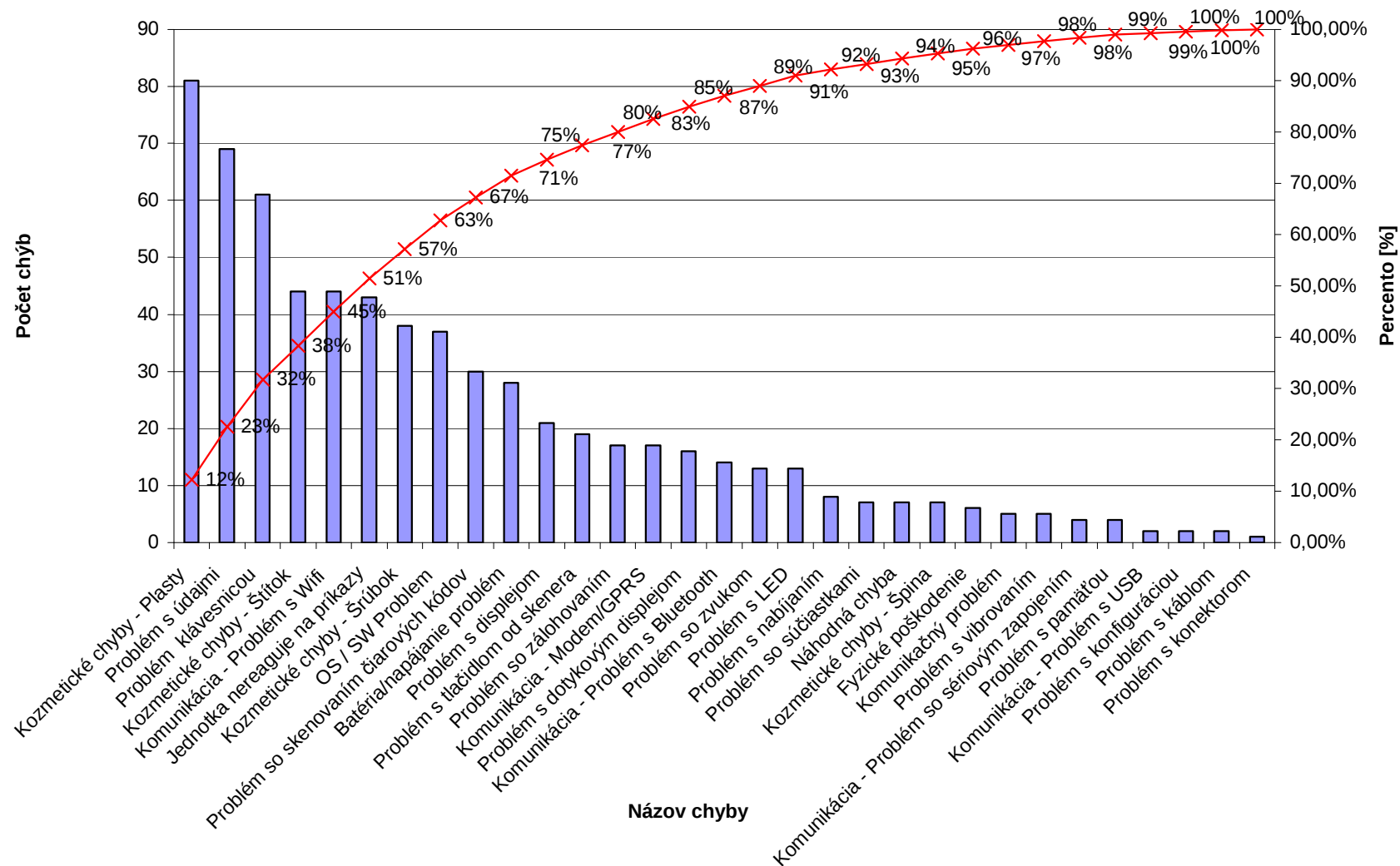
- **komunikácia - Modem/GPRS;**
- **OS/SW problém;**
- **problém s klávesnicou;**
- **problém s údajmi;**
- **problém so zvukom.**

Pre lepší prehľad je na obrázku (vid' obr.14) znázornený pareto diagram všetkých chýb produktov za obdobie január 2009. Tým sa overilo, že vybrané chyby patria medzi 8 najkritickejších chýb celkovo a je potrebné sa nimi zaoberať.

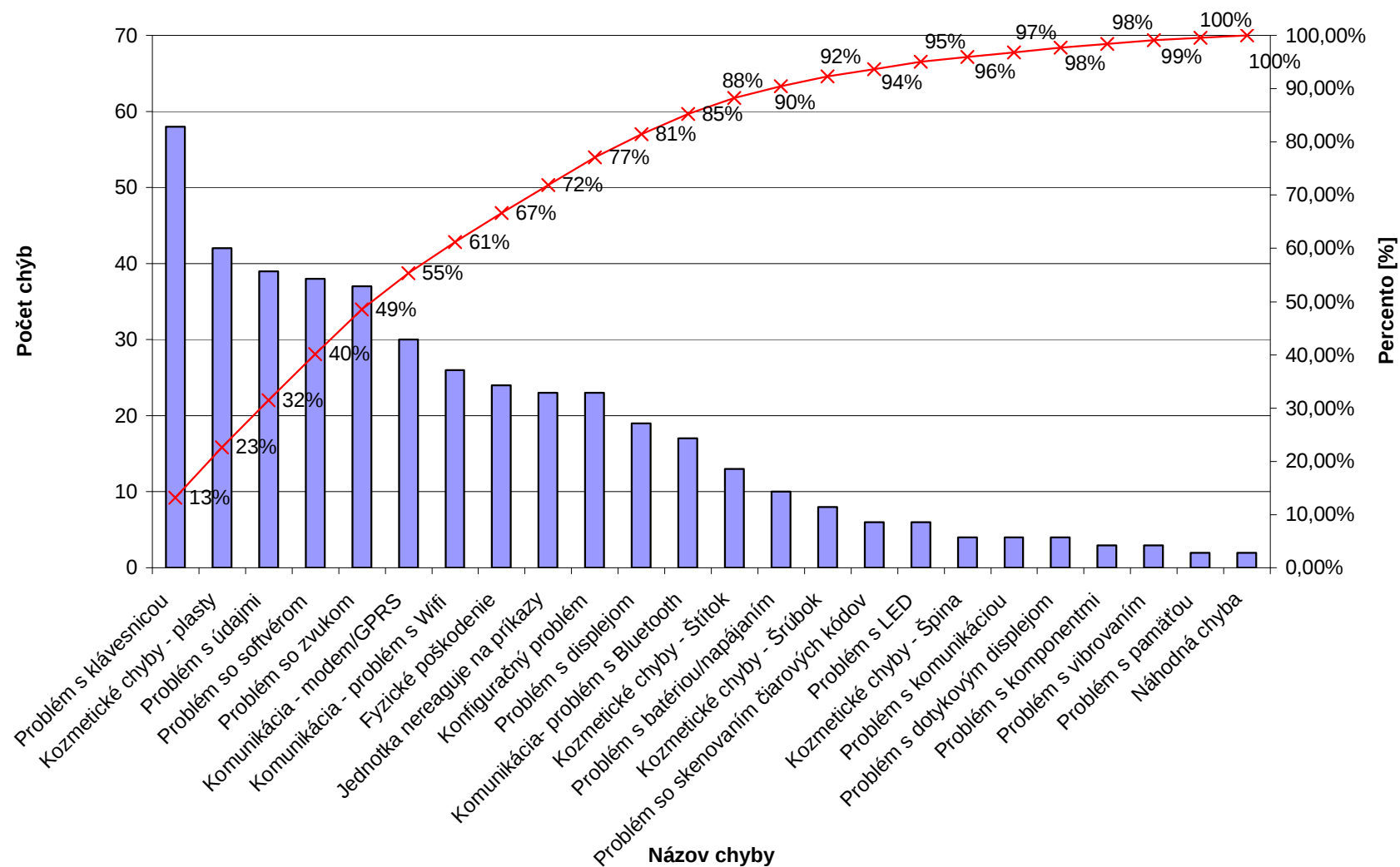


obr.13: Pareto diagram porúch produktu13 za obdobie január 2009

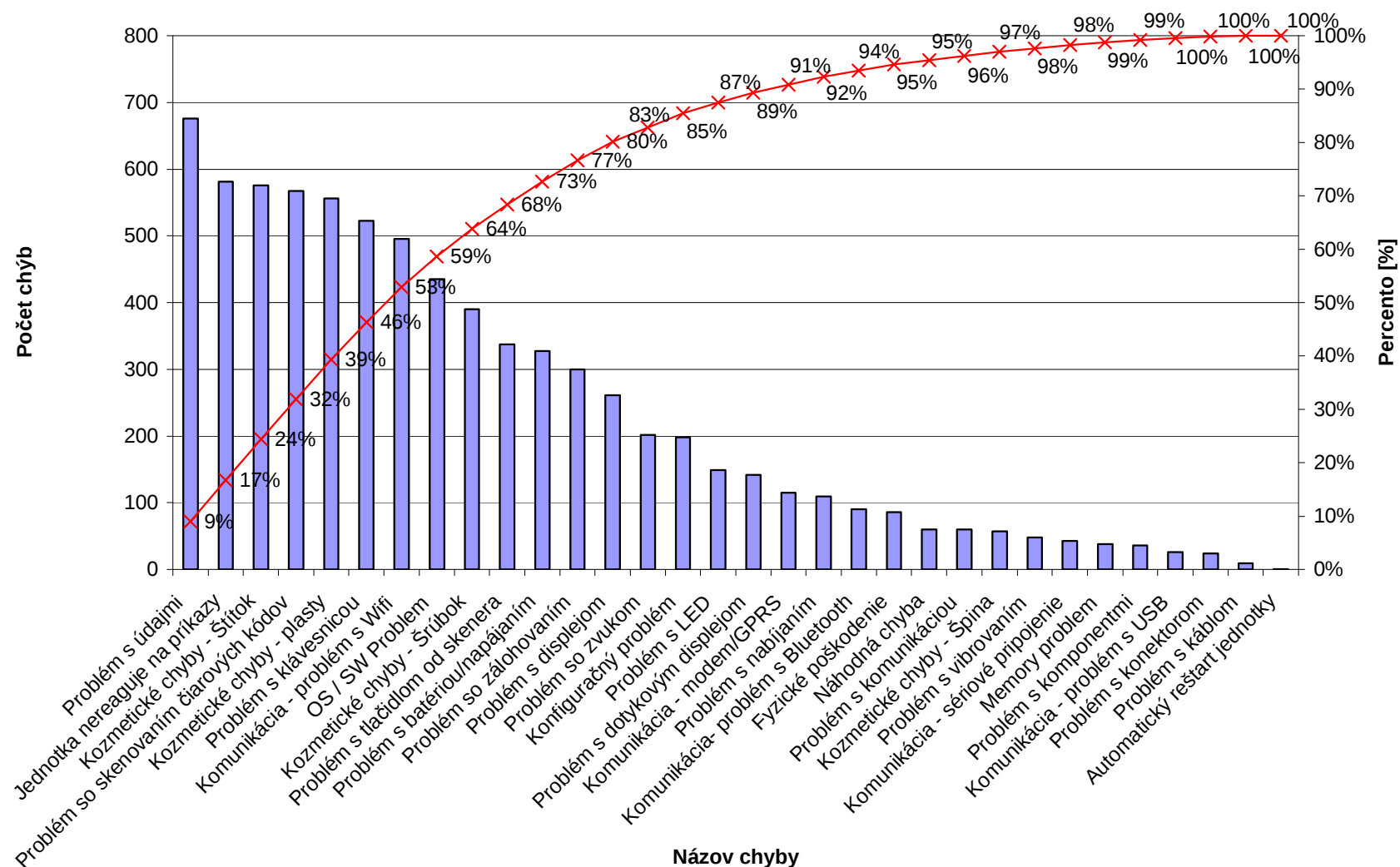
Dôležitým krokom pri vyberaní najkritickejších chýb bolo aj to, či tieto chyby stále pretrvávajú, či je to dlhodobé pretrvávajúce týchto chýb a či to nie je len náhly skok. Na všetky tieto otázky odpovedá časový priebeh týchto chýb za obdobie cca jedného roka. Je vidieť, že tieto chyby majú v posledných mesiacoch extrémne rastúcu tendenciu, čo len potvrdzuje to, že výber týchto chýb bol správny a práca sa zaoberá aktuálnymi problémami.



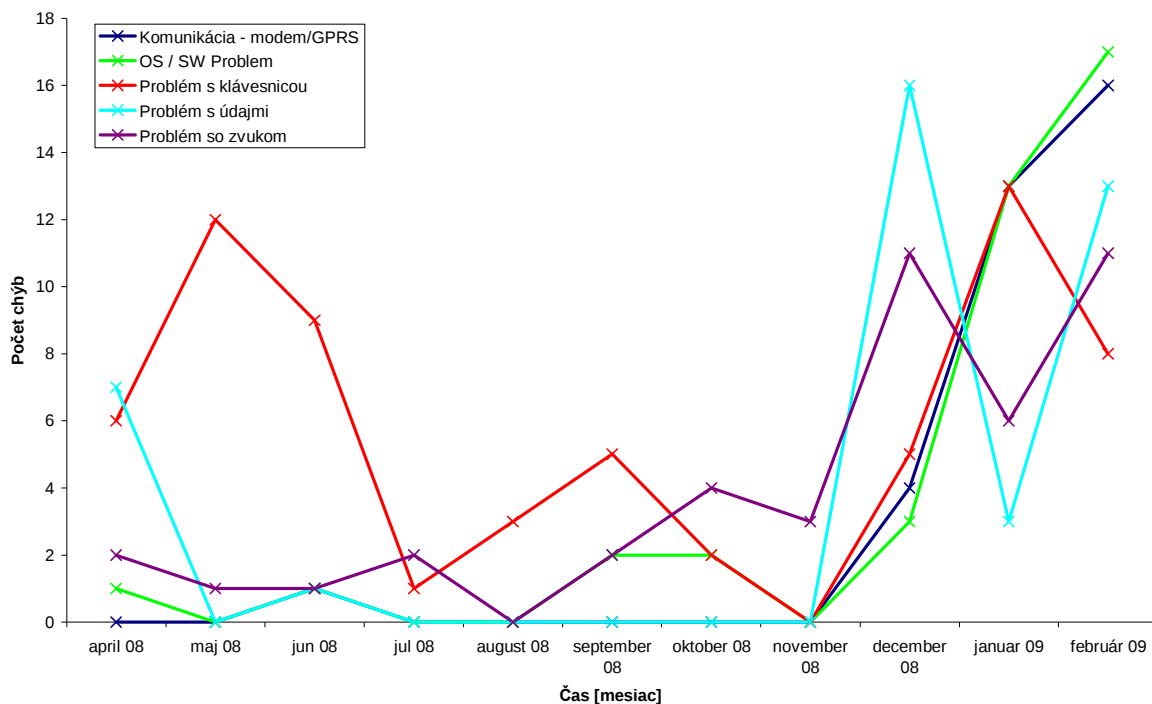
obr.14: Pareto diagram porúch všetkých produktov za obdobie január 2009



obr.15: Pareto diagram porúch produktu13 za obdobie január 2009 – február 2009



obr.16: Pareto diagram porúch všetkých produktov za obdobie január 2008 – február 2009



obr.17: *Priebeh najkritickejších chýb za dlhšie obdobie*

Po určení najkritickejších chýb bolo dôležité sa zaoberať príčinami chýb a zvlášť týchto. S veľkou pravdepodobnosťou ak sa odstráni príčina jednej z týchto chýb, môže sa znížiť aj počet iných chýb a to tým, že jedna príčina môže byť zdrojom viacerých chýb.

4.3.1 Definovanie príčin chýb

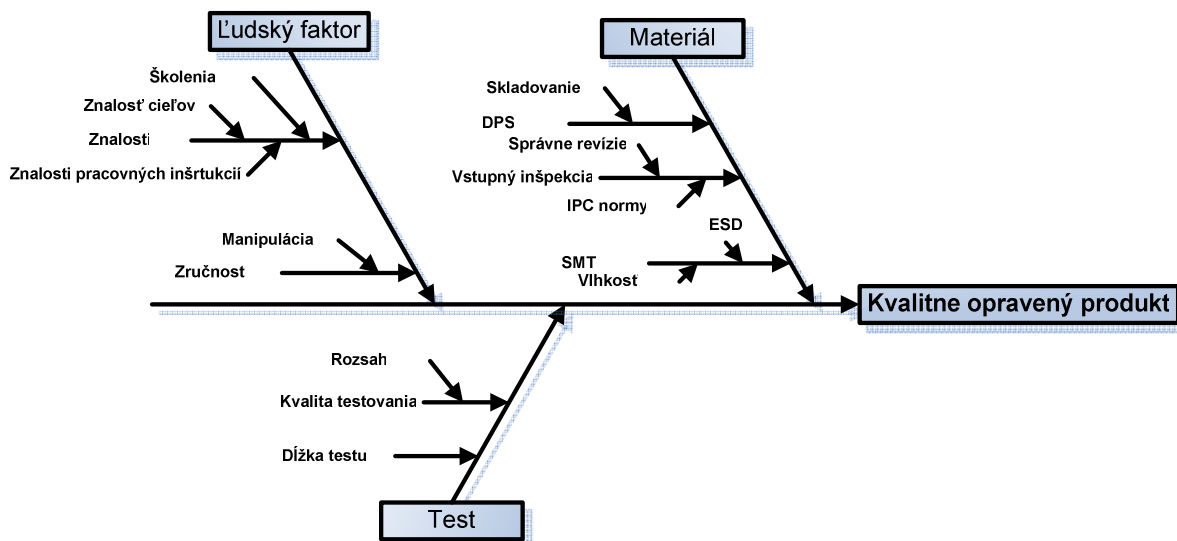
V tejto časti práce sa v prvom rade urobil prehľad všetkých možných príčin chýb pri oprave výrobku. Z dôvodu efektívnosti analýzy príčin chýb sa urobili určité úpravy v procesoch. Jedným z nich je to, že ak inšpektor na linke kvality našiel chybu, vypísal tzv. „červenú kartu“. Do nej zapíše chybu, ktorú našiel a potvrdí to svojou pečiatkou. Úprava resp. dodatok tohto procesu je v tom, že po návrate jednotky opäť na linku kvality, inšpektor na „červenú kartu“ dopísal aj to, aké opatrenia sa vykonali, aby sa odstránil problém, ktorý inšpektor našiel. Jednotka potom postupuje ďalej v procese a inšpektor si tie karty nechával na linke kvality a tým zbieral informácie pre túto prácu.

Výsledky analýz sú tvorené na podklade týchto „červených kariet“, ktoré sa zbierali vyše 4 mesiacov (od októbra 2008 až do februára roku 2009) a využil sa aj

„brainstorming“, kde prebehla konzultácia s pracovníkmi kvality a taktiež s hlavným technikom opravárenskej linky, ktorá opravuje produkt 13. Celkový prehľad zdrojov chýb ja na nasledujúcom obrázku (viď obr.18.), ktorý je vo forme ishikawa diagramu.

Ako je z diagramu zrejmé, definovali sa tri hlavné korene príčin všetkých porúch produktu 13:

- **Ľudský faktor:** s tým je úzko spojená zručnosť pracovníkov, ako sú zaškolení, aké majú praktické skúsenosti s opravou tohto produktu (súvisí to s tým, koľko nových operátorov na linke pracuje a ako ovládajú pracovné inštrukcie), znalosť pracovných inštrukcií a s nimi aj nové revízie a vylepšenia súvisiace s neustálym vývojom a vylepšovaním tohto produktu na základe spätnej väzby od zákazníka. Tento faktor je veľmi rýchlo premenlivý a často závisí aj od emocionálneho stavu pracovníka a taktiež aj od toho, ako je daný pracovník motivovaný;
- **Materiál:** hlavným faktorom, ktorý je zdrojom príčin v tejto vetve diagramu je kvalita materiálu. Najmä, čo sa týka dosiek plošných spojov, ktoré obsahujú citlivé SMD súčiastky citlivé na elektrostatický náboj a vlhkosť , ktoré je spojené so skladovaním týchto súčiastok. A taktiež či dané nové komponenty spĺňajú dané požiadavky a revízie, či spĺňajú požiadavky IPC noriem a či je ich funkčnosť vyhovujúca;
- **Test:** ako je nastavený proces testovania tohto produktu, najmä čo sa týka testu na opravárenskej linke. (Test, ktorý sa vykonáva na linke kvality sa v tomto prípade považuje, že je bezchybný, pretože práve on odhalil všetky chyby, ktoré sa odhalili pri analýze chýb).



obr.18: Ishikawa diagram príčin chýb pri procese opravy

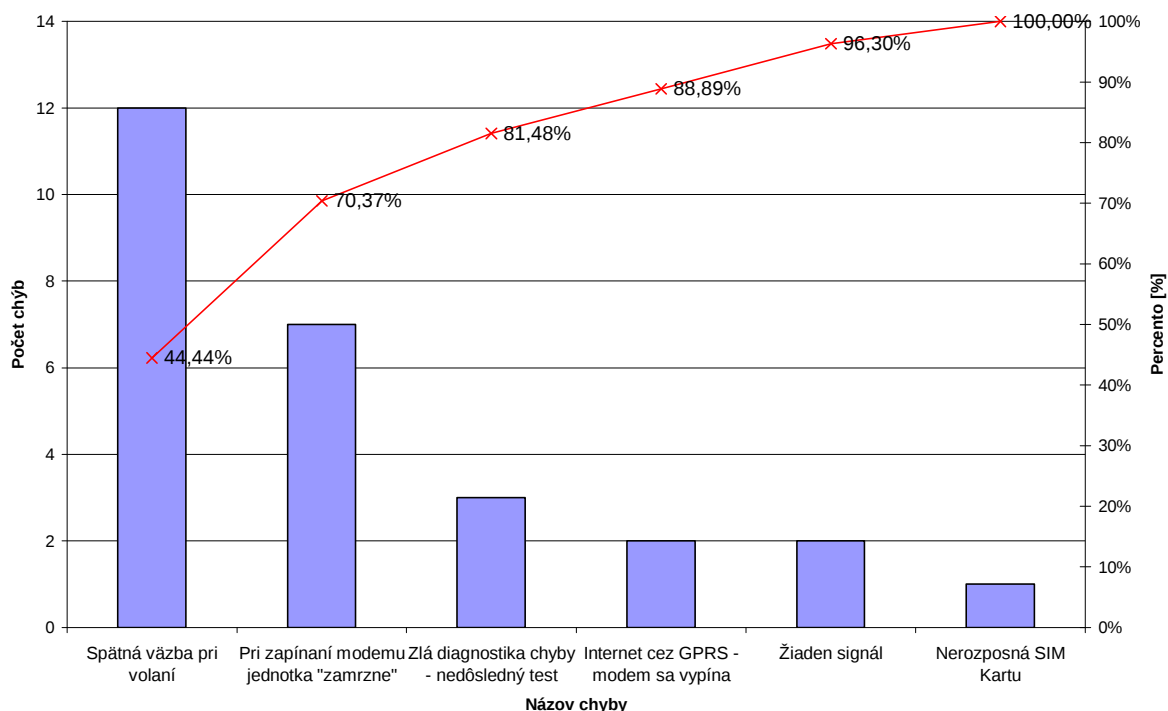
Pre správnosť analýzy príčin bolo nevyhnutné sa zaoberať každým problémom separátne, pretože každá porucha môže mať odlišné zdroje chýb. Všetky podrobné analýzy príčin chýb, boli definované pomocou „brainstormingu“ a taktiež výsledkov z internej databázy firmy pomocou „červených kariet“.

4.3.2 Problém s komunikáciou GSM modemu/GPRS

Po zozbieraní a dôslednom roztriedení „červených kariet“ (ďalej už len ČK), k tomuto problému bolo zapísaných 27 ČK.

Po presnejšom analyzovaní chýb pod problémom s komunikáciou GSM modemu/GPRS inšpektor na linke kvality odhalil tieto problémy (viď obr.19):

- **Spätná väzba/echo pri volaní:** tento problém je možné zaradiť aj do problému so zvukom. Nebol určený vedením ani nikým, do ktorej kategórie má patriť, preto tento symptóm bude taktiež kategorizovaný pod problémom so zvukom. Problém nastáva iba pri telefonovaní a nie pri počúvaní hudby a taktiež príčinou problému nie je audio výbava tejto jednotky, ale tzv. „CPU“ jednotky a v niektorých prípadoch aj GSM modem. Vo veľkej miere je táto chyba odhaliteľná okamžite, takže to, že jednotka s touto chybou sa dostala na linku kvality je vo veľkej miere chybou operátora.



obr.19: Pareto diagram analýzy komunikačného problému s modemom GSM/GPRS

- **Pri zapnutí modemu jednotka zamrzne:** tento problém sa prejavuje tým, že po zapnutí modemu GSM jednotka prestane reagovať na všetky príkazy a je nutné len jednotku reštartovať. Problém sa dá odstrániť výmenou GSM modemu. Chyba býva občas náhodná, preto dĺžka testu pri tejto chybe hrá dôležitú úlohu a taktiež aj ľudský faktor.
- **Zlá diagnostika - nedôsledný test:** táto chyba je určená inšpektorom na základe toho, že operátor na linke zle diagnostikoval chybu a jednotka sa opakovane vracala na linku kvality so stále rovnakým problémom. Táto chyba je ukázkovým príkladom zlyhania ľudského faktora zo strany operátora, ktorý nedôsledne testoval po oprave jednotku a nebol dôsledný ani pri diagnostikovaní chyby.
- **Internet prostredníctvom GPRS:** Pri pripojení na internet prostredníctvom GPRS, po určitom čase začne vypadávať pripojenie. Táto chyba bola odstránená výmenou GSM modemu. Často prejavuje len náhodne a až po určitej dobe, preto v niektorých prípadoch je veľmi ťažké tento problém odhaliť už na linke, kde operátor je nútený diagnostikovať chybu a opraviť jednotku za krátku dobu. Preto dosť veľkým faktorom v tomto prípade je dĺžka testu a dôslednosť pri testovaní pripojenia na internet prostredníctvom GPRS. Chyba je spôsobená zlým spojením

resp. zlou komunikáciou modemu s hlavnou DPS, ktorá je realizovaná prostredníctvom tzv. flex spojov. Tie môžu byť nebadateľne mechanicky poškodené, a preto po určite dobe sa komunikácia GSM modem – hlavná DPS (CPU) preruší. V niektorých prípadoch je poškodený aj konektor na GSM modeme a chyba sa odstráni až výmenou GSM modemu.

- **Žiaden signál (alebo len veľmi slabý signál):** po zapnutí GSM modemu, jednotka nenájde žiadnu GSM sieť. Je to spôsobené poškodenou GSM anténou, ktorá je súčasťou hlavnej CPU DPS dosky.
- **Nerozpozna SIM kartu:** problém je spôsobený poškodeným spojom SIM slotu na hlavnej DPS (CPU). Tento problém sa rieši výmenou hlavnej DPS (CPU). Chyba býva častokrát náhodná, preto v tomto prípade dĺžka testu sa stáva dôležitým faktorom.

Pri analýze všetkých faktorov, ktoré zapríčiňujú danú chybu sa musela každej príčine určiť váha dôležitosti, akou táto príčina prispieva k danému problému. To sa vytvorilo za pomoci matice príčin a následkov, kde pri každej chybe sa ohodnotilo, akou váhou prispel daný faktor na danú chybu. Súčet dôležitosti všetkých faktorov v jednom riadku tvorí číslo jedna. V prepočte na percentá to znamená, že napríklad pri chybe „spätná väzba pri volaní“ má 60 %-tný podiel na chybe hlavná DPS (CPU) a 40 %-tný podiel na chybe ľudský faktor. (viď tab.7)

tab.7: Problém s komunikáciou modem GSM/GPRS - Matica príčin a následkov

popis chyby	počet chýb	CPU	Flex spoj	GSM modem	GSM anténa	Ľudský faktor	Dĺžka testu
Spätná väzba pri volaní	12	0,6	0	0	0	0,4	0
Pri zapínaní modemu jednotka "zamrzne"	7	0	0	0,6	0	0,2	0,2
Zlá diagnostika chyby - nedôsledný test	3	0	0	0	0	0,9	0,1
Internet cez GPRS - modem sa vypína	2	0	0,3	0,3	0	0,1	0,3
Žiaden signál	2	0,3	0	0	0,4	0,2	0,1
Nerozpozna SIM Kartu	1	0,8	0	0	0	0,2	0

V ďalšom kroku sa tieto známky vynásobili s počtom nájdených chýb a výsledkom je váha dôležitosti daného faktoru. (viď tab.8)

Príklad výpočtu prvého riadku v tab.8:

Váha dôležitosti ľudského faktora je rovná sume súčinov dôležitosti tohto faktora v každej chybe s počtom chýb každého problému.

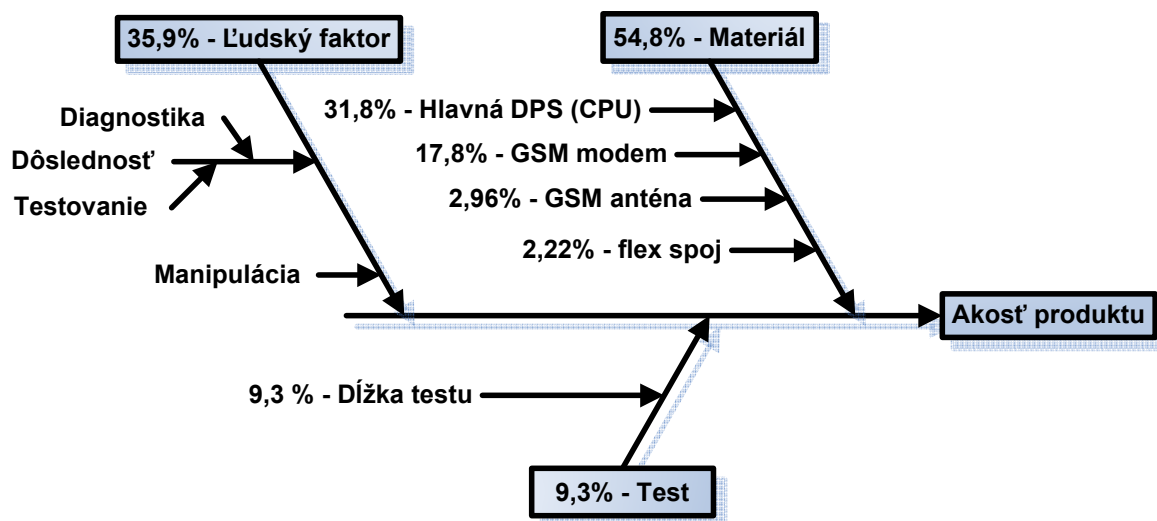
Váha dôležitosti ľudského faktora = $0,4 \times 12 + 0,2 \times 7 + 0,9 \times 3 + 0,1 \times 2 + 0,2 \times 2 + 0,2 \times 2 = 9,7$

Celkový počet chýb, ako už bolo spomínané na začiatku, je 27, takže vďaka tomu je možné vyjadriť aj percentuálnu váhu každého faktora. (viď tab.8)

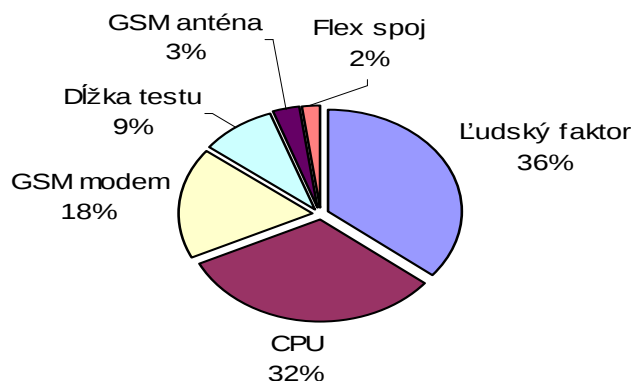
tab.8: Váha dôležitosti faktorov zapríčiňujúcich chybu s komunikáciou GSM modemu / GPRS

príčina	Váha dôležitosti	% váha dôležitosti
Ľudský faktor	9,7	35,93%
CPU	8,6	31,85%
GSM modem	4,8	17,78%
Dĺžka testu	2,5	9,26%
GSM anténa	0,8	2,96%
Flex spoj	0,6	2,22%

Na obrázkoch obr.20 a obr.21 sú graficky znázornené váhy dôležitosti všetkých faktorov, ktoré nesú určitú váhu na probléme s komunikáciou GSM modemu / GPRS.



obr.20: Diagram príčin poruchy s komunikáciou GSM modemu



obr.21: Grafické znázornenie podielu každého faktoru na chybe s komunikáciou GSM modemu / GPRS

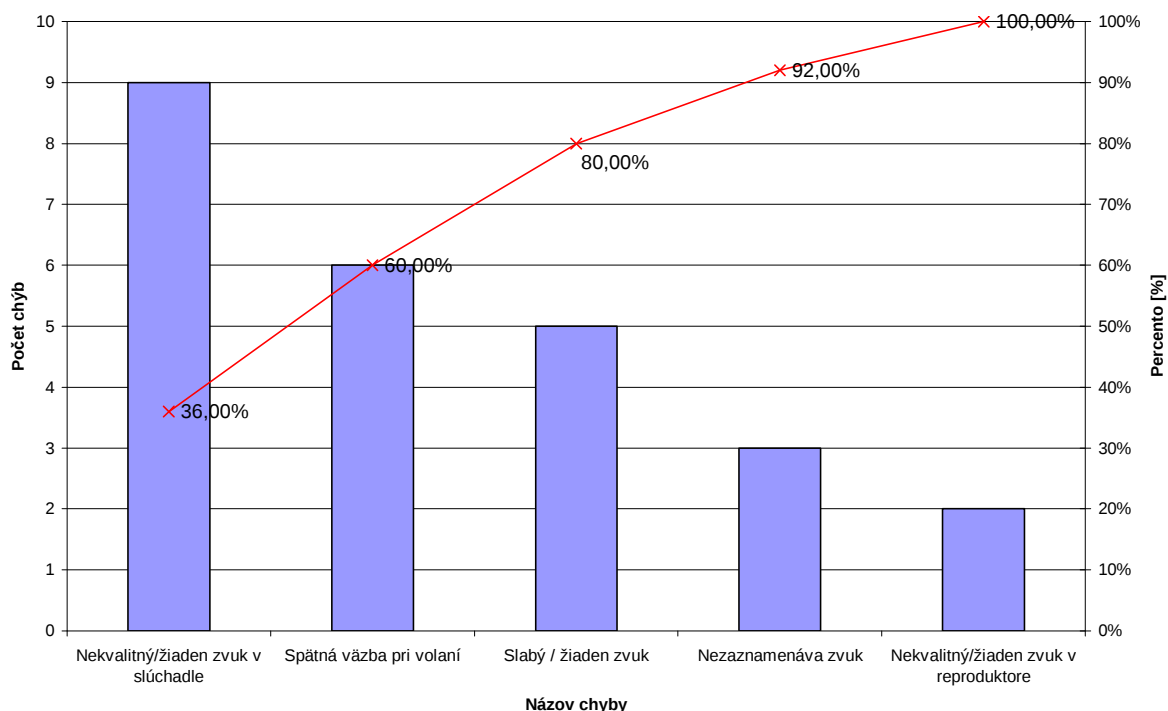
Záverom analýzy príčin problému komunikácie GSM modemu / GPRS sa zistilo, že najväčšiu podiel má zlý materiál a ľudský faktor. Čo sa týka materiálu, tak najväčšiu váhu dôležitosti má hlavná DPS (CPU).

4.3.3 Problém so zvukom

Pri analyzovaní príčin tejto kategórie chýb bolo na tento problém vypísaných a zozbieraných 25 ČK. K tomuto problému sa viaže viacero symptómov a to (viď obr.22):

- **Spätná väzba/echo pred a počas volania** sa prejavovalo tým, že po zadaní telefónneho čísla pred a počas vytáčania telefónneho čísla GSM modemom, jednotka vydávala nepríjemné pískanie a bzučanie. Jedná sa o tú istú chybu ako v kategórii s problémom komunikácie GSM modemu / GPRS. No musí sa spomenúť aj tu, pretože analýza je vypracovaná na základe dát s databázy firmy a tento problém je zapísaný aj v tejto kategórii.
- **Nekvalitný alebo žiaden zvuk v slúchadle alebo v zadnom reproduktore** sú chyby spôsobené fyzickým poškodením predovšetkým vodičov od reproduktoru slúchadla, ktorý je umiestnený na zadnom kryte. Toto fyzické poškodenie je spôsobené vo vysokej miere zlou manipuláciou a montážou jednotky na linke. Ďalším faktorom je fyzické poškodenie konektorov na hlavnej doske plošných spojov – CPU. K tomuto poškodeniu mohlo dôjsť buď už pri výrobe či servise, v tomto prípade je to tretia strana – dodávateľ, alebo pri montáži jednotky, čiže operátorom. Taktiež táto chyba nie je náhodná a test na konci opravárenského

procesu to odchyť, v tomto prípade tu hrá veľkú úlohu ľudský faktor, čiže nedôslednosť operátora pri testovaní. Táto chyba môže byť spôsobená aj poškodeným audio obvodom na hlavnej DPS. Tento problém ako väčšina problémov so zvukom nie je náhodný a je ho možné identifikovať okamžite, preto ak sa jednotka s týmito problémami dostane na linku kvality, je to vo veľkej časti chyba operátora a nedôslednosti pri testovaní.



obr.22: Pareto diagram analýzy problémov so zvukom

- **Nezaznamenaná/nenahráva zvuk:** príčinou je poškodený mikrofón, ktorý je súčasťou testu. Tento problém je taktiež odhaliteľný okamžite a je súčasťou testu, z čoho vyplýva, že aj v tomto prípade hrá veľkú ľudský faktor.

Podobne ako v predošlej analýze príčin chýb (viď podkapitola 4.3.2) sa vytvorila matica príčin a následkov, kde sa pri každom probléme ohodnotila váha dôležitosti každého faktoru ovplyvňujúceho danú chybu od 0 po 1. (viď tab.9)

tab.9: Problém so zvukom – Matica príčin a následkov

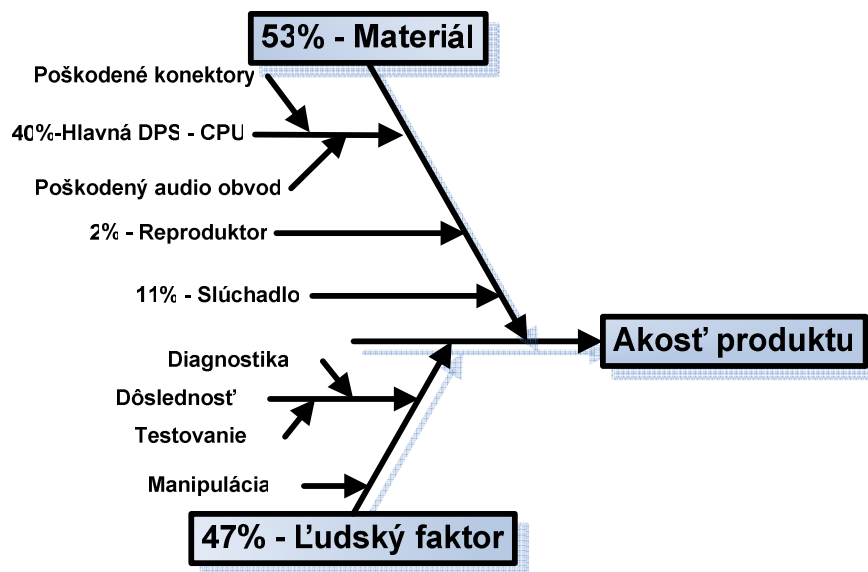
popis chyby	počet chýb	CPU	Slúchadlo	Reproduktor	Ľudský faktor
Nekvalitný/žiaden zvuk v slúchadle	9	0,2	0,3	0	0,5
Spätná väzba pri volaní	6	0,6	0	0	0,4
Slabý / žiaden zvuk	5	0,5	0	0	0,5
Nezaznamenáva zvuk	3	0,6	0	0	0,4
Nekvalitný/žiaden zvuk v reproduktore	2	0,2	0	0,3	0,5

Nasledovne ako pri tab.8 sa vypočítala váha dôležitosti každého faktora zapríčiňujúceho problém so zvukom. (postup výpočtu je v podkapitole 4.3.2)(tab.10)

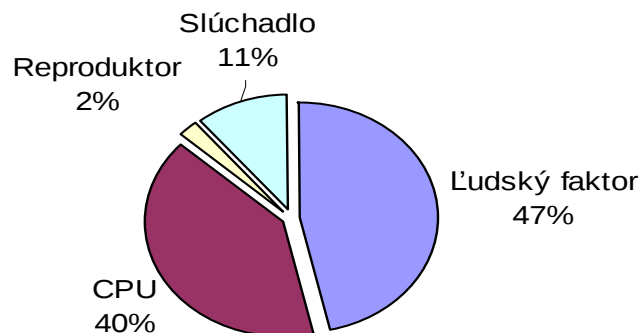
tab.10: Váha dôležitosti faktorov zapríčiňujúcich chybu so zvukom

príčina	počet chýb	% chýb
Ľudský faktor	11,6	46,40%
CPU	10,1	40,40%
Slúchadlo	2,7	10,80%
Reproduktor	0,6	2,40%

Grafické znázornenie diagramu príčin porúch a podielu na chybovosti problému so zvukom je na obr.23 a obr.24..



obr.23: Diagram príčin poruchy so zvukom



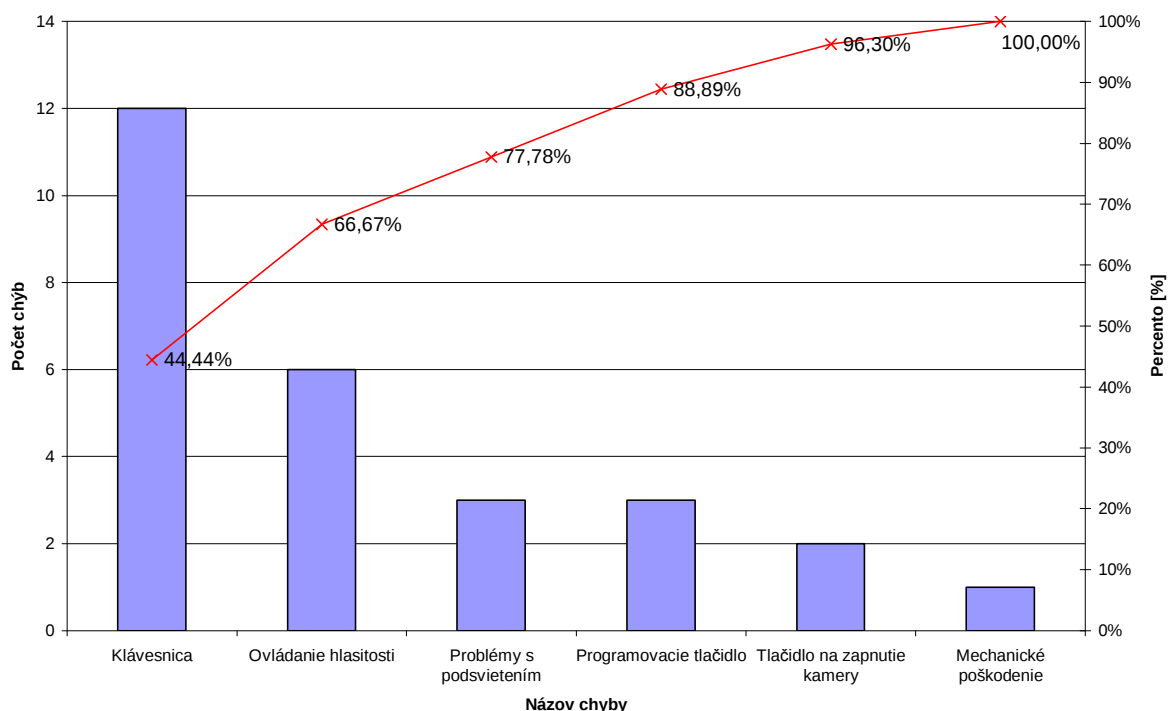
obr.24: Grafické znázornenie podielu každého faktoru na chybe so zvukom

Na obrázkoch obr.23 a obr.24 je graficky znázornené, že približne rovnakou mierou ako materiál aj ľudský faktor sa podieľajú na celkovej chybe so zvukom. Čo sa týka materiálu, tak najväčší podiel na chybovosti má opäť hlavná DPS (CPU).

4.3.4 Problém s klávesnicou

Do tejto kategórie patria problémy, ktoré sa týkajú klávesnice v prednej časti pod displejom na prednom kryte a taktiež tlačidlá po stranách jednotky, ktoré sú umiestnené na strednom kryte. Sú to dve tlačidlá na ovládanie hlasitosti, tlačidlo „power“ na vypnutie a zapnutie jednotky, tlačidlo na zapnutie a vypnutie kamery a jedno programovateľné tlačidlo.

S týmto problémom sa nazbieralo 27 ČK, ktoré mali nasledovné problémy (viď obr.25):



obr.25: Pareto diagram porúch s klávesnicou

- **Klávesnica** – pod touto chybou sa chápu všetky problémy, ktoré súvisia s tlačidlami na prednom kryte pod klávesnicou. Boli to predovšetkým chyby: keď niektorá z kláves nereagovala, alebo pri stlačení jednej klávesy reagovalo viacero kláves alebo iné klávesy. Táto chyba bola spôsobená buď poškodenou DPS klávesnice (prípád, keď klávesy nereagovali), alebo to bola chyba softvéru, keď operátor do jednotky nahral nekorektný „firmware“ (angl. ovládač) klávesnice, preto veľkú úlohu hrá ľudský faktor pri testovaní a oprave jednotky.
- **Ovládanie hlasitosti** je realizované pomocou dvoch tlačidiel na bočnej strane jednotky (sú umiestnené na strednom kryte). Najčastejším problémom pri tejto chybe bolo to, že tlačidlo na zníženie hlasitosti bolo zaseknuté a nereagovalo. Vo väčšine prípadov bolo permanentne stlačené. Tieto problémy vo veľkej miere sú zapríčinené nedôslednou montážou operátora a nedôsledným testom jednotky. V ojedinelých prípadoch išlo aj o poškodenie hlavnej DPS (CPU.)
- **Problémy s podsvietením** boli spôsobené vo veľkej miere DPS klávesnice a táto chyba je odhaliteľná okamžite a taktiež nie je náhodná. Z toho vyplýva, že aj tu zlyháva ľudský faktor.
- **Tlačidlo na zapnutie kamery** sa nachádza taktiež na bočnej strane jednotky. Tlačidlo nereagovalo na stlačenie, buď spôsobené zlou montážou stredného krytu,

alebo v ojedinelých prípadoch fyzickým poškodením tlačidla na hlavnej DPS (CPU).

- **Mechanické poškodenie opotrebenie:** táto chyba je kozmetická, našla sa len jedna ČK, ktorá bola vypísaná preto, že používaním sa zodreli nadpisy na tlačidlách.

Zhrnutím týchto všetkých príčin, tak ako v predchádzajúcich kapitolách (viď kap. 4.3.2), sa vytvorila matica príčin a následkov problému s klávesnicou, kde sa každému faktoru určila určitá známka dôležitosti (viď tab.11), podľa ktorej sa vypočítala váha dôležitosti na poruche s klávesnicou. (viď kap. 4.3.2)(tab.12)

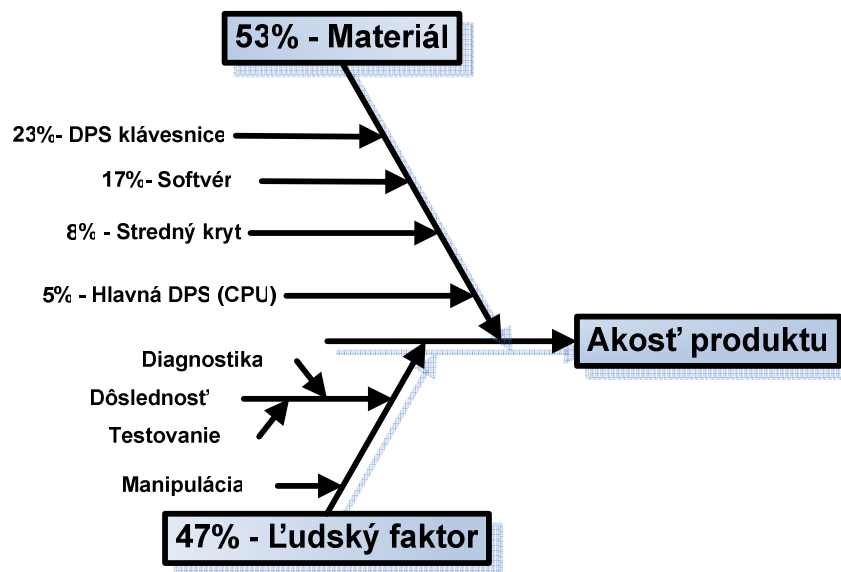
tab.11: Poruchy s klávesnicou – matica príčin a následkov

popis chyby	počet chýb	CPU	Stredný kryt	Klávesnica	SW/ Firmware	Ľudský faktor
Klávesnica	12	0	0	0,3	0,3	0,4
Ovládanie hlasitosti	6	0,1	0,2	0	0,1	0,6
Problémy s podsvietením	3	0	0	0,7	0	0,3
Programovacie tlačidlo	3	0,1	0,2	0	0,1	0,6
Tlačidlo na zapnutie kamery	2	0,1	0,2	0	0,1	0,6
Mechanické poškodenie	1	0	0	0,5	0	0,5

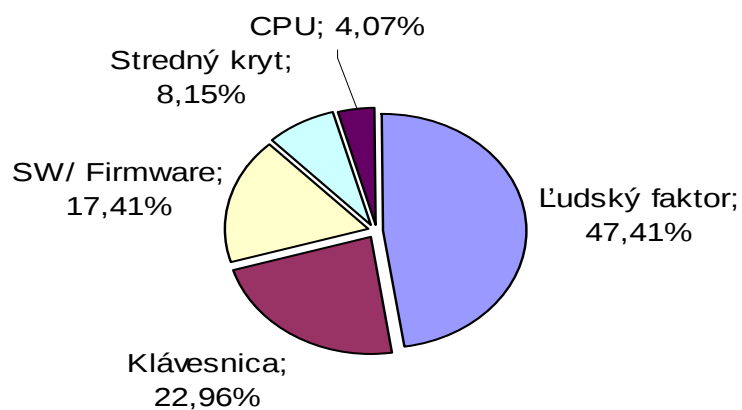
tab.12: Váha dôležitosti všetkých faktorov podieľajúcich sa na poruche s klávesnicou

príčina	váha dôležitosti	% váha dôležitosti
Ľudský faktor	12,8	47,41%
Klávesnica	6,2	22,96%
SW/ Firmware	4,7	17,41%
Stredný kryt	2,2	8,15%
CPU	1,1	4,07%

Na obrázkoch (viď obr.26 a obr.27) je grafické znázornenie všetkých faktorov, ktoré spôsobujú problém s klávesnicou a taktiež ich váha dôležitosti na tejto chybe.



obr.26: Diagram príčin a následkov poruchy klávesnice



obr.27: Grafické znázornenie podielu každého faktoru na chybe so zvukom

Na obrázku (viď obr.27) je vidieť, že najväčší podiel na poruche s klávesnicou má ľudský faktor.

4.3.5 Problém so softvérom (Operačný systém)

S týmto problémom sa zozbieralo 19 ČK. Pri tejto kategórii porúch ide len o jeden symptóm poruchy a to:

- **Nesprávna/neaktuálna verzia softvéru či operačného systému**- spadajú tu všetky chyby, ktoré vznikli na strane operátora nedôslednosťou pri procese opravy jednotky. Jedná sa buď o nesprávnu verziu operačného systému, alebo neaktuálnu verziu ovládača klávesnice (táto chyba je často zapisovaná aj pod kategóriu porúch s klávesnicou).

Hlavným faktorom pri tejto poruche je ľudský faktor, ktorý činí 100 % váhu dôležitosti.

4.3.6 Problém s údajmi

Tak ako s predchádzajúcim problémom, tak aj v tomto prípade, je jediným faktorom, ktorý zapríčiňuje tento problém, ľudský faktor – tvorí 100 % z celkového podielu. Boli to prevažne chyby spôsobené nedôslednosťou operátora na opravárenskej linke, ktorý nevyplnil potrebné údaje, či už na tzv. „job sheet“, alebo priamo do internej databázy firmy.

S touto kategóriou problémov sa zozbieralo 58 ČK, čo aj potvrdzuje z predchádzajúcich analýz, že táto kategória problémov je najčastejšia.

4.4 Analýza príčin porúch a návrh vhodných opatrení

Táto podkapitola vychádza z údajov získaných z predchádzajúcej analýzy, ktorej bola venovaná podkapitola 4.3. Zhrnutie celej analýzy je graficky zobrazené v nasledujúcej tabuľke (viď tab.13) a na obrázkoch (viď obr.28 a obr.29).

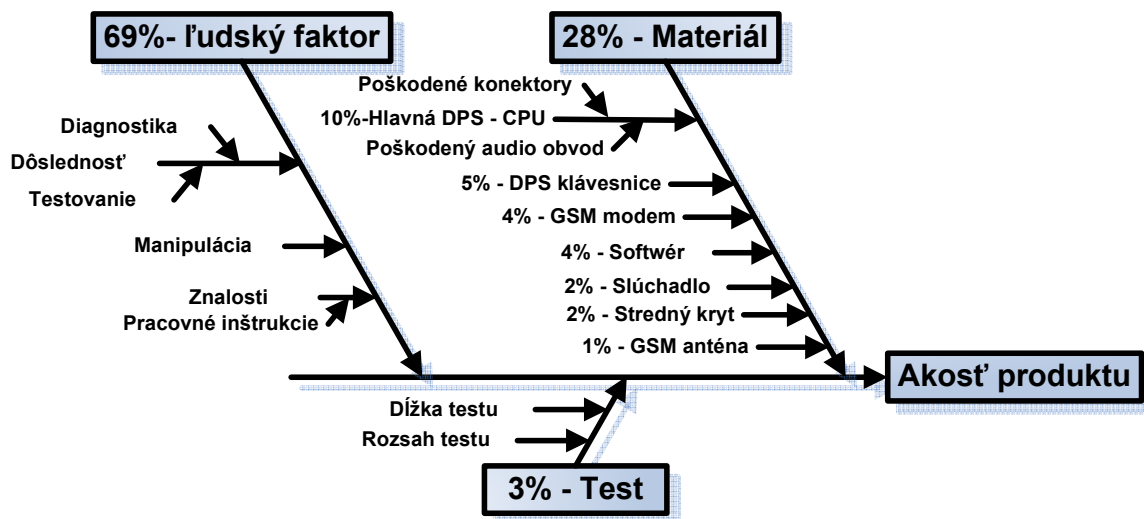
V tabuľke na nasledujúcej strane (viď tab.13) je prehľad všetkých faktorov, ktoré sa podieľajú na piatich najčastejších chybách, ktoré boli určené predošlými analýzami. Ľudský faktor má najväčšiu váhu, pretože zo 68 % sa podieľa na celkovej chybovosti (myslí sa tým tých 5 chýb, ktoré boli určené). Druhým faktorom je materiál a to hlavná DPS (tvorí cca 10 % na celkovej chybovosti). Z toho teoreticky vyplýva, že ak sa odstránia resp. minimalizuje vplyv týchto dvoch problémov, počet týchto chýb by mal klesnúť až o necelých 80 % (myslí sa prípad, ak by sa tieto faktory

úplne odstránili). Na obrázkoch obr.28 a obr.29 je grafické znázornenie všetkých faktorov.

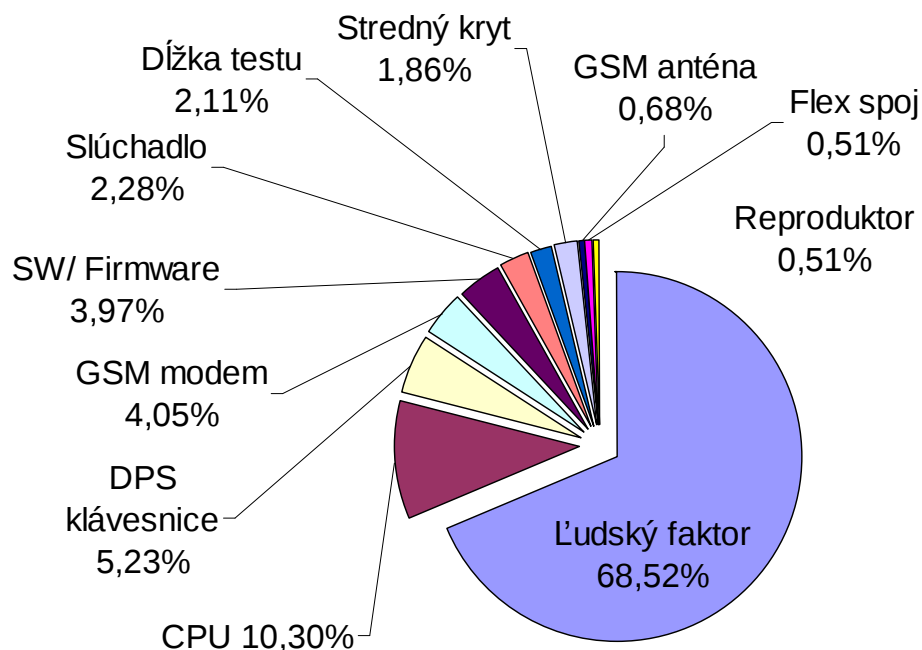
Ostatné faktory nemajú až tak značný vplyv na chybovosti, preto sa ďalšie kroky tejto práce zameriavajú na spomínané dva faktory.

tab.13: Prehľad všetkých faktorov zapríčiňujúcich 5 najčastejších chýb

príčina	váha dôležitosti	% váha dôležitosti
Ľudský faktor	81,2	68,52%
CPU	12,2	10,30%
DPS klávesnice	6,2	5,23%
GSM modem	4,8	4,05%
SW/ Firmware	4,7	3,97%
Slúchadlo	2,7	2,28%
Dĺžka testu	2,5	2,11%
Stredný kryt	2,2	1,86%
GSM anténa	0,8	0,68%
Flex spoj	0,6	0,51%
Reproduktor	0,6	0,51%



obr.28: Diagram príčin a následkov všetkých piatich vybraných chýb



obr.29: Grafické znázornenie podielu každého faktoru na piatich vybraných chybách

4.4.1 Analýza ľudského faktora

Ľudský faktor priamo alebo nepriamo ovplyvňuje všetky oblasti života. Rovnako zohráva dôležitú úlohu aj v manažmente. Každý dobrý manažér si uvedomuje, že je to úloha významnejšia ako v mnohých iných oblastiach. Manažérstvo kvality takisto nie je výnimkou. Napriek tomu býva niekedy úloha ľudského faktora v manažerstve kvality akoby „utopená“ medzi kontrolami, normami, plánmi, systémami a štatistikami. [6]

Aj v manažmente kvality je potrebné si uvedomiť jedinečnosť každej osoby, pretože len osobným prístupom ku každému zamestnancovi dokáže manažér ovplyvňovať jeho správanie sa a jeho myslenie. Ak si manažér uvedomí túto jedinečnosť, môže zamestnanca usmerňovať a viesť bez toho, aby prišiel do konfliktu s jeho hodnotami a cieľmi. [6]

Najefektívnejším nástrojom, ktorým by sa dalo „zmerať“ akosť tohto faktora je **interný audit**, pri ktorom sa zistia potrebné informácie. Je definovaný ako nezávislá, objektívne istiac a konzultačná činnosť zameraná na pridávanie hodnoty a zdokonaľovanie procesov v organizácii. Taktiež pomáha organizácii dosahovať jej

cieľov tým, že prináša systematický metodický prístup k hodnoteniu a zlepšovaniu účinnosti systému rizík, riadiacich a kontrolných procesov a správy a riadenia organizácie.[7]

Mimo schválený program interných auditov sú realizované taktiež pravidelné linkové kontroly pre odpovedajúcu opravárenskú linku. Na každej linke sa tento audit prevádza aspoň jedenkrát mesačne. Účastníci tohto auditu musia byť nasledujúci:

Auditor – pracovník kvality, ktorý bol manažérom kvality vyškolený pre prevádzanie linkových auditov.

Auditovaný – majster (angl. team leader) príslušnej linky, alebo delegovaný zástupca majstra.

Účasť súvisiacej strany, **inžiniera pre daný produkt**, auditu doporučená.

Presne takýto typ auditu sa vykonal na opravárenskej linke produktu 13 za prítomnosti majstra linky, auditora (pracovníka kvality) a operátora z linky, ktorý bol auditovaný.

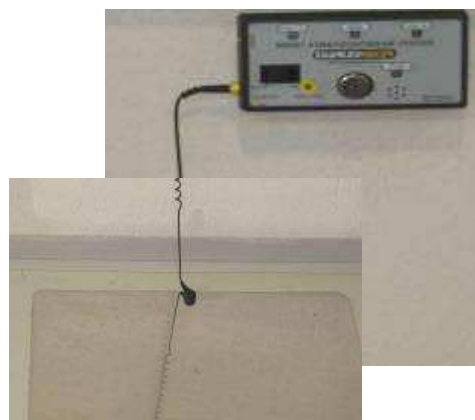
Prvým krokom ešte pred audite je stanovenie si cieľov a oblastí, ktoré bude auditor pri kontrole sledovať:

- **Znalosť politiky akosti firmy Motorola s.r.o. Brno.** Táto politika je vysvetlená v druhej kapitole tejto práce a je potrebné, aby ju ovládal každý zamestnanec tejto firmy.
- **Znalosť individuálnych cieľov a cieľov linky** – základné informácie napríklad o tom, koľko kusov musí operátor za hodinu opraviť, aké sú jeho ciele a pod.
- **Znalosti logu kvality** – podľa zákazníka, jeho zmluvných požiadaviek sa líšia aj kritériá kvality. Myslí sa tým to, že pri niektorých zákazníkoch sa za chybu považuje aj malý škrabanec a u niektorých zákazníkov sa táto chyba prehliadne, lebo za to si už zákazník neplatí. S týmito informáciami o zmluvách a zákazníkov musia byť pracovníci opravárenskej linky poučení a zaškolení.
- **Dokumentácia** – každý pracovník linky ma prístup do internej databázy firmy a k potrebným informáciám prípadne inštrukciám. Z tohto dôvodu je veľmi dôležité, aby sa pracovníci vedeli orientovať v tejto databáze a taktiež vedeli nájsť potrebné informácie či dokumenty, ako sú napríklad pracovné inštrukcie.

- **Znalosť pracovných inštrukcií a všetkých potrebných revízií** – každý operátor musí ovládať vedením stanovené pracovné inštrukcie a striktnie ich dodržiavať a aj s nimi súvisiace dokumenty, ako sú napríklad nové revízie a pod. .
- **Manipulácia s citlivými súčiastkami a ESD opatrenia** - všetci stáli zamestnanci v opravárenskej hale pred vstupom do označeného chráneného priestoru ESD sú povinní otestovať im zverené ESD ochranné pomôcky (viď obr.30) na testere (viď obr.31) a zaznačiť otestovanie na elektronickom záznamovom zariadení na stene pred vstupom do chráneného priestoru ESD (viď obr.32).



obr.30: Ochranné pomôcky ESD
(zápästné a pätné pútko)



obr.31: Tester ESD a kovová
podložka

Po tomto úkone sa informácie o tomto úkone zaznamenajú do databázy a je možné ich kontrolovať. Počas opravárenského procesu a manipulácie s ESD citlivými súčiastkami sú operátori povinní byť pripútaní zápästným pútkom.

- **Vybavenie pracoviska** – je veľmi dôležité, aby pracovisko, na ktorom operátor pracuje, malo všetky potrebné nástroje a pomôcky a v neposlednom rade, aby boli aj na svojom mieste uložené (podľa štandardu 5S).
- **Odpad** – každé pracovisko musí byť taktiež vybavené smetným košom ako pre komunálny odpad, tak aj pre chemický odpad. A ak nie je, tak operátor musí vedieť, kde je najbližší kôš pre chemický odpad.

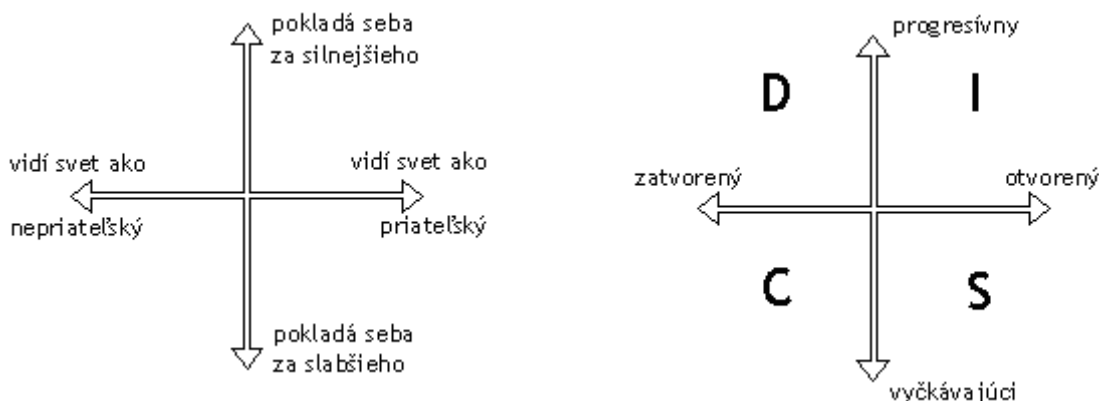
Zistenia a návrhy na zlepšenie:

Pri internom audite žiaden operátor nemal problém so znalosťami politiky akosti firmy Motorola, ani s jeho osobnými cieľmi a znalosťou logu kvality. Jediným problémom bolo to, že na opravárenskej linke bol prijatý nový zamestnanec, ktorý nemá veľké skúsenosti s opravou a diagnostikou chýb a taktiež neovládal všetky

pracovné inštrukcie. A to je veľmi slabým článkom na tejto linke, pretože produkt 13 opravujú len štyria operátori, z toho jeden je nový.

Z týchto zistení vyplýva, že v takomto prípade nie je veľa možností, ako tento faktor ovplyvniť a vylepšovať. Jedným z alternatívnych možností je model DISC, vďaka ktorému sa vie, akým spôsobom sa dá skúmaná osoba motivovať a tým sa zlepši aj jeho efektivita práce.

Model DISC opisuje, ako daný človek zvykne reagovať na rôzne pracovné podnety. Každý z nás v sebe nosí isté presvedčenia, ktoré ho nútia konať istým spôsobom. Buď vnímame svet okolo seba ako obrovské pieskovisko, kde sa dajú piecť pieskové koláčky, alebo je pre nás strašný, hrozivý a nepriateľský. A nezávisle od toho, ako vnímame samotný okolitý svet, vnímame aj seba buď ako silnejšieho a šikovnejšieho ako ostatní, alebo ako slabšieho, babráka alebo smoliara. Toto delenie je znázornené na nasledovnom obrázku vľavo:[6]



obr.32: DISC model [6]

DISC rozoznáva 4 základné typy pracovných štýlov:

- **Imperátor [D]**
- **Šarmanták [I]**
- **Úradník [S]**
- **Detailista [C]**

Na obr.32 sú znázornené štyri kvadranty, do ktorých môžeme pomerne nahrubo rozdeliť ľudí: Napríklad ten vľavo hore reprezentuje tých, ktorí vidia svet ako prevažne problémový, ba až nepriateľský a zároveň seba za dosť silného veci ovplyvňovať. Typické presvedčenie je: veci sa spravidla pohybujú k horšiemu, našťastie ja sa z toho vysekám a mám aj dosť sily ochrániť svojich blízkych. Takého

človeka to vedie na dominantné správanie sa. Tento človek nebude veľmi teoretizovať a do hĺbky skúmať možnosti (= zatvorený), ale sa spoľahne na svoj inštinkt, nájde si východisko (= progresívny) a celou svojou silou a celkom pragmaticky sa zo zlej situácie vyhrabe. Ak za ním stoja iní ľudia, zavelí a očakáva, že pôjdu za ním. Tomuto typu sa hovorí dominantný alebo Imperátor. [6]

Ak človek vidí svet ako prevažne priaznivo naklonený a seba ako silnejšieho, snaží sa uzatvárať partnerstvá a riešiť problémy ovplyvňovaním ostatných v prospech pozitívnych zmien. To je typ I, intuitívny, ktorému my hovoríme Šarmanťák [6]

Ak človek vidí svet ako prevažne priaznivo naklonený a seba ako slabšieho, snaží sa v prípade problému vyčkávať, ako sa veci nakoniec sami vyvíbia a neriskovať prílišnú iniciatívu. To je typ S, opatrný, ktorému my hovoríme Úradník [6]

Ak človek vidí svet ako prevažne nepriaznivo naklonený a seba ako slabšieho, snaží sa riešiť problémy odbornosťou, analyzovaním faktov, svedomitou prípravou a logicky zdôvodneným postupom (lebo tieto nástroje mu nezlyhávajú). To je typ C, svedomitý, ktorého my nazývame Detailista. [6]

Poznaním pracovného štýlu sa môže nie len správne umiestniť zamestnancov na pracovné pozície, ale takisto sa vie zvoliť správny spôsob motivácie pracovníka. [6]

4.4.2 Analýza hlavnej dosky plošných spojov (DPS)

Táto súčiastka je známa aj pod názvom „CPU“ (angl. Central Processing Unit). No v tomto prípade sa nejedná o procesor, ale o celú dosku plošných spojov, na ktorej sú všetky potrebné bloky, ktoré zabezpečujú chod a funkčnosť celého produktu. K nej sa pripojujú ostatné elementy, ktoré obsluhuje, ako je napríklad modem WIFI, kamera, GSM modem, klávesnica a pod. . Je dôležité podotknúť, že táto DPS je vo viacerých variantoch, tzn. že sa líši podľa toho, čo všetko je možné k tejto DPS pripojiť a taktiež aj veľkosťou RAM pamäte (64 MB alebo 128 MB). Na obr.30 je znázornená hlavná DPS z oboch strán.

Ďalším veľmi dôležitým zistením pri analýze bolo to, že táto súčiastka je distribuovaná a opravovaná treťou stranou. Z toho vyplýva, že nemožno na nej robiť žiadne opravárenské zásahy. Z toho dôvodu sa táto súčiastka zapísala do zoznamu súčiastok, ktoré pred prijatím od tretích strán musia prejsť tzv. vstupnou kontrolou, ktorú robí zaškolený pracovník kvality. Keďže výsledky tohto produktu boli vykazovali veľmi nízku výťažnosť (yield), rozhodla sa že vstupná kontrola tejto súčiastky bude veľmi rozsiahla a bude obsahovať vizuálnu kontrolu aj funkčný test, aby sa podchytilo čo najviac chýb.

tab.14: Výsledok z prvej vstupnej kontroly DPS

model DPS	testovaných	chybových	výťažnosť
model 1	7	5	28,57%
model 2	3	3	0,00%
model 3	5	2	60,00%
model 4	8	5	37,50%
model 5	12	9	25,00%
model 6	3	0	100,00%
spolu	38	24	36,84%

V tabuľke (tab.14) je znázornený výpis z prvej vstupnej kontroly všetkých modelov hlavnej DPS produktu 13. Je viditeľné, že celková výťažnosť je len 36 %, čo je veľmi kritická hodnota v porovnaní s cieľovými hodnotami internej politiky akosti Motoroly, kde je cieľová hodnota výťažnosti 90 %.

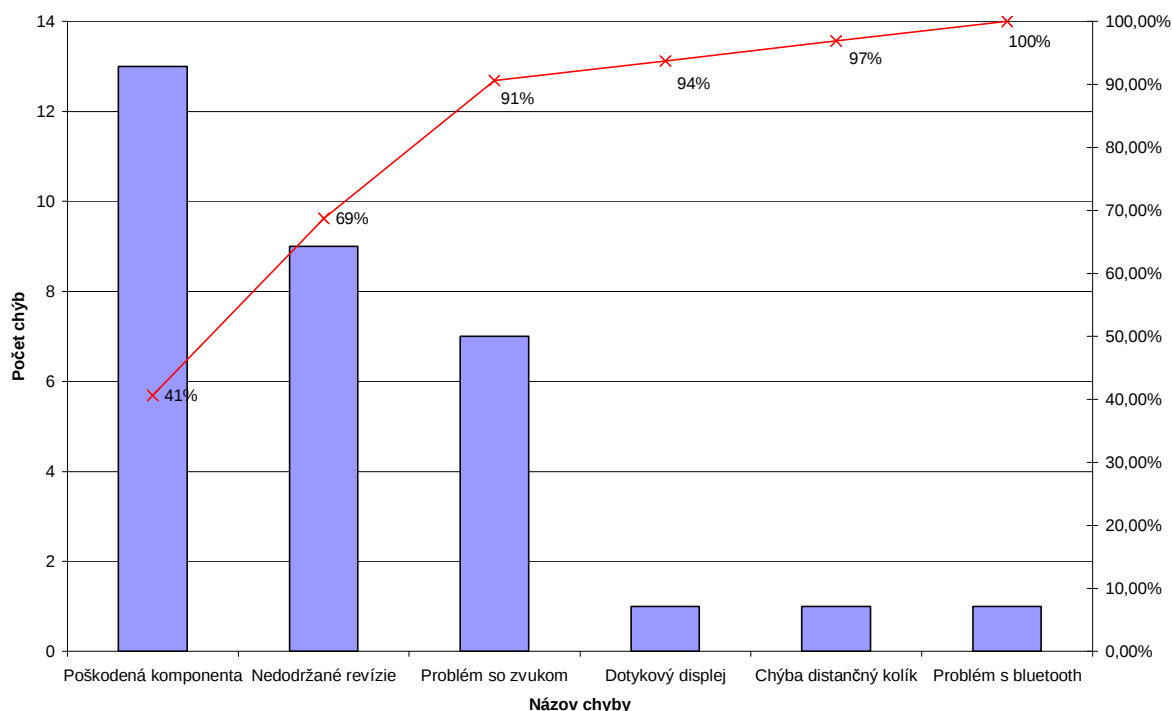
Vďaka tejto kontrole sa zistilo, že príčina tejto chyby nie je na strane Motoroly, ale na strane dodávateľa týchto súčiastok.



obr.33: Hlavná DPS tzv. CPU produktu 13 (pohľad y oboch strán)

Na obr.33 je znázornený pareto diagram chýb, ktoré sa našli pri prvej vstupnej kontrole. Z grafu je možné vidieť, že najčastejšou chybou bola fyzicky poškodená súčiastka DPS, ktorá pravdepodobne vznikla nevhodnou manipuláciou pri oprave.

Výsledky tejto vstupnej kontroly sa zapísali do týždenného reportu, ktorý sa taktiež odoslal tretej strane – distribútorovi, ktorý mal tieto problémy minimalizovať.



obr.34: Paretov diagram chýb nájdených pri prvej vstupnej kontrole

Zistenia a návrhy na zlepšenie

Vstupná kontrola všetkých modelov tejto súčiastky sa vykonávala na každom kuse, tzn. že sa nebrala len vzorka – niekoľko kusov, ale testovalo sa všetko. Z tohto dôvodu bola na túto prácu vyhradená jedna vyškolená osoba z linky kvality, ktorej úlohou bolo testovať a analyzovať chyby.

Nasledujúce obrázky znázorňujú najčastejšie chyby, ktoré boli nájdené pri vstupnej kontrole.

Táto súčiastka sa pravidelne testovala po dobu 4 mesiacov, pokiaľ sa výsledky nezačali pomaly vylepšovať. Zlepšenia boli zapríčinené aj pravidelným auditovaním tretej strany a ich opravárenského procesu, pri ktorom sa zistilo, že väčšina pracovníkov nebola oboznámená s pracovným inštrukciami a taktiež revíziami, ktoré bolo nutné vykonať pri oprave. V súčasnej dobe sa vykonáva vstupná inšpekcia, ale už len na určitej vzorke, pretože výťažnosť prijatého materiálu je posledný mesiac stále nad 90 %.



obr.35: Fyzické poškodenie – chýba distančný kolík



obr.36: Fyzické poškodenie – poškodené bluetooth anténa



obr.37: Fyzické poškodenie – ulomené styčné plôšky

5 Zhrnutie a záver

Cieľom tejto práce bolo spracovať príslušnú dokumentáciu riadenia akosti servisného strediska firmy Motorola s.r.o. v Brne. Na základe štatistickej kontroly určiť, na ktorých produktoch opravovaných servisným strediskom je najväčší výskyt problémov. S využitím štatistických nástrojov analyzovať tieto problémy a stanoviť ich príčiny. Na základe týchto predošlých zistení a analýz navrhnúť opatrenia vedúce k dosiahnutiu stanovených cieľov (20000 PPM).

Spracovanie príslušnej dokumentácie servisného strediska firmy Motorola s.r.o. v Brne je popísaný v druhej kapitole tejto práce, kde bolo nutné oboznámiť sa so všetkými procesmi, ktoré sa týkajú opravovania produktov, alebo istým spôsobom s nimi súviseli a bolo nutné o nich vedieť pri spracovaní tejto práce.

Ďalším krokom v tejto práci bola voľba vhodných štatistických nástrojov, pomocou ktorých potom bolo možné analyzovať a štatisticky kontrolovať dané procesy. Tomuto kroku je stručne popísaná tretia kapitola. Firma už má zavedených a určených niekoľko štatistických nástrojov, ktoré používa pri štatistickej kontrole akosti (napríklad najrozšírenejším je pareto diagram). Tie sa tiež použili v tejto práci a taktiež aj iné, najmä pri analýze príčin chýb (napríklad matica príčin a následkov). Spoločnosť preferuje pri kontrole akosti metodológiu Six Sigma, ktorú bohužiaľ v tejto práci nebolo možné implementovať. Použili sa iba štatistické nástroje a niektoré postupy z tejto metodológie.

Po spracovaní potrebných údajov a informácií, ktoré bolo nutné vedieť, sa pristúpilo k experimentálnej časti (viď štvrtá kapitola). Pomocou PPM sa vytvorili tabuľky a grafy, na základe ktorých sa stanovil najproblémovější produkt vhodný pre ďalšie kroky tejto práce. Z tejto analýzy sa vyplynulo, že týmto produktom je produkt 13 (jedná sa o zašifrovaný názov z dôvodu ochrany údajov spoločnosti).

Po stanovení najproblémovšieho produktu bolo potrebné dôkladne preštudovať tento produkt a procesy s ním súvisiace, tzn. od diagnostiky chyby až po jeho konečný test, ktorý sa vykonáva na linke kvality.

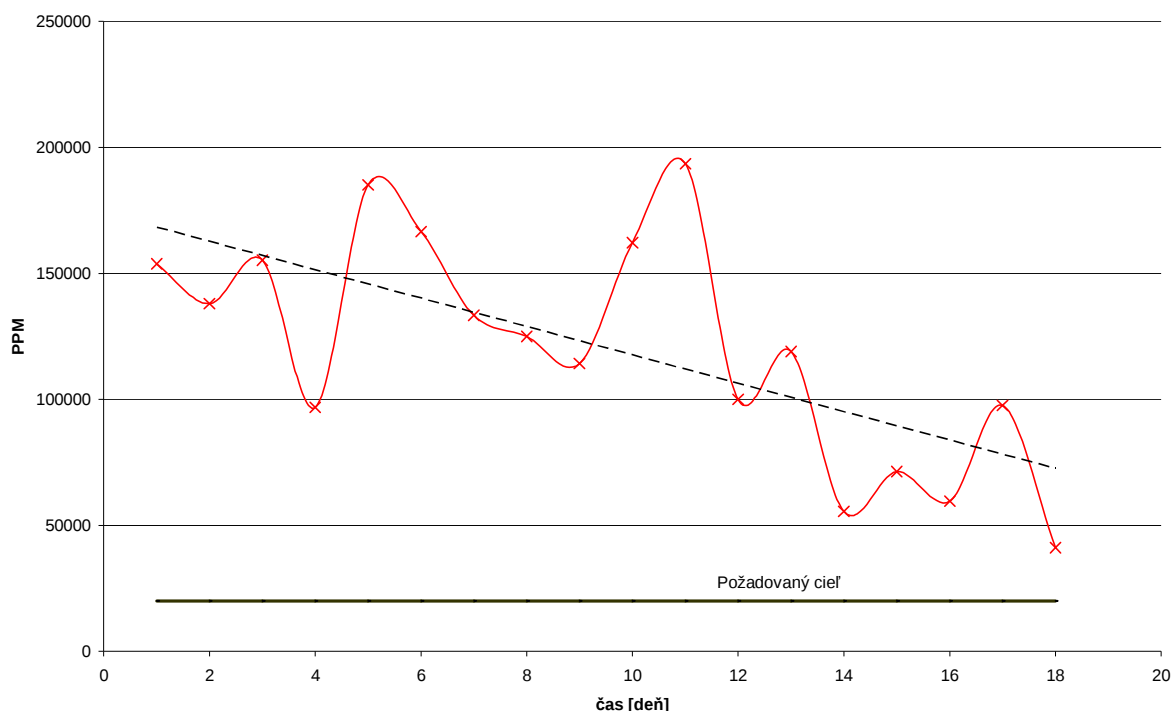
Analýzou chýb pomocou paretovho diagramu sa určili chyby/problémy, ktoré tvorili najväčšie percento chýb pri tomto produkte. Určilo sa 5 chýb: komunikácia

s GSM modemom / GPRS, problém so softvérom, problém s údajmi a problém so zvukom. Každý z týchto problémov sa podrobne analyzoval a určili sa príčiny, ktoré majú za následok danú chybu. Pomocou matice príčin a následkov sa stanovilo, ktoré príčiny majú najväčšiu váhu na chybovosti produktu 13. Určili sa dve hlavné príčiny: ľudský faktor a hlavná DPS produktu 13, ktoré majú za následok až cca 80 % problémov.

V posledných krokoch tejto práce sa analyzovali obe príčiny, ktoré nesú najväčšiu váhu na chybovosti. Prvou a výrazne najväčšou príčinou je ľudský faktor. Ten nie je jednoduché štatisticky kontrolovať. Efektivita a práca operátora opravárenskej linky veľmi úzko súvisí s náladou a emocionálnym stavom skúmanej osoby. V neposlednom rade taktiež súvisí s tým, ako je pracovník motivovaný, aký typ človeka to je a podobne. Z tohto dôvodu sa navrhol urobiť model DISC na pracovníkoch, pomocou ktorého by bolo možné určiť, aký typ človeka pracovníka je, čo od neho môžeme očakávať a ako je ho možné motivovať.

Druhou veľkou príčinou je materiál - hlavná DPS. Pomocou zavedenia tohto materiálu do vstupnej inšpekcie sa zistilo, že príčinou, prečo je tento materiál chybový, je dodávateľ - výrobca, ktorý je zodpovedný za kvalitu tohto produktu. Z tohto dôvodu sa väčšina nápravných opatrení vykonávala za pomoci spolupráce tretej strany. Pravidelným vykonávaním auditu u dodávateľa sa zistilo, že dodávateľ zmenil lokalitu svojho servisného strediska, čo malo za následok aj zmenu personálu a operátorov, ktorí boli zodpovední za ich produkt. S tým úzko súviselo to, že personál nebol dostatočne vyškolený a poučený o určitých revíziách a opatreniach, ktoré bolo nutné vykonať, aby sa predišlo chybám nájdených pri vstupnej kontrole Motoroly. Pravidelnými auditmi a posielaním výsledkov zo vstupnej kontroly sa začala zvyšovať aj kvalita tohto materiálu. Výťažnosť tejto súčiastky vo vstupnej kontrole sa za obdobie 3 mesiacov zvýšila zo 40 % na 90 - 100 %, čo je veľmi pozitívny výsledok.

Vďaka zlepšeniu kvality nového materiálu (myslí sa tým hlavná DPS) sa znížili problémy a chybovosti na opravárenskej linke. Implementované zmeny zapríčinilo aj to, že na linke kvality sa znížilo množstvo nájdených chýb a tým aj PPM tohto produktu začalo mať klesajúcu tendenciu.



obr.38: *Priebeh PPM produktu 13 v období apríl 2009*

Na obrázku (viď obr.38) je znázornený priebeh PPM produktu 13 v posledných 18-tich pracovných dňoch mesiaca apríl 2009. Výrazné zlepšenia na prichádzajúcom materiáli sa začali prejavovať až v období konca marca 2009. Na obrázku je vidieť, že tieto zlepšenia sa prejavili aj na PPM tohto produktu. Tieto výsledky boli získané z internej databázy firmy podľa výsledkov linky kvality. Je vidieť, že výsledky ešte nevykazujú také požadované výsledky a nesplňujú cieľ, ale v porovnaní s prvotnými zisteniami, kde PPM produktu 13 malo stúpajúcu tendenciu (viď kapitola 4.1) sa hodnoty pohybovali nad 150000 PPM. V súčasnej dobe sa hodnota PPM pohybuje okolo 50000 PPM, čo je veľký rozdiel a má stále klesajúcu tendenciu.

Vďaka týmto výsledkom je viditeľné, že použité nástroje kvality, ktoré sa v tejto práci použili a s nimi súvisiace navrhnuté opatrenia pre zlepšenie internej kvality produktu 13, sú efektívne a v praxi fungujú.

Implementovať DISC model do tejto opravárenskej linky sa nepodarilo, tým nebolo možné overiť, či toto navrhované opatrenie by bolo dostatočne efektívne a znížilo by chybovosť.

Z toho vyplýva, že aj odstránením či minimalizáciou jedného zdroja chýb má za následok výrazné zlepšenie výsledkov kvality.

6 Prehľad použitej literatúry

- [1] KAČMÁR, J.: Six Sigma a jej vplyv na produktivitu firmy. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky; 2009. 60 s. Vedúci diplomovej práce Mgr. Marián Grendár, Ph.D.
- [2] HEŘMAN,T. Quality manual -Příručka jakosti – firemná literatúra spoločnosti Motorola, Brno, vytvorené 2005, 20strán
- [3] Hlavačka, J.: Aplikácie metód koncepcie six sigma. Brno: Vysoké Učení Technické v Brne, Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií; 2007. 50 s. Vedúci diplomovej práce Ing. Radovan Novotný Ph.D.
- [4] Procesná mapa [cit. 16-3-2009], Dostupné z WWW:
http://www.msyst.sk/nastroje_procesnamapa.htm
- [5] DISC model [cit. 11-5-2009], Dostupné z WWW:
http://www.ibispartner.sk/index.php?option=com_content&task=view&id=455&Itemid=7
- [6] Miština, M.: Manažérstvo kvality a ľudský faktor. Bratislava: Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky; 2004. 21 strán. Vedúci semestrálneho projektu doc. Ing. Milan Žiška, PhD.
- [7] Interný audit [cit. 8-5-2009], Dostupné z WWW:
www.vsb.cz/shared/uploadedfiles/portal/int_audit.pdf
- [8] HEŘMAN,T.: Internal audit – firemná literatúra spoločnosti Motorola, Brno, vytvorené 2005, 5strán
- [9] Szendiuch,I.: Základy technológie mikroelektronických obvodů a systémů, Brno: VUT IUM 2007, 367strán