

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Základy koncepce Six Sigma

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš PECH**
Osobní číslo: **E09B0173P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Základy koncepce Six Sigma**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Teoreticky zpracujte problematiku Six Sigma
2. Popište nástroje využívané v koncepci Six Sigma
3. Navrhněte způsob zlepšení procesů vybraného podniku pomocí metodiky Six Sigma

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

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

Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Renata Palátová**
Katedra technologií a měření


Konzultant bakalářské práce: **Ing. Lukáš Kupka, Ph.D.**
Katedra technologií a měření

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

V bakalářské práci jsem se zabýval metodou Six Sigma a aplikací jejích principů a nástrojů na procesy ve výrobním podniku.

V teoretické části jsem se zaměřil zejména na objasnění historie a důvodů vzniku konceptu Six Sigma, základních myšlenek a principů, rozdělení pracovních pozic v rámci projektů Six Sigma a popis nástrojů využívaných při zlepšování procesů.

Ve druhé části práce jsem se věnoval analýze a návrhu zlepšení výrobního procesu ve společnosti ABC za pomoci aplikace nástrojů konceptu Six Sigma.

Klíčová slova

Metoda Six Sigma, DMAIC, kvalita, nástroje řízení jakosti, proces, diagram, efektivita

Abstract

This bachelor thesis deals with a Six Sigma method and application of its principles and tools in a manufacturing company.

The theoretical part is focused on clarifying the history and the reasons of origins concept of Six Sigma, the basic ideas and principles of method, partition of work jobs within the projects of Six Sigma and decription of tools that are used in a process of improvement.

The second part of the thesis is focused to analysis and design of process improvement at the ABC company using the principles and tools of Six Sigma method.

Keywords

Six Sigma method, DMAIC, quality, quality control method, process, chart, efficiency

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 6.6.2013

Jméno příjmení

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Renatě Palátové za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 10 |
| 1 ÚVOD DO KONCEPCE METODY SIX SIGMA | 11 |
| 1.1 FILOZOFIE METODY SIX SIGMA..... | 11 |
| 1.2 DŮVODY A PŘÍNOSY ZAVEDENÍ METODY SIX SIGMA | 12 |
| 1.2.1 Výsledky a účinky Six Sigma | 15 |
| 1.3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY METODY SIX SIGMA | 16 |
| 1.3.1 Princip první | 16 |
| 1.3.2 Princip druhý | 16 |
| 1.3.3 Princip třetí | 17 |
| 1.3.4 Princip čtvrtý | 17 |
| 1.3.5 Princip pátý | 17 |
| 1.3.6 Princip šestý | 17 |
| 1.4 HIERARCHIE ROZDĚLENÍ PRACOVNÍKŮ A JEJICH PRACOVNÍ ÚLOHA V METODĚ SIX SIGMA | 18 |
| 1.4.1 The Executive management (výkonné vedení)..... | 19 |
| 1.4.2 The Six Sigma deployment leader | 19 |
| 1.4.3 Champion (kontrolní manager) | 20 |
| 1.4.4 The core team..... | 20 |
| 1.4.5 Master Black Belt (systémový manager)..... | 21 |
| 1.4.6 Black Belt (procesní manager)..... | 22 |
| 1.4.7 Green Belt (zaměstnanec) | 22 |
| 1.4.8 Yellow Belt | 23 |
| 2 NÁSTROJE VYUŽÍVANÉ V KONCEPCI SIX SIGMA..... | 24 |
| 2.1 KONCEPT DMAIC | 24 |
| 2.1.1 Fáze D - Define (Definuj) | 25 |
| 2.1.2 Fáze M - Measure (Změř) | 26 |
| 2.1.3 Fáze A - Analyze (Analyzuj)..... | 26 |
| 2.1.4 Fáze I - Improve (Vylepši) | 26 |
| 2.1.5 Fáze C - Check (Kontroluj)..... | 27 |
| 2.1.6 Modifikace modelu DMAIC | 27 |
| 2.2 DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ (ISHIKAWŮV DIAGRAM) | 28 |
| 2.3 PARETŮV DIAGRAM (PARETO DIAGRAM) | 29 |
| 2.4 PRŮBĚHOVÝ DIAGRAM (RUN CHART) | 30 |
| 2.5 KORELAČNÍ DIAGRAM (SCATTER DIAGRAM) | 31 |
| 2.6 HISTOGRAM..... | 32 |
| 2.7 PROCESNÍ DIAGRAM (FLOW CHART) | 34 |
| 2.8 REGULAČNÍ DIAGRAM | 35 |
| 2.9 ANALÝZA MOŽNÝCH CHYB A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA)..... | 37 |
| 3 APLIKACE NÁSTROJŮ SIX SIGMA VE SPOLEČNOSTI ABC..... | 38 |
| 3.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI | 38 |
| 3.2 ANALÝZA VÝCHOZÍHO STAVU | 39 |
| 3.3 POPIS VÝROBNÍHO PROCESU | 40 |
| 3.4 APLIKACE MODELU DMAIC..... | 42 |
| 3.4.1 Fáze Define (Definuj)..... | 42 |
| 3.4.2 Fáze Measure (Změř)..... | 43 |
| 3.4.3 Fáze Analyze (Analyzuj)..... | 43 |
| 3.4.4 Fáze Improve (Vylepši) | 46 |
| 3.4.5 Fáze Control (Kontroluj) | 47 |
| 4 ZÁVĚR | 48 |
| SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ | 49 |

Seznam symbolů a zkratek

| | |
|-------------|---|
| CL | „ <i>Central Line</i> “ = střední hodnota v regulačním diagramu |
| CNC | „ <i>Computer Numeric Control</i> “ = číslicové řízení počítačem |
| DCCDI | „ <i>Define – Customer – Concept – Design - Implementation</i> “ = Definuj – Zákazník – Koncept – Navrhni – Uskutečni; model zlepšení procesů |
| DMADV | „ <i>Define – Measure – Analyze – Design – Verify</i> “ = Definuj – Změř – Analyzuj – Navrhni – Ověř; model zlepšení procesů |
| DMAIC | „ <i>Define – Measure – Analyze – Improve – Control</i> “ = Definuj – Změř – Analyzuj – Vylepši – Kontroluj; model zlepšení procesů |
| DMEDI | „ <i>Define – Measure – Explore – Develop – Implementation</i> “ = Definuj – Změř – Prozkoumej – Objev - Uskutečni; model zlepšení procesů |
| DOE | „ <i>Design Of Experiments</i> “ = plánování experimentů |
| DPMO | „ <i>Defects Per Milion Opportunities</i> “ = počet vad na milion příležitostí |
| DTL | Dřevotřískové laminované desky |
| FMEA | „ <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> “ = Analýza možných chyb a jejich důsledků |
| IPO | „ <i>Input Output diagram</i> “ = Vstupní/Výstupní diagram |
| LCL | „ <i>Lower Central Line</i> “ = dolní regulační mez |
| LL | „ <i>Lower Limit</i> “ = dolní toleranční mez |
| LWL | „ <i>Lower Warning Line</i> “ = dolní výstražná regulační mez |
| PDCA | „ <i>Plan – Do – Check – Act</i> “ = Plánuj – Udělej – Kontroluj – Jednej; model zlepšení procesů |
| PDL | Pazderové laminované desky |
| UCL | „ <i>Upper Central Line</i> “ = horní regulační mez |
| UL | „ <i>Upper Limit</i> “ = horní toleranční mez |
| UWL | „ <i>Upper Warning Line</i> “ = horní výstražná regulační mez |
| R | variační rozpětí |
| R_{kl} | klouzavé rozpětí |
| \bar{x} | střední hodnota |
| \tilde{x} | medián |
| μ | střední hodnota |
| σ | sigma |

Úvod

V bakalářské práci se zaměřuji na problematiku manažerské metody Six Sigma. Toto téma jsem si zvolil, protože bych se v budoucnu rád zúčastnil některého z tréninkových programů Six Sigma a věnoval se dále této tématice. Jelikož k obdržení závěrečného certifikátu je třeba uskutečnění projektu za využití metodologie Six Sigma s praktickým přínosem pro společnost je pro mě tato práce cennou zkušeností.

V teoretické části nejdříve vysvětlím důvody vedoucí ke vzniku metodologie Six Sigma, pokusím se nastínit jednotlivé principy a nejdůležitější myšlenky této metody a její prokazatelné přínosy pro podnik. Dalším cílem práce bude popsat jednotlivé významné pracovní pozice, hierarchii v rámci organizace a definovat úlohu a povinnosti pracovníků Six Sigma. Druhá polovina teoretické části bakalářské práce bude zaměřena na vybrané nástroje, které jsou využívány u projektů Six Sigma, jejich popis a použití.

V praktické části nejprve představím podnik a popíši současný výrobní proces, který budu analyzovat. K hodnocení a navrhování řešení pro zlepšení procesu aplikuji nástroje a metody Six Sigma. Následkem těchto změn by mělo dojít ke zvýšení kvality výrobků produkovaných společností, snížení ekonomických nákladů a uspokojení potřeb a požadavků zákazníků.

Respektuji přání vedení podniku neuvádět jeho jméno ani jiné know-how spojené s jeho činností. Proto jsou tyto informace z bakalářské práce odstraněny.

1 Úvod do koncepce metody Six Sigma

Vzhledem k zvyšujícím se požadavkům dnešní doby a neustále se rozrůstajícímu počtu sériové výroby, stoupají samozřejmě i nároky na výkonnost výrobních procesů a jejich kvalitu. Hlavním cílem všech zlepšovacích procesů je spokojený zákazník. Kvalitu neboli jakost výstupu poskytovaných služeb ovlivňují různé faktory a proto je vhodné využívat široké spektrum prostředků a nástrojů pro její neustálé zlepšování. [4]



Obr. 1. Logo koncepce Six Sigma (převzato z [1])

1.1 Filozofie metody Six Sigma

Nápad ke vzniku metody Six Sigma vznikl v 70. letech minulého století pod záštitou společnosti Motorola, především jako reakce na špatnou kvalitu jejich výrobků. Duchovním otcem konceptu Six Sigma je Bill Smith, který v roce 1986 zavedl ve společnosti Motorola posuzování kvality na základě měření směrodatných odchylek proměnlivosti procesů. Samotná myšlenka posuzovat kvalitu nikoliv na základě již hotových výrobků, ale na základě výrobního procesu nebyla v té době nic originálního, či inovativního, avšak zavedení měřítka Six Sigma a vypracování celé metodologie založené především na struktuře modelu DMAIC je již plně Smithova zásluha. Koncept nového přístupu k zlepšování procesů byl vedením Motoroly a především jejím ředitelem Bobem Galvinem kladně přijat a podporován. Velmi záhy se proto stal hlavní filozofií firmy a v budoucnu převzat mnoha dalšími společnostmi. [2]

Ve svém nejzákladnějším přístupu je Six Sigma filozofie zabezpečování jakosti, která se dá stručně vyjádřit jako: „*Jakost výrobku dodávaného zákazníkovi je zabezpečována procesy u dodavatele, které jsou tak způsobilé, že pravděpodobnost vzniku neshodného výrobku je zanedbatelně malá.*“ [2]

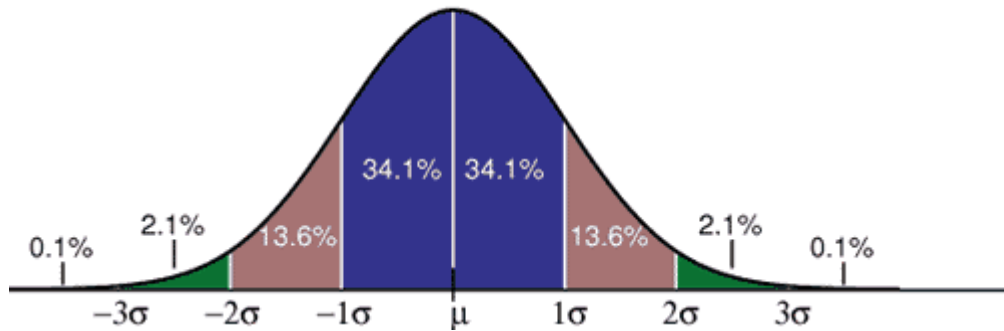
Z výše uvedené citace je tedy zřejmé, že jestliže je pravděpodobnost vzniku neshodného výrobku zanedbatelně malá, není nutné vytvářet komplikované postupy k jeho odhalení a zacházení s ním. Prevence před vznikem neshodného výrobku, samozřejmě přináší pro společnost výrazné ekonomické důsledky. Filozofie Six Sigma tedy usiluje o minimalizaci výskytu neshod a tím zvýšení produktivity a ziskovosti podniku. Vychází z toho, že v důsledku neshod jsou podnikové procesy velmi drahé, neefektivní a zbytečné extra aktivity spojené s výrobou, evidencí a řešením vadných výrobků a výrobních procesů představují takzvanou skrytou továrnu, která nic nevyrábí jen a pouze spotřebovává. [2]

Koncepty Six Sigma jsou založené na kreativitě lidí, jejich vzájemné spolupráci, komunikaci a dovednostech. Metodu Six Sigma lze aplikovat ve všech oborech podnikání a není omezená pouze na výrobní sféru, ale i na služby. Zavádění samotné metody se skládá z několika fází, z nichž každá vyžaduje investici a energii. Avšak správné zavedení metody Six Sigma s sebou přináší zvýšení produktivity a obecně snížení ekonomických nákladů, zvyšování podílu na trhu s čímž přímo souvisí i udržení si stávající zákaznické klientely a získávání nové. [6]

1.2 Důvody a přínosy zavedení metody Six Sigma

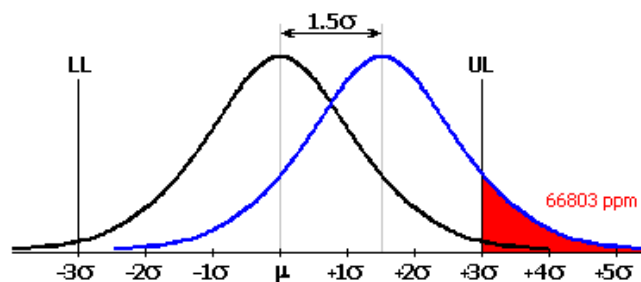
Název koncepce Six Sigma je odvozen od osmnáctého písmene řecké abecedy, tedy sigma [σ]. Sigmou se v teorii pravděpodobnosti a statistice označuje směrodatná odchylka, která vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší typické případy v souboru námi zkoumaných čísel. Je-li σ malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné a naopak v případě že je velká, vypovídá o velké vzájemné odlišnosti. Předpokládáme-li, že je možné každé statistické rozložení transformovat do normálního rozložení Gaussovy křivky, tak nám sigma - σ popisuje směrodatnou odchylku od očekávané střední hodnoty - μ . Plochu pod Gaussovou křivkou lze rozdělit do jednotlivých úseků, kde každý úsek matematicky vyjadřuje vzdálenost směrodatné odchylky od očekávané hodnoty. Platí tedy rovnice 1 sigma = směrodatná odchylka.

Cílem řízení výkonnosti podniku pomocí metodologie Six Sigma tedy je neustále snižovat odchylky do té doby, než se mezi střední hodnotou - μ a dolní mez nevejde hodnota šesti standardních odchylek. Odtud tedy název – Six Sigma.



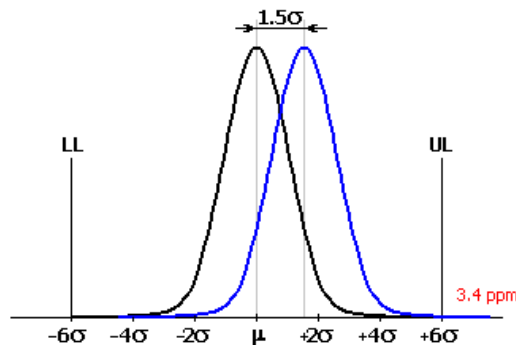
Graf. 1. Grafické znázornění rozložení σ pomocí Gaussovy křivky (převzato z [11])

Jak nám již název Six Sigma napovídá, usilujeme o zavedení řízení procesu s 99,9997% efektivitou, který by tím pádem vykazoval nejvýš 3,4 defektu na milion příležitostí. Tedy hodnotu 6σ a to při v praxi obvyklém vybočení střední hodnoty - μ o $1,5\sigma$. V běžné technické praxi byl proces na úrovni 3σ považován za uspokojivě způsobilý, což by představovalo přibližně 2 700 neshod na milion příležitostí. Tato hodnota je ale pouze teoretická za předpokladu že je možné dlouhodobě udržet střední hodnotu charakteristiky procesu přesně ve středu tolerančního pole. V praxi ale dochází vlivem různých faktorů (například špatným nastavením přístrojů či jejich opotřebením) postupem času k posunu střední hodnoty charakteristiky procesu. Běžně o hodnotu $1,5\sigma$ od ideální hodnoty. To nám u procesů na úrovni 3σ představuje navýšení podílu neshod na přibližně 67 000 na milion příležitostí. Výrobní proces s takovou chybovostí je v dnešní době samozřejmě již nepřijatelný. [10]



Graf. 2. Znázornění posunu o $1,5\sigma$ ve výrobním procesu na úrovni 3σ (převzato z [10])

Společnost Motorola se tedy snažila dosáhnout takového cíle, že střední hodnota charakteristik výrobních procesů bude vzdálena 6σ od horní (UL – z anglického výrazu Upper Limit) i dolní (LL – z anglického výrazu Lower Limit) toleranční meze. Pro takovýto proces je podíl neshod pouze 2 neshodné výrobky na jednu miliardu příležitostí, vezmeme-li v úvahu posun střední hodnoty o hodnotu $1,5\sigma$, dojdeme k podílu 3,4 neshodných výrobků na milion příležitostí. [2]



Graf. 3. Znárodnění posunu o $1,5\sigma$ ve výrobním procesu na úrovni 6σ (převzato z [10])

| Úroveň Sigma | Výnos [%] | Počet neshod na milion příležitostí |
|--------------|-----------|-------------------------------------|
| 1 | 30.9 % | 691 462 |
| 2 | 69.2 % | 308 538 |
| 3 | 93.3 % | 66 803 |
| 4 | 99.4 % | 6 210 |
| 5 | 99.98 % | 233 |
| 6 | 99.9997 % | 3,4 |

Tab. 1. Škála úrovní σ (převzato z [12])

| 99% (3.8 Six Sigma) | 99,99966% (Six Sigma) |
|---|---|
| 20 000 ztracených článků e-mailu za hodinu | 7 ztracených článků e-mailu za hodinu |
| 5 000 špatných chirurgických operací za týden | 1,7 špatných chirurgických operací za týden |
| 2 špatná přistání na hlavním letišti každý den | 1 špatné přistání na hlavním letišti za pět let |
| 200 000 špatných předpisů na léky každý rok | 68 špatných předpisů na léky každý rok |
| Výpadek elektřiny na téměř 7 hodin každý měsíc | Výpadek elektřiny na hodinu každých 34 let |
| 11,8 milionu špatných obchodů s akciemi každý den | 4 021 špatných obchodů s akciemi každý den |
| 3 reklamace na každý nový automobil | 1 reklamace na 980 nových automobilů |

Tab. 2. Praktické srovnání výkonnosti 99% s výkonností na úrovni 6σ (převzato z [12])

1.2.1 Výsledky a účinky Six Sigma

Rozlišujeme dva druhy účinků Six Sigma. Účinky přímé a nepřímé, které přinášejí čtyři druhy úspor a přílivů prostředků.

- *Přímé úspory na straně nákladů* – operativní náklady na neshody, kterým se zamezilo
- *Přímé účinky na straně výnosů* – navýšení obratu pomocí předcházení nákladů na neshody
- *Nepřímé úspory na straně nákladů* – snížení nákladů na skladování, logistiku, správu a technický servis v důsledku vyhnutí se operativním nákladům
- *Nepřímé účinky na straně výnosů* – odpovídají zamezeným nákladům na neshody

Přímé účinky mají bezprostřední vliv na likviditu podniku, tedy přímo zvyšují peněžní tok (Cash Flow). Oba nepřímé účinky mají oproti tomu pouze účinky ve vztahu k příležitostným nákladům. Znásobují tedy početně podnikový výsledek, aniž by vedlo ke krátkodobě prokazatelnému vlivu na likviditu. [6]

V normální situaci jsou v podnikové praxi využívány dosažené úspory s účinkem na likviditu následujícím způsobem:

- Jedna třetina by měla připadnout zákazníkům formou cen, věrnostních bonusů nebo slev
- Další třetina zůstane jako zisk v podniku a případně tak akcionářům, nebo navýší hodnotu podniku
- Poslední třetina by měla být rozdělena mezi finanční prémie a odměny pro aktéry Six Sigma (především Black Belty) a do (re)-investic projektů Six Sigma [6]

| Časový horizont | 8 let | 13 let | 17 let |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Úspory | 1,4 miliard \$ | 14 miliard \$ | 16 miliard \$ |

Tab. 3. Úspory díky Six Sigma ve společnosti Motorola 1987 - 2003 (převzato z [6])

| Časový horizont | 4 roky | 6 let |
|-----------------|----------------|--------------|
| Úspory | 1,2 miliard \$ | 6 miliard \$ |

Tab. 4. Úspory díky Six Sigma ve společnosti General Electric 1995 - 2000 (převzato z [6])

1.3 Základní principy metody Six Sigma

V koncepci metody Six Sigma existuje šest základních principů, které pomáhají k implementaci metody do praxe.

1.3.1 Princip první

Prvním a tím nejdůležitějším principem metody Six Sigma je orientace na zákazníka. Jedná se o princip s nejvyšší prioritou, je potřeba porozumět požadavkům a očekávání zákazníka, získaná data správně vyhodnotit a navrhnout případné zlepšení služeb. Zákazník vždy očekává spolehlivost, kvalitní služby, korektní chování atd. Aby byl takto zavedený systém úspěšný, je zapojení všech zaměstnanců k uspokojování potřeb a očekávání zákazníků kritickým faktorem. Tím docílíme efektivity firmy jako celku, ne pouze několika jednotlivců. Úspěšná konkurenceschopnost společnosti na trhu spočívá v kvalitním uspokojení potřeb a očekávání zákazníka. [2]

1.3.2 Princip druhý

Druhým principem rozumíme řízení založené na faktech a informacích. Metoda Six Sigma vychází z konceptu řízení dle dostupných faktů a dosahuje tak výkonnější úroveň řízení. Zakládá se na tom, že firmu nelze řídit intuitivně, ale na faktech, která se dají získat a ověřit. Je potřeba ujasnit které postupy jsou klíčové k posouzení obchodní výkonnosti, posbírat data, zanalyzovat a určit která z nich jsou potřebná a jak je maximálně využít ku prospěchu společnosti. [2]

Běžné systémy pro řízení podniku nejčastěji hodnotí výkonnost sledovaných ukazatelů na základě jejich již dřívějších průměrných hodnot, ale zákazník neposuzuje kvalitu podniku dle dlouhodobého průměru, ale podle okamžitých odchylek a chyb výkonnosti. Jakmile k něčemu podobnému dojde, zákazník to hodnotí jako nedostatek. Pro zákazníky, stejně tak jako pro podnik, jsou vysoce důležité stabilní kvalitní procesy, protože pouze procesy se spolehlivou a předvídatelnou výkonností mohou poskytovat očekávanou kvalitu služeb. [7]

1.3.3 Princip třetí

Se zaměřuje na procesy a jejich zlepšování. V metodologii Six Sigma vystupují do popředí především podnikové procesy. V souladu s koncepcí Six Sigma je třeba se dívat na podnikové procesy očima zákazníka. Je třeba pokládat si otázky jako: „*Jaké má zákazník požadavky?*“, „*Skutečně známe tyto požadavky?*“ či „*Umožňují naše procesy plnit a překonávat požadavky zákazníka?*“. [7] Z odpovědí na tyto a podobné otázky definujeme oblasti a procesy, ve kterých je potřeba se zlepšit. Pomocí těchto neustálých zlepšení podnik dosáhne zvýšení efektivnosti, výkonnosti a v konečném důsledku spokojenosti zákazníka. Ovládnout procesy podle metody Six Sigma znamená udržovat si konkurenční výhodu a předávat zákazníkům skutečnou užitnou hodnotu. [7]

1.3.4 Princip čtvrtý

Čtvrtým principem je takzvaný proaktivní management. Proaktivní přístup znamená předstihnout budoucí události. Definovat si cíle, revidovat je, stanovit si priority a předcházet problémům. Opakem je reaktivní přístup, kdy dochází ke skokům z jednoho problému k druhému, což je příznakem manažera či společnosti která ztrácí kontrolu nad situací. Metoda Six Sigma dává dohromady nástroje a praktiky, které mění reaktivní zvyky v dynamické a vytváří tak výchozí bod pro kreativitu a efektivní změny. [2]

1.3.5 Princip pátý

Spolupráce bez hranic, tak nazýváme pátý princip metodologie Six Sigma. Jeho úkolem je zlepšit spolupráci mezi společnostmi, jejich prodejci, zaměstnanci a zákazníky. V této oblasti se nám otevírají obrovské možnosti jak vylepšovat svoji pozici na trhu. Konkurence mezi pracovními kolektivy, které by měli spolupracovat na společném cíli, může přinášet velké ekonomické ztráty a proto neustálé zlepšování komunikace mezi těmito kolektivy je naprosto zásadní. [2]

1.3.6 Princip šestý

Posledním principem je snaha k dokonalosti a tolerance neúspěchu. Žádná společnost nemůže dosáhnout úspěchu a vysoké výkonnosti bez nových nápadů a přístupů. Tyto aktivity s sebou vždy přinášejí určité riziko z důvodu nezaleknutí se jich, jsou aplikovány zlepšovací nástroje a techniky k řízení rizik. Pracovníci obávající se těchto rizik, by se opačným případě

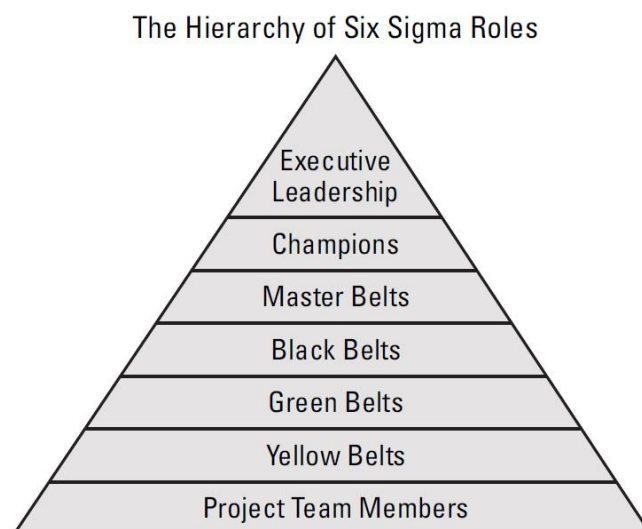
nepokusili o nic inovativního, docházelo by ke stagnaci, postupnému rozkladu a zániku podniku. [2]

1.4 Hierarchie rozdělení pracovníků a jejich pracovní úloha v metodě Six Sigma

Pro plné rozvinutí a správnou implementaci metody Six Sigma v podniku, je třeba kolektivní účast početné skupiny pracovníků, z nichž každý je zodpovědný za naplňování specifických pracovních rolí a povinností jak na úrovni manažerské, tak na úrovni odborné. Nejčastěji jsou tito lidé čerpáni přímo z řad společnosti a jsou speciálně připravováni a trénováni k dosažení potřebných dovedností. Six Sigma přijala řadu hodnot, aby definovala hierarchii a služební postup napříč všemi obchodními funkcemi. [8]

Zavádění koncepce Six Sigma do podniku s sebou přináší vytváření mnoha dílčích projektů, které mají za cíl zlepšit stávající firemní procesy. Na těchto projektech se pak kromě řadových zaměstnanců podílí několik speciálně vyškolených pracovníků pro vedení projektů Six Sigma. Tyto projekty z pravidla běží měsíc až šest měsíců a účastí se jich jeden vysoce kvalifikovaný odborník a několik středně kvalifikovaných pracovníků. [7]

Jednou z charakteristických vlastností metody Six Sigma je, že vytváří vedoucí pracovníky. Na všech pracovních pozicích bez ohledu na roli či funkci zaměstnanců, jsou systematicky vytvářeny vůdčí schopnosti, dovednosti a hodnoty.



Obr. 2. Hierarchie pracovních rolí v metodě Six Sigma (převzato z [12])

Při zavádění metody Six Sigma jsou klíčové tyto pracovní pozice:

1.4.1 The Executive management (výkonné vedení)

Tento pojem zahrnuje generálního ředitele a další členy patřící do vrcholného managementu. Tyto osoby jsou zodpovědné za vytvoření vize pro úspěšnou implementaci Six Sigma, rozhodují jaké činnosti se v rámci Six Sigma musí vykonat, zajišťují potřebné finanční zdroje, prostřednictvím Championů se starají o patřičný trénink zaměstnanců na všech úrovních organizace a dohlíží na průběh implementace. [3]

1.4.2 The Six Sigma deployment leader

Pracovník na této pozici je jedním z nejdůležitějších jedinců v rámci implementace projektu Six Sigma. Často se jedná o senior managera nebo výkonného vedoucího a je přímo podřízen osobě na podnikové úrovni, která je zodpovědná za spuštění a udržování metody Six Sigma.

Zajišťuje efektivní sladění strategických cílů společnosti s obchodními plány při průběhu implementace metodologie Six Sigma do podniku. Zároveň také sleduje postup a udržování cílových hodnot, když je Six Sigma postupně prováděna v rámci celé společnosti. V této roli také vytváří takzvaný roll-out plán, pomáhá vybírat vhodné kandidáty na pozice Champion, Black Belt, Green Belt a Yellow Belt a stará se o jejich vhodný výcvik. [12]

Deployment leader také úzce spolupracuje s Championsy a funguje tak jako pojítka mezi nimi a nejvyšším managementem.

Základní povinnosti:

- Zodpovědnost za výsledky Six Sigma
- Udržuje vizi a poslání Six Sigma pro podnik
- Odstraňuje vnitřní bariéry, bránící úspěšnou implementaci Six Sigma
- Vnitropodnikově zveřejňuje cíle, plány, postup a výsledky Six Sigma
- Vytváří a snaží se zachovávat odhodlání a zápal pro cíle Six Sigma
- Pravidelně informuje výkonné vedení o postupu prací

1.4.3 Champion (kontrolní manager)

Six Sigma Champions jsou zodpovědní za rozšiřování a úspěšnou aplikaci technického know-how. Prezентují vizi úspěšného zavedení Six Sigma, stanovují projekty pro absolventy Black Belt kurzu a určují jejich priority. Strategicky je řídí, poskytují jim rady a podporují jejich činnost. Také se snaží pro odstraňování vnitřní bariéry, která by mohla bránit k dokončení projektu. Ve velkých společnostech může být zavedena pozice Senior Champion, stejně tak jako bussines-unit-level Champion. V menších podnicích může být pozice Deployment Leader a Champion sloučena v jednu a zastoupena pouze jedním pracovníkem. [3]

Základní povinnosti:

- Identifikace, výběr, přiřazení, rozsah a volba priority projektů
- Výběr vhodných pracovníků na pozice Black Belt, Green Belt, Yellow Belt, zajištění jejich patřičného tréninku, dohled nad jejich pracovním rozvojem a zadávání náležitých úkolů.
- Podpora Black Belts, Green Belts, Yellow Belts prostřednictvím odstraňování vnitřních podnikových bariér, zajišťování nezbytných prostředků, přezkoumávání stavu implementace projektu
- Stanovují přiměřenou míru nevyřízených projektů a zajišťují, že pracovníci na úrovni Black Belt a Master Black Belt se plně věnují svým Six Sigma aktivitám.
- Informuje o průběhu implementace své nadřízené [12]

1.4.4 The core team

Pod tímto pojmem rozumíme jednotný celek, jehož členové provádějí organizační posouzení, srovnávají produkty a služby, provádějí podrobné analýzy chyb, vyvíjejí plány potřebné pro implementaci a další nezbytné služby. [12]

Tento útvar se skládá z následujících pracovních pozic a oddělení:

- Six Sigma deployment leader
- Business unit Six Sigma leaders
- Klíčový výkonní zástupci
- Oddělení lidských zdrojů
- Oddělení financí
- Oddělení informačních technologií
- Oddělení pro trénink a školení pracovníků
- Oddělení pro komunikaci v rámci Six Sigma

Základní povinnosti:

- Instalace měřicího systému, který bude sledovat pokrok prací, zajištění vhodné a viditelné pracovní tabule obsahující pokrok a úsilí s ním spojené
- Testování produktů, služeb a procesů tak, že společnost může posuzovat svoji relativní pozici na trhu
- Poskytování znalostí a výuky v celé šíři zaměstnaneckého spektra, protože jisté metody a nástroje je třeba neustále zlepšovat a aktualizovat
- Demonstrovat prostřednictvím úspěšných projektů jak metody, nástroje a technologie Six Sigma dosáhli výrazných ekonomických a provozních výsledků.
- Rozvoj a implementace infrastruktury podpory, která umožňuje metodě Six Sigma přirozeně fungovat a vzkvétat ve společnosti. [12]

1.4.5 Master Black Belt (systémový manager)

Pracovník, který rozumí podnikové strategii, má dobrý přehled o podniku a hlubokou znalost metodiky Six Sigma. Tito pracovníci jsou vedoucími projektových týmů, dokonale ovládají specializovaný software, statistickou analýzu a jiné nástroje potřebné pro sběr dat. Vytvářejí a realizují tréninky pro různé úrovně organizace, asistují při identifikaci projektů a spolupracují na přípravě zpráv o stavu projektu. Vedou pracovníky na úrovni Black Belt a Green Belt při projektové práci, pomáhají s jejich tréninkem a certifikací. [3] [12]

1.4.6 Black Belt (procesní manager)

Odborník na Six Sigma, pracovník který je pro ni nadšený a motivuje svým pozitivním přístupem ostatní zaměstnance. Podporuje myšlenky Champions a Master Black Belts, v případě potřeby je žádá o pomoc. Identifikuje překážky a obtíže v projektech, vede a řídí prováděcí týmy, informuje o postupu práce příslušné stupně vedení podniku. Má vliv na aplikaci nejefektivnějších nástrojů, získává vstupní data od supervizorů a vedoucích týmů, učí a trénuje metody a nástroje Six Sigma. Typicky se jedná o 1 – 2% zaměstnanců v rámci společnosti. [3] [12]

Základní povinnosti:

- Implementace projektů, které mají historickou návratnosti podniku v dolní mezní hodnotě \$150, 000. Může implementovat až čtyři takovéto projekty za rok.
- Instruuje a vede ostatní pracovníky při aplikaci Six Sigma postupů a nástrojů
- Objevuje interní i externí příležitosti pro nové projekty Six Sigma
- Vede jednotlivá pracovní oddělení a business units, stejně tak jako všechny procesy, u kterých jsou zapotřebí značné analytické dovednosti
- Šíří nové strategie a nástroje skrz semináře, případové studie, lokální sympózia, trénink a další... [12]

1.4.7 Green Belt (zaměstnanec)

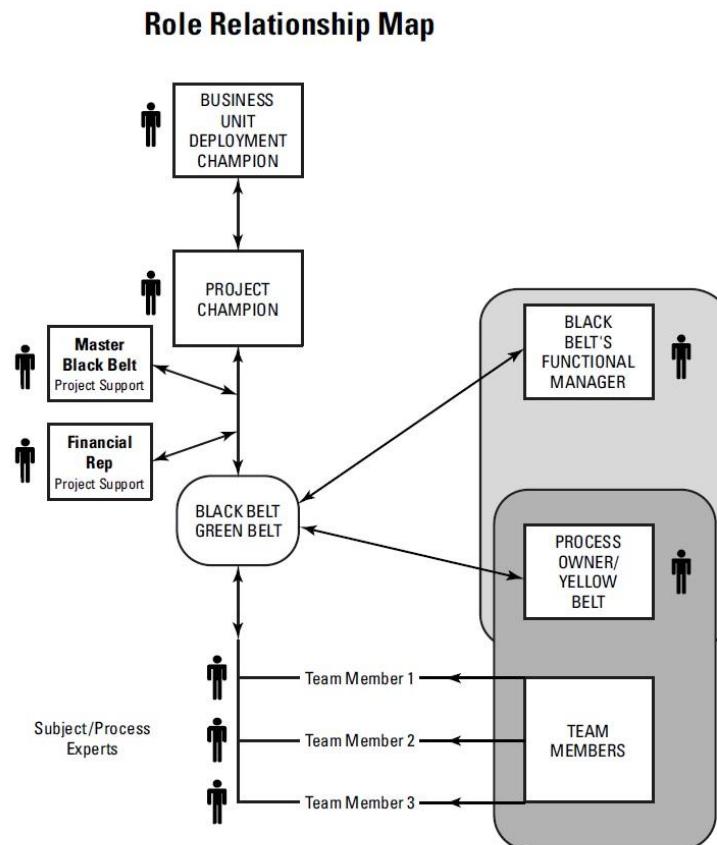
Pracovníci, kteří věnují menší část své pracovní doby řešení Six Sigma projektů, přičemž vykonávají své běžné pracovní povinnosti. Spolupracují se zaměstnanci na úrovni Black Belt na projektech, učí se metodologii Six Sigma a aplikují ji na svých dílčích projektech. Ovládají základní nástroje a software pro získávání a analýzu dat. I po dokončení projektu pokračují ve vzdělávání se v zavádění metod a nástrojů Six Sigma. Typicky se jedná o 5 – 10 % zaměstnanců společnosti. [3] [12]

Základní povinnosti:

- Implementace okolo dvou projektů za rok, které mají historickou návratnosti podniku v dolní mezní hodnotě \$35, 000.
- Instruuje a vede místní pracovníky při aplikaci Six Sigma postupů a nástrojů
- Vede jednotlivá pracovní oddělení a business units, stejně tak jako všechny procesy u kterých nejsou zapotřebí značné analytické dovednosti a schopnosti. [12]

1.4.8 Yellow Belt

Na některých projektech mohou spolupracovat i pracovníci z výroby či provozu, kteří procházejí tréninkem na kvalifikaci Yellow Belt. Tito zaměstnanci ovládají základní dovednosti potřebné pro řešení Six Sigma projektů a rozumí logice modelu DMAIC. Přicházejí s dobrými nápady a postřehy přímo z prostředí výroby. [3]



Obr. 3. Schéma komunikace mezi pracovníky Six Sigma (převzato z [12])

2 Nástroje využívané v koncepci Six Sigma

Při tvorbě a zlepšování stávajících výrobních procesů využívá strategie Six Sigma široké spektrum různých nástrojů z oblasti statistické analýzy, zajišťování obecné kvality procesů i řízení jakosti dle normy ISO. Tyto nástroje slouží k analýze procesů, k hledání možností pro jejich zlepšování a k odhalování případných chyb.

K základním nástrojům patří:

- Model DMAIC
- Diagram příčin a následků
- Procesní diagram
- Paretův diagram
- Průběhový diagram
- Korelační diagram
- Regulační diagram
- Analýza možných chyb a jejich důsledků
- Histogram
- Regresní analýza

2.1 Koncept DMAIC

Model DMAIC je založen na původním modelu zlepšování procesů PDCA (Plan – Do – Check – Act; Plánuj – Udělej – Zkontroluj - Jednej), který zavedl W. Edwards Deming. DMAIC neboli cyklus zlepšování je univerzálně použitelná metoda postupného zlepšování, která je nedílnou součástí metodologie Six Sigma. Používá se pro jakékoliv zlepšování, ať už se jedná o zlepšení kvality výrobků, služeb, procesů či aplikací. [13]

Zkratka DMAIC je složena z následujících slov:

- D – Define – Definovat
- M – Measure – Měřit
- A – Analyze – Analyzovat
- I – Improve – Vylepšit
- C – Control – Kontrolovat

Výše uvedené termíny jsou názvy pro jednotlivé fáze zlepšování řídicích procesů. Tyto fáze jsou vzájemně propojeny a společně dohromady vytváří proces.

Výhody přinášející model DMAIC:

- Zkrácení délky jednotlivých procesů
- Snadnější a jednodušší rozhodování při používání zdrojů za účelem zisku
- Přehlednější a přesnější prokázání zisků
- Lepší porozumění propojení systému procesů a zákazníků
- Efektivnější infrastrukturu k provádění změn



Obr. 4. Model DMAIC (převzato z [15])

2.1.1 Fáze D - Define (Definuj)

V rámci první fáze je třeba identifikovat problém, tedy oblast (která je typicky vyjádřena procesy), kterou je potřeba zlepšit. Stanovuje se rozsah projektu, vytváří se pracovní tým a stanoví se jeho vedoucí pracovníci. Je třeba určit co, kdy, jak a kde se bude měřit, vymezit základní podmínky, za kterých bude proces probíhat a především naslouchat hlasu zákazníka (pochopit požadavky zákazníka). [13]

Nástroje využívané v této fázi: Vývojový diagram, Paretova analýza, IPO diagram, Analýza možných chyb a jejich důsledků, jednoduché statistické nástroje [14]

2.1.2 Fáze M - Measure (Změř)

Úkolem kroku měření je získat maximum objektivních informací o procesech nebo předmětech, které budeme zlepšovat. Provádí se analýza stávající výkonnosti procesu, je třeba zabezpečit vyhovující sběr dat a pro náročnější kvalifikované změření procesů je třeba mít dostatečně kvalitní a přesnou procesní mapu, ohodnocení činností, kterými se budeme zabývat, jejich četnost, chybovost a další potřebné parametry. Zároveň se ověřují a potvrzují cíle projektu, ověřuje se, zda je správně nastaven měřicí systém, vyhodnocuje se variabilita procesu, jeho způsobilost a míra náhodných a vymezitelných příčin variability. [13]

Nástroje využívané v této fázi: Paretova analýza, analýza možných chyb a jejich důsledků, procesní mapa, řídicí graf, analýza vstupních procesů, histogram [14]

2.1.3 Fáze A - Analyze (Analyzuj)

V další etapě je třeba identifikovat hlavní příčiny problému a především tyto příčiny potvrdit pomocí vhodných nástrojů. Je třeba správně pochopit proces a jeho způsob měření. Probíhá formulování hypotéz k nalezení možného problému a jejich testování. Provádíme regresní analýzu, případně navrhne experiment, kterým by se problém odstranil a předešlo se jeho opakování. [13]

Nástroje využívané v této fázi: regresní analýza, diagram příčin a následků (Ishikawa Diagram), DOE analýza (Design of Experiments), analýza možných chyb a jejich důsledků [14]

2.1.4 Fáze I - Improve (Vylepši)

Předposlední fáze vytváří a přináší již skutečné reálné zlepšení. Dochází zde k podávání návrhů k řešení, jejich odzkoušení například na pilotním vzorku, nebo případně omezené sérii výrobků. Fáze zlepšování je sama o sobě projektem, který zahrnuje plánování, kalkulaci a řízení možných rizik. Implementace tedy začíná analýzou a pokračuje přes testování a pilotní nasazení až k samotné produkci. Pilotní fáze je velmi důležitá a nesmí se zanedbat ani uspěchat, ověřují se zde nejen možné přínosy, ale také vedlejší efekty a důsledky. [13]

Nástroje využívané v této fázi: brainstorming, analýza možných chyb a jejich důsledků, statistické metody testování hypotéz [14]

2.1.5 Fáze C - Check (Kontroluj)

V rámci poslední etapy modelu DMAIC je třeba ověřit, že všechny navrhnuté změny byly provedeny, byly provedeny na správných místech a zaměstnanci nové postupy znají a používají je. Dokumentují se dosažené výsledky a hodnotí předchozí 4 fáze procesu. Nashromážděná data se následně vyhodnocují a případně dochází k návrhu budoucích zlepšovacích kroků. Kontrolní fáze má za úkol nejen úspěšně dokončit celý proces, ale přesvědčit a potvrdit že změny přinesli trvalé a dlouhodobé zlepšení. [13]

Nástroje využívané v této fázi: regulační diagram, analýza možných chyb a jejich důsledků, histogram, kontrolní diagram [14]

2.1.6 Modifikace modelu DMAIC

„Tradiční Six Sigma proces DMAIC pro zlepšení stávajících procesů a výrobků se nyní ve svém postupu natolik změnil, nakolik byly interně i externě stanoveny požadavky zákazníků a nakolik se na ně zaměřila kvalita tržních výkonů.“ [6] V praxi proto existuje velké množství speciálních fázově zaměřených postupových modelů, pomocí nichž lze řídit a provádět projekty návrhu a vývoje zaměřených na výsledek.

Příklady modifikací:

DMADV (Define – Measure – Analyse – Design - Verify)

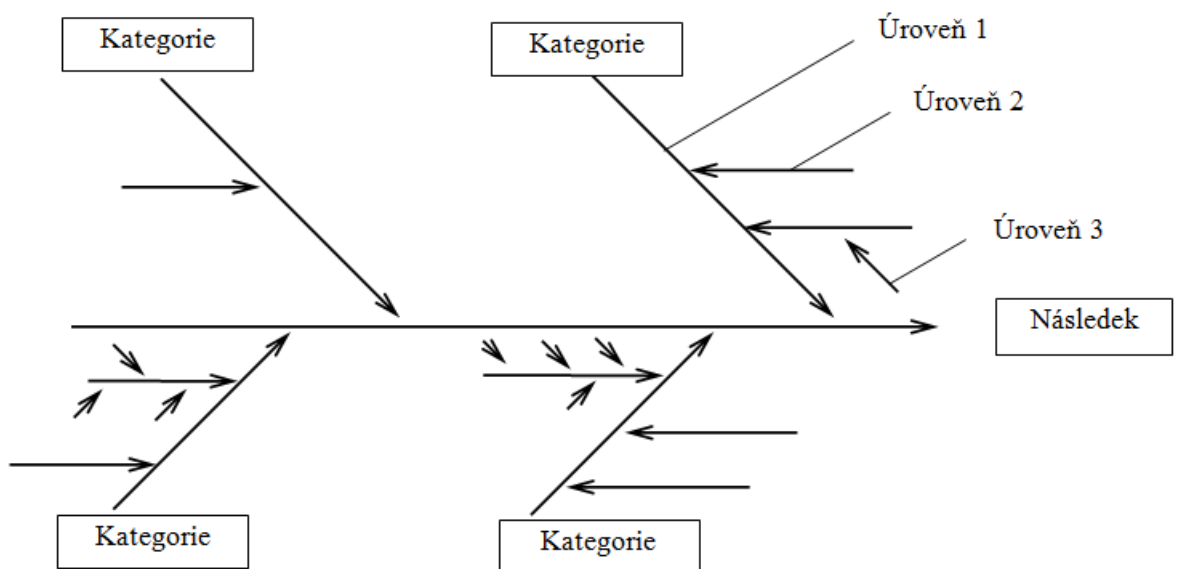
DMEDI (Define – Measure – Explore – Develop - Implementation)

DCCDI (Define – Customer – Concept – Design – Implementation)

2.2 Diagram příčin a následků (Ishikawův diagram)

Diagram příčin a následků, neboli také jiným názvem Ishikawa diagram podle významného japonského profesora Kaoru Ishikawy, který ho jako první představil. V některé literatuře je možné se setkat s výrazem „Diagram rybí kosti“ odkazující na jeho tvar. Pro řešení diagramu je důležité pokládat si otázku: „Proč?“ Diagram příčin a následků je využíván pro zobrazení a uvědomení si souvislostí mezi daným následkem a jeho možnými příčinami. Rozlišujeme dvě kategorie možných příčin a to hlavní (primární) příčiny, což jsou: lidé, materiály, prostředí, zařízení, měření, metody, a vedlejší (sekundární) příčiny, které jsou již konkrétně spojeny s hlavní příčinou. [29]

Ishikawův diagram je užitečným nástrojem týmové analýzy, při kterém jsou využívány zásady metody brainstormingu (vyhledávání nápadů). Brainstorming je skupinová metoda, založená na předpokladu, že lidé ve skupině na základě podnětu ostatních členů skupiny vymyslí více, než by vymyslel každý jednotlivec sám za sebe. [30] Brainstorming se tedy zaměřuje se na vytvoření a sepsání soupisu nápadů, problému nebo sporných otázek. Po vyčerpání všech možností a nápadů, každý člen skupiny ohodnotí možné příčiny číselným koeficientem. Následuje analýza těch příčin, které obdrželi nejvyšší koeficienty, definování úkolu pro jejich odstraňování a pozorování zda byl daný problém úspěšně odstraněn.



Obr. 5. Ishikawa diagram (převzato z [16])

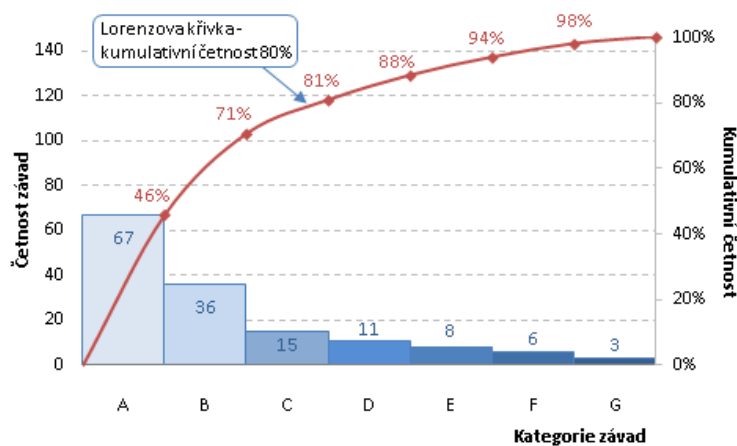
2.3 Paretův diagram (Pareto diagram)

„Vysoký podíl veškerého bohatství vlastní pouze male procento obyvatel“ Vilfredo Pareto

Paretův diagram je jedním ze základních nástrojů řízení jakosti. Je pojmenován podle italského ekonoma a sociologa Vilfreda Pareta, který svým tvrzením položil základy pro Paretův princip v literatuře se lze také setkat s označením Paretův zákon či pravidlo 80/20. Vilfred Paret přišel s myšlenkou, že 80% bohatství vlastní pouze 20% obyvatelstva. Jeho prací se začal zabývat americký odborník na kvalitu Joseph Moses Juran a na jejích základech došel k závěru, že většina problémů s jakostí (80-95%) je způsobena pouze malým podílem příčin (5-20%) jež se na nich podílejí. Tyto příčiny označil, jako životně důležitou menšinu, na kterou je třeba se v další analýze podrobně zaměřit a odstranit nebo minimalizovat její působení. Ostatní příčiny nejdříve označil jako triviální menšinu a následně jako užitečnou menšinu. [28]

Při sestrojování Paretova diagramu je třeba: setřídít sestupně údaje hodnot zvoleného ukazatele, vypočítat komulativní a relativní komulativní součty hodnot, sestrojít sloupcový graf (vyznačit jednotlivé faktory na ose x, sestrojít levou a pravou osu y, sestrojení Lorenzovy křivky). Lorenzova křivka představuje kumulovaný součet výskytů jednotlivých příčin.

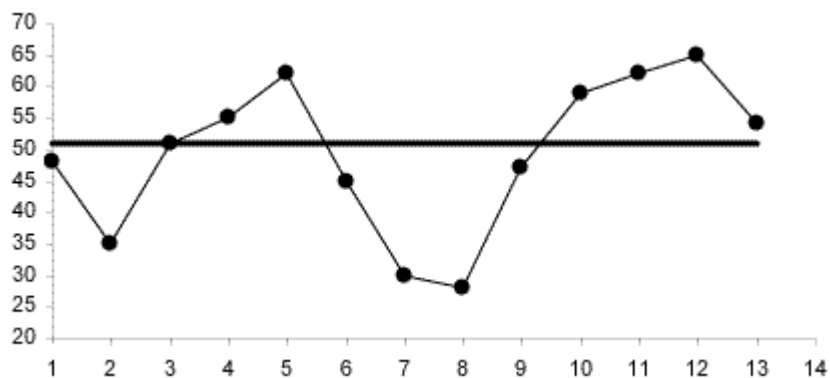
Jedná se o důležitý nástroj, který umožňuje stanovit priority při řešení problémů s jakostí, pomáhá oddělit podstatné faktory řešeného problému od těch méně podstatných, dává nám možnost problém jednoduše a přehledně prezentovat a ukázat kam přednostně zaměřit pozornost při zlepšování procesů. [17]



Graf. 4. Paretův diagram (převzato z [18])

2.4 Průběhový diagram (Run chart)

Průběhový diagram je vizuální nástroj pro přehledné zobrazování hodnot v čase. Pomáhá monitorovat vývoj sledovaných parametrů procesu a určovat například kolísání údajů, posuny v procesu, sezonní údaje atd. Nejčastěji se využívá ve fázích měření a analýzy při aplikaci modelu DMAIC. [22]



Graf. 5. Průběhový diagram (převzato z [22])

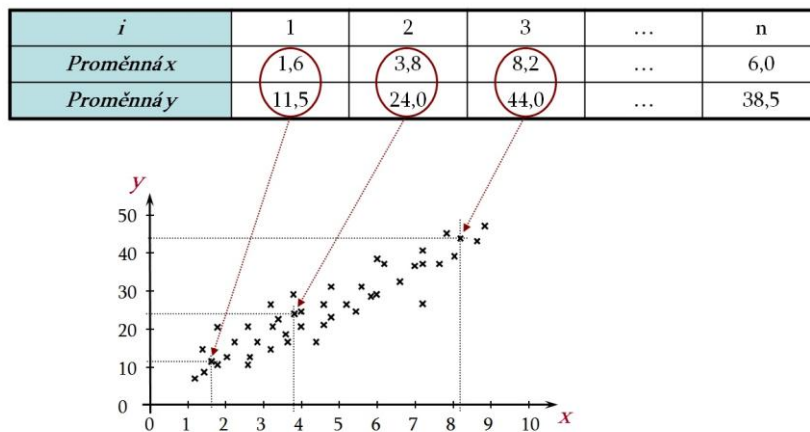
Prostřední čára zobrazená na grafu je střední hodnota. Průběh je definován jako jeden, nebo více po sobě jdoucích bodů na stejné straně od střední hodnoty. Tyto průběhy jsou analyzovány a vyhodnocovány.

Vzorky v průběhovém diagramu, které signalizují jiný stav, než normální jsou:

- Přítomnost velkého nebo naopak velmi malého množství bodů v okolí jedné hodnoty
- Neobvykle dlouhý datový sled vzestupně nebo sestupně uspořádaných datových bodů
- Velké množství bodů, které tvoří zig-zag (klikatý) vzor. [22]

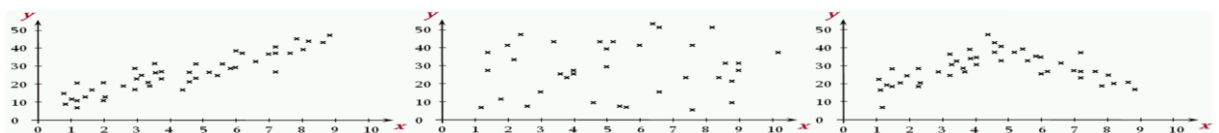
2.5 Korelační diagram (Scatter diagram)

Korelační diagram, jinak řečeno bodový graf, je matematické znázornění využívající kartézských souřadnic pro zobrazení souboru dat o dvou proměnných. Jedná se o grafickou metodu pro studium vzájemného vztahu mezi dvěma proměnnými (například mezi znakem jakosti produktu a parametrem procesu). [23] To jakým způsobem jsou rozmístěny body v bodovém diagramu, charakterizuje směr, tvar a míru těsnosti závislosti mezi sledovanými proměnnými. Pro posouzení zda je možno danou závislost popsat vhodným matematickým vztahem, je třeba využít regresní a korelační analýzy. [19]



Graf. 6. Korelační diagram (převzato z [19])

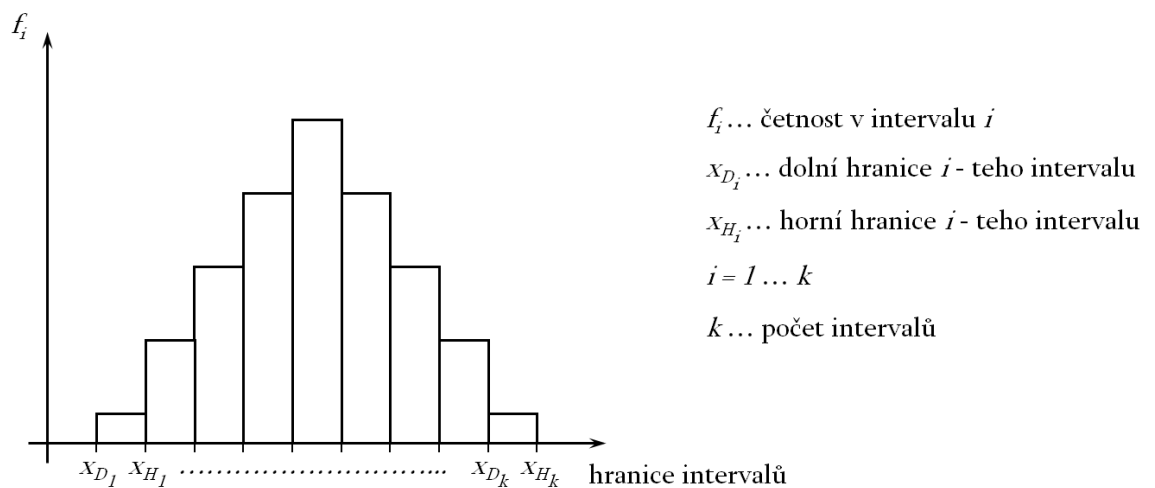
Při analýze bodového diagramu posuzujeme, zda mezi proměnnými X a Y existuje závislost. Obrázek č. 6 zobrazuje lineární závislost, obrázek č. 7 závislost nelineární a na konec obrázek č. 8 nezobrazuje žádnou závislost.



Obr. 6,7,8. Zobrazení lineární, nelineární a žádné závislosti proměnných (převzato z [19])

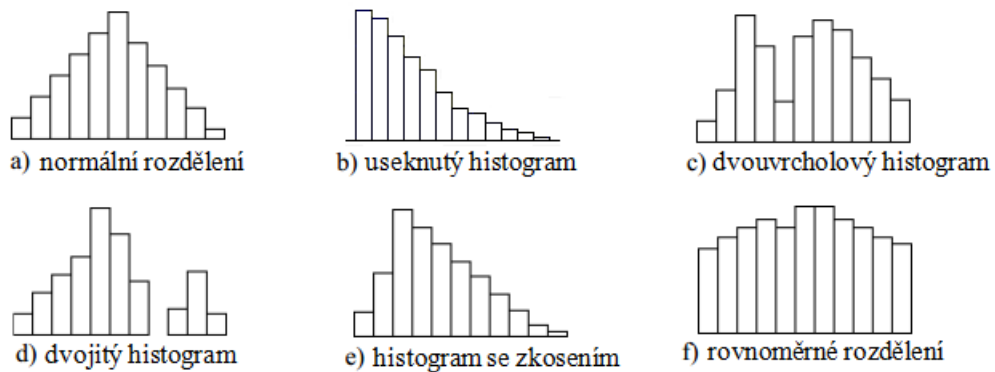
2.6 Histogram

Histogram slouží ke grafickému znázornění distribuce dat, prostřednictvím sloupcového grafu. Jeho sloupce mají identickou šířku sloupců a vyjadřují šířku intervalů. Výška jednotlivých sloupců vyjadřuje četnost sledované veličiny v daném intervalu. Z histogramu lze vyčíst odhad polohy a rozptýlení hodnot sledovaného znaku či parametry procesu, odhad tvaru rozdělení sledovaného znaku kvality nebo prvotní informaci o způsobilosti procesu. Histogramy se používají především při průběžné kontrole ve výrobním procesu, při analýze přesnosti a stability výkonů strojů (apod.) či při studiu předběžné způsobilosti procesu. [20]



Graf. 7 Histogram (převzato z [20])

Základní druhy histogramů:



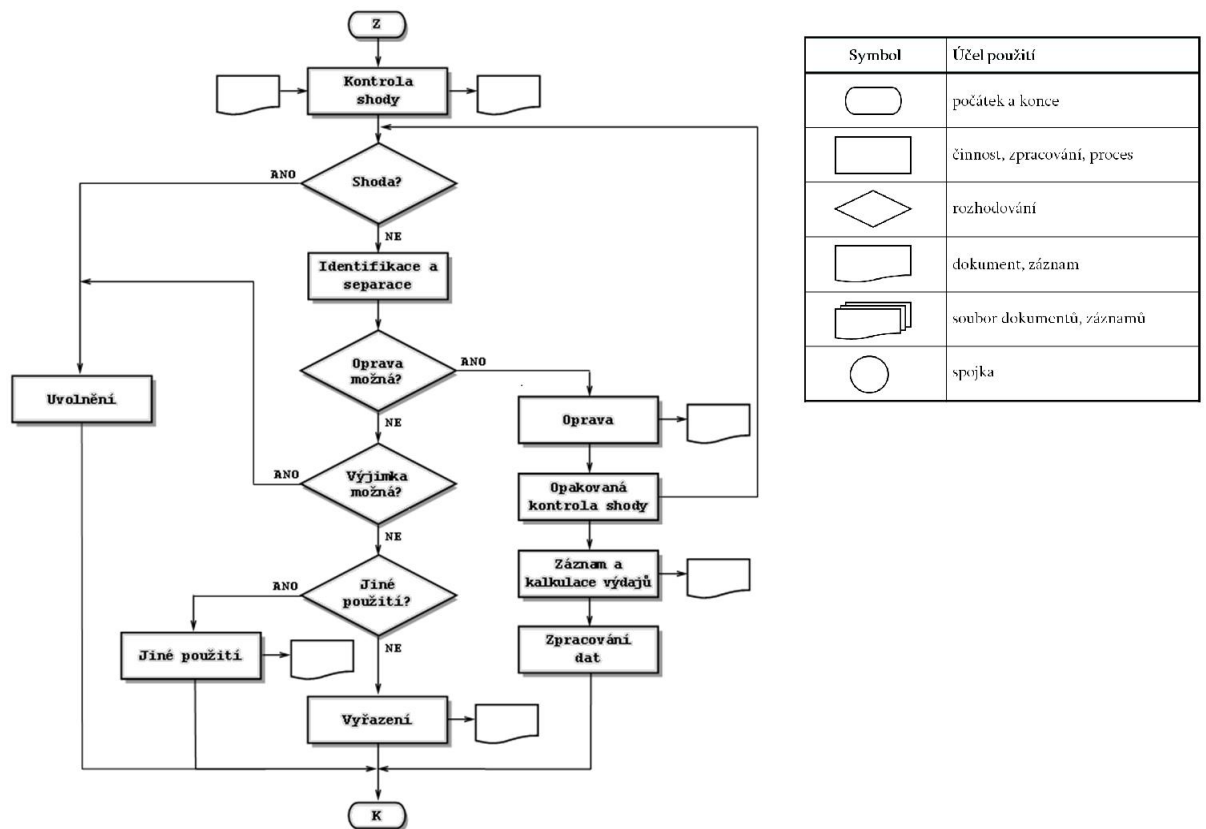
Obr. 9. Nejčastější druhy histogramů (převzato z [21])

- a) *Histogram s normálním rozdělením dat* – je obrazem normálního rozdělení, v takovém procesu působí pouze náhodné příčiny variability
- b) *Useknutý histogram* – ukazuje na nesprávnou analýzu dat (rozlišovací schopnost přístroje, nebyly zahrnuty všechny hodnoty)
- c) *Dvouvrcholový histogram* – značí rozdvojení procesu (použití dvou strojů, měření dvou pracovníků atd.)
- d) *Dvojitý histogram* – může indikovat vymezené příčiny ovlivňující proces (dočasné použití jiného přístroje)
- e) *Histogram se zkosením* – většinou naznačuje abnormalitu dat (například může být způsobena fyzikální podstatou sledovaného procesu), rozlišujeme histogram s kladným nebo záporným zkosením
- f) *Histogram s rovnoměrným rozdělením dat* – ve většině případů značí, že sledovaný proces je špatně nastaven. [24]

2.7 Procesní diagram (Flow chart)

Procesní diagram je využíván k názornému grafickému zobrazení pořadí a návaznosti všech kroků určitého procesu, ať už existujícího, nebo navrhovaného. Pro znázornění jednotlivých kroků procesu, jsou používány speciální symboly, které jsou podrobně popsány a definovány normou ČSN ISO 5807. Tyto symboly jsou vzájemně propojeny pomocí jednoduchých čar a orientovaných šipek. [25]

Při tvorbě procesních diagramů je důležité pokládat si otázky typu: „Co se stane nejdříve?“, „Co bude následovat?“, „Co se stane, rozhodne-li se ANO/NE?“, „Kdo rozhoduje o...“, „Odkud přichází výrobek?“ a další. [26]



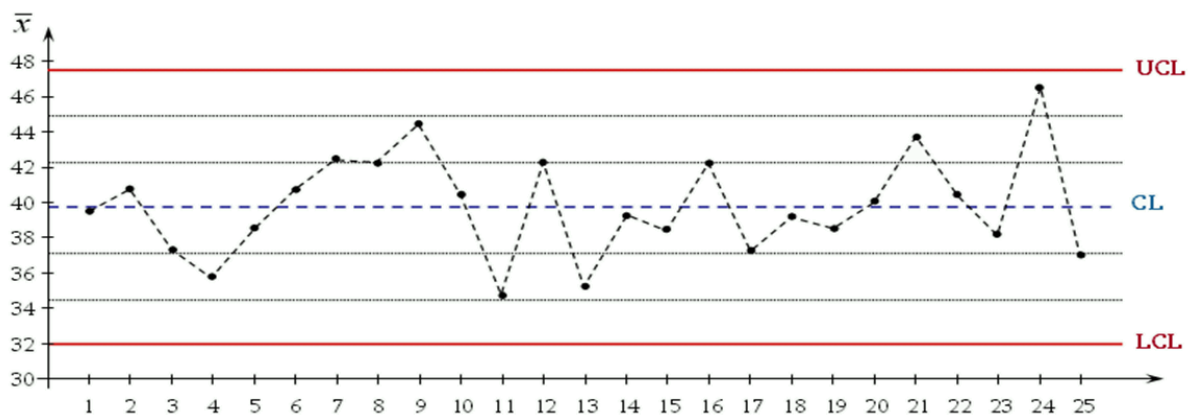
Obr. 10. Procesní diagram a tabulka nejpoužívanějších symbolů (převzato z [26])

Výhody využití:

- Snadnější pochopení procesu
- Analýza procesu, dílčích kroků a rozhodovacích uzlů
- Určení oblastí procesu kde mohou vznikat problémy
- Výzkum procesu z hlediska nejvhodnějšího rozmístění kontrolních pozic
- Možnost optimalizace procesu díky identifikaci nadbytečných činností

2.8 Regulační diagram

Regulační diagram patří mezi základní nástroje pro regulaci kvality při výrobních procesech, který umožňuje posoudit statistickou zvládnutost procesů. Statisticky zvládnutým procesem je označován takový proces, který je ovlivňován pouze náhodnými (přirozenými) příčinami variability. Pomocí regulačního diagramu je možné rozpoznat působení náhodných (přirozených) příčin variability od působení vymezených (zvláštních) příčin. Statistická regulace představuje především preventivní přístup k řízení kvality, v zásadě se jedná o testování statistické hypotézy. Nezamítnutí této hypotézy vede k tomu, že sledovaný proces je považován za statisticky stabilní a naopak její zamítnutí znamená zásah do procesu. Regulační diagramy jsou hojně využívány ve spojení s monitorováním pomocí počítačů a možnostmi sledovat on-line chování procesu. [27]



Graf. 8. Regulační diagram – Shewhartův diagram (převzato z [33])

Nejčastěji v praxi využívaným druhem regulačního diagramu je Shewhartův regulační diagram. Tento typ diagramu má vždy označenou střední hodnotu (CL – Central Line), společně s horní (UCL – Upper Control Line) a dolní (LCL – Lower Control Line) regulační mezí. Horní a dolní regulační mez jsou souhrnně nazývány jako akční mez. Tyto mez určují interval, ve kterém působí pouze náhodné příčiny variability a jsou rozhodovacím kritériem, zda je nutné učinit zásahy do procesu. V případě, že se hodnoty charakteristiky znaku kvality dostanou mimo regulační mez, je třeba provést patřičné korelace. Do regulačního diagramu je možné také vyznačit mezí výstražné, horní (UWL – Upper Warning Line) a dolní (LWL – Lower Warning Line). [27]

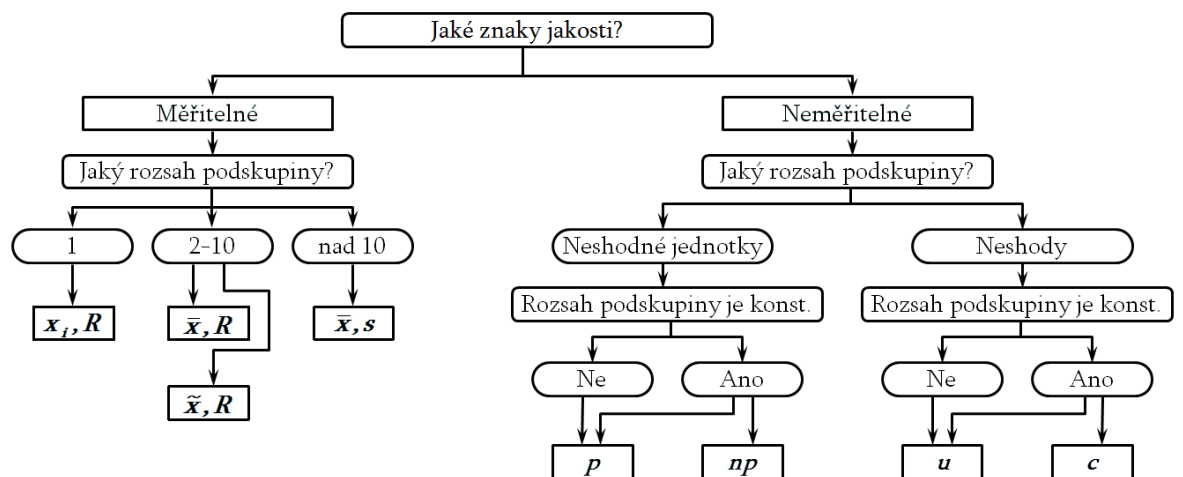
Druhy regulačních diagramů:

Regulační diagramy srovnáváním:

- a) Pro počty neshodných jednotek
 1. RD (p) – regulační diagramy pro podíl neshodných jednotek ve skupině
 2. RD (n, p) – regulační diagramy pro počet neshodných jednotek v podskupině
- b) Pro počty neshod:
 1. RD (c) – regulační diagramy pro počet neshod v podskupině
 2. RD (u) – regulační diagramy pro podíl neshod v podskupině

Regulační diagramy měřením:

1. RD (\bar{x} , R) – regulační diagramy pro střední hodnotu a variační rozpětí
2. RD (\bar{x} , s) – regulační diagramy pro střední hodnotu a směrodatnou odchylku
3. RD (X_i , R_{kl}) – regulační diagramy pro jednotlivé hodnoty a klouzavé rozpětí
4. RD (\tilde{x} , R) – regulační diagramy pro medián a variační rozpětí



Obr. 11. Schéma způsobu volby vhodného Shewhartova regulačního diagramu (převzato z [33])

2.9 Analýza možných chyb a jejich důsledků (FMEA)

Metoda FMEA je analytická metoda, která systematicky zkoumá možné vady a poruchy, jež se mohou projevit u produktů nebo při praktické realizaci procesu. Princip této metody je založen na několika krocích. V prvním je třeba nalézt možné poruchy a zjistit jejich následky (ohodnocení je dle jejich závažnosti), určit příčiny těchto poruch (ohodnocení podle jejich výskytu) a jako poslední část navrhnout kontrolní mechanismy jak těmto poruchám zabránit (ohodnocení podle pravděpodobnosti úspěšné aplikace). V druhém kroku analýzy se z předchozích tří parametrů vypočítá roznásobením takzvaný koeficient rizika, který po seřazení výsledků od největšího po nejmenší určí ty poruchy na které je potřeba se zaměřit. V posledním kroku se pro poruchy s nejvyšší prioritou stanoví způsob jak jim v budoucnu předejít a následuje analýza k ohodnocení efektivnosti stanovených opatření. [32]

Analýza možných chyb a jejich důsledků umožňuje odhalit riziko možných vad již v rané fázi plánování projektu. Náklady spojené s analýzou jsou výrazně nižší, než které by mohli vzniknout v důsledku chyb v procesu. Metoda FMEA má tedy významný dopad nejen na ekonomickou stránku projektu, ale i z hlediska úspory času. Díky této metodě je také do hloubky zdokumentován výrobní proces a vytváří se tak cenné informační databáze jak o procesu, tak o samotném produktu. [31]

Analýza FMEA návrhu produktu nebo procesu probíhá v těchto fázích:

- Analýza a hodnocení současného stavu
- Návrh opatření
- Hodnocení stavu po realizaci opatření

| FMEA PROCESU STŘIHÁNÍ PLECHU PRO VÝROBU SVAŘOVACÍCH DÍLŮ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|---|----------------------|---------------------------------------|--------|--|--------------------------------------|---------------|----------------|------------------------------------|---|--------------------------------|--------|--------|---------------|----------------|--|
| Prvek ----- Funkce | Možná vada | Možné následky vady | Význam Kritičnost | Možné příčiny (mechanismy vady) | Výskyt | Stávající opatření pro prevenci | Stávající řízení procesu, | Odhalitelnost | Rizikové číslo | Doporučená opatření | Odpovědnost ----- Termín realizace | Provedená opatření | Význam | Výskyt | Odhalitelnost | Rizikové číslo | |
| Střihání plechu | Nesprávný rozměr | Nelze provádět další operace | 8 | Nesprávné nastavení dorazu | 3 | Žádné | Kontrola na počátku směny | 6 | 144 | Zavést kontrolu 1x za hodinu | Novák 22. 8. 2005 | Kontrolní postup zaveden | 8 | 3 | 3 | 72 | |
| | | | | Chybné měření | 2 | Žádné | Kontrola na počátku směny | 6 | 96 | Žádné | | | | | | | |
| | Deformace | Nejde svařovat Špatný vzhled | 7 | Špatné seřízení nůžek | 3 | Žádné | Kontrola rovinnosti 1x za hod. | 4 | 84 | Žádné | | | | | | | |
| | | | | Otupení břitů | 6 | Žádné | Kontrola rovinnosti 1x za hod. | 4 | 168 | Použít jiný materiál břitů | Svoboda 30. 9. 2005 | Použit materiál č. | 7 | 2 | 4 | 56 | |
| | Otřepty | Poranění obsluhy Špatný vzhled | 9 | Špatné seřízení nůžek | 3 | Žádné | Vizuální kontrola | 4 | 108 | Žádné | | | | | | | |
| | | | | Otupení břitů | 6 | Žádné | Vizuální kontrola | 4 | 216 | Použít jiný materiál břitů | Svoboda 30. 9. 2005 | Použit materiál č. | 9 | 2 | 4 | 72 | |

Obr. 12. Aplikace metody FMEA (převzato z [31])

3 Aplikace nástrojů Six Sigma ve společnosti ABC

3.1 Představení společnosti

V rámci svojí bakalářské práce jsem dostal možnost aplikovat nástroje pro zlepšování procesů metody Six Sigma ve společnosti ABC. Společnost vznikla v roce 1989 a hlavním předmětem podnikání je výroba a export nábytku. Obchodní aktivity společnosti jsou zaměřeny především na tuzemský trh, který tvoří téměř 90% obrátu společnosti. Mezi nejdůležitější exportní destinace patří Německo, Švédsko a Dánsko.

Ve společnosti je zaveden systém řízení jakosti dle normy ČSN EN ISO 9001:2001. Tato norma uvádí požadavky na systémy managementu kvality pro případ, kdy je nutné prokázat, že je společnost způsobilá spolehlivě a účinně plnit požadavky zákazníků a legislativy.

3.2 Analýza výchozího stavu

Problémem výrobního procesu, který jsem analyzoval, bylo špatné olepování hran fólií, ke kterému docházelo kvůli neznámému nedostatku na lince přesného opracování. Jako základní materiál pro výrobu kuchyňských linek jsou používány DTL (Dřevotřískové laminované desky) nebo PDL (Pazderové laminované desky) dílce o průměrech: 12mm, 16mm, 18mm, 22mm a 28mm. Nákupní cena jedné této desky o ploše 5m² je přes 5 000 Kč. Výroba již neběží v sérii ale pouze kusově či přímo na zakázku, ale v případě potřeby lze za jeden pracovní den vyrobit až 45 kompletních kuchyňských sad. Jak jsem naznačil výše, problémem bylo nekvalitní nebo nepřesné olepení hran fólií, přičemž se jednalo o zcela náhodou příčinu variability procesu bez jakéhokoliv zjevného vzoru příčiny opakování se.

Činnosti navíc spojené s nekvalitním olepením hran fólií:

- 1) Doprava vadného dílce na jiné pracoviště za účelem odstranění fólie
- 2) Odstranění fólie a kontrola dílce
- 3) Doprava zpět na linku přesného opracování
- 4) Kontrola
- 5) V případě většího poškození dílce je dílec rozřezán a použit na jiný (menší) díl soupravy

Důsledky:

- Nepřehlednost výrobního procesu
- Prodloužení termínů dodávek
- Navyšování ekonomické náročnosti výrobního procesu

3.3 Popis výrobního procesu

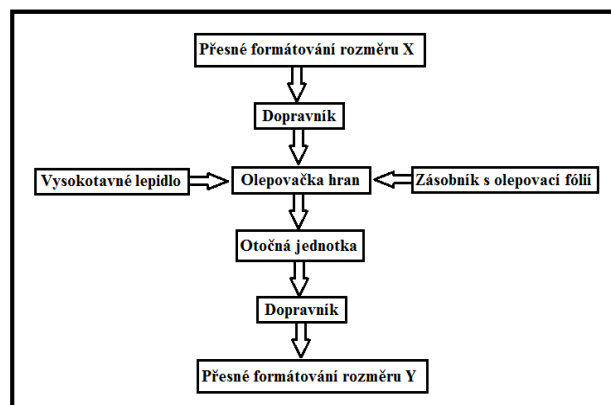
Výrobní proces kuchyňských linek je znázorněn na obr. 14.

Materiál potřebný pro výrobu je dodáván externím dodavatelem a po patřičném zaevidování a vstupní kontrole je předáván do skladu materiálu. Na základě požadavku dílny nebo jiného odebírajícího útvaru (dle výdejky) je materiál uvolněn pro další výrobu, tedy v případě výroby kuchyňských linek (souprav) do 1. výrobní haly (Strojovna).

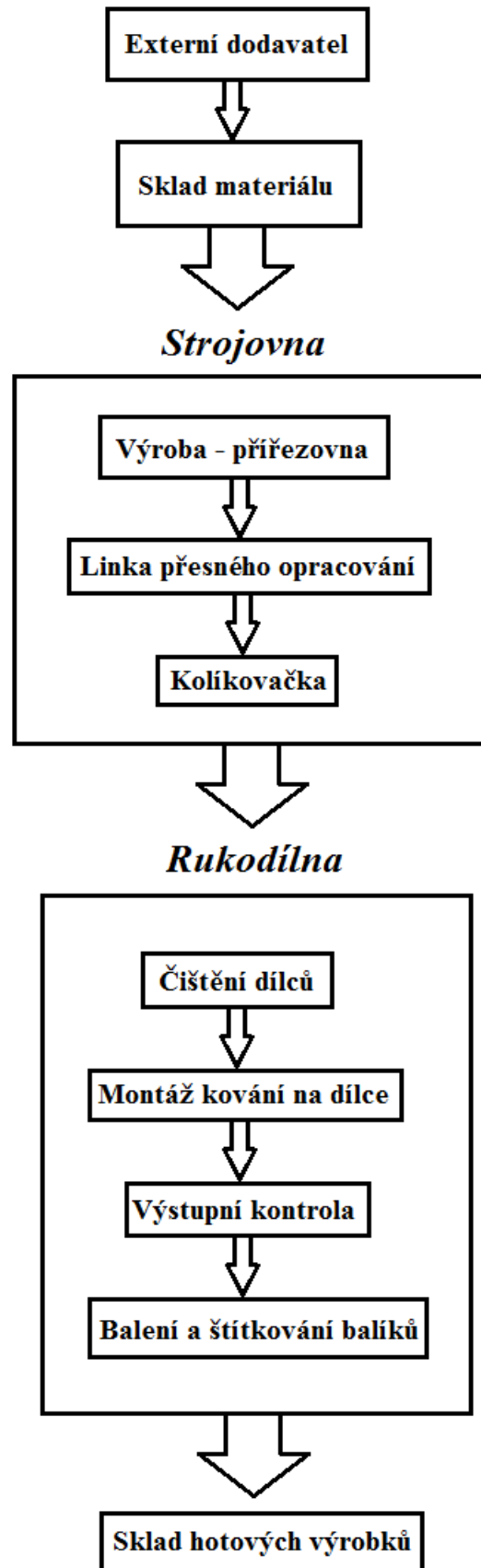
V první části výrobního procesu, materiál prochází takzvanou přířezovnou, kde jsou dílce rozřezány pouze na hrubý rozměr. Následuje linka přesného opracování, což je označení pro několik výrobních strojů spojených pomocí dopravníků, jak je zobrazeno na obr. 13. Dílec je zde již naprosto přesně opracován do rozměrů daných dle nářezových plánu a to jak v rozměru osy X tak v rozměru osy Y. Pomocí vysokotavného lepidla je v olepovačce hran nalepována fólie a dílec pokračuje po kontrole do CNC kolíkovačky, kde jsou vyvrtány všechny potřebné otvory na spoje.

Takto zpracovaný dílec prochází výstupní kontrolou a není-li nalezena žádná závada na kvalitě, pokračuje do 2. Výrobní haly (Rukodílna). Zde se provede očištění dílce od možných nečistot (lepidlo, otřepky, mastnota...) a následuje buď montáž, nebo komplementace kovových dílců potřebných pro složení celkové soupravy. Před zabalením a označením balíku s díly je provedena ještě jedna celková kontrola a její výsledek je zanesen do dokumentace. Poslední fází je uskladnění výrobku ve skladu hotových výrobků, společně s ostatními díly soupravy a odesláním objednávky zákazníkovi.

Linka přesného opracování



Obr. 13. Blokové schéma linky přesného opracování



Obr. 14. Blokové schéma výrobního procesu

3.4 Aplikace modelu DMAIC

3.4.1 Fáze Define (Definuj)

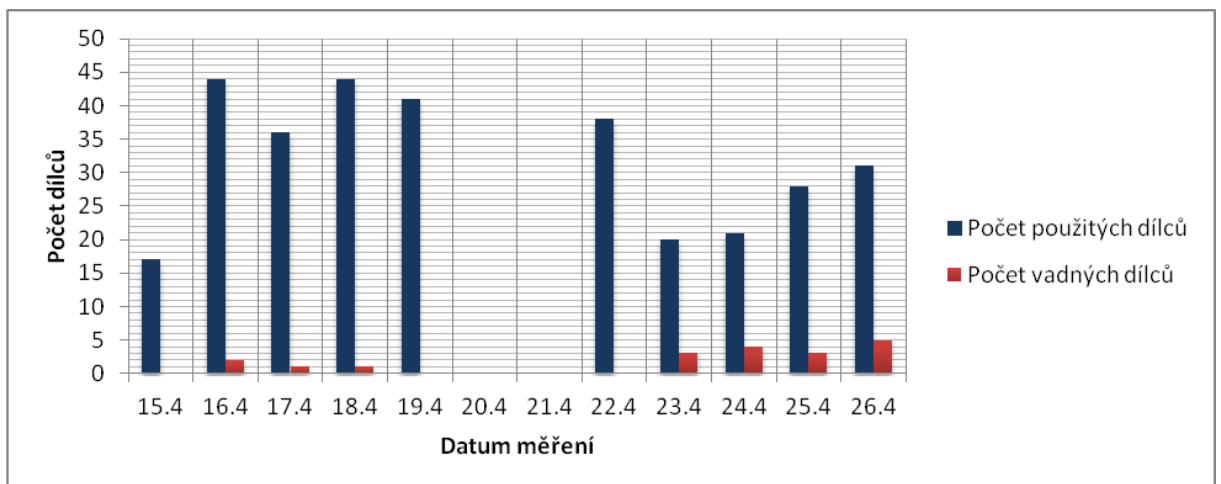
Součástí první fáze modelu DMAIC je definování problému, tedy procesu, který je potřeba zlepšit. Dalším krokem je vytvoření pracovního týmu a rozdělení pracovních úloh.

Projekt jsem definoval jako: „Zlepšení výrobního procesu v oblasti linky přesného opracování“. Nedostatek výrobního procesu, kterým se tento projekt zabýval, jsem popsal v předchozích kapitolách. Cílem projektu bylo dosáhnout zefektivnění výrobního procesu v oblasti výroby kuchyňských linek. Délka projektu byla plánována 1 – 2 měsíce, strategickými cíly projektu bylo dosáhnout ekonomických úspor ve výrobě a zkvalitnění výrobního procesu za účelem uspokojení potřeb a očekávání zákazníka.

Důležitou částí fáze Define je výběr pracovního týmu. Bohužel při plnění tohoto úkolu jsem narazil, především mezi pracovníky ve výrobě, na značnou neochotu spolupracovat a případně měnit zaběhnuté procesy. Vzhledem k počtu zaměstnanců a firemní struktuře společnosti se mi také nepodařilo obsadit jednotlivá místa v pracovním týmu tak, jak je předpokládáno dle teoretických požadavků, stejně tak jako posoudit způsobilost jednotlivých členů. Proto bych hodnotil tento bod aplikace modelu DMAIC jako nezdařený.

3.4.2 Fáze Measure (Změř)

Jak jsem již popsal v teoretické části, cílem této fáze je sběr všech dostupných informací o současné situaci. Proto jsem dva týdny sledoval stav výroby, který procházel přes linku přesného zpracování. Z grafu je patrné že v druhé polovině měření došlo k výraznému nárůstu počtu vadných dílců, je třeba podotknout, že ode dne 23.4 2013 byl použit materiál z jiné zásilky od dodavatele. Za deset pracovních dní bylo použito 320 dílců, z toho jich bylo z důvodu špatného zpracování 19 vadných, což činí 5,9375% chybovost výrobního procesu.



Graf. 10 Objem výroby (15.4 2013-26.4.2013)

3.4.3 Fáze Analyze (Analyzuj)

V této fázi je již nutné zjistit konkrétní soubor možných příčin chybovosti procesu. Z toho důvodu jsem využil metodu příčin a následků (Ishikawův diagram) a metodu brainstormingu. Brainstormingu se účastnili tři členové výroby (truhláři), mistr a výrobní ředitel. Po vyčerpání všech možností a nápadů, každý z členů týmu ohodnotil jednotlivé možnosti váhovým koeficientem od 1 do 10 (1 – nižší, 10 – nejvyšší). Průměr každého váhového koeficientu uvádím v závorce za danou potencionální příčinou.

Potencionální příčiny definované pomocí brainstormingu:

a) Lidé

- 1) Psychický stav (1,6)
- 2) Fyzický stav (1,1)
- 3) Kvalifikace (1,8)
- 4) Nedodržení technologického postupu (1,2)
- 5) Nedostatečná kontrola technické stavu zařízení (1,8)

b) Prostředí

- 1) Velká prašnost (3,8)
- 2) Přítomnost třísek uvnitř stroje (2,5)
- 3) Teplota okolí menší než 18 °C (1)
- 4) Připálené vysokotavné lepidlo (2,8)

c) Měření a technologie

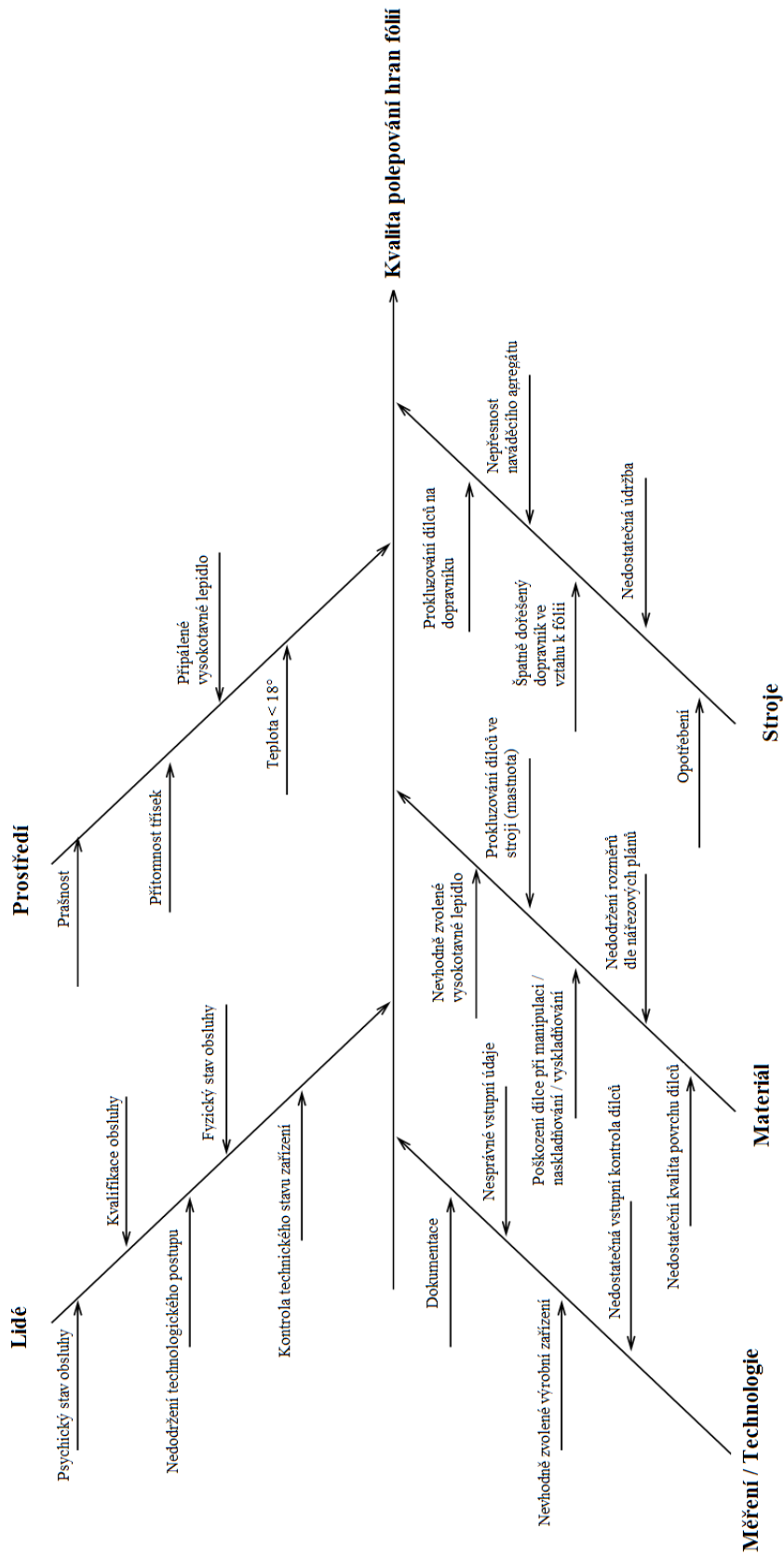
- 1) Nedostatečná dokumentace (2,3)
- 2) Nevhodně zvolený výrobní stroj (1)
- 3) Nesprávné vstupní údaje (1,3)
- 4) Nedostatečná vstupní kontrola dílců (5,3)

d) Materiál

- 1) Nevhodně zvolené vysokotavné lepidlo (1,5)
- 2) Poškození dílců při manipulaci (3,5)
- 3) Nedostatečná kvalita povrchu dílců (8,5)
- 4) Nedodržení rozměrů dle nářezových plánů (1,3)

e) Stroje

- 1) Prokluzování dílců ve výrobním stroji (8)
- 2) Opotřebení stroje (4,1)
- 3) Nedostatečná údržba stroje (4,3)
- 4) Špatně dořešený dopravník ve vztahu k odvíjení fólie (3,3)
- 5) Nepřesnost naváděcího agregátu (8,1)



Obr. 15. Diagram příčin a následků

3.4.4 Fáze Improve (Vylepši)

V této fázi jsem se zaměřil na oblasti možných příčin, které jsem s pomocí týmu definoval pomocí brainstormingu, a obdrželi nejvyšší váhový průměr.

Konkrétně se jednalo o:

- 1) Nedostatečná kvalita povrchu dílců (8,5)
- 2) Nepřesnost naváděcího agregátu (8,1)
- 3) Prokluzování dílců ve výrobním stroji (8)
- 4) Nedostatečná vstupní kontrola dílců (5,3)
- 5) Nedostatečná údržba stroje (4,3)

3.4.4.1 Nedostatečná kvalita povrchu dílců a vstupní kontrola materiálu

Pod pojmem nedostatečná kvalita povrchu dílců je myšlena především mastná plocha jednotlivých desek. Tato mastnota může způsobovat problémy při přesunu jednotlivých dílců mezi výrobními stroji po dopravnících, ale úzce souvisí také s třetí nejvýše hodnocenou potenciaální příčinou tj. s prokluzováním materiálu přímo ve stroji. Přestože se jedná o poměrně subjektivní problém, protože každá dodávka výrobního materiálu je trochu odlišná, prevence před vznikem případných problémů není ve srovnání s potenciaálními následky nikterak ekonomicky ani časově náročná. Proto jsem jako řešení tohoto problému navrhl dočasné zařazení kontroly kvality používaných materiálů poté, co projdou přířezovnou. Tím se vyřešil i předposlední významnější potenciaální nedostatek tj. nedostatečná vstupní kontrola materiálů.

3.4.4.2 Nepřesnost naváděcího agregátu a údržba stroje

Po dohodě s výrobním ředitelem byl domluven servisní technik, aby zkontroloval stav všech výrobních strojů v hale a zjistil případné nedostatky, především u olepovačky hran. Po podrobném přezkoumání bylo zjištěno, že pravděpodobně již při instalaci zařízení byla odvedena nekvalitní práce v oblasti navádění hrany desky k pásu, který odvíjel fólii a tato malá nepřesnost se s rostoucím časem používání přístroje neustále zhoršovala. Přístroj byl tedy správně seřízen a zároveň domluveny pravidelné technické kontroly správné funkčnosti všech důležitých výrobních strojů.

3.4.5 Fáze Control (Kontroluj)

V poslední fázi je předpokládána pravidelná kontrola a standardizace zavedených opatření. Především technický stav všech strojů bude kontrolován způsobilým technikem a vedena patřičná dokumentace.

Po přijetí výše uvedených postupů se v následujícím měsíci objevil pouze jeden jediný vadný kus materiálu související se špatně oлеpenou hranou dílce fólií. Objem výroby nebyl příliš velký vzhledem k menší poptávce po výrobcích, než v době mého pozorování a je tedy stále předčasné vyvozovat závěrečné hodnocení, ale zlepšení oproti původnímu stavu je očividné.

Opatření, které byly zavedeny v rámci mého projektu s podporou vedení závodu, jsou stále sledována tak, aby nedošlo ke zhoršení současného stavu ani po jeho skončení. Přesto až dlouhodobější analýza bude moci prokázat úspěšnost projektu.

4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo objasnit základní koncept metody Six Sigma, popsat její principy a základní nástroje které jsou využívány pro zlepšování procesů a navrhnout zlepšení výrobního procesu za využití těchto nástrojů.

V první kapitole teoretické části jsem se věnoval především objasnění základních principů metodologie Six Sigma, důvodům vzniku této metody a jejímu potenciálu v dnešním světě kdy jsou společnosti nuceny vlivem konkurenčního tlaku k neustálému zlepšování procesů. Dále jsem shrnul, jakým způsobem je práce v projektech Six Sigma organizována. Aby byla metoda Six Sigma úspěšná je nutné do procesu zlepšování zapojit všechny zaměstnance společnosti a zajistit jejich správné a pravidelné školení. Každý zaměstnanec má v metodě Six Sigma své místo. V této části práce jsem čerpal především z odborné literatury, která se zabývá problematikou nástrojů řízení jakosti.

Ve druhé kapitole jsem se věnoval základním statistickým a analytickým nástrojům metody Six Sigma, které jsem pak využil na konkrétním výrobním procesu. V této kapitole jsem popsal charakteristický model Six Sigma pro zlepšování procesů, kterým je pětifázový model DMAIC, Ishikawův diagram, Paretův diagram a další nástroje pro řízení kvality procesů. Všechny poznatky získané při popisu těchto nástrojů jsem se snažil aplikovat v poslední části své práce při řešení zlepšování výrobního procesu ve společnosti ABC.

Ve třetí části bakalářské práce – praktické aplikaci nástrojů a technik metody Six Sigma, jsem rozdělil kapitoly na jednotlivé fáze cyklu DMAIC a snažil se je popsat tak jak jsem je realizoval. Problémem kterým jsem se zabýval, byla značná neefektivita výrobního procesu kuchyňských linek, který se v počátečním stavu pohyboval na úrovni efektivity 94%. Z analýzy výrobního procesu, Ishikawova diagramu, Paretovy analýzy a díky odborné asistenci zaměstnanců podniku jsem byl schopen určit nedostatky ve výrobním procesu a navrhnout patřičná opatření k jejich odstranění. Po ukončení projektu se efektivita výrobního procesu dostala na hodnotu přes 99%. Toto zlepšení se i přes počáteční neochotu a nedůvěru ze strany podniku setkalo s kladným hodnocením vedení společnosti a věřím, že se se to projeví i na spokojenosti zákazníků. Proto si myslím, že cíl mé bakalářské práce byl splněn.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Bits and Pieces. *The World of Six Sigma* [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <<http://ourbitsandpiecesblog.wordpress.com/2013/04/05/the-world-of-six-sigma-the-motorola-management-system/>>
- [2] PANDE, P.S., CAVANAGH, R.R., NEUMAN, R.P. *Zavádíme metodu Six Sigma: aneb jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. 1. vyd. Brno: TwinsCom, 2002, 416 s. ISBN 80-238-9289-4.
- [3] MIKEL, Harry, MANN, Prem S., DE HODGINS, Ofelia, HULBERT, Richard L., LACKE, Christopher J. *Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*. 1. vyd. Wileyblackwell, 2009, 780 s. ISBN 978-1-118-21021-5.
- [4] FBE Bratislava, s.r.o. *Six Sigma*. [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <<http://www.sixsigma.sk/index.htm>>
- [5] SC&C Partner. *Co je Six Sigma?* [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.scacp.cz/cz/lean-a-six-sigma/co-je-six-sigma/>
- [6] TÖPFER, Armin. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2008, x, 508 s. ISBN 978-80-251-1766-8.
- [7] 6s, ŠIGUT, Pavel. *6s Six Sigma*. [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <<http://www.6s.cz/zakladni-principy/>>
- [8] HARRY, Mikel. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. 1. ed. New York: Doubleday, 2000, 300 s. ISBN 03-854-9437-8.
- [9] Standard-Team, s.r.o. *Principy a přínosy Six Sigma*. [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.standard-team.com/cikkek/Principy-a-prinosy-six-sigma.php>
- [10] PETELE, Miroslav. MITCalc: Toleranční analýza. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.cz/doc/tolanalysis1d/help/cz/tolanalysis1d.htm>
- [11] POKORNÝ, Lubomír. Efektivní procesy. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.efektivniprocesy.cz/slovnicek.html>
- [12] GYGI, Craig, Neil DECARLO a Bruce WILLIAMS. *Six sigma for dummies*. Hoboken, NJ: Wiley Pub., c2005, xvi, 344 p. ISBN 07-645-6798-5.
- [13] PDQM s.r.o: *SixSigma a proces DMAIC*. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.pdqm.cz/Standards/DMAIC.html>

- [14] MANAGEMENT SYSTEMS s.r.o. Management Systems: *DMAIC postup řešení projektu*. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: http://www.msyst.sk/nastroje_dmaic.htm
- [15] ManagementMania's Series of Management. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://managementmania.com/cs/cyklus-zlepsovani>
- [16] ČZU, Technická fakulta. *Systémy řízení jakosti*. [online]. [cit. 2013-06-06]. Dostupné z: http://tf.czu.cz/~legat/Vyuka/Systemy_rizeni_jakosti/Cviceni/06%20Ishikawa/Zadani.doc.
- [17] HUTYRA, Milan a kolektiv. *E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů: Management jakosti* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2006%20-%20PARET.pps>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [18] LORENC, Miroslav. Lorenc.info: *Paretova analýza*. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://lorenc.info/3MA381/graf-paretova-analyza.htm>
- [19] HUTYRA, Milan a kolektiv. *E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů: Management jakosti* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2007%20-%20BD.pps>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [20] HUTYRA, Milan a kolektiv. *E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů: Management jakosti* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2002%20-%20HIST.pps>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [21] KOŠÍKOVÁ, Jana. *Základní myšlenky metody Six Sigma* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/16492/2008_DP_Kosikova_Jana.pdf?sequence=1. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. JOSEF BEDNÁŘ, Ph.D.
- [22] NETHERWOOD, Glen. *MiC Quality: Six Sigma Glossary*. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: http://www.micquality.com/six_sigma_glossary/run_charts.htm
- [23] UTTS, Jessica M. *Seeing through statistics*. 3rd ed. Belmont, CA: Thomson, Brooks/Cole, c2005, xxiv, 560 p. ISBN 05-343-9402-7.
- [24] LÉVAY, Radek. *Ikvalita.cz: Histogramy*. [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=24>
- [25] BOHÁČ, Libor. *LB quality: Nástroje kvality*. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.lbquality.cz/kvalita.php>

- [26] HUTYRA, Milan a kolektiv. *E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů: Management jakosti* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2003%20-%20VD.pps>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [27] TOŠENOVSKÝ, Josef. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1.vyd. Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 80-7225-040-x.
- [28] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [29] STŘELEČEK, Jiří. *Vlastnicesta.cz*. [online]. [cit. 2013-06-06]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-kvalita-system-kvality-iso/ishikawa-diagram/>
- [30] LÁTALOVÁ, Jana. *Manažerské minimum*. [online]. [cit. 2013-06-06]. Dostupné z: <http://www.uniedu.vutbr.cz/Vzdlvac%20materily/Inovace%20procesu%20v%20BD%20uky,%20Metodologie%20pr%20A1ce%20intern%20ADho%20lektora%20a%20mentora%2013.07.2010.ppt>.
- [31] HUTYRA, Milan a kolektiv. *E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů: Management jakosti* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2010%20-%20FMEA.pps>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [32] CHALOUPKA, Jiří. [online]. [cit. 2013-06-06]. Dostupné z: <http://www.chaloupka-kvalita.cz/fmea>
- [33] HUTYRA, Milan a kolektiv. *E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů: Management jakosti* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2008%20-%20RD.pps>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.