

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA

Evidenčné číslo: 127291

PROJEKT SIX SIGMA

2010

Lucia ŠTEFÁNIKOVÁ

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

PROJEKT SIX SIGMA

Bakalárska práca

Študijný program:	Manažérstvo kvality produkcie
Študijný odbor:	5.2. 57 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra kvality a strojárskych technológií
Školiteľ:	doc. Ing. Peter Čičo, CSc.
Konzultant: (nepovinný)	Ing. Štefan Vendégh

Nitra, 2010

Lucia ŠTEFÁNIKOVÁ

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Lucia Štefániková vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Projekt Six Sigma“ vypracovala samostatne a s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Úľanoch nad Žitavou 5. mája 2010

Lucia Štefániková

Pod'akovanie

Týmto by som chcela vyjadriť pod'akovanie môjmu školiteľovi, doc. Ing. Petrovi Čičovi, CSs., za odborné vedenie a pripomienky pri vypracovaní mojej bakalárskej práce. Moja vďaka patrí tiež Ing. Štefanovi Vendéghovi za cenné rady z oblasti riešenia projektov Six Sigma.

Abstrakt

Predmetom mojej bakalárskej práce je projekt podľa metodológie Six Sigma. Túto tému som si vybrala preto, že som mala možnosť sa zúčastniť riešenia projektu Six Sigma v zamestnaní a zaujali ma postupy akými táto metodológia zdokonaľuje procesy, zlepšuje kvalitu a prispieva k znižovaniu nákladov. Moja bakalárska práca je rozdelená do štyroch kapitol.

V prvej kapitole uvádzam súhrn poznatkov z naštudovanej literatúry od viacerých autorov uvedených v zozname použitej literatúry. Poznanie teórie metodológie Six Sigma je základom pre dobré spracovanie projektov.

Ciele práce uvádzam v druhej kapitole a sú zamerané predovšetkým na overenie prínosov z projektu Six Sigma. V mojom projekte som sa zamerala na zníženie výrobného šrotu finálneho produktu v podniku Kongsberg Automotive, s.r.o. vo Vrábľoch.

V tretej kapitole popisujem metodiku tvorby vlastnej práce. Projekt bol riešený riešiteľským tímom tak, ako je to pre projekty Six Sigma typické. V metodike uvádzam tu postupy, ktoré boli použité pri tvorení projektu. Tieto postupy vychádzajú zo základnej metodiky Six Sigma, ktoré som doplnila o konkrétne kroky.

Poslednú štvrtú kapitolu mojej práce tvorí projekt, ktorý som vypracovala v spolupráci s ostatnými členmi riešiteľského tímu podľa naštudovaných poznatkov o Six Sigme.

Kľúčové slová: Six Sigma, DMAIC

Abstract

Subject of my thesis is project of Six Sigma methodology. I choose the topic because I had an opportunity to participate in Six Sigma project in my job and I was interested by methods that Six Sigma uses to improve processes, improve quality and help to reduce costs. My thesis is shared into four chapters.

The first chapter is a summary of information studied of available literature from different authors listed in the end of this bachelor work. Knowledge of the theory of Six Sigma is the basis for good projects solving.

The objectives of the project I summarize in second chapter and they are mainly designed to verify the benefits of Six Sigma projects. I focused on the reduction of production scrap of the final products of company Kongsberg Automotive, s.r.o., Vrable.

In the third chapter I describe the methods used in my own work. The project was resolved by team members as it is typical for Six Sigma projects. The methods consist of steps to be done during project lifetime. These methods are based on basic method of Six Sigma and I added concrete steps.

The last fourth chapter of my work is the project that I developed in co-operation with next team members accordingly to gathered knowledge about Six Sigma.

Key words: Six Sigma, DMAIC

Obsah

1	Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....	3
1.1	Charakteristika metodológie Six Sigma	3
1.2	História metodológie Six Sigma.....	6
1.3	Metóda DMAIC.....	6
1.3.1	Definícia metódy DMAIC	6
1.3.2	Charakteristika fázy definuj	7
1.3.3	Etapa merania.....	9
1.3.4	Analyzovanie	11
1.3.5	Charakteristika zlepšovania	14
1.3.6	Fáza kontroly	15
2	Cieľ práce.....	17
3	Metodika práce.....	18
3.1	Charakteristika objektu skúmania	18
3.2	Opakovateľnosť a reprodukovateľnosť testovacieho zariadenia.....	18
3.3	Analýza možných príčin zvýšeného trenia.....	19
3.3.1	Testovanie hypotézy o ohnutých tubičkách.....	19
3.3.2	Testovanie hypotézy o vplyve zvyšku materiálu na zástreku	19
3.3.3	Testovanie hypotézy o vplyve viacerých vzájomne pôsobiacich faktorov.....	20
3.3.4	Testovanie hypotézy vplyvu 3 faktorov.....	20
3.3.5	Testovanie hypotézy o pokazenom tenzometri.....	20
3.3.6	Testovanie hypotézy o vplyve zmeny obsluhy	20
3.4	Návrh a zavedenie nápravných opatrení.....	20
3.5	Trvalé udržanie nápravných opatrení	21
4	Vlastná práca.....	22
4.1	Charakteristika sledovaného problému	22
4.2	Preverovanie spôsobilosti testovacieho zariadenia	26
4.3	Analyzovanie hypotéz o príčine zvýšeného trenia	28
4.3.1	Analýza hypotézy o ohnutých tubičkách	28
4.3.2	Testovanie hypotézy o zvyšku materiálu na zástreku kábla	30
4.4	Návrh nápravných opatrení	35
4.5	Zavádzanie nápravných opatrení do výrobného procesu	36

Záver	38
Zoznam použitej literatúry	39

Zoznam skratiek a značiek (pre technické a prírodné vedy)

σ	sigma , štandardná odchýlka
N	Newton , merná jednotka sily

Úvod

Predmetom mojej práce je spracovanie projektov podľa metodológie Six Sigma. Metodológia Six Sigma sa zaoberá zlepšovaním procesov, redukováním nákladov a odstránením variability z procesu.

Základou metodikou projektov Six Sigma je cyklus DMAIC, ktorý predstavuje postupné riešenie problémov od definovania, cez meranie, analýzu, zlepšovania až po kontrolu. Dáta zistené počas riešenia projektov Six Sigma sa ďalej štatisticky spracovávajú pomocou softvéra Minitab. Na procesy, ktoré majú vplyv na riešený problém je potrebné navrhovať a zavádzať dlhodobé nápravné opatrenia a ich dodržiavanie permanentne kontrolovať. Pozitívne výsledky projektov Six Sigma zaznamenalo viacero celosvetových firiem, ktoré môžu byť príkladom pre ostatné firmy na trhu práve v súčasnom období doznievania hospodárskej krízy.

Svoju prácu budem spracovávať vo firme Kongsberg Automotive, s.r.o, Vráble, ktorá pôsobí v automobilovom priemysle. Jej výroba je orientovaná na radiace systémy do automobilov rôznych značiek a v menšej miere aj na iné výrobky takisto z oblasti automobilového priemyslu. Údaje o finančných výsledkoch budú v mojej práci vymyslené a nezodpovedajú skutočnosným výsledkom firmy Kongsberg. V práci nezverejním dokumenty, ktoré sa považujú za duševné vlastníctvo firmy, ako napríklad technické výkresy alebo presné parametre zariadení, pri vypracovaní projektu z nich však budem vychádzať.

Účelom mojej práce je oboznámiť sa s postupmi a nástrojmi Six Sigma a aplikovať ich na konkrétnom príklade. Vybrala som si projekt, v ktorom budem špecifikovať v práci a analyzovať viacero príčin použitím viacerých faktorov, ktoré potencionálne vyplývajú na riešený problém. V závere zhodnotím výsledky a porovnáam ich s vytýčenými cieľmi.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Charakteristika metodológie Six Sigma

Metodológia Six Sigma je osvedčený prístup k úspechu podniku. Je súborom množstva integrovaných nástrojov. Hlavným pilierom metodológie Six Sigma je kvalita procesov. Výkonnejšie procesy potom priaznivo vplyvajú na finančné hospodárstvo podniku.

Six Sigma je komplexná a flexibilná manažérska metóda, ktorá prispieva k dosiahnutiu a maximalizácii úspechu podniku. Je veľmi úzko prepojená s pochopením a naplnením požiadaviek zákazníka, využívaním poznatkov a metód štatistickej analýzy. Prispieva k zvyšovaniu výkonnosti podniku znižovaním rozptylu procesov a zlepšuje schopnosť predvídať výsledky. Cieľom je vybudovať procesy s minimálnym rozptylom výkonnosti v rozhodujúcich ukazovateľoch spokojnosti zákazníkov, medzi ktoré možno zaradiť rýchlosť vybavenia pohľadávky, zabezpečiť kvalitatívne parametre, znížiť cenu a iné. Základnou myšlienkou Six Sigma je neustále zlepšovanie procesov. (Kapsdorferová, 2008)

Six Sigma kladie tvrdé nároky na procesy a ponúka riešenia. Eliminuje zbytočné variácie v procesoch, mení podnikovú kultúru a vytvára infraštruktúru potrebnú pre začatie a udržanie vyššej produktivity, ziskovosti a miery spokojnosti zákazníkov. Six Sigma meria a odráža skutočnú spôsobilosť procesu, skúma vzťahy takých charakteristík ako je počet defektov k počtu výstupov a pravdepodobnosť úspechu k neúspechu. Jej hodnota je v transformácii firemnej kultúry zo spokojnosti k úspechu. (Brue, 2005)

Metóda Six Sigma je úplný a flexibilný systém dosahovania, udržiavania a maximalizovania obchodného úspechu. Je založená hlavne na:

- porozumení potrieb a očakávaní zákazníkov,
- disciplinovanom používaní faktov, údajov, štatistických analýz, nástrojov,
- zlepšovaní založenom na údajoch,
- dôslednom prístupe k riadeniu procesov,
- zlepšovaní a vytváraní nových obchodných, výrobných a obslužných procesov,

-
- trvalom udžaní dosiahnutého zlepšenia. („Six Sigma“, 2005)

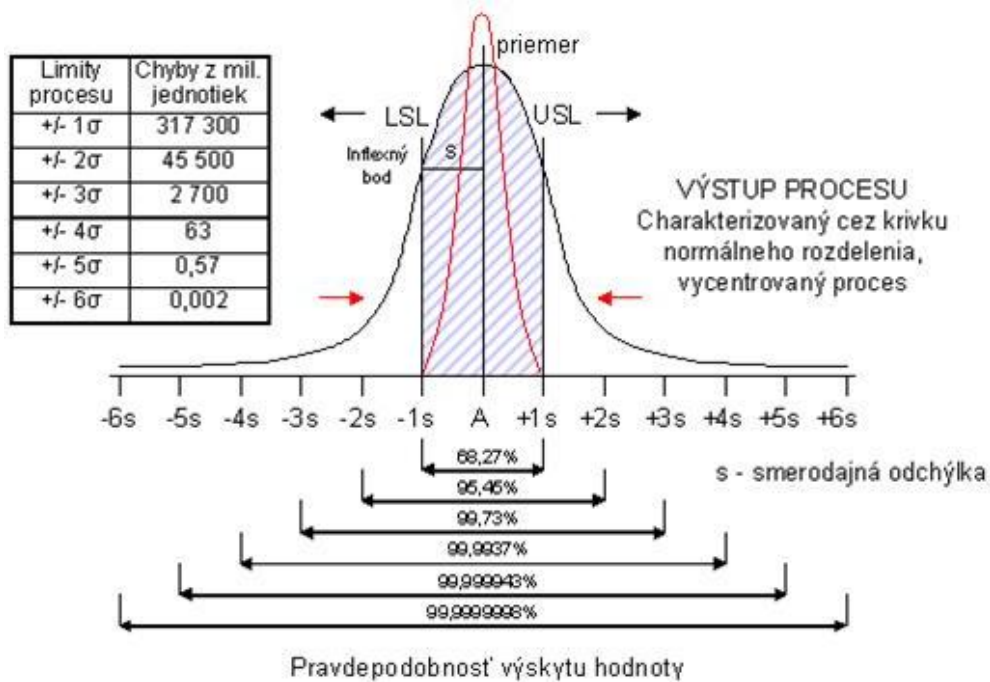
Autori Pande a Hollp (2002) definujú metódu Six Sigma ako:

- štatistické meranie výkonnosti produktu alebo procesu,
- cieľ, ktorý dosahuje takmer dokonalosť zlepšenia výkonnosti,
- systém riadenia pre dosahovanie trvalého vedenia a celosvetového výkonu.

V Six Sigme používame nástroje zo štatistiky a z kvality, vykonáva sa podrobná analýza monitorovaného procesu a dbá sa na zamedzenie vzniku chýb. Zlepšenia v procesoch zvyčajne prinášajú výrazné zníženie nákladov, budujú dobrú reputáciu vyrábaným produktom alebo poskytovaným službám a vedú k spokojnosti zákazníkov a získaniu nových obchodných príležitostí.

Grécke písmeno σ vyjadruje štandardnú odchýlku. Ukazovateľ spôsobilosti procesu 6σ predstavuje takú úroveň kvality sledovaného procesu, pri ktorej sa na 1 milión príležitostí vyskytuje iba 3,4 chýb. Ukazovateľ DPMO (z ang. Defects per Million Opportunities) vyjadruje množstvo defektov z milióna možností a meria výkonnosť procesu. V praxi sa tiež označuje ako PPM (z ang. Parts per Million). Počíta sa ako počet chýb / počet výrobkov x 1 000 000.

Defekt je definovaný ako nezhoda od kritérií kladených na kvalitu. Six Sigma popisuje proces, ktorý má medzi priemernou hodnotou a požiadavkou zákazníka šesťnásobok smerodajnej odchýlky. Smerodajnou odchýlkou je vyjadrený rozptyl a definuje nestabilitu procesu. V súčasnosti sa väčšina podnikov pochybuje na úrovni 3σ , čo predstavuje až 2700 možných chýb z milióna príležitostí. Úroveň σ akéhokoľvek procesu je možno zmerať a vypočítať. Podľa obrázku č. 1 možno určiť úroveň σ .



Obr. 1

Stanovenie úrovni Six Sigma

(„Úrovne sigma“, 2010)

Súbor nástrojov Six Sigma slúži na zlepšovanie procesov prostredníctvom znižovania rozptylu v procesoch. („Six Sigma“, 2005)

Six Sigma predpokladá, že aj v tom najdokonalejšom procese alebo produkte je vždy potenciál výskytu defektu a tento sa snaží eliminovať. Cieľom Six Sigma je pomôcť podnikom doceliť bezporuchové produkty a služby dodávané k zákazníkom.

Riešenie projektu Six Sigma je práca tímu, ktorý tvorí konateľ podniku alebo iný reprezentant z top manažmentu firmy, šampióni, sponzori, Master Black Belti, Black Belti, Green Belti a riešitelia. Vrcholové vedenie podniku rozhoduje o tom, v ktorej oblasti sa má Six Sigma implementovať. Šampióni určujú priority a príležitosti na zlepšenia. Za projekt zodpovedá sponzor. Implementáciu Six Sigma zabezpečuje Master Black Belt, ktorí je zväčša školiteľom Black Beltov a Green Beltov. Tí priamo implementujú projekt podľa princípov Six Sigmy. Riešitelia sú samotní pracovníci, ktorých sa projekt týka, tzn. môžu nimi byť napr. samotní výrobní operátori. Riešiteľský tím projektu Six Sigma sa stanovuje podľa rozsahu projektu a nie je presne stanovený. Pri menších projektoch môžu byť niektoré pozície, predovšetkým vyššie, vynechané.

1.2 História metodológie Six Sigma

Príbeh metódy Six Sigma siaha do osemdesiatyh rokov 19. storočia a začal v Motorole. Inžinier spoľahlivosti Bill Smith zistil, že kontroly a testy vykonávané v Motorole nie sú schopné zachytiť všetky defekty, ktoré spôsobujú zlyhávanie výrobkov. Preto rozhodol, že najlepším riešením tohto problému je v prvom rade redukovať defekty. Nastavil takmer perfektný štandard Six Sigmy na 99,9997% a vytvoril termín pre túto metodológiu. Mikel Harry, inžinier kvality a spoľahlivosti, založil Výskumný inštitút Motorola Six Sigma. Bob Galvin, prezident spoločnosti Motorola, podporil myšlienku Six Sigmy a výsledkom bola úspora 16 miliónov dolárov za obdobie 15 rokov. Podobné úspechy vďaka zavedeniu Six Sigma zaznamenali aj firmy Honeywell a GE. (Brue, 2005)

Vplyv Six Sigmy a jej pozitívne výsledky zaznamenali firmy GE, Motorola, Johnson & Johnson a pod.

1.3 Metóda DMAIC

1.3.1 Definícia metódy DMAIC

Metodologický postup projektu Six Sigma je riadený prostredníctvom kruhu nazývaného ako DMAIC. Názov kruhu je vytvorený z anglických slov:

- Define – Definuj,
- Measure – Meraj,
- Analyze – Analyzuj,
- Improve – Zlepšuj,
- Control – Kontroluj (Kapsdorferová, 2008).

V podkapitolách 1.3.2 až 1.3.6 charakterizujem jednotlivé fázy DMAIC. Konkrétne použitie nástrojov a postupov jednotlivých fáz aplikujem do vlastnej práce, pričom budem na štatistické vyhodnotenia bude použitý softvér Minitab.

Metóda riešenia problémov DMAIC je inšpirovaná cyklom PDCA, ktorý zaviedol W. Edwards Deming a predstavuje kontinuálne zlepšovanie.

Výhody DMAIC možno zhrnúť v siedmich bodoch:

1. Meranie problému – v DMAIC nie len konštatujeme, že rozumieme v čom je problém, ale to aj overujeme faktami,

-
2. Zameranie na zákazníka – externý zákazník musí byť vždy zohľadnený a to aj v prípade, že projekt Six Sigma rieši znižovanie nákladov v procese,
 3. Overenie príčiny problému – príčina sa overuje poznatkami a dátami,
 4. Rušenie starých zvykov – riešenia vyplývajúce z DMAIC nemajú len výrazne meniť staré procesy, ale výsledkom majú byť nové kreatívne riešenia,
 5. Riadenie rizík – testovanie a zlepšovnaie riešení,
 6. Meranie výsledkov – overiť dosiahnuté riešenie v skutočnosti,
 7. Udržanie zmien – každé nové riešenie môže rýchlo zaniknúť, ak nebude mať podporu v tíme. Urobiť zmenu nastálo je posledným krokom prístupu k riešeniu problému. (Pande, - Holpp, 2002)

Medzi etapami DMAIC neexistujú presne vymedzené hranice, vždy je možné ísť o etapu naspäť, ak je to odôvodnené. Pomocou DMAIC je zabezpečené riešenie problému od jeho definovania až po zavedenie riešenia, fázy pomáhajú udržať problém pod kontrolou. Každá z nich má svoje kľúčové prínosy pre riešenie projektu. Dôležitou úlohou celého riešiteľského tímu je dodržať a priebežne preverovať postup projektu a neodbočiť od cieľa. V nasledovných kapitolách budem špecifikovať aj jednotlivé nástroje používané vo fázach projektov Six Sigma. Postavenie nástrojov v rámci fáz však nie je možné považovať za fixné. V prípade potreby sa môžu rovnaké nástroje použiť aj v 2 fázach súčasne. Príslušnosť jednotlivých nástrojov k fázam DMAIC nie je presne stanovená. („Six Sigma“, 2005)

1.3.2 Charakteristika fázy definuj

Prvá fáza jasne a presne popisuje ciele projektu, prepojenie projektu s prioritami podniku, tímovú prácu a potreby zákazníka. Tím v tejto fáze identifikuje:

- Kto sú zákazníci a aké sú ich požiadavky na proces alebo službu,
- Dôvod riešenia projektu a rozsahu projektu,
- Kto sú členovia tímu a aké sú pravidlá pre tímovú prácu,
- Aký proces sa ideme pokúsiť zlepšiť a aká je mapa procesu. („Six Sigma“, 2005)

Definovanie v projektoch Six Sigma zahŕňa :

- Prioritné príležitosti,
- Ciele projektu,
- Zbierať údaje (prieskum trhu , zákaznícke požiadavky, podnikové údaje),
- Zoznam zákanických potrieb a očakávaní,
- Stanovenie hodnotiacich kritérií,
- Tvorba mapy procesov, afinitného diagramu, diagramu procesu SIPOC,
- Tvorba tímu a prerozdelenie činností. (Kapsdorferová, 2008)

Nástoje a postupy fázy definovania: CTQ, zadanie projektu, COPQ, VOC, procesné mapy a SIPOC.

Nástroj CTQ (z ang. Critical to Quality) predstavuje kľúčové kritériá kvality. Sú to hlavné merateľné požiadavky na kvalitu výrobku alebo procesu z pohľadu zákazníka. Všetky činnosti v procese musia rešpektovať štandardy, ktoré vychádzajú z CTQ zákazníka. Projekty Six Sigma sú väčšinou zamerané na jedno alebo dve CTQ a tieto sa stávajú CTQ projektu, podľa ktorých sa hodnotí úspech projektu. („Six Sigma“, 2005).

Zadanie projektu (ang. Project Charter) je dokument, ktorý obsahuje popis problému, oblasť riešenia projektu, zahŕňa proces, ktorý má byť zlepšený a ciele zlepšenia, plán riešenia projektu odhadovaný finančný prínos, zoznam členov tímu a riziká projektu. Zadanie projektu je hlavný nástroj komunikácie v tíme, ktorý pomáha tímu neodkloniť sa pri riešení projektu, zdieľať informácie o projekte v rámci tímu a v podniku. Schválené zadanie projektu zabezpečuje, že tím a vedenie podniku súhlasia s tým, čo sa bude v projekte riešiť. („Six Sigma“, 2005)

COPQ (z ang. Costs of Poor Quality) predstavujú celkové náklady na nekvalitu.

VOC (z ang. Voice of the Customer) je hlas zákazníka, ktorý je potrebné zohľadniť. Pasívne informácie prichádzajú od zákazníkov bez vyžiadania, sú to sťažnosti, komplimenty, zrušené zmluvy a pod. Množstvo údajov o zákazníkovi môžeme získať aktívne formou dotazníka spokojnosti zákazníka, trhovej štúdie, hodnotenia konkurencie a pod. („Six Sigma“, 2005)

Všeobecná mapa procesu SIPOC je chronologické zobrazenie najvýznamnejších 4-7 krokov, udalostí alebo operácií v procese. Poskytuje základ pre definovanie procesu v zjednodušenej vizuálnej podobe. Mapa procesu slúži ako komunikačný prostriedok,

ktorý má objasniť proces aj ostatným ľuďom vnútri aj mimo podniku. Mapujeme procesy, ktoré spôsobujú najviac problémov, vyžadujú najviac času, dotýkajú sa najviac zamestnancov, spotrebúvajú najviac materiálu, majú priamy vplyv na požiadavky zákazníkov, majú najväčší potenciál k zlepšovaniu. Diagram SIPOC charakterizuje vzťah dodávateľ – vstupy – proces – výstupy - zákazník. („Six Sigma“, 2005)

1.3.3 Etapa merania

Vo fáze merania sa zaoberáme výberom jedného alebo viacerých merateľných ukazovateľov pre výrobok alebo proces, ktorý sa v projekte rieši. Vybraté ukazovatele sa stávajú ukazovateľmi projektu. Určujeme akým spôsobom budú ukazovatele merané, plánuje a realizuje sa zber údajov pre tieto ukazovatele. Vo fáze Meraj zabezpečujeme zber údajov dôležitých pre stanovenie súčasnej výkonnosti procesu vo vzťahu k CTQ zákazníka. („Six Sigma“, 2005)

- Fáza merania zahŕňa:
- Tvorbu plánu získavania údajov,
- Tvorbu formulárov pre zber údajov,
- Tvorbu paretoho diagramu, prioritizačnej matice,
- Návrh FMEA analýzy,
- Určenie spôsobilosti procesu, stanovenie merania,
- Meranie súčasnej úrovne výkonnosti procesu,
- Preskúmanie meracej a vyhodnocovacej techniky,
- Zistenie aktuálnej situácie,
- Zber a znázornenie údajov o súčasnej situácii,
- Overenie a potvrdenie cieľov podniku,
- Identifikácia a definovanie rozhodujúcich opatrení,
- Určenie spôsobilosti procesu využitím SPC metód. (Kapsdorferová, 2008)

V tejto fáze merania pracujeme s nástrojmi MSA, R&R, ukazovatele spôsobilosti procesu, IPO diagram, Pareto diagram, Diagram afinity, Brainstorming, FMEA, QFD a iné.

MSA (z ang. Measurement System Analysis) je analýza systému merania. Vychádza z toho, že výstupy merania môžu byť ovplyvnené samotným meraním a spôsobilosťou merania. Analýza MSA pozostáva z:

- Kvantifikovania veľkosti rozptylu spôsobeného systémom merania,
- Hodnotenia systému merania na základe presnosti, opakovateľnosti, stability a reprodukovateľnosti,
- Identifikovanie oblastí, na ktoré je potrebné sa zamerať pri zlepšovaní systému merania. („Six Sigma“, 2005)

R&R je meradlo opakovateľnosti a reprodukovateľnosti a je základom pre analýzu MSA. Štúdia R&R popisuje porovnávanie meradiel navzájom a cieľom je uistiť sa, že meriame správne. Skúma merné jednotky, variáciu meraní, preveruje meradlá kalibrovaním, náhodne vyberá vzorky pre meranie rôznymi operátormi a vyhodnocuje dáta štatistickej spoľahlivosti. Akonáhle sú všetky testy dokončené, štúdia R&R ukazuje kde sú chyby a potom je potrebné realizovať nápravné opatrenia. Kritériá, ktoré štúdia R&R testuje sú presnosť, opakovateľnosť, reprodukovateľnosť a stabilita. (Brue, 2005)

IPO diagram predstavuje transformáciu vstupov na požadované výstupy podľa modelu vstupy – proces – výstupy (Inputs – Process – Outputs).

Mapy procesu sú diagramy popisujúce jednotlivé kroky procesu a ich následnosť. Používajú sa aj vo fáze definovania aj merania. 3 základné pravidlá mapovania procesov:

1. Uved' každý krok procesu, každý vstup aj výstup,
2. Identifikuj faktory prídávajúce hodnotu a neprídávajúce hodnotu,
3. V každom kroku zodpovedaj 2 otázky: Prečo to robíme a ako vieme, že to robíme správne. (Brue, 2005)

Diagram afinity je nástroj na usporiadanie faktov, názorov a vzťahov do prirodzených skupín. Problém sa ním jasne znázorňuje. (Management Systems, 2005)

FMEA (z ang. Failure Mode and Effects Analysis) je systematický tímom riadany prístup, ktorý identifikuje potencionalne druhy porúch v systéme, produkte alebo výrobnnej či montážnej oprácii spôsobeny nedosatkami dizajnu alebo výrobných procesov. Uvádza aj kritické či významné dizajnové alebo procesné vlastnosti, ktoré vyžadujú osobité kontroly, aby sa preventívne zabráňovalo výskytu porúch. FMEA je teda nástroj určený na predchádzanie výskytu porúch. („FMEA“, 2010)

Vo fáze meraj nám nástroj FMEA pomáha určiť priority pre ukazovatele projektu a identifikovať kde a ako môže proces zvyhať a nesplniť tak CTQ. („Six Sigma“, 2005)

Spôsobilosť procesu je schopnosť procesu dosiahnuť správne výsledky, je štatistickým meradlom variácie v procese a naznačuje do akej miery je proces schopný plniť CTQ zákazníka v dlhodobom horizonte. Indexy spôsobilosti procesu sú Cp a Cpk. (Brue, 2005)

Brainstorming je metóda intuitívneho tvorivého myslenia, založená na skupinovom riešení nazývaná aj metódou generovania nápadov. (Kapsdorferová, 2008)

K pravidlám metódy brainstormingu patrí:

- Špecifikovanie objektu brainstormingu,
- Počúvanie a budovanie myšlienok ostatných zúčastnených členov,
- Posudzovanie, kritizovanie alebo komentovanie myšlienok nie je povolené,
- Vyhýbanie sa sebacenzúry,
- Vzdanie sa predsudkov a navrhovanie nepremyslených myšlienok. (Pande, - Holpp, 2002).

QFD (z ang. Quality Function Deployment) je grafická metóda, pomocou ktorej dochádza k transformácii požiadaviek zákazníka do požiadaviek technologických. Metóda využíva tímový prístup. Prostredníctvom slepého testu zákazníci poskytujú vstupné informácie, ktoré sa spracujú, vyhodnotia a využívajú za účelom skvalitnenia výrobku alebo služby. QFD teda predstavuje konkrétny plánovací proces, ktorý napomáha podniku efektívne zlepšovať technické nástroje na podporu a rozvoj priority určenej zákazníkom. Grafickým výsledkom metódy je kombinovaný maticový diagram nazývaný ako Dom kvality. (Kapsdorferová, 2008)

Pareto diagram je nástroj, ktorý determinuje podstatnú časť účinkov, určuje ktoré účinky v danom procese majú podstatný význam. Pareto diagram dáva možnosť objektívne formulovať skutočný stav vecí v prijateľnej a názornej forme. (Hrubec, 2000)

1.3.4 Analyzovanie

Vo fáze analyzovania sa na základe získaných údajov popisuje ako dobre je proces vykonávaný a identifikujú sa možnosti ako sa dá proces ešte zlepšiť, aby sa odstránil

rozptyl, s ktorým sa stretáva zákazník. Hlavný dôraz sa kladie na podrobné preskúmanie vzťahov medzi vstupmi a výstupmi procesu. („Six Sigma“, 2005)

Kategórie analyzovaných oblastí sú nasledovné:

- Metódy a postupy,
- Stroje a zariadenia,
- Materiály,
- Merania,
- Environment,
- Ľudia.

Tieto oblasti sa nazývajú aj cyklus analýzy. Dôležitou úlohou fázy analyzovania je používanie správnych nástrojov. (Pande, - Holpp, 2002)

Analýza zahŕňa:

- Analýzu súčasnej výkonnosti procesu,
- Analyzovanie problému a identifikácia jeho primárnej príčiny,
- Stanovenie vzťahov medzi vstupmi a výstupmi procesu, preskúmanie vzťahov príčin a účinkov na základe analýzy údajov,
- Výber a zameranie sa na kľúčové vstupné premenné procesu a overenie ich vzťahu ku kľúčovým výstupným premenným procesu, overenie primárnych príčin,
- Identifikovanie strát,
- Začiatok generovania možných riešení. (Kapsdorferová, 2008)

Do fázy analyzovania patria nástroje slúžiace na odhalenie príčin problému. Sú to hlavne Ishikawa, Histogram, FMEA, regresia, korelácia, testovanie hypotéz a ANOVA, DOE a iné.

Ishikawa diagram je tzv. diagram príčiny a účinku, je to nástroj umožňujúci objaviť a grupovať faktory, ktoré ovplyvňujú skúmaný problém. (Hrubec, 2000)

Histogram predstavuje sumarizáciu premenlivosti určitej množiny číselných údajov. Grafická povaha histogramu umožňuje pozorovať určité rysy, ktoré je veľmi náročné zistiť z jednoduchej tabuľky číselných údajov. Ak chceme začať riešiť vzniknuté problémy a zlepšovať kvalitu, potrebujeme najskôr realizovať určité experimenty, získať údaje a z nich vyvodit' závery. (Hrubec, 2000)

Nástroj FMEA sa používa aj vo fáze merania a jeho podstatu som popísala v kapitole 1.3.3 o meraní. Vo fáze analyzovania sa používa ako nástroj pre odhaľovanie rizika a jeho riadenie.

Regresia je vzťah medzi strednou hodnotou náhodnej veličiny a zodpovedajúcou hodnotou jednej alebo viacerých nezávislých premenných, determinuje a skúma vzťahy vstupných a výstupných veličín. (Brue, 2005)

Regresia určuje matematický model pre závislosť sledovaných premenných. Pomocou regresie sa predpovedá budúca výkonnosť procesu pri určitom nastavení vstupov. („Six Sigma“, 2005)

Korelácia sa používa na vyjadrenie závislosti jedných ukazovateľov od iných. Používa sa na objasnenie príčin a účinkov vzťahov a môže ísť o párovú alebo množinovú koreláciu. (Hrubec, 2000)

Korelačný diagram graficky zobrazuje vzťah medzi dvoma faktormi, hľadá lineárnu závislosť medzi faktormi. Môže ísť o pozitívnu alebo negatívnu koreláciu. („Six Sigma“, 2005).

Testovanie hypotéz sa používa na overenie správnosti odhadovanej príčiny problému. Patrí ku kľúčovým nástrojom analyzovania. Tento nástroj používa sériu analýz na kalkuláciu pravdepodobnosti, že identifikované príčiny sú naozaj tie, ktoré najviac ovplyvňujú CTQ zákazníka. (Brue, 2005)

ANOVA (z ang. Analysis of Variance) je analýza rozptylu, je to výkonný štatistický nástroj na porovnávanie priemeru u viacerých súborov údajov. („Six Sigma“, 2005)

DOE (z ang. Design of Experiments) predstavuje efektívny spôsob hodnotenia vzťahu dvoch alebo viacerých vstupov voči jednému výstupu. Tento nástroj sa používa na identifikáciu a kvantifikáciu dôsledkov zmien vstupov na pozorovaný výstup. Cielene sa menia vstupy tak, aby výsledky v procese dosiahli požadované hodnoty. Ide teda o optimálne nastavovanie parametrov vstupov. („Plánovanie“, 2010)

P-test je nástroj overovania štatistických hypotéz, v ktorom počítame P-hodnotu. Výsledok pod 0,05 potvrdzuje štatistickú súvislosť a hypotéza je v tomto prípade pravdivá. Výsledok vyšší než 0,05 nemá štatistickú súvislosť a nulovú hypotézu nepotvrdzuje. („P-Value“, 2010)

1.3.5 Charakteristika zlepšovania

Po identifikovaní príčiny problému vo fáze merania sa následne vo fáze zlepšovania špecifikuje ako má byť proces zlepšený, hľadajú a navrhujú sa vhodné metódy. Finálne riešenie projektu má predovšetkým odstrániť alebo eliminovať problém a súčasne prispieť k spokojnosti zákazníka. Na zlepšenie procesov sa môžu použiť nástroje už spomenuté v predošlých fázach, a to MSA, korelácia a regresia, DOE, ANOVA, diagram afinity, pareto diagram, 8D report a iné, v závislosti od potrieb daného projektu. Nástroj, ktorý zatiaľ nebol spomenutý v žiadnych iných fázach projektu Six Sigma je Poka-Yoke a patrí k tzv. omylvzorným systémom. („Six Sigma“, 2005)

Nástroj Poka-Yoke možno nazvať aj ako zabezpečenie proti zlyhaniu a je zameraný na včasné odhalenie chýb a zamedzenie ich následov v ďalších krokoch procesu. Orientuje sa na výrobu s nulovou chybovosťou. Princíp Poka-Yoke vychádza z predpokladu, že všetkým chybám sa dá predísť, ak dokážeme identifikovať: kedy, kde a za akých okolností chyby vznikajú. (Kapsdorferová, 2008)

8D report je nástroj riešenia problémov a analýzy ich príčiny. V rámci 8D sa efektívne používajú aj ďalšie nástroje, za použitia ktorých sa hľadá príčina problému a možné riešenia. Pozostáva z 8 disciplín. („8D“, 2010)

Zlepšenie zahŕňa:

- Zlepšenie procesu opatreniami zameranými na odstránenie pravých príčin problému a potvrdenie základných príčin,
- Určenie optimálneho riešenia problému,
- Odhadnutie finančných prínosov a dopadu na výkonnosť procesu,
- Vytvorenie plánu implementácie nápravných opatrení,
- Realizácia overených riešení. (Kapsdorferová, 2008)

Navrhnuté riešenie vo fáze zlepšovania má byť v procese štandardizované písomnou formou a to graficky alebo písomne. Štandardy majú obsahovať nový spôsob riešenia a vykonávania práce a slúžia ako pomôcka na pochopenie pre personál, ktorý ho má dodržiavať. Dôležitá je vizualizácia štandardov a ich zviditeľnenie tak, aby boli jednoducho pochopiteľné. Cieľom je predísť omylom. („Six Sigma“, 2005)

1.3.6 Fáza kontroly

Ľudia majú tendenciu vracat' sa späť k zaužívaným postupom. Preto cieľom kontroly metodiky DMAIC je predovšetkým zaistenie trvalej zmeny v procese a nedopustiť návrat o krok späť vo výkone procesov. Projektový tím Six Sigma môže toto zabezpečiť, ak ľudia pochopia výhody a prínosy nových postupov riešení voči predošlým. (Pande, 2002)

Vo fáze kontroly je úlohou riešiteľského tímu odovzdať riešenia projektu vlastníkovi procesu a zabezpečiť školenie pre užívateľov daného procesu tak, aby každý účastník pochopil ako má vykonávať nové procedúry. V tejto fáze je potrebné zrealizovať zmeny v procese, vytvoriť kontrolný plán a určiť výpočtom konečné finančné prínosy. Zmeny v procese sa vykonávajú prostredníctvom zmien štandardného vykonávacieho predpisu, ktorý detailne popisuje kroky procesu. Kontrolný plán je návod na udržanie zmien pod kontrolou, pomáha overovať, či je zákazník stále spokojný. Súčasťou kontrolného návodu sú aj opatrenia, ktoré sa majú vykonať, ak príde k zaznamenaniam stavov, ktoré nebudú v rámci tolerancií. Problém bude teda detekovaný skôr ako k nemu v skutočnosti dôjde. („Six Sigma“, 2005)

Môžeme zhrnúť, že kontrolovanie obsahuje:

- Monitorovanie a riadenie procesu aplikovaním procedúr pre udržanie zlepšení,
 - Realizáciu zmien procesu a ich riadenie,
 - Vytvorenie kontrolného plánu,
 - Výpočet definitívnych finančných ukazovateľov,
 - Implementáciu ukazovateľov procesu,
 - Dokumentovanie výsledkov a prínosov projektu,
 - Zverejnenie a ocenenie výsledkov,
 - Odovzдание projektu vlastníkovi procesu,
 - Uzavretie projektu a následné permanentné hodnotenie výsledkov.
- (Kapsdorferová, 2008)

Ukončenie projektu je potrebné komunikovať v rámci zainteresovaných oddelení daného podniku a musí byť zdokumentované, aby bola trvale zaznamenaná práca tímu.

Prínos projektu sa sumarizuje na záver a v rámci neho sa vyčíslujú hmotné aj nehmotné prínosy. („Six Sigma“, 2005)

2 Cieľ práce

Cieľom mojej práce bude zhodnotiť potenciálne prínosy projektu Six Sigma a porovnať ich s nákladmi na realizáciu.

Čiastkovými cieľmi budú:

- Odhaliť príčinu výroby nezhodných výrobkov,
- Znížiť zmatekoveň na úroveň pod 1%,
- Zaviesť do výrobného procesu permanentné nápravné opatrenie, aby sa zamedzilo výskytu rovnakého problému v budúcnosti.

3 Metodika práce

Metodika vypracovania mojej práce vychádza z jednotlivých krokov metodiky DMAIC. Riešenie projektu bude uskutočnené v rámci riešiteľského tímu podľa postupov Six Sigma a uskutočním ho podľa doteraz získaných poznatkov, ktoré som popísala v prvej kapitole.

3.1 Charakteristika objektu skúmania

Na začiatku uskutočním výber a definujem projekt. Výber projektu bude manažérskym rozhodnutím zameraným na zníženie nákladov na nekvalitu.

V prvej fáze budem charakterizovať:

- Prostredie, v ktorom budem riešiť projekt,
- Produkt, ktorý bude subjektom riešeného projektu,
- Používané testovacie zariadenie,
- Riešiteľský tím,
- Aktuálny stav a výpočet nákladov na nekvalitu výrobku.

Prácu vykonám vo firme Kongsberg Automotive, s.r.o. so sídlom vo Vrábľoch.

V projekte sa zameriam na problém s radiacim tiahom prevodovky, ktoré je vo finálnej fáze výrobného procesu testované na špeciálnom zariadení. Toto zariadenie testuje trenie simulovaním pohybu radenia rýchlostí. Problémom bude trenie na určitom množstve výrobkov, ktoré testovacie zariadenie vyhodnotí nad povolenou toleranciou.

V práci budem definovať požiadavky zákazníka a porovnávať ich s momentálnymi dosahovanými výsledkami trenia podľa záznamov testovacieho zariadenia.

Súčasťou definovania bude vyčíslenie momentálnych nákladov na nekvalitu a vytýčenie cieľov, ktorých naplnenie budem realizovať nasledovných fázach projektu.

3.2 Opakovateľnosť a reprodukovateľnosť testovacieho zariadenia

V tejto etape riešenia projektu Six Sigma sa zameriam na preverenie spôsobilosti testovacieho zariadenia, k čomu použijem nástroj R&R. Meranie uskutočním s cieľom vylúčiť vplyv meracieho zariadenia na výsledky testovania.

Dalšie kroky riešenia projektu budú závislé na výsledkoch merania R&R. Ak sa potvrdí negatívny vplyv meracieho zariadenia, svoju ďalšiu prácu budem zameriavať na odstránenie tohto problému a hľadanie nového riešenia vyhodnocovania trenia. V prípade, že sa vplyv meracieho zariadenia nepotvrdí, v projekte budem pokračovať analyzovaním iných potencionálnych príčin zvýšeného trenia.

3.3 Analýza možných príčin zvýšeného trenia

Analyzovanie bude najrozsiahnejšou fázou projektu, pretože v počas neho budem skúmať viacero faktorov a ich vplyvy na vyhodnocovanie trenia.

Potencionálne príčiny sledovaného problému zoskupím do diagramu príčiny a účinku. Z nich potom budem vychádzať. Testovanie hypotéz budem uskutočňovať postupne, budem zaznamenávať výsledky a vyhodnocovať ich pomocou softvéru Minitab.

V analýze sa budem venovať zisťovaniu vplyvu:

- Ohnutých tubičiek,
- Malému vnútornému priemeru zástrekov koncov káblov,
- Tvar zástrek,
- Prestreky zástrekov,
- Zmena obsluhy,
- Mazanie.

3.3.1 Testovanie hypotézy o ohnutých tubičkách

Vykonám porovnanie výrobkov skompletovaných s ľahko priechodnými tubičkami a s ohnutými, ťažko priechodnými tubičkami. Výsledky zaznamenám do tabuľky a následne ich vyhodnotím pomocou nástroja P-test.

3.3.2 Testovanie hypotézy o vplyve zvyšku materiálu na zástreku

Vykonám porovnanie výrobkov skompletovaných so zástrekom, na ktorom zostali zvyšky materiálu z odstrekovacieho procesu a zástrekom, ktorý je bez zvyškov materiálu. Výsledky trenia opäť zaznamenám a vyhodnotím pomocou nástroja P-Test.

3.3.3 Testovanie hypotézy o vplyve viacerých vzájomne pôsobiacich faktorov

Budem testovať vplyv 5 rôznych faktorov pomocou softvéru Minitab a DOE nástroja. Stanovím 5 faktorov, pre ktoré softvér stanoví možné kombinácie. Tieto musím dať reálne vyrobiť a následne budem sledovať výsledky trenia a vhodnocovať závery.

3.3.4 Testovanie hypotézy vplyvu 3 faktorov

Z 5 faktorovej DOE analýzy vyberiem pomocou softvéru 3, ktoré majú podľa zistení najväčší vplyv a následne vykonám znovu DOE test. Z výsledkov zistím, ktorý z faktorov má najväčší význam.

3.3.5 Testovanie hypotézy o pokazenom tenzometri

Analyzovať budem výsledky pred a po kalibrácii tenzometra testovacieho zariadenia. Výsledky trenia pred a po kalibrácii vyhodnotím pomocou nástroja jednofaktorová ANOVA.

3.3.6 Testovanie hypotézy o vplyve zmeny obsluhy

Analýzu uskutočním porovnaním výsledkov trenia 3 operátorov, ktorý budú obsluhovať testovacie zariadenie. Na vyhodnotenie výsledkov použijem opäť nástroj jednofaktorová ANOVA.

3.4 Návrh a zavedenie nápravných opatrení

V etape zlepšenie navrhнем nápravné opatrenie na odstránenie faktorov, ktoré boli analyzovaním vyhodnotené ako vplývajúce na problém. Odhalená príčina zvýšeného trenia bude v etape zlepšovania kľúčová.

Mojou úlohou bude navrhnúť optimálne nápravné opatrenie tak, aby významným spôsobom prispelo k eliminovaniu ďalšieho výskytu nezhodných výrobkov. Navrhnuté riešenie budem preverovať sledovaním zmätkovitosti produktov vyrobených podľa nového postupu.

Ak sa potvrdí zlepšenie, vytvorím plán implementácie nápravných opatrení do procesu a dohliadnem na jeho rešpektovanie.

3.5 Trvalé udržanie nápravných opatrení

Nápravné opatrenia môžu mať do budúcnosti úspech iba v tom prípade, že sa budú dodržiavať. V poslednej etape riešenia projektu zdokumentujem zistenia, aby boli v prípade potreby prístupné. Aby sa nápravných opatrenie dodržiavali, vytvorím kontrolný plán, v ktorom špecifikujem čo a ako často bude potrebné v procese preverovať a kto bude za to zodpovedný. Zdokumentované výsledky projektu potom odovzdám majiteľovi procesu, ktorý má zabezpečiť, že proces bude fungovať podľa aktualizovaných postupov.

Projekt ukončím vypočítaním konečných finančných prínosov a prezentovaním výsledkov manažmentu podniku.

4 Vlastná práca

4.1 Charakteristika sledovaného problému

V prvej kapitole mojej práce spracovávam projekt Six Sigma, ktorý bol uskutočnený s cieľom znížiť náklady za šrotovanie nezhodných finálnych výrobkov a teda znížiť náklady na nekvalitu. Výber témy projektu bol stanovený podľa požiadaviek manažmentu na zníženie týchto materiálových nákladov.

Projekt Six Sigma rieši problém zvýšeného trenia radiaceho tiahla prevodovky. Ide vlastne o radiacu páku a sústavu káblov a ich komponentov, ktoré sú prepojené s prevodovkou auta a slúžia na preradovanie rýchlostných stupňov počas prevádzky automobilu. Tento finálny výrobok je zobrazený na obrázku číslo 2.



Obr. 2

Finálne výrobky

Po výrobných operáciách sa tento produkt dostáva do poslednej operácie, ktorou je testovanie trenia. Špeciálne testovacie zariadenie pracuje tak, že simuluje pohyby zaraďovania rýchlostí a meria silu, akú vynakladá pri tomto pohybe. Požiadavka zákazníka je, že trenie nesmie byť vyššie ako 9 N.



Obr. 3

Testovacie zariadenie

CTQ projektu je hodnota trenia v tolerancii 0+9N podľa špecifikácie zákazníka.

Tento projekt sme riešili ako tím, ktorý bol vytvorený z riešiteľov jednotlivých úloh a zúčastnili sa:

- Výrobný zoraďovač v rámci analyzovania vplyvov výrobného procesu,
- Ja v rámci analyzovania materiálových vstupov od dodávateľov,
- Vedúci výroby ako vlastník procesu,
- Black Belt, ktorý predovšetkým koordinoval činnosť tímu v rámci dodržania metodiky DMAIC projektu Six Sigma,
- Metrológ, ktorý preveroval testovacie zariadenie.

Sú dostupné informácie o vyrobených a vyšrotovaných množstvách produktov, z ktorých sme vypočítali ukazovatele DPMO a COPQ. Ich prehľad uvádzam v tabuľke číslo 1.

Tab. 1

Súčasný stav problému

Obdobie	September	Október	November	Priemer hodnôt
Monžstvo vyrobených produktov	2305	2638	2942	2.628
Množstvo vyradených produktov	127	135	151	138
Cena 1 produktu	56,00 €	56,00 €	56,00 €	56,00 €
Zmätkovitosť	5,51%	5,12%	5,13%	5,25%
DPMO	55.097,61	51.175,13	51.325,63	52.532,79
COPQ	7.112,00 €	7.560,00 €	8.456,00 €	7.709,33 €
Celkové COPQ za 3 mesiace	23.128,00 €			X

Z tabuľky číslo 1 vyplýva, že v súčasnosti sa proces pohybuje na úrovni 2σ .

Zo všetkých zistených informácií sme na záver fázy definovania zostavili zadanie projektu, v ktorm sme sústredili všetky dostupné informácie. Toto zadanie bolo umiestnené na nástenke v podniku tak, aby každý zamestnanec mal možnosť doň nahliadnuť. Týmto komunikačným prostriedkom sme zabezpečili informovanosť pracovníkov podniku o začatí riešenia problému so zvýšenou mierou šrotu radiacich tiahel prevodoviek. Zadanie projektu uvádzam ako obrázok číslo 4.

ZADANIE PROJEKTU

Názov projektu: Trenie radiaceho tiahla prevodovky

Začiatok riešenia: 1.12.2009

Plánovaný koniec: 15.12.2009

Lokácia problému:

Výroba radiaceho tiahla prevodovky pre PSA v Kongsberg Automotive, s.r.o.

Popis problému:

Vysoké náklady na nekvalitu spôsobené vyradovaním veľkého množstva výrobkov

na finálnom testovacom zariadení zameranom na meranie trenia podľa požiadaviek zákazníka.

Cieľ projektu:

Redukovať zmatekivosť pod 1%

Zhodnotiť potencionálne prínosy implementácie nápravných opatrení z projektu Six Sigma a porovnať ich s nákladmi na realizáciu

Súčasný stav:	Cieľ:
Zmatekivosť	Zmatekivosť
0,05	< 1 %

Finančný vplyv:

Výška nákladov 92.511,96 Eur ročne

Riešiteľský tím:

- 1) Black Belt
- 2) Vedúci výroby
- 3) Zoraďovač
- 4) Vstupný kvalifikár
- 5) Metrológ

Zodpovednosti:

- Koordinácia činností podľa postupov Six Sigmy
- Dohliada na operačné postupy výroby
- Analýza vplyvov výrobného procesu
- Analýza vplyvov vstupujúcich materiálov
- Analýza testovacieho zariadenia

Obr. 4

Zadanie projektu

4.2 Preverovanie spôsobilosti testovacieho zariadenia

Meranie R&R testovacieho zariadenia sme uskutočnili tak, že sme náhodne vybrali 10ks finálnych produktov a traja sme realizovali meranie trenia na týchto produktoch trikrát. Každý z produktov bol teda otestovaný deväťkrát. Hodnoty nameraného trenia sme zaznamenali do formulára, ktorý vypočítal spôsobilosť testovacieho zariadenia.


Na nasledovnom obrázku uvádzam merania:

Diel č./part nr.		AA01 - Tiahlo prevodovky		Meradlo názov		Testovacie zar.trenia tiahla		Dátum:					
Rozmer / measure		0+9 N		Ident. číslo.		HIM 325		3.12.2009					
Tolerancia / tolerance		Thor 9		Tdol 0		Meradlo typ							
Meral/číslo merania		Diel č.										Priemer	
1	A	1	7,22	8,98	7,60	8,47	8,70	7,01	7,02	6,87	5,41	6,52	Xa = 7,2496667 Ra = 0,442
2		2	6,98	8,58	7,48	8,43	7,90	6,83	6,54	6,23	5,62	6,53	
3		3	7,15	8,88	7,43	8,57	7,33	7,09	7,24	6,45	5,76	6,67	
4		x	7,1167	8,8133	7,5033	8,49	7,9767	6,9767	6,9333	6,5167	5,5967	6,5733	
5		R	0,24	0,4	0,17	0,14	1,37	0,26	0,7	0,64	0,35	0,15	
6	B	1	7,22	8,98	7,60	8,51	8,77	7,01	7,02	6,88	5,41	6,50	Xb = 7,2523333 Rb = 0,452
7		2	6,98	8,58	7,48	8,43	7,91	6,87	6,54	6,23	5,60	6,53	
8		3	7,15	8,87	7,40	8,57	7,32	7,09	7,24	6,45	5,76	6,67	
9		x	7,1167	8,81	7,4933	8,5033	8	6,99	6,9333	6,52	5,59	6,5667	
10		R	0,24	0,4	0,2	0,14	1,45	0,22	0,7	0,65	0,35	0,17	
11	C	1	7,19	8,99	7,67	8,47	8,74	7,01	7,02	6,89	5,41	6,51	Xc = 7,2573333 Rc = 0,453
12		2	6,98	8,58	7,48	8,43	7,91	6,87	6,54	6,23	5,62	6,53	
13		3	7,15	8,93	7,43	8,57	7,33	7,09	7,27	6,45	5,76	6,67	
14		x	7,1067	8,8333	7,5267	8,49	7,9933	6,99	6,9433	6,5233	5,5967	6,57	
15		R	0,21	0,41	0,24	0,14	1,41	0,22	0,73	0,66	0,35	0,16	
16			7,1133	8,8189	7,5078	8,4944	7,99	6,9856	6,9367	6,52	5,5944	6,57	X = 7,2531111 Rp = 3,2244444
17			[Ra = 0,442]	[+]	[Rb = 0,452]	[+]	[Rc = 0,453]	[/]	3				R = 0,449
18			[Max X = 7,2573]	- [Min X = 7,2497]									XDIFF = 0,0076667
19			[UCL _R = D4 * R]	=	2,58	*	0,449						1,15842
20			[LCL _R = D3 * R]	=	0	*							0
21			[UCL _X = X + A2*R]	=	7,2531	+	0,449	*	1,023				7,7124381
22			[LCL _X = X - A2*R]	=	7,2531	-	0,449	*	1,023				6,7937841
Výpočet tolerancií (zadávejte len kladné hodnoty):													
Nominálna hodnota			0										
Dolná tolerancia			0										
Horná tolerancia			9										
POZOR! Hodnoty sa zadávajú len do farebných poličok!!!													

Obr. 5

Merania spôsobilosť testovacieho zariadenia

Namerané údaje sme následne podrobili testovaniu R&R pomocou navzorcovaného formulára, ktorý je schopný údaje vyhodnotiť automaticky. Vyhodnotenie merania uvádzam na obrázku číslo 6.

		<h2 style="text-align: center;">Analýza spôsobilosti meradiel</h2> <p style="text-align: center;">(štandardná metóda - TV)</p>																						
Diel č.	AA01 - Tiahlo prevodovky	Meradlo názov	Testovacie za.	Dátum: 15.12.2009																				
Rozmer	=+DATAID4	Ident.číslo.	HIM 325	3.12.2009																				
Tolerancia:	Th= 9	Td= 0	Meradlo typ	0																				
Z údajového listu: R = 0,449 X_{DIFF} = 0,0077 Rp = 3,2244																								
Opakovateľnosť - rozptyl prístroja (EV) $EV = \bar{R} \times K_1$ $= 0,449 \times 0,591$ $= 0,265$		<table border="1"> <tr><th>Pokusy</th><th>K₁</th></tr> <tr><td>2</td><td>0,8862</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,5908</td></tr> </table>	Pokusy	K ₁	2	0,8862	3	0,5908	$\%EV = 100 \times [EV/TV]$ $= 100 \times [0,265/1,049]$ $= 25,30\%$															
Pokusy	K ₁																							
2	0,8862																							
3	0,5908																							
Reprodukovateľnosť - rozptyl odhadcu (AV) $AV = \sqrt{[(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / nr)]}$ $= 0$		<table border="1"> <tr><th>Odhadca</th><th>2</th><th>3</th></tr> <tr><td>K₂</td><td>0,707</td><td>0,5231</td></tr> </table>	Odhadca	2	3	K ₂	0,707	0,5231	$\%AV = 100 \times [AV/TV]$ $= 100 \times [0,000/1,049]$ $= 0,00\%$															
Odhadca	2	3																						
K ₂	0,707	0,5231																						
Opakovateľnosť a Reprodukovateľnosť (R&R) $R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$ $= 0,265$		<table border="1"> <tr><th>Diel</th><th>K₃</th></tr> <tr><td>2</td><td>0,7071</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,5231</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,4467</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,403</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,3742</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,3534</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,3375</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,3249</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,3146</td></tr> </table>	Diel	K ₃	2	0,7071	3	0,5231	4	0,4467	5	0,403	6	0,3742	7	0,3534	8	0,3375	9	0,3249	10	0,3146	$\%R\&R = 100 \times [R\&R/TV]$ $= 100 \times [0,265/1,049]$ $= 25,30\%$	
Diel	K ₃																							
2	0,7071																							
3	0,5231																							
4	0,4467																							
5	0,403																							
6	0,3742																							
7	0,3534																							
8	0,3375																							
9	0,3249																							
10	0,3146																							
Rozptyl dielov (PV) $PV = Rp \times K_3$ $= 3,224 \times 0,315$ $= 1,014$		$\%PV = 100 \times [PV/TV]$ $= 100 \times [1,014/1,049]$ $= 96,75\%$																						
Celkový rozptyl (TV) $TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ $= 1,049$		Rozlíšenie meracieho prístroja $N = [PV/R\&R] \times 1,41$ $N = 5 \text{ Kategórií}$ (min. 5 kategórií)																						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Nevyhovuje <input checked="" type="checkbox"/> Podmienečne vyhovuje <input type="checkbox"/> Vyhovuje </div> <div> Protokol zhotovil: Metrológ prihlas </div> </div>																								

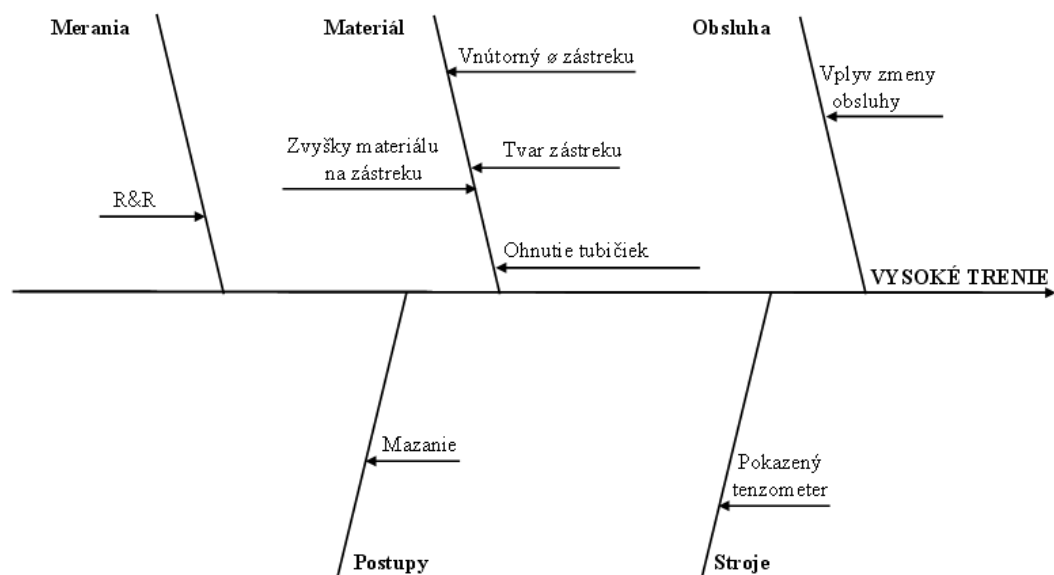
Obr. 6.

Vyhodnotenie spôsobilosti testovacieho zariadenia

Z vyhodnotenia R&R vyplynulo, že testovacie zariadenie nemá vplyv na výsledky trenia a nie je príčinou vykazovania zvýšeného šrotu produktov. Hodnota % R&R bola vypočítaná na úrovni 25,30 %, čo znamená, že zariadenie je spôsobilé, ale vyžaduje vylepšenie. Ak by vyšla hodnota pod 10%, zariadenie by bolo spôsobilé. Nespôsobilé meradlo by bolo, ak by % R&R vyšlo nad 30%. Na základe toho sme v riešení projektu pokračovali preverovaním ďalších možných príčin sledovaného problému.

4.3 Analyzovanie hypotéz o príčine zvýšeného trenia

V etape analyzovania sme použitím metódy brainstormingu sme zostrojili diagram príčina – účinok, do ktorého sme zosumarizovali možné faktory, ktoré mohli ovplyvňovať a spôsobovať problém. Diagram uvádzam na obrázku číslo 7.



Obr. 7

Ishikawov diagram príčina - účinok

4.3.1 Analýza hypotézy o ohnutých tubičkách

Analýzu sme začali hypotézou o ohnutí tubičiek. Sú to komponenty, ktoré sa nachádzajú po oboch koncoch káblov tiahla radiacej prevodovky. Ich priechodnosť sme kontrolovali kalibrom o priemere 6,31mm podľa špecifikácie v technickej dokumentácii. Ak kaliber voľne prepadol tubičkou, považovali sme ich za vhodné.

Takúto hypotézu sme vybrali preto, že ohnuté trubky sa môžu vo výrobku trieť o protikusy a tým horšovať celkové trenie výrobku.

Vybrali sme 20 zhodných kusov. Na obrázku číslo 8 uvádzam výsledky trenia 20 kusov výrobkov s ľahko priechodnou rúrkou a 51 kusov výrobkov vyrobených s použitím horšie priechodných rúriek.

TESTOVANIE 20KS VÝROBKOV S ĽAHKO PRIECHODNOU TUBIČKOU				TESTOVANIE VÝROBKOV S HORŠIE PRIECHODNOU TUBIČKOU			
Trenie -D (N)	Trenie 0 (N)	Trenie +D (N)	Výsledok	Trenie -D (N)	Trenie 0 (N)	Trenie +D (N)	Výsledok
4,187691	5,357503	7,260358	OK	3,0643	4,28061	6,603153	OK
3,731948	4,142686	6,072317	OK	4,142611	4,222849	5,45683	OK
3,835346	4,835715	7,464137	OK	3,956906	5,033462	6,029464	OK
3,932085	4,474216	6,203322	OK	2,390905	2,604574	3,997598	OK
4,003432	4,809639	6,747946	OK	4,125135	4,85689	6,78998	OK
2,723053	4,162975	6,699484	OK	3,68061	4,318741	5,632813	OK
4,06605	4,768537	6,114286	OK	3,28711	3,848313	4,83757	OK
4,187449	4,349733	5,965668	OK	2,842436	4,18734	5,528994	OK
4,318974	4,878709	6,624733	OK	3,178753	4,07914	5,907936	OK
2,662453	3,634662	4,877523	OK	4,289039	5,336079	6,881698	OK
4,595539	5,475898	8,171989	OK	4,15333	5,042185	6,905867	OK
3,927548	4,876919	7,713911	OK	4,178689	4,356235	6,798543	OK
2,582553	2,807859	4,124634	OK	4,240607	4,034946	5,491798	OK
3,182117	3,647482	5,316081	OK	4,161642	5,057954	6,617124	OK
2,574025	3,160492	4,678738	OK	3,817231	3,950949	5,010575	OK
2,980053	3,089858	4,618081	OK	4,257459	4,75138	7,496761	OK
3,827853	3,868186	6,08113	OK	3,096081	4,006652	5,282039	OK
4,661844	5,499689	6,899808	OK	3,856011	4,630424	6,884812	OK
3,726983	4,245003	6,359324	OK	4,800364	5,672129	6,641608	OK
3,246595	3,318651	4,886416	OK	3,759182	4,130602	5,936706	OK
				4,874335	5,610557	7,425807	OK
				4,342275	4,685413	6,015334	OK
				4,302662	5,013555	7,12145	OK
				4,717879	4,910205	6,829634	OK
				3,443664	3,984513	5,00755	OK
				3,299363	4,083732	5,512332	OK
				4,583767	5,458583	6,948288	OK
				4,16281	4,958823	7,62618	OK
				4,257091	4,967077	7,10997	OK
				3,965993	4,330302	5,489818	OK
				4,686979	5,707203	7,662615	OK
				4,011787	5,384146	7,885868	OK
				3,77246	4,108481	4,982774	OK
				5,179607	5,784325	7,027107	OK
				3,794455	4,69725	6,54337	OK
				4,603903	4,663253	6,770758	OK
				4,246704	4,454832	6,40694	OK
				4,427804	5,684628	8,33447	OK
				4,126345	4,83382	6,597002	OK
				4,301471	4,808326	7,004595	OK
				4,970715	5,329542	6,665202	OK
				3,476277	3,707892	4,879285	OK
				3,296537	4,133971	5,367066	OK
				4,709228	4,983298	5,950216	OK
				3,273064	3,727389	5,337183	OK
				4,31816	4,546406	6,100042	OK
				4,249671	4,944736	6,633808	OK
				4,214156	5,414255	7,21723	OK
				4,241336	5,028366	7,144285	OK
				3,855287	4,09696	5,168119	OK
				4,979169	5,41854	6,844969	OK

Obr. 8

Výsledky merania trenia – analyzovanie vplyvu ohnutých tubičiek

Trenie $-D$, 0 a $+D$ sú hodnoty merané v troch krajných polohách. Žiadna z týchto 3 meraných trení nesmie byť vyššia než tolerovaná hranica 9 N . Údaje sme spracovali pomocou softvéru Minitab, metódou P-test a získali sme vyhodnotenie, ktoré je na obrázku c. . Hodnota P-Value udáva index $0,535$. Hodnota nižšia ako $0,05$ je podľa tohto nástroja považovaná za vplyvnú. Vyššia hodnota nemá štatistický význam. Výsledok $0,535$ teda znamenal, že hypotéza o vplyve ohnutých rúrok na problém sa nepotvrdila.

Two-Sample T-Test and CI: Perfect tubes; Rest

Two-sample T for Perfect tubes vs Rest

	N	Mean	StDev	SE Mean
Perfect tubes	20	6,14	1,11	0,25
Rest	51	6,320	0,930	0,13

Difference = μ (Perfect tubes) - μ (Rest)

Estimate for difference: $-0,176$

95% CI for difference: $(-0,751; 0,398)$

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = $-0,63$ P-Value = $0,535$ DF = 29

Obr. 9

P-test vplyvu ohnutých tubičiek

4.3.2 Testovanie hypotézy o zvyšku materiálu na zástreku kábla

Nasledovala analýza hypotézy o prestrekoch. Opäť bola vybratá preto, že zvyšný materiál na tomto komponente môže spôsobiť, že spolu s ním montované protikusy nebudú mať správnu funkciu kvôli prestreku, ktorý sa môže dostať medzi zástrek a protikus. Túto hypotézu sme overili tak, že sme opravili 160 kusov zastreknutých orezaných prestrekov a zvyšných 135 kusov sme ponechali s prestrekom. Výsledky merania trenia v práci neuvádzam vzhľadom na rozsiahle merania.

Na spracovanie údajov sme opäť použili P-test. Podľa hodnoty P-value $0,203$ nemali prestreky na rúrkach významný vplyv na výsledky merania trenia produktov. Táto hypotéza sa teda takisto nepotvrdila.

Two-Sample T-Test and CI: REWORKED BATCH; NORMAL BATCH

Two-sample T for REWORKED BATCH vs NORMAL BATCH

	N	Mean	StDev	SE Mean
REWORKED BATCH	160	6,73	1,10	0,087
NORMAL BATCH	135	6,56	1,21	0,10

Difference = μ (REWORKED BATCH) - μ (NORMAL BATCH)

Estimate for difference: 0,174

95% CI for difference: (-0,094; 0,441)

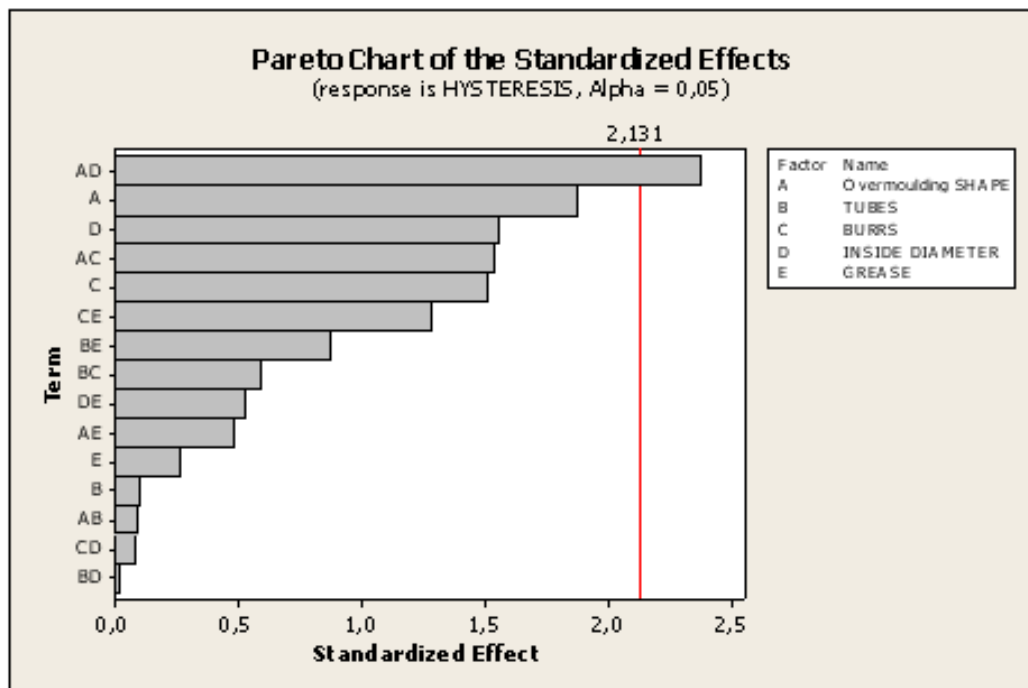
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,28 P-Value = 0,203 DF = 273

Obr. 10

P-test vplyvu zvyškov materiálu na zástrekoch

4.3.3 Testovanie hypotézy o vplyve viacerých vzájomne pôsobiacich faktorov

Ďalšiu analýzu sme sústredili na preverenie kombinácie viacerých príčin zvýšeného trenia a využili sme DOE analýzu. Najskôr sme analyzovali 5 faktorov. Boli to typ zástreku koncov káblov, ohnutie tubičiek, zvyšky materiálu na zástrekoch, vnútorný priemer zástrekov, mazanie. Softvér nám určil, aké kombinácie faktorov máme vyrobiť a následne otestovať. Analýzou softvérom Minitab sme urobili Pareto diagram.



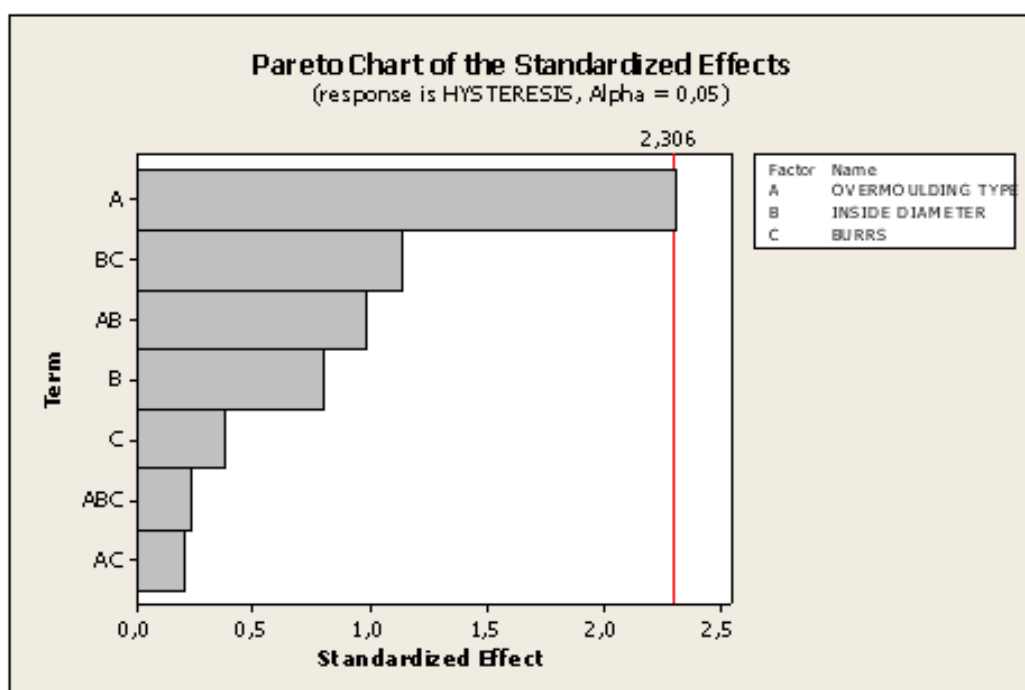
Obr. 11

Pareto diagram vplyvu kombinácií viacerých faktorov

Z tejto Pareto analýzy sme zistili, že vplyv na problém môže mať kombinácia problémov tvaru zástreku a vnútorný priemer zástreku, jednotlivý tvar zástreku a vnútorný priemer zástreku a kombinácia tvaru zástreku so zvyškami materiálu na zástreku.

4.3.4 Testovanie hypotézy o vplyve 3 faktorov

Táto analýza poukazuje na vplyv zástreku, ktorý sme ďalej skúmali znovu DOE metódou, ale už len s využitím poznatku o 3 potencionálne najhorších faktorov.

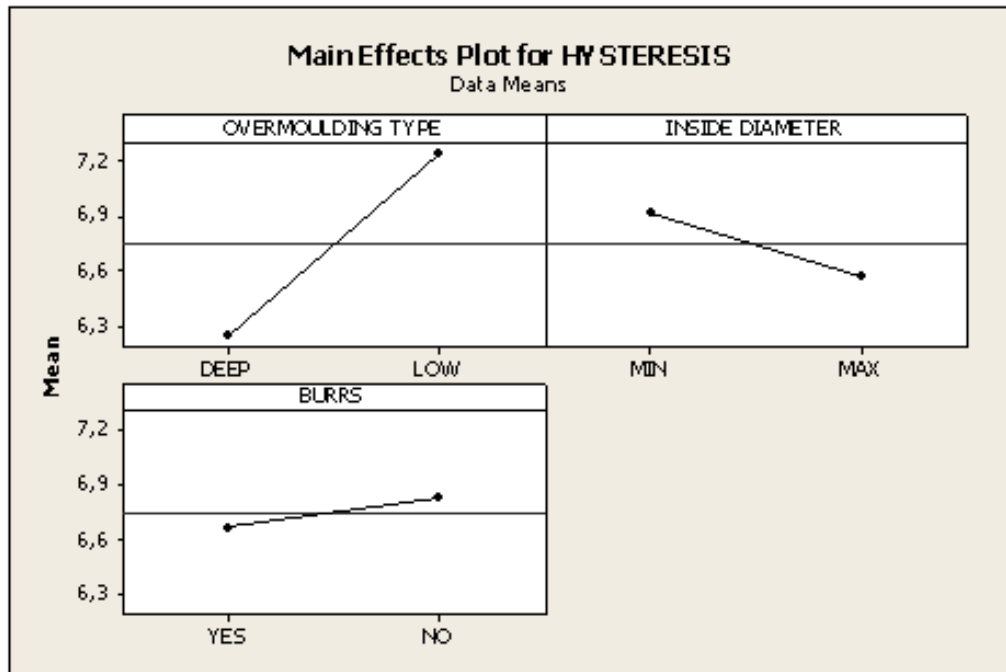


Obr. 12

Pareto diagram kombinácií vplyvu 3 faktorov.

Analýzou jednotlivých problémov sme následne dostali graf, ktorý hovorí o tom, aký vplyv majú jednotlivé faktory. Na grafe (obr. 13) sme si všimli, že priemer zástreku (inside diameter) a prestreky (burrs) nemajú významný vplyv, pretože zmenou týchto faktorov sa výsledná hodnota trenia významne nemení. Spozorovali sme výraznú zmenu vo faktore tvaru zástreku. Hodnota trenia zástreku označeného ako DEEP je nižšia v porovnaní s tvarom zástreku označovaného ako LOW. Rozdiel je až 0,9 N. 2 typy

zástreku boli závisia od použitej ihly pri zastrekovacom procese. Rozdiel je v uhle úkosu. Na obrázku číslo 14 uvádzam fotografiu. Červeným obdĺžnikom označená ihla pomenovaná LOW a zeleným ihla pomenovaná DEEP.



Obr. 13

Hlavné faktory a ich vplyv na výsledky trenia

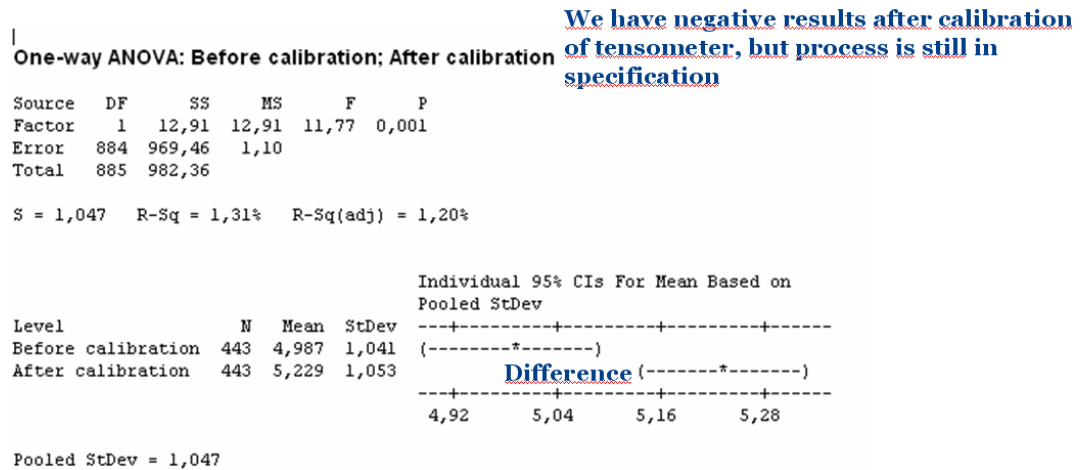


Obr. 14

Rozdiel v ihlách používaných pri zastrekovaní

4.3.5 Testovanie hypotézy o pokazenom tenzometri

Analýza vychádza z toho, že tenzometer meracieho zariadenia môže nespôsobilý. Urobili sme analýzu pred a po kalibrácii tenzometra a použili sme nástroj jednofaktorová ANOVA. Softvér Minitab vyhodnotil rozdiel v test nasledovne:



Obr. 15

Jednofaktorová ANOVA o vplyve tenzometra

Zistili sme rozdiel v nameraných hodnotách pred a po kalibrácii tenzometra. Výsledky oboch meraní boli však stále v tolerancii a skonštatovali sme, že tento faktor nevlýva na negatívne výsledky trenia.

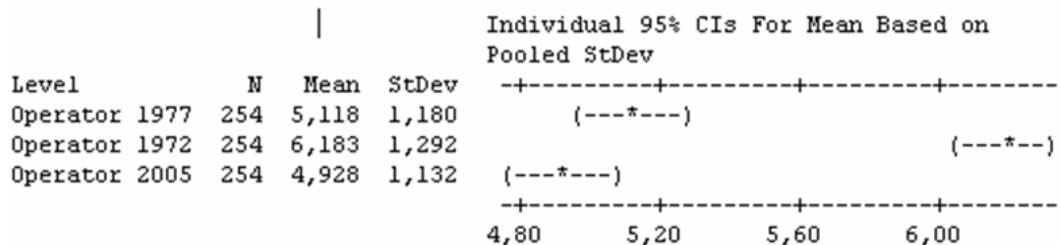
4.3.6 Testovanie hypotézy o vplyve zmene obsluhy

Túto analýzu sme vykonali, aby sme preverili vplyv jednotlivých operátorov, ktorý obsluhujú meracie zariadenie. 3 operátori kontrolovali produkty v sérii a zaznamenané výsledky trenia sme vyhodnotili metódou jednofaktorová ANOVA. Z vyhodnotenia bolo zrejmé, že jeden z operátorov mal výrazne odlišné výsledky od ostatných dvoch a posúdili sme tento faktor ako čiastočne vplývajúci na sledovaný problém.

One-way ANOVA: Operator 1977; Operator 1972; Operator 2005

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	232,32	116,16	80,21	0,000
Error	759	1099,15	1,45		
Total	761	1331,47			

S = 1,203 R-Sq = 17,45% R-Sq(adj) = 17,23%



Pooled StDev = 1,203

Obr. 16

Testovnie hypotézy o vplyve zmene operátorov

4.4 Návrh nápravných opatrení

Analýzou sme zistili, že významný vplyv na výsledky trenia má tvar zástreku a zistili sme, že lepšie výsledky je možné dosiahnuť použitím ihly s ostrejším uhlom skosenia.

Za základe týchto zistení sme navrhli z procesu úplne odstrániť ihly s tupším uhlom, aby nemohlo prísť k budúcnosti k omylu a opätovnému použitiu nevhodnej ihly. Zároveň sme navrhli zaobstarat' do procesu ihly si ostrejším úkosom v počte, ktorý výrobný majster stanovil na 24 kusov.

Efektívnosť návrhu opatrenia sme preverili sledovaním výsledkov zmät'kovitosti za obdobie 15.12. – 31.12.2009. Z výsledkov vyplynuli pozívne zmeny, dosiahli sme úroveň zmät'kovitoli len 0,55 %. Vyhodnotili sme nápravné opatrenie za úspešné. Sledované údaje uvádzam v nasledovnej tabuľke.

Tab. 2

Preverenie výsledkov zmätkovitosti po zavedení nápravného opatrenia

Obdobie	15.12.2009 - 31.12.2009
Monžstvo vyrobených produktov	2355
Množstvo vyradených produktov	13
Cena 1 produktu	56,00 €
Zmätkovitosť	0,55%
DPMO	5.520,17
COPQ	728,00 €
Celkové COPQ za 1/2 mesiaca	728,00 €

Toto nápravné opatrenie bolo nutné štandardizovať. Štandardizáciu sme uskutočnili zavedením tohto opatrenia do kontrolného plánu údržby vstrekolisu. Túto kontrolu bude zabezpečovať výrobný zoraďovač.

Tab. 3

Výňatok z kontrolného plánu

Rozsah kontroly a údržby		
Pozícia	Funkcia	Frekvencia,
1	Skontrolovať poriadok na pracovisku	1/Smena
2	Skontrolovať tvar ihliel a stav poškodenia	1/ Týždeň

4.5 Zavádzanie nápravných opatrení do výrobného procesu

Zorganizovali sme krátke stretnutie s výrobnými operátormi a zoraďovačmi, aby sme im oznámili výsledky nášho zistenia a poučili ich o zmenách. Závoveň sme prezentovali výsledok projektu na porade manažmentu firmy.

Prínosy z projektu sme vyčíslili nasledovne:

Tab. 4

Kalkulovanie finančných prínosov z projektu

Obdobie	15.12.2009 - 31.12.2009	September - November
Monžstvo vyrobených produktov	2355	7885
Množstvo vyradených produktov	13	413
Cena 1 produktu	56,00 €	56,00 €
Zmätkovitosť	0,55%	5,25%
DPMO	5.520,17	52.532,79
COPQ	728,00 €	7.709,33 €
Celkové COPQ za 1/2 mesiaca	728,00 €	23.128,00 €
Celkové ročné náklady pred projektom		92.512,00 €
Celkové ročné náklady po zavedení zmien		17.472,00 €
Rozdiel		75.040,00 €
Náklady na zavedenie opatrenia (nové ihly)		1.200,00 €
Celkový ročný finančný prínos		73.840,00 €

Celkový finančný prínos za obdobie 1 roka sa podľa výpočtu v tabuľke odhaduje na 73.840,00 Eur. Tento výsledok bude možné dosiahnuť za predpokladu, že sa dodrží nápravné opatrenie a do procesu sa nedostanú iné nežiadúce vplyvy.

Nápravné opatrenie sme zaznamenali do údajov o zastrekovacom procese, kde sme špecifikovali ihlu, ktorej použitie je na výroby vhodnejšie. V prípade potreby budú tieto údaje kedykoľvek k dispozícii aj v archíve.

Záver

Cieľom mojej práce bolo porovnať potencionálne prínosy z projektu Six Sigma s nákladmi na realizáciu. Vybrala som si projekt z prostredia výroby a špecifikovala som ho ako zisťovanie príčin zvýšeného trenia na testovacom zariadení pre produkt radiace tiahlo prevodovky.

Dosiahnutie hlavného cieľa podmienili čiastkové ciele, ktorých podstatou bolo odhaliť príčinu problému, znížiť zmätkovitosť na úroveň pod 1 % a zaviesť dlhodobé nápravné opatrenia.

Množstvo faktorov by mohlo mať vplyv na tento negatívny jav. Zosumarizovali sme potencionálne negatívne faktory, ktoré sme analýzou preverovali, aby sme vylúčili alebo potvrdili ich vplyv. Nástrojmi a postupmi Six Sigma sme vyhotovili viacero analýz a posúdili ich význam vzhľadom k výsledkom trenia na testovacom zariadení.

Z analyzovania sme zistili, že jeden z faktorov má významný vplyv. Bol to problém s tvarom zástreku, ktorý sa pôvodne vyrábal používaním 2 typov ihiel, ktoré neboli identické. Navrhli sme odstrániť z procesu všetky tie ihly, ktoré vykazovali zvýšené riziko, že finálny produkt bude na testovacom zariadení vyradený do šrotu.

Overením zmätkovitosti po zavedení nápravného opatrenia sme v závere potvrdili pozitívne výsledky. Pôvodná zmätkovitosť 5,25 % sa znížila na úroveň 0,55 %. Cieľom bolo znížiť zmätkovitosť na úroveň pod 1 %.

Finančné prínosy vo forme zníženia nákladov sme vyčíslili na 73.840,00 Eur. Takúto sumu firma ušetrí ročne za predpokladu, že sa dodržia nápravné opatrenia a do procesu sa nedostane iný negatívny jav.

Výsledky projektu motivujú k realizovaniu Six Sigma projektov aj v iných problémových oblastiach firmy Kongsberg.

Zoznam použitej literatúry

BRUE, Greg. 2005. *Six Sigma for managers*. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc. 48 s. ISBN 0-07-145548-5

FMEA, [s.a] [online] [cit. 2010-04-30] Dostupné na: <<http://www.quality-one.com/services/fmea.php>>

HRUBEC, Jozef. 2000. *Riadenie kvality*. Bratislava, Univerzita Komenského. 203 s.

KAPSDORFEROVÁ, Zuzana. 2008. *Manažment kvality*. Nitra: SPU, 2008. 120 s. ISBN 978-80-552-0115-3

Six Sigma program, školenie Six Sigma Green Belt máj – júl 2005. Školiteľ firma Management Systems (materiály zo školenia Management Systems)

PANDE, Peter a i. 2000. *The Six Sigma Way*. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc. 422 s. ISBN 0-07-135806-4

PANDE, Pete a HOLPP, Larry. 2002. *What is Six Sigma?* USA: The McGraw-Hill Companies, Inc. 86s ISBN 0-07-138185-6

Plánovanie experimentu, [s.a] [online] [cit. 2010-05-3] Dostupné na: <http://www.msyst.sk/nastroje_planovanie_experimentu.htm>

P-Value, [s.a] [online] [cit. 2010-05-1] Dostupné na : <<http://en.wikipedia.org/wiki/P-value>>

RATAJ, V. et al. 2009. *Metodika písania záverečných prác na SPU v Nitre*. Nitra : SPU, 2009. 98 s. ISBN 978-80-552-0186-3.

SINAY, Juraj a kol. 1997. *Riziká technických zariadení – manažérstvo rizika*. 1. vydanie OTA, a.s. Košice: 1997. 212 s. ISBN 80-967783-0-7

Úrovne Six Sigma, [s.a] [online] [cit. 2010-05-1] Dostupné na: <<http://www.ipaslovakia.sk/UserFiles/Image/ZL/Krivka%20N%20rozdelenia.jpg>>

8D, [s.a] [online] [cit. 2010-04-20] Dostupné na: <<http://www.quality-one.com/services/8d.php>>