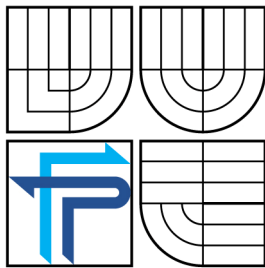


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA PODNIKATELSKÁ  
ÚSTAV MANAGEMENTU**

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT  
INSTITUT OF MANAGEMENT

# **NÁVRH SYSTÉMU PRAVIDELNÉHO MONITORINGU INDEXŮ ZPŮSOBILOSTI PROCESU DODAVATELŮ**

THE PROPOSAL OF THE SYSTEM OF REGULAR MONITORING OF THE  
SUPPLIERS' PROCESS CAPABILITY INDICES

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Ing. ONDŘEJ KUBICA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. STANISLAV ŠKAPA, Ph.D.**



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

## **Článek 2**

### **Udělení licenčního oprávnění**

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

## **Článek 3**

### **Závěrečná ustanovení**

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

V Brně dne:

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor

## **Abstrakt**

Diplomová práce na téma „návrh systému pravidelného monitoringu indexů způsobilosti procesu dodavatelů“ je rozdělena na dvě části. V první části je popsána teorie statistického řízení procesů s důrazem na analýzu způsobilosti procesu. Ve druhé části je uveden výchozí stav, postup práce a výsledky projektu, který jsem zpracovával ve firmě Robert Bosch v Českých Budějovicích. Cílem projektu je zvýšení kvality na vstupu prostřednictvím hodnocení dodavatelů na základě jejich výsledků SPC.

## **Klíčová slova:**

Řízení jakosti, statistické řízení procesů, analýza měřících systémů, proces neustálého zlepšování, řízení vztahů s dodavateli, vstupní kontrola, optimalizace procesů, náklady na nízkou jakost.

## **Abstract**

This diploma thesis named “The Proposal of the System of Regular Monitoring of the Suppliers’ Process Capability Indices” is divided into two sections. There is a theory about statistical process control with emphasized process capability analysis in the first section. The content of the second section is starting point, procedure and the outcome of the project I worked on in Robert Bosch Company, České Budějovice. The aim of the project is the improvement of input quality via the evaluation of suppliers based on their outcomes of SPC.

## **Key words:**

Quality management, statistical process control, measurement systems analysis, continual improvement process, supplier relationship management, input quality, process optimization, poor quality cost.

**Bibliografická citace:**

KUBICA, O. *Návrh systému pravidelného monitoringu indexů způsobilosti procesu dodavatelů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2007. 79 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně na základě uvedené literatury a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně 25.5.2007

.....

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Stanislavu Škapovi, Ph.D. za odbornou pomoc a trpělivost na konzultacích při řešení diplomové práce.

Současně bych chtěl poděkovat panu Rudolfovi za poskytnutí nezbytného zázemí potřebného pro sepsání diplomové práce.

Díky patří také panu Hanzlíkovi, který mě podporoval a umožnil mi pracovat na této diplomové práci ve firmě Robert Bosch, s.r.o.

## Obsah

<b>1. DEFINICE POŽADAVKU NA INOVACI A CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>11</b>
1.1 Úvod.....	11
1.2 Představení firmy Robert Bosch, s.r.o. ....	11
1.2.1 Bosch celosvětově.....	12
1.2.2 Bosch v ČR.....	12
1.2.3 Bosch v Českých Budějovicích .....	12
1.2.4 Bosch a kvalita.....	13
1.3 Cíl práce.....	13
<b>2. TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY PROCESNÍ ZPŮSOBILOSTI.....</b>	<b>15</b>
2.1 Úvod do statistického řízení procesů .....	15
2.1.1 Detekce a prevence neshod.....	15
2.1.2 Náhodné a systematické vlivy .....	15
2.1.3 Místní a systémové zásahy .....	18
2.1.4 Zvládnutý proces a způsobilý proces.....	18
2.1.5 Smyčka zlepšování .....	20
2.2 Regulační diagramy .....	21
2.2.1 Atributivní a variabilní znaky .....	21
2.2.2 Výběr regulačního diagramu .....	21
2.2.3 Výpočet charakteristik regulačních diagramů .....	23
2.2.4 Zajištění způsobilosti měřicího systému.....	25
2.2.5 Zajištění způsobilosti stroje .....	29
2.2.6 Zajištění způsobilosti procesu.....	30
<b>3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SPC A PROCESU VSTUPNÍ KONTROLY .....</b>	<b>39</b>
3.1 Analýza statistického řízení procesů v RBCB .....	39
3.1.1 Způsobilost měřidel .....	39
3.1.2 Způsobilost strojů .....	40
3.1.3 Způsobilost procesů .....	40

3.2 Vstupní kontrola v RBCB.....	40
<b>4. NÁVRH ZMĚNY PROCESU VSTUPNÍ KONTROLY .....</b>	<b>42</b>
<b>5. NÁVRH SYSTÉMU PRAVIDELNÉHO MONITORINGU INDEXŮ ZPŮSOBILISTI PROCESU DODAVATELŮ .....</b>	<b>44</b>
5.1 Vyhodnocování způsobilosti u vybraných dodavatelů .....	44
5.2 Stanovení požadavků na cpk – přehledy.....	46
5.3 Využití cpk – přehledů.....	46
5.4 Systém pro předávání cpk – přehledů.....	47
5.4.1 Použití stávajících softwarových nástrojů .....	49
5.4.2 Vyvinutí aplikace určené speciálně pro zpracovávání dat.....	50
<b>6. VYHODNOCENÍ NÁVRHU .....</b>	<b>54</b>
6.1 Technické požadavky .....	54
6.1.1 Hardwarové vybavení .....	54
6.1.2 Softwarové vybavení .....	54
6.2 Personální požadavky .....	55
6.3 Finanční požadavky .....	55
<b>7. PŘEDPOKLADY A HARMONOGRAM REALIZACE.....</b>	<b>59</b>
7.1 Předpoklady realizace .....	59
7.2 Harmonogram realizace .....	59
<b>8. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>61</b>

# 1. DEFINICE POŽADAVKU NA INOVACI A CÍLE PRÁCE

## 1.1 Úvod

Význam kvality se obecně s postupem času stále zvyšuje. V současném průmyslu lze pozorovat kontinuální zostřování konkurenčního boje, při kterém hraje kvalita jednu z hlavních rolí. Při vyrovnanosti ekonomických a technologických dispozic záleží především na systému managementu, jak se kterému podniku bude v dravém konkurenčním prostředí dařit. Kvalita se může stát jazýčkem na vahách (spolu s politikou lidských zdrojů) při určování efektivnosti a tím i úspěšnosti systému řízení.

V otázce systematického řízení kvality je Česká republika poněkud pozadu za nejlépejšími státy světa. Situace se však mění. Především je to vlivem zahraničních společností, které na našem území působí. Tyto společnosti k nám zavedly již propracované systémy řízení, které mají implementované systematické řízení jakosti. Mezinárodní společnosti mají navíc v oblasti své působnosti svoje dodavatele, na které kladou velké nároky v oblasti kvality a které se snaží vychovávat v oblasti systematického řízení kvality.

Dalším faktorem je i ekonomický růst ČR, díky kterému se na trhu uplatňují produkty s vyšší přidanou hodnotou a vyšší kvalitou. Tlak na zvyšování kvality tak přichází jednak od běžných spotřebitelů, jednak od zákazníků organizací, které působí jako dodavatelé nadnárodních společností.

Tato práce vychází z jednoduché základní myšlenky, že výstupy mohou být kvalitní pouze tehdy, pokud jsou kvalitní i vstupy. Ve smyslu trvalého zlepšování kvality jsem se proto zaměřil na zefektivnění procesu vstupní kontroly ve firmě Robert Bosch, s.r.o. Prostředkem k dosažení tohoto cíle je zabezpečení důsledného používání statistického řízení procesů u dodavatelů. Nástrojem procesu zefektivnění vstupní kontroly bude aplikace, jejíž vyvinutí, provázanost se systémem řízení kvality a ekonomické zhodnocení je předmětem této práce.

## 1.2 Představení firmy Robert Bosch, s.r.o.

Diplomovou práci jsem měl možnost zpracovávat u firmy Robert Bosch, s.r.o. se sídlem v Českých Budějovicích. V úvodu práce bych rád tuto firmu představil a vymezil tak oblasti a relace, ve kterých tato firma působí.

### 1.2.1 Bosch celosvětově

Firma Robert Bosch, GmbH se sídlem ve Stuttgartu byla založena v roce 1886. V současnosti má ve světě 260 závodů ve více než 50 zemích. Pro firmu pracovalo v roce 2006 celosvětově 260.000 zaměstnanců, kteří vytvořili obrat 43,7 mld. €. Bosch podniká ve třech hlavních oblastech:

- automobilová technika (160.000 zaměstnanců; obrat 27,2 mld. €),
- spotřební zboží a technika budov (55.000 zaměstnanců; obrat 11,0 mld. €),
- průmyslová technika (45.000 zaměstnanců; obrat 5,5 mld. €)<sup>1</sup>.

Rozdělení koncernu Bosch na podnikové oblasti a oddělení je uvedeno v příloze A, oblasti činností v příloze B.

### 1.2.2 Bosch v ČR

První aktivity na českém území začala firma Bosch vyvíjet na konci 19 století, kdy obchodovala i s firmou Laurin & Klement. Oficiální pobočka v ČSR byla založena v Praze v roce 1920; během komunistické vlády na našem území došlo k přerušení styků a oficiálně se firma Bosch vrátila do ČSFR v roce 1991. V současnosti má firma Bosch v České republice 3 výrobní závody (v Jihlavě, Českých Budějovicích a v Brně). V podnicích Bosch v České republice pracovalo v roce 2006 přes 8.700 zaměstnanců, kteří dosáhli obratu v hodnotě 1,07 mld. €.

### 1.2.3 Bosch v Českých Budějovicích

V roce 1992 byla v Českých Budějovicích založena firma Robert Bosch, s.r.o. jako společný podnik stuttgartského koncernu Bosch, GmbH a Motoru Jíkov, a.s. Od roku 1995 je Bosch jediným vlastníkem této společnosti. Robert Bosch, s.r.o. (RBCB) je součástí divize automobilové techniky – benzínové systémy. Závod v Českých Budějovicích je vybaven moderními technologiemi, má vlastní oddělení vývoje a výzkumu (včetně zkušebny pro dlouhodobé zkoušky). Více než 90% produkce RBCB jde na export téměř všem významným evropským, některým japonským, asijským a jihoamerickým automobilkám. Výrobní program českobudějovického závodu tvoří následující výrobky:

- víka hlav válců,
- elektronické plynové pedály,

---

<sup>1</sup> <http://www.bosch.com/content/language2/html/2119.htm>

- nádržové čerpadlové moduly,
- sací moduly.

Podrobnosti k výrobnímu programu RBCB jsou uvedeny v příloze C.

Obrat RBCB k 1.1.2005 činil 9,04 mld. Kč, pracovalo zde 2.031 zaměstnanců. V oblasti výrobků nádržových čerpadlových modulů se RBCB stal tzv. „vedoucím závodem“. To znamená, že v rámci celého koncernu Bosch má na starosti výzkum a vývoj tohoto výrobku. Kromě závodu v Českých Budějovicích se nádržové čerpadlové moduly vyrábí v následujících závodech:

- TIP, Toluca, Mexiko,
- RBLA-GS (CaP1), Campinas, Brazílie,
- RBRS, Engels, Rusko,
- UAES, Xi'an, Čína.

Souhrn ekonomických ukazatelů koncernu Bosch je uveden v příloze D.

#### 1.2.4 Bosch a kvalita

Bosch je v největším dodavatelem automobilových dílů na světě. Z tak velkého podílu trhu v oblasti velmi striktně dbající na vysokou kvalitu lze usuzovat na velmi důsledné prosazování kvality v koncernu Bosch.

Tento důraz na kvalitu je vyústěním dlouholeté tradice. Zakladatel koncernu Bosch Robert Bosch řekl v roce 1918: „Je to pro mě nesnesitelná myšlenka, že by někdo při zkoušení některého z mých výrobků dokázal, že vytvářím něco podřadného. Proto jsem se vždy pokoušel odvádět pouze takovou práci, která odolá každé věčné zkoušce, jinak řečeno, aby byla to nejlepší z nejlepšího.“<sup>2</sup>

Současné motto obchodní politiky koncernu Bosch je totožné s jiným výrokem Roberta Bosche: „Kvalita je náš největší majetek.“<sup>3</sup>

### 1.3 Cíl práce

V podniku Robert Bosch, s.r.o. se sídlem v Českých Budějovicích (RBCB) je řízení kvality na velmi vysoké úrovni. Na každém systému však lze (ve smyslu trvalého zlepšování) procesy zefektivnit a zajistit tak kvalitativní posun ve fungování managementu jakosti.

---

<sup>2</sup> Zdroj: intranet společnosti Robert Bosch, s.r.o.

<sup>3</sup> Zdroj: intranet společnosti Robert Bosch, s.r.o.

Tato diplomová práce je zaměřena na proces vstupní kontroly v oddělení PUR-Q: oddělení kvality na vstupu. RBCB chce zajistit co nejkvalitnější vstupy. Jakýmkoli zlepšením v oblasti zefektivnění procesů vstupní kontroly či redukce počtu reklamací dodavatelům lze ušetřit čas i peníze na straně RBCB.

Jedním z účinných nástrojů pro zajištění kvality v sériové výrobě je statistické řízení procesů (SPC). RBCB požaduje po svých dodavatelích aplikaci SPC, nicméně u některých dodavatelů (především u dodavatelů se sídlem na východ od německých hranic) lze pozorovat laxnost při uplatňování SPC. Pokud by se však dodavatelé naučili tento nástroj používat požadovaným způsobem, dosáhli by vyšší kvality při řízení svých výrobních procesů. Tím by se zvýšila kvalita na výstupu u dodavatelů a na vstupu v RBCB, zároveň by došlo k poklesu nákladů na nízkou jakost.

V rámci výchovy dodavatelů bude nutné zavést systém, který bude nutit dodavatele používat SPC lépe než doposud a tím zvýšit kvalitu na vstupu v RBCB a snížit náklady na nízkou jakost. To je cílem této diplomové práce.

## **2. TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY PROCESNÍ ZPŮSOBILOSTI**

V kapitole 1 byly uvedeny důvody pro zavedení funkčního SPC u dodavatelů. Obsahem druhé kapitoly je teoretická stat' o statistickém řízení procesů.

### **2.1 Úvod do statistického řízení procesů**

#### **2.1.1 Detekce a prevence neshod**

Používání SPC znamená zařazení zpětné vazby do procesu, díky které je možné procesy řídit. V oblasti kontroly výstupů lze oproti minulosti zaznamenat posun od aplikace detekce neshod k prevenci neshod.

Pokud společnost provádí pouze výslednou kontrolu kvality a vyřazuje neshodné produkty (případně je opravuje), potom provádí politiku detekce neshod. Tento zastaralý přístup však implicitně zaručuje plýtvání, neboť umožňuje investování času a materiálu do produktů, které jsou díky neshodě se specifikacemi neprodejně.

V současnosti se společnosti zaměřují na politiku prevence neshod, tedy předcházení produkce výrobků neshodných se specifikací. Tato myšlenka je logická, jednoduchá a zcela zřejmá, ovšem její aplikace už tak jednoduchá není. Jedním z nástrojů, které firmám při výkonu politiky prevence neshod pomáhají, je SPC.

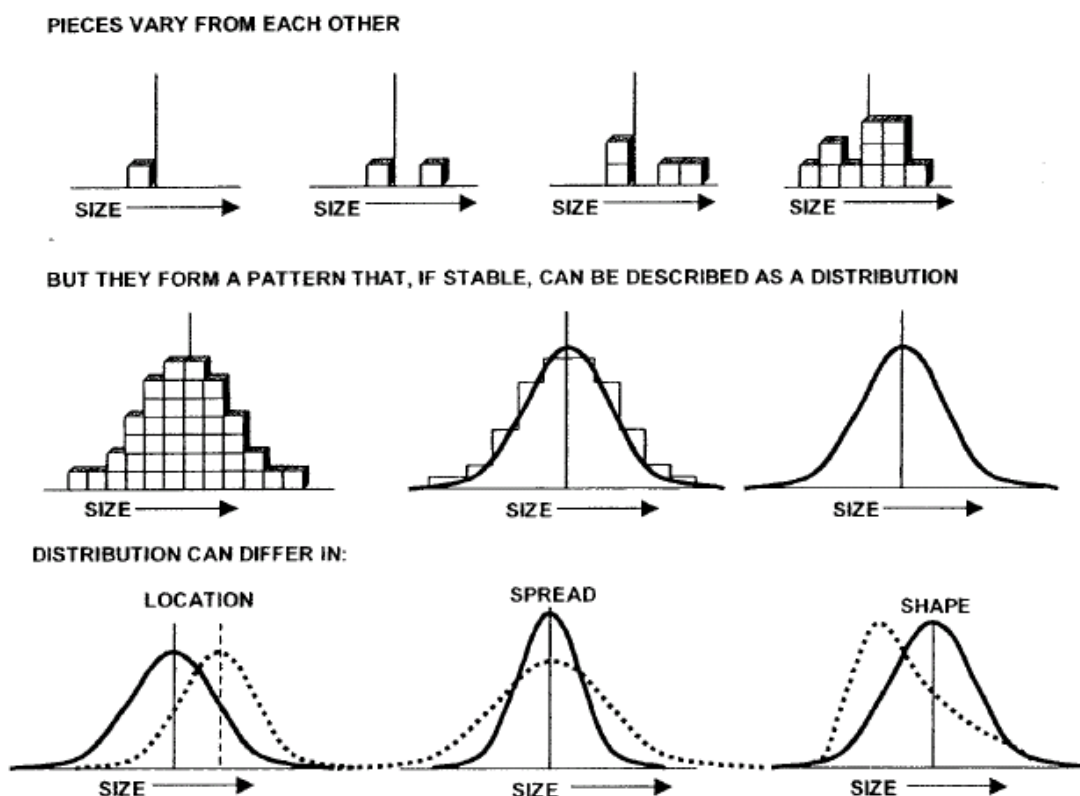
Libovolný systém řízení procesů má za cíl co největší celkovou výkonnost procesu. Ta závisí na komunikaci mezi organizací a zákazníkem, na designu (návrhu) procesu a na způsobu obsluhování procesu. Pokud jsou sbírány správné informace, lze z nich vypožorovat standardní či výjimečný typ chování procesu. Při nestandardním chování je potom nutno provést zásah nikoli do výstupu, ale do procesu – tak, jak to předpokládá strategie prevence neshod.

#### **2.1.2 Náhodné a systematické vlivy**

Každá organizace se snaží zhotovit své produkty tak, aby vyhovovaly specifikaci. Jakákoli výroba však vede k tomu, že každý výrobek se do určité míry liší od všech dosud vyrobených. Změna oproti jiným výrobkům může být podle kvality výrobního procesu zřetelná na první pohled či malá tak, že ji neumíme běžnými prostředky změřit.

V každém případě se však produkty od sebe bez výjimky liší; tato odlišnost je dána variabilitou výrobního procesu.

Ačkoli hodnoty změřených znaků výrobků se od sebe liší a ve statistickém souboru nabývají náhodných velikostí, vyskytují se podle určité zákonitosti. Tato zákonitost (statistické rozdělení) potom popisuje statistický soubor pomocí střední hodnoty znaku, variability hodnot a tvaru popisné křivky. (Obr. 2.1.) Při výskytu pouze náhodných vlivů pracuje proces podle normálního rozdělení.



*Obrázek 2.1: Statistické rozdělení procesů<sup>4</sup>*

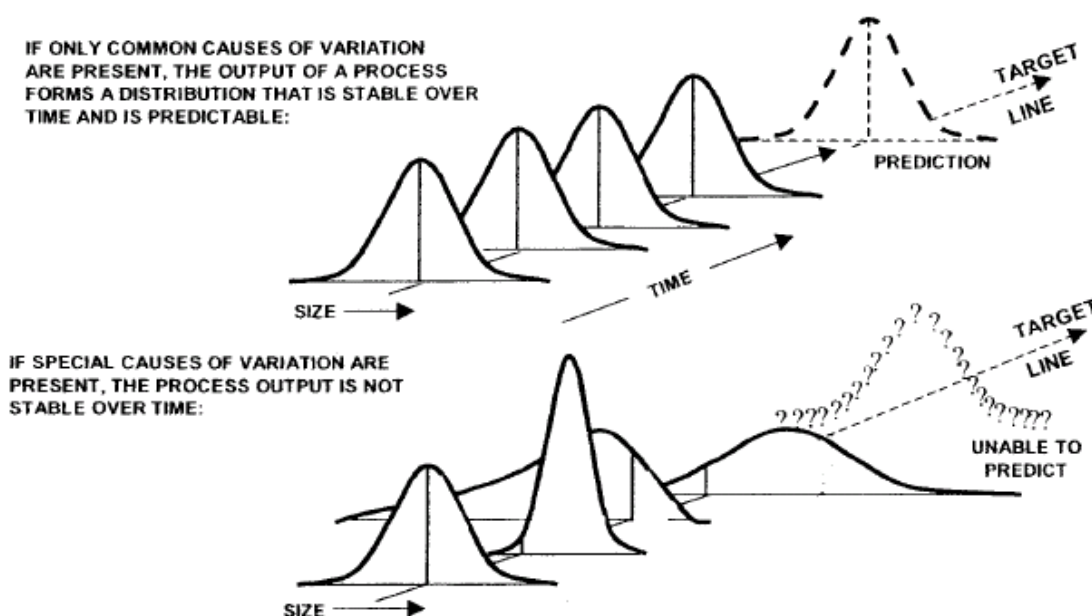
Zdroje variability procesu se obvykle dělí do pěti hlavních skupin: lidé, zařízení, materiál, metody a prostředí. Zdroje proměnlivosti mohou být krátkodobé či dlouhodobé. Dlouhodobé zdroje mohou generování variability s průběhem času zveličovat (např. vliv opotřebení nástroje) nebo se mohou vyskytovat nepravidelně (např. výkyvy napětí).

Cílem organizace je zmenšení variability výrobního procesu. Z toho důvodu je nutné lokalizovat zdroje proměnlivosti. Základní rozdělení těchto zdrojů je rozdělení na náhodné vlivy a systematické vlivy.

<sup>4</sup> Zdroj: (8).

Náhodné vlivy variability jsou přítomny vždy a trvale působí na proces. Cílem je, aby byly přítomny pouze tyto vlivy. Pokud toho organizace dosáhne, proces je „statisticky stabilní“. Tzn., že se nemění statistické rozdělení souboru, ani se významně nemění charakteristiky procesu – střední hodnota a rozptyl. V tom případě jsou výstupy z výrobního procesu předvídatelné.

Systematické vlivy variability procesu jsou takové, které se dají přiřadit určité konkrétní příčině (= vymežitelné příčiny). Ovlivňují jen určitou konkrétní část výstupu procesu, vyskytují se nepravidelně a jejich dopad je nepředvídatelný. Úkolem organizace je odhalit tyto příčiny a provést nápravná opatření. Detekce vymežitelných příčin je možná díky regulačním diagramům (např. přítomnost trendů nebo bodů za regulačními mezemi). Pokud se nepodaří odstranit působení systematických vlivů na proces, stává se tento „statisticky nestabilním“ a výstupy z takového procesu jsou nepředvídatelné. (Obr. 2.2).



Obrázek 2.2: Působení náhodných a systematických vlivů na proces<sup>5</sup>

Vymežitelné příčiny mohou mít na tvar statistického rozložení negativní i pozitivní vliv. V případě negativního působení je nutno zjistit příčinu a odstranit ji. Pokud má vymežitelná příčina pozitivní vliv na statistické rozložení procesu, opět je nutno zjistit příčinu tohoto vlivu a zajistit, aby se stala trvalou součástí procesu (případně i dalších příbuzných procesů).

<sup>5</sup> Zdroj: (8).

### 2.1.3 Místní a systémové zásahy

Opatření ke korekci procesů se dají rozdělit podle zdrojů variability.

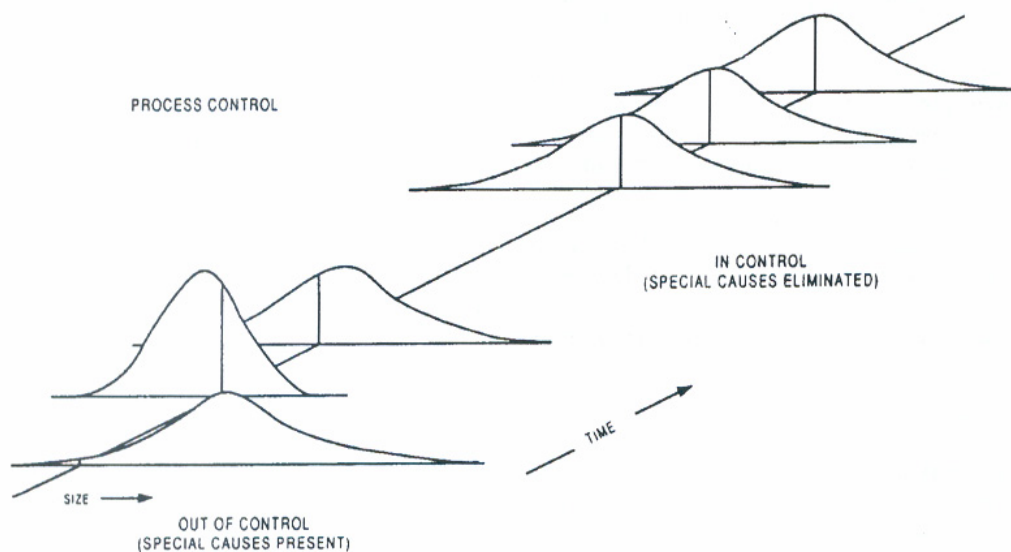
Systematické vlivy většinou vyžadují detailní znalost procesu a proto se na ně aplikuje místní zásah (korekce). Tyto zásahy provádějí osoby velmi dobře obeznámené s procesem. Pouze pokud nejsou všechny systematické vlivy eliminovány pomocí místních korekcí, je potřeba zásahu managementu (systémového zásahu). V případě, že i pak přetrvává nějaká neodstranitelná vymejitelná příčina, může dát zákazník zvláštní uvolnění pro takový proces. Obvykle to však předpokládá jiné zabezpečení shody produktu, např. využitím plánu kontroly a řízení.

Náhodné vlivy lze odhalit, stejně jako vlivy systematické, pomocí regulačních diagramů. Analýza jejich příčin je však obtížnější a může vyžadovat další nástroje. Za odstranění náhodných vlivů je zodpovědný management. Náhodné vlivy se nikdy nepodaří zcela odstranit, je však možné je minimalizovat. Minimalizace těchto vlivů se zpravidla děje prostřednictvím systémových korekčních zásahů, jen zcela výjimečně se dá minimalizace náhodných vlivů dosáhnout místním zásahem. Pomocí systémových zásahů (zásahů managementu) lze odstranit 85%, resp. 96% příčin. Pouze 4%, resp. 15% příčin lze odstranit místními korekčními zásahy. (2), resp. (8)

Je důležité rozlišovat mezi nutností místních či systémových zásahů. Záměna korekčních opatření může být velmi nákladná – např. neustálé seřizování stroje místo zajištění konstantních vstupů prostřednictvím změny dodavatele.

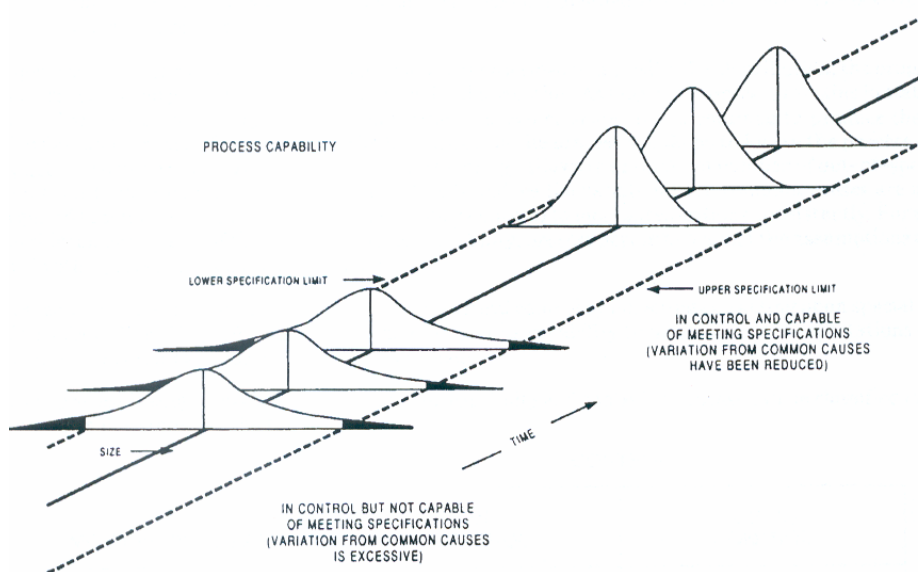
### 2.1.4 Zvládnutý proces a způsobilý proces

Cílem SPC je předpovídat chování procesů a na základě předpovědi tyto procesy řídit. Podmínkou pro úspěšnou předpověď chování procesu je statistické zvládnutí procesu. Tzn., že známe statistické rozdělení procesu a jeho parametry: polohu a rozptyl procesu. Pokud je typ rozdělení, poloha a rozptyl procesu v čase konstantní, je proces statisticky zvládnutý. Toho lze docílit pouze eliminací systematických vlivů (obr. 2.3).



**Obrázek 2.3: Statistické zvládnutí procesu<sup>6</sup>**

Pokud je proces statisticky zvládnutý, nemusí být ještě způsobilý. Rozptyl (variabilita) procesu může být sice konstantní, ale větší, než dovolují specifikace. I když je rozptyl vyhovující, nemusí být proces způsobilý – záleží ještě na jeho poloze (střední hodnotě). Prvním krokem pro dosažení způsobilosti procesu je uvedení procesu do statisticky zvládnutého stavu. Další krok je centrování procesu. Poloha procesu (střední hodnota) musí být co nejbližší cílové hodnotě procesu. Jako poslední je nutné zaměřit se na variabilitu procesu (obr. 2.4).



**Obrázek 2.4: Způsobilost procesu<sup>7</sup>**

<sup>6</sup> Zdroj: (8).

Každý proces lze klasifikovat podle kritérií statistického zvládnutí a způsobilosti procesu (tab. 2.1).

**Tabulka 2.1: Klasifikace procesu.**

		Statistické zvládnutí procesu	
		zvládnutý proces	nezvládnutý proces
Způsobilost procesu	způsobilý proces	<i>proces 1</i>	-
	nezpůsobilý proces	<i>proces 2</i>	<i>proces 3</i>

Zdroj: (8), str. 20.

Cílem každé organizace je *proces 1*, kdy je proces statisticky zvládnutý (nejsou v něm přítomny systematické vlivy) a zároveň způsobilý (střední hodnota a variabilita způsobená náhodnými vlivy jsou v rámci tolerance).

Pokud se výrobní proces chová jako *proces 2*, potom byly odstraněny systematické vlivy a tento proces je předvídatelný. Vykazuje ale neshody, důvodem je špatné zacílení procesu nebo příliš velká variabilita způsobená náhodnými vlivy nebo kombinace obojího.

*Proces 3* je nejhorší typ ze všech procesů – není ani způsobilý ani zvládnutý. Proto se musí realizovat korekční opatření v následujícím pořadí: eliminace systematických vlivů, zacílení procesu, snížení variability procesu (omezení náhodných vlivů).

Důležité je porozumění, co to vlastně je způsobilost procesu a k čemu slouží. Cílem způsobilosti procesu je možnost predikce výstupu procesu. Způsobilost tedy lze počítat až tehdy, když je proces statisticky zvládnutý. Jinak jsou předpovědi zatíženy působením systematických vlivů, které působí na změnu tvaru rozložení, polohu či rozptyl procesu. Data, která se použijí k počítání způsobilosti procesu, musí být shromážděna ze statisticky zvládnutého procesu.

### 2.1.5 Smyčka zlepšování

Aby byl proces co nejvíce efektivní, musí projít několika cykly zlepšování. Následující postup je vhodný pro zvyšování kvality procesů.

#### a) Analýza procesu

Znalost procesu je nezbytnou podmínkou pro jeho vylepšování. Musí být zcela jasné, co je cílem procesu, kde může nastat chyba, co zvyšuje variabilitu, co přesně proces v současnosti dělá, jestli je statisticky zvládnutý, způsobilý a spolehlivý. Při

<sup>7</sup> Zdroj: (8).

zodpovídání těchto otázek jsou velmi účinným pomocným nástrojem regulační diagramy.

#### b) Údržba procesu

Pokud je již chování procesu známo a je způsobilý, měl by být po nějakou dobu udržován v chodu na dosud nejvyšší dosažené úrovni. Prostřednictvím regulačních diagramů je možné stále objevovat nové náhodné příčiny variability procesu a provádět korekční opatření. Na této úrovni je již výstup z procesu shodný s požadavky zákazníka.

#### c) Vylepšení procesu

Společnost, která chce produkovat excelentní kvalitu, musí svoje procesy neustále zlepšovat. Tzn., že musí porozumět procesům do ještě větší hloubky. Tím je možné dále snižovat vliv náhodných příčin variability procesu. Zde lze s výhodou použít např. techniky plánovaného experimentu. Pokud byly provedeny v procesu nějaké změny, musí se opět potvrdit statistické zvládnutí a způsobilost procesu – bod a) Analýza procesu.

Ve všech bodech a), b) a c) se předpokládá využití Demingova cyklu PDSA.

## 2.2 Regulační diagramy

Regulační diagramy jsou prostředkem aplikace SPC. Regulačních diagramů (RD) je několik typů; výběr správného typu závisí na charakteru procesu. Dvě hlavní skupiny RD se dělí podle způsobu statistické regulace. Ta závisí na typu znaku, který se na produktu měří. Znaky mohou mít variabilní či atributivní charakter.

### 2.2.1 Atributivní a variabilní znaky

Variabilní znaky jsou znaky spojité veličiny, které se dají měřit s takovou přesností, kterou dovoluje měřící zařízení. Na tyto znaky se uplatňuje tzv. *statistická regulace měřením*.

Atributivní znaky jsou takové znaky, které mohou nabývat pouze konkrétních hodnot. Klasickým příkladem je použití kalibru, výsledkem může být: ano/ne, 1/0, atd. Na tyto znaky se používá tzv. *statistická regulace srovnáváním*.

### 2.2.2 Výběr regulačního diagramu

Pro statistickou regulaci měřením se využívají následující RD:

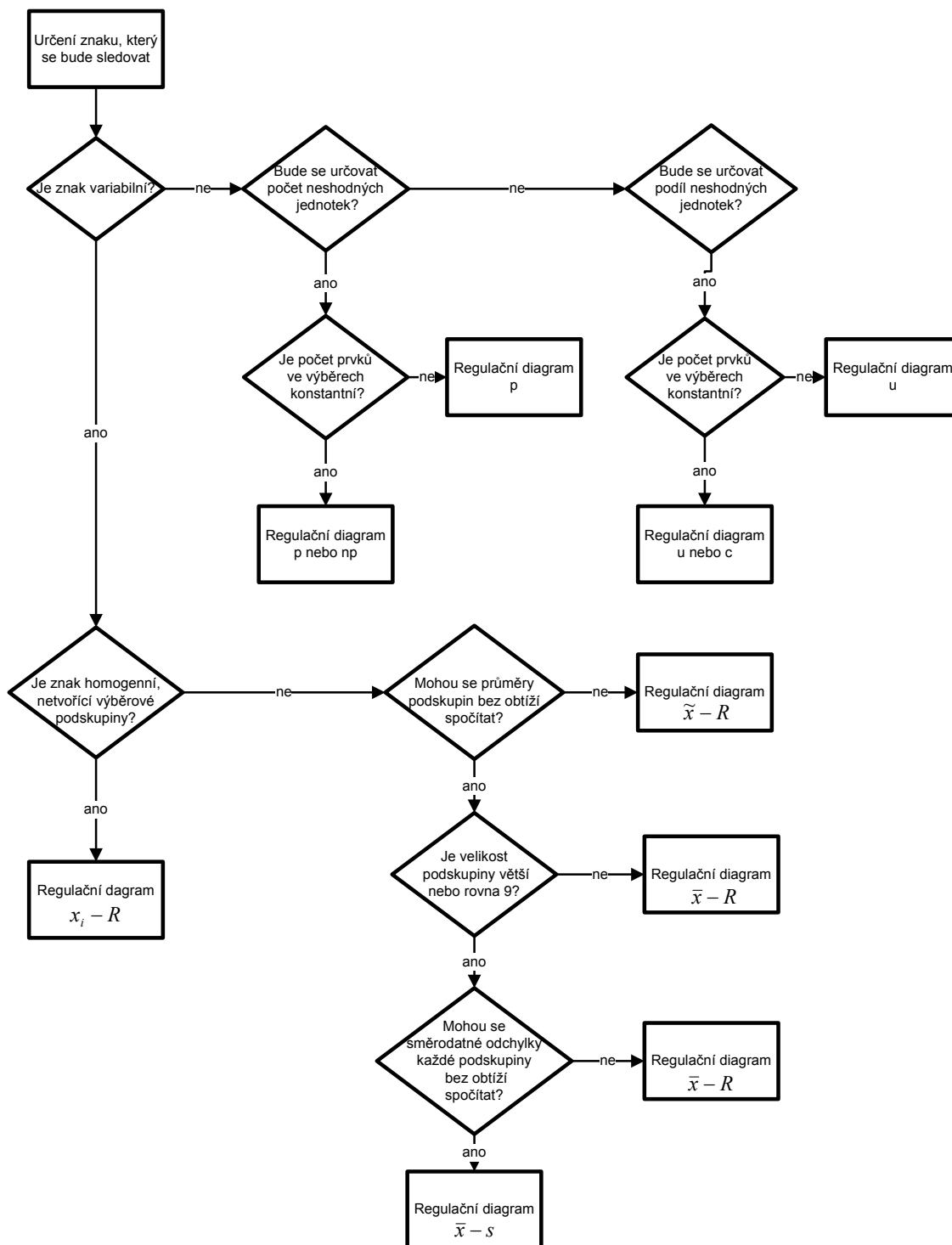
- $\bar{x} - R$  výběrový průměr – výběrové rozpětí,

- $\bar{x} - s$  výběrový průměr – výběrová směrodatná odchylka,
- $\tilde{x} - R$  výběrový medián – výběrové rozpětí,
- $x_i - R$  individuální hodnota – výběrové rozpětí.

Statistická regulace srovnáváním používá tyto RD:

- $p$  podíl neshodných jednotek,
- $np$  počet neshodných jednotek,
- $c$  počet neshod na jednotku nebo na 100 jednotek,
- $u$  podíl neshod na jednotku nebo na 100 jednotek.

Výběr vhodného RD je znázorněn na obr. 2.5.



Obrázek 2.5: Postup výběru správného regulačního diagramu<sup>8</sup>

### 2.2.3 Výpočet charakteristik regulačních diagramů

Obecně se pro neustálé zlepšování výrobních procesů opakují ve smyčce tyto tři body:

<sup>8</sup> Zdroj: (8).

## I. Sběr dat

- sběr dat a jejich zanesení do RD.

## II. Řízení

- výpočet mezí zásahu,
- identifikace vymežitelných příčin,
- korekční opatření pro eliminaci systematických vlivů.

## III. Analýza a zlepšení

- zjištění variability procesu důsledkem náhodných vlivů,
- korekční opatření na potlačení náhodných vlivů.

Pro analýzu a řízení procesu je nutné určit polohu, variabilitu a regulační meze procesu.

a) Poloha procesu se určuje pomocí následujících charakteristik:

- výběrový průměr  $\bar{x}$  : 
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

- výběrový medián  $\tilde{x}$  : 
$$\tilde{x} = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}, \text{ je-li } n \text{ liché,} \quad (2)$$

$$\tilde{x} = \frac{x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}}{2}, \text{ je-li } n \text{ sudé,} \quad (3)$$

- individuální hodnoty  $x_i$ .

b) Variabilita procesu se určuje pomocí následujících charakteristik:

- výběrové rozpětí  $R$  : 
$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (4)$$

- výběrová směrodatná odchylka  $s$  : 
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

c) Regulační meze se určují následujícím způsobem:

- střední hodnota polohy procesu  $\hat{\mu}$  :

$$\Rightarrow \text{počítaná z } \bar{x} : \quad \hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \bar{x}_j \quad (6)$$

$$\Rightarrow \text{počítaná z } \tilde{x} : \quad \hat{\mu} = \bar{\tilde{x}} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \tilde{x}_j \quad (7)$$

- směrodatná odchylka procesu  $\hat{\sigma}$  :

$$\Rightarrow \text{počítaná z } s^2 : \quad \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m s_j^2} \quad (8)$$

$$\Rightarrow \text{počítaná z } \bar{s} : \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{a_n}, \text{ kde} \quad (9)$$

$$\bar{s} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m s_j \quad (10)$$

$$\Rightarrow \text{počítaná z } \bar{R} : \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_n}, \text{ kde} \quad (11)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m R_j \quad (12)$$

$$\blacksquare \text{ horní mez zásahu } UCL : \quad UCL = \hat{\mu} + 3 \cdot \hat{\sigma} \quad (13)$$

$$\blacksquare \text{ dolní mez zásahu } LCL : \quad LCL = \hat{\mu} - 3 \cdot \hat{\sigma} \quad (14)$$

Odhad střední hodnoty procesu  $\hat{\mu}$  a směrodatné odchylky procesu  $\hat{\sigma}$  se počítá pro každý RD jiným způsobem. V této práci uvedu konkrétní postup při použití RD  $\bar{x} - s$ , který se v RCB nejvíce používá.

#### 2.2.4 Zajištění způsobilosti měřicího systému

Jedním ze dvou základních cílů SPC je co možná nejmenší variabilita procesu. Jestliže se činí jakákoli rozhodnutí o procesu na základě naměřených dat, variabilita měřicího systému má velký význam. Variabilita měřicího systému je totiž složkou celkové variability procesu, a proto je proto nutné zajistit měření vhodným měřicím systémem, který nebude mít na celkovou variabilitu významný vliv. Problematikou kontroly způsobilosti a sledování stálosti měřicích procesů se zabývá Measurement Systems Analysis – Reference manual (7). Existuje několik postupů pro ověření způsobilosti měřidla. Výsledkem jsou hodnoty  $c_{gk}$  (index způsobilosti měřidla) nebo %GRR (Gage Repeatability and Reproducibility). Měřicí proces je způsobilý, pokud  $c_{gk} \geq 1,33$  nebo %GRR < 10%.

Lze tedy říci, že naměřená variabilita procesu se nedá přisuzovat pouze měřenému procesu, ale navíc ještě variabilitě měřicího systému. Platí, že:

$$(\text{celková variabilita}) = (\text{variabilita procesu}) + (\text{variabilita měřicího systému}).$$

Variabilita měřicího systému se ve většině případů skládá z variability měřidla, obsluhy měřidla a měřicí metody. V (7) jsou popsány různé metody pro zjištění variability měřicího systému. Dále uvedu pouze metodu „průměru a rozpětí“ ((7), str. 99), která zjišťuje parametr %GRR (podíl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla

na celkové variabilitě procesu). Opakovatelností se rozumí míra vzájemného přiblížení výsledků měření stejné měřené veličiny za rozdílných podmínek měření. Reprodukovatelností se rozumí schopnost měřicího přístroje poskytovat výsledky měření s malým rozptylem při opakovaném měření stejné měřené veličiny za stejných podmínek měření.

### **Metoda průměr-rozpětí:**

Podmínkami použití této metody jsou:

- stálost rozměru měřených objektů během studie variability měřicího systému a
- statisticky nevýznamná interakce mezi měřícím pracovníkem a měřenými díly.

#### *I. Sběr dat*

- a) Zajištění vzorku o  $n > 5$  ks, které reprezentují aktuální nebo předpokládaný rozsah variability procesu.
- b) Označení tří měřících pracovníků jako pracovník  $A$ ,  $B$  a  $C$ . Označení vzorků jako  $1$  až  $n$  tak, aby měřící pracovníci toto označení neviděli.
- c) Provedení kalibrace měřidla, pokud je kalibrace měřidla součástí standardního měřicího procesu.
- d) Změření vzorků  $1$  až  $n$  pracovníkem  $A$  v náhodném pořadí. Změření vzorků  $1$  až  $n$  stejným postupem pracovníky  $B$  a  $C$  tak, aby neviděli výsledky svých kolegů. Zanesení výsledků do formuláře. (Formulář viz příloha E).
- e) Opakování kroku  $d$ ) dvakrát, čímž dostaneme pro vzorky  $1$  až  $n$  tři měření od všech měřících pracovníků  $A$ ,  $B$  a  $C$ .

#### *II. Výpočet %GRR*

Data nashromážděná podle 2.2.4.I se zanesou do formuláře, ze kterého se vypočítají základní charakteristiky. Formulář a vzorce pro výpočet základních charakteristik viz příloha E.

Z formuláře se vypočítá  $\bar{\bar{R}}$  - aritmetický průměr aritmetických průměrů rozpětí hodnot všech dílů podle jednotlivých měřících pracovníků  $A$ ,  $B$  a  $C$  podle vzorce (15).

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C}{3} \quad (15)$$

Dále je nutno vypočítat hodnotu  $\bar{X}_{DIFF}$  (podle vzorce (16)), která udává rozpětí aritmetických průměrů hodnot měřené veličiny všech dílů podle jednotlivých měřících pracovníků A, B a C). (Bližší vysvětlení je v příloze E).

$$\bar{X}_{DIFF} = \bar{X}_{(\max)} - \bar{X}_{(\min)} \quad (16)$$

Rozpětí aritmetických průměrů jednotlivých dílů se vypočítá podle vztahu (17).

$$R_p = \bar{x}_{i(\max)} - \bar{x}_{i(\min)} \quad (17)$$

Po vypočítání charakteristik dle vztahů (15), (16) a (17) se tyto zanesou do stejného formuláře, ze kterého byly vypočítány (viz příloha E).

Potom se vypočítají jednotlivé směrodatné odchylky podle jejich původu (vzorce, potřebné konstanty a formulář viz přílohu E – tabulka „výpočet opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla“. V této tabulce jsou na levé straně uvedeny vzorce a hodnoty příspěvků variability – opakovatelnost, reprodukovatelnost a variabilita vlivem dílů. Na pravé straně jsou vzorce a hodnoty těchto příspěvků variability podle jejich procentuálního podílu na celkové variabilitě.)

Nejprve je nutno vypočítat složku opakovatelnosti měřidla – tedy tu část z celkové variability, která je způsobena vlivem měřidla ( $EV$  – equipment variability =  $\sigma_E$ ), vzorec (18).

$$EV = \bar{R} \cdot K_1 \quad (18)$$

Dále se podle vzorce (19) vypočte variabilita způsobená vlivem měřícího pracovníka ( $AV$  – appraiser variability =  $\sigma_A$ ), která se označuje jako reprodukovatelnost.

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \cdot K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)} \quad (19)$$

Z vypočtených hodnot se podle vztahu (20) získá hodnota GRR (=  $\sigma_M$ ) (opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla).

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (20)$$

Variabilita dílů ( $PV = \sigma_p$ ) se spočítá dle vzorce (21).

$$PV = R_p \cdot K_3 \quad (21)$$

Pokud není známa variabilita procesu ( $TV = \sigma_T$ ), pak ji lze vypočítat podle vztahu (22).

$$TV = \sqrt{GRR^2 - PV^2} \quad (22)$$

Pokud se však jedná o známý proces, pak lze celkovou variabilitu (TV – celkovou směrodatnou odchylku) vypočítat dle vztahu (23) a variabilitu způsobenou vlivem dílů (PV) podle vztahu (24).

$$TV = \frac{\text{variabilita procesu}}{6} \quad (23)$$

$$PV = \sqrt{(TV)^2 - (GRR)^2} \quad (24)$$

Následující vzorce (25), (26), (27) a (28) udávají podíl jednotlivých složek variability procesu. (Součet těchto čtyř složek nedává dohromady 100%.) ((7), str. 116)

$$\%EV = 100 \cdot \left( \frac{EV}{TV} \right) \quad (25)$$

$$\%AV = 100 \cdot \left( \frac{AV}{TV} \right) \quad (26)$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left( \frac{GRR}{TV} \right) \quad (27)$$

$$\%PV = 100 \cdot \left( \frac{PV}{TV} \right) \quad (28)$$

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR} \quad (29)$$

Vztah (29) udává počet rozlišitelných tříd, které mohou být spolehlivě rozpoznány měřícím systémem.

Dle referenčního manuálu MSA (7) (a zároveň požadavkem RBCB) je nutné, aby:

- $ndc \geq 5$ ,
- $\%GRR \leq 10\%$ .

Pokud je  $10\% < \%GRR < 30\%$ , je podle RBCB měřící proces částečně způsobilý. V tomto případě je vyžadována analýza měřícího procesu a následné korekční opatření. Po aplikaci korekčních opatření se vypočítá znovu hodnota  $\%GRR$ . Pokud stále platí  $10\% < \%GRR < 30\%$ , je možné podle zvážení zákazníka měřící proces schválit s podmínkami nebo neschválit.

Pokud platí  $\%GRR > 30\%$ , nelze měřící proces schválit. Analýza měřícího procesu a korekční opatření vedoucí ke snížení hodnoty  $\%GRR$  jsou bezpodmínečné.

### 2.2.5 Zajištění způsobilosti stroje

Abychom mohli řídit proces tak, aby byl způsobilý, je nutná ověřitelnost jeho způsobilosti. Z toho důvodu je nutné mít takový měřicí proces, který je rovněž způsobilý, a který nezatěžuje výsledek měření příliš velkou variabilitou. To je první předpoklad způsobilého procesu. Ověření způsobilosti měřicího procesu viz kap. 2.2.4.

Druhým předpokladem je způsobilost stroje. Postup ověření způsobilosti stroje je obsahem této kapitoly.

Ověření způsobilosti stroje a způsobilosti procesu jsou si velmi podobná, proto na tomto místě uvedu pouze stručný popis vyhodnocování  $c_m$  (indexu způsobilosti stroje) a  $c_{mk}$  (kritického indexu způsobilosti stroje). Detailní popis postupu viz kap 2.2.6, na tomto místě uvedu pouze odlišnosti od analýzy způsobilosti procesu.

Hlavním smyslem této analýzy je ověření stability výrobního procesu. Jedná se o první (počáteční) analýzu způsobilosti procesu; tato analýza má krátkodobý charakter. Z toho vyplývá i největší změna oproti vyhodnocování  $c_{pk}$  (kritický index způsobilosti procesu): způsob odběru vzorků.

Pro vyhodnocení  $c_m$  a  $c_{mk}$  se odebírají vzorky kontinuálně vycházející z procesu. Tzn., že není možné odebírat vzorky náhodně, případně dělat jakékoli přestávky mezi odběry. Výrobní proces vyprodukuje minimálně 50 dílů v nepřerušném výrobním běhu, které je nutné pro účely analýzy  $c_{mk}$  bez přestávek odebrat, indexovat a změřit.<sup>9</sup>

Z naměřených hodnot se vypočítají charakteristiky, pomocí kterých se stanoví  $c_m$  a  $c_{mk}$ .

Poloha procesu ( $\hat{\mu}$ ) se určí aritmetickým průměrem naměřených dílů ( $\bar{x}$ ) a spočítá se podle vzorce (1). Variabilita procesu ( $\hat{\sigma}$ ) se určí směrodatnou odchylkou ( $s$ ) a spočítá se podle vzorce (5).

Tyto charakteristiky se zanesou do RD a provede se analýza stability procesu. Postup viz kap. 2.2.6 C. Pokud proces nevyhovuje stanoveným kritériím, je nutné přijmout korekční opatření. Následně se znovu ověří stabilita opakováním stejného postupu. V případě, že proces stanoveným kritériím vyhovuje, vypočítají se indexy způsobilosti stroje.

Index způsobilosti stroje  $c_m$  se spočítá podle vztahu (30):

---

<sup>9</sup> Pro měření produktů je nutné použít měřicí systém s ohodnocenou a požadavky splňující analýzou měřicího systému (viz kap. 2.2.4).

$$c_m = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s} \quad (30)$$

Tento index vyjadřuje variabilitu procesu vzhledem k jeho povolené variabilitě (ke specifikacím). Neuvažuje však shodu polohy procesu se středem tolerance.<sup>10</sup>

Kritický index způsobilosti stroje  $c_{mk}$  se spočítá dosazením do vzorce (31):

$$c_{mk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot s}, \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot s} \right\} \quad (31)$$

Tento index udává poměr zákazníkem povolené variability (= šířkou tolerančního pole) a variabilitou procesu při současném uvažování zacílení procesu. V tomto případě se tedy bere v potaz shoda „hlasu procesu“ s „hlasem zákazníka“.<sup>11</sup> (8)

Aby bylo možné považovat analýzu stroje za vyhovující požadavkům, musí být splněny následující podmínky (32) a (33):

$$c_m \geq 1,67 \quad (32)$$

$$c_{mk} \geq 1,67 \quad (33)$$

Dále se v procesu nesmí vyskytovat žádné body za mezemi zásahu ani trendy či jakékoli nenáhodné výstupy procesu. Tyto požadavky jsou totožné s požadavky na  $c_{pk}$  a jsou detailněji popsány v kap. 2.2.6.

### 2.2.6 Zajištění způsobilosti procesu

Analýza způsobilosti procesu je nástrojem statistické regulace procesu (SPC). Díky tomuto nástroji je možné předcházet vadám a tím šetřit čas a peníze, které by se vynaložily při uplatňování pouhé kontroly procesu (viz kap. 2.1.1). Pro smysluplnou analýzu způsobilosti procesu je nutné splnění následujících základních požadavků.

- Zajištění prostředí, které je vhodné pro SPC. V organizaci nesmí být prostředí, které potlačuje upřímnost, otevřenost a inovaci. Navíc musí být zaručena informovanost o principu a významu SPC pro všechny pracovníky, kterých se to týká.
- Stanovení dílů a znaků, na které se bude aplikovat SPC. V první řadě je nutné aplikovat SPC všude tam, kde to vyžaduje zákazník. Dále je vhodné používat SPC u dílů s vysokým podílem plýtvání (zmetkovitost, vícepráce...). Pro určení znaků může být ekonomicky výhodné neměřit přímo předmět zájmu,

<sup>10</sup> Bližší informace viz kap. 2.2.6 D – b), c), interpretace indexu způsobilosti procesu  $c_p$ .

<sup>11</sup> Bližší informace viz kap. 2.2.6 D – b), c), interpretace kritického indexu způsobilosti procesu  $c_{pk}$ .

ale jiný znak, který s ním prokázaně koreluje. Záleží samozřejmě na náročnosti měření jednotlivých znaků (a také na prokázání a síle korelace mezi nimi).

- Definování procesu. Musí být zajištěno porozumění procesu. Na proces působí mnoho různých vlivů, které se obecně rozdělují do pěti skupin – lidé, stroje, metody, okolí a materiál. Je nutné porozumět podílu těchto složek na celkové variabilitě procesu. Pro tyto účely je vhodné použití základních nástrojů řízení jakosti (např. Ishikawův diagram či flow-chart pomáhají vizualizovat a algoritmizovat proces).
- Definování měřicího systému. Záleží na typu SPC. Měřicí systém se bude lišit podle použití statistické regulace měření či srovnáváním. Dále je nutné stanovit podmínky pro měření<sup>12</sup>, aby bylo možné srovnávat výsledky dosažené v čase. Měřicí systém musí vyhovovat požadavkům MSA (viz kap. 2.2.4).
- Minimalizace variability. Nadbytečná variabilita procesu, jejíž příčiny jsou zjevné i bez použití RD, musí být odstraněna.  $C_{pk}$  je možné vyhodnocovat teprve tehdy, když je proces stabilní. Tzn., že jsou odstraněny vymezitelné příčiny (kap. 2.1.2) a  $c_{mk} \geq 1,67$  (kap. 2.2.5).

V bodech A., B. a C. uvádím postup při tvorbě regulačních diagramů a vyhodnocování indexu způsobilosti a kritického indexu způsobilosti.

#### A. Sběr dat

Abychom mohli určit způsobilost procesu, musíme z něj získat výstupy a ty potom přeměřit. Prvním krokem pro vyhodnocení  $c_p$  a  $c_{pk}$  je tedy sběr dat.

a) *Velikost podskupiny, frekvence odběru a počet podskupin.*

Vzorky v podskupině jsou získány kontinuálním odběrem ze zkoumaného procesu. Velikost podskupiny  $n$  se volí tak, aby nebyla příliš velká (a tedy nákladná). Zároveň však musí být dostatečně velká pro stanovení variability uvnitř podskupiny. Obecně se  $n$  volí  $2 \div 10$ , v RCB je doporučená velikost podskupiny  $n = 5$ .

Frekvence odběrů se volí tak, aby bylo možné odhalit změny procesu v čase. Odběr by se měl uskutečňovat tak často, aby zachytil všechny příležitosti ke změně procesu. Má se uskutečnit např. při změně směny, při zahřívání strojů nebo při změně dodavatele (obecně při jakékoli změně v procesu).

---

<sup>12</sup> Podmínky: co, kdy, kde a jak se bude měřit.

Počet podskupin  $m$  musí být dostatečný pro dobrý odhad střední hodnoty procesu (polohy procesu) a směrodatné odchylky procesu (variability procesu). Doporučení automobilek Ford, Chrysler a GM (8) je počet podskupin  $m \geq 25$  a počet jednotlivých naměřených hodnot  $\geq 100$ . RBCB doporučuje počet podskupin  $m \geq 25$  a počet jednotlivých naměřených hodnot  $\geq 125$ .

b) *Stanovení RD a zapsání dat.*

Podle charakteru procesu je nutné vybrat správný regulační diagram (viz kap. 2.2.2). V tomto případě popisují RD  $\bar{x} - s$ . Ve většině případů není vyžadován jednotný vzhled RD, v každém z nich by však měly být následující údaje:

- graf pro zanesení hodnot polohy procesu (v tomto případě  $\bar{x}$ ),
- graf pro zanesení hodnot variability procesu (v tomto případě  $s$ ),
- tabulka s naměřenými hodnotami,
- místo pro výpočet charakteristik polohy procesu ( $\bar{x}$ ) a variability procesu ( $s$ ),
- identifikace zanesených dat (č. šarže, datum, čas).

Do tohoto formuláře zaneseme data získaná podle bodu A.a).

c) *Výpočet charakteristik polohy a variability pro každou podskupinu.*

Pro každou podskupinu je nutné vypočítat charakteristiky polohy a variability procesu. V našem případě je to výpočet aritmetického průměru  $\bar{x}$  podle vztahu (1) a směrodatné odchylky  $s$  podle vztahu (5).

d) *Zakreslení charakteristik do RD.*

Po vypočítání  $\bar{x}$  a  $s$  pro každou podskupinu se tyto charakteristiky zanesou do RD. Data se zanesou do tabulky k naměřeným hodnotám i do příslušných grafů polohy a variability. Pro dobrou vizualizaci procesu je nutné zvolit vhodná měřítka grafů. Doporučuje se, aby rozsah grafu byl dvojnásobkem rozpětí všech průměrných hodnot.

## **B. Výpočet mezí zásahu**

Po sběru dat a jejich zanesení do grafu je nutné vypočítat meze zásahu, aby bylo možné předcházet neshodám.

a) *Výpočet aritmetických průměrů polohy a variability procesu.*

Pro výpočet mezí zásahu je nutné nejdříve určit aritmetické průměry polohy a variability z hodnot vypočítaných pro každou podskupinu. Aritmetický průměr polohy procesu se spočítá podle vztahu (6). Aritmetický průměr směrodatných odchylek se vypočítá podle vzorce (10).

b) *Výpočet mezí zásahu*

Meze zásahu určují rozsah, v jakém se budou měnit charakteristiky polohy i variability procesu, pokud budou na proces působit pouze náhodné vlivy. Meze zásahu se určují z velikosti podskupin  $n$  a z průměrů charakteristik polohy a variability procesu vypočítaných podle bodu B.a). Meze zásahu se spočítají z následujících vzorců:

- horní mez zásahu pro graf variability (směrodatné odchylky)

$$UCL_s = B_4 \cdot \bar{s} \quad (34)$$

- dolní mez zásahu pro graf variability (směrodatné odchylky):

$$LCL_s = B_3 \cdot \bar{s} \quad (35)$$

- horní mez zásahu pro graf polohy (průměrných hodnot):

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3 \cdot \bar{s} \quad (36)$$

- dolní mez zásahu pro graf polohy (průměrných hodnot):

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3 \cdot \bar{s} \quad (37)$$

**Tabulka 2.2: Koeficienty pro výpočet mezí zásahu RD.**

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B_4$	3,27	2,57	2,27	2,09	1,97	1,88	1,82	1,76	1,72
$B_3$	-	-	-	-	0,03	0,12	0,19	0,24	0,28
$A_3$	2,66	1,95	1,63	1,43	1,29	1,18	1,10	1,03	0,98

c) *Zakreslení průměrů charakteristik a mezí zásahu do RD*

Posledním krokem konstrukce RD je zanesení průměrných hodnot variability a polohy procesu<sup>13</sup> spolu s mezemi zásahu<sup>14</sup> do grafů v RD.

### C. Interpretace RD pro řízení procesu

Pokud budou na proces působit pouze náhodné vlivy, budou se hodnoty v RD nacházet uvnitř regulačních mezí. Analýzou RD je možné ověřit, že proces je stále stabilní a předvídatelný. Tzn., že nenastaly změny v poloze ani ve variabilitě procesu.

a) *Analýza grafu variability a polohy*

Analýzou grafů v RD se zjišťuje, zda dochází k nenáhodnému chování procesu. Tzn., že se testuje, zda se vyskytuje alespoň k jeden z následujících průběhů:

<sup>13</sup> Podle B.a).

<sup>14</sup> Podle B.b).

- body ležící mimo regulační meze,
- body ležící po jedné straně střední čáry (systematická odchylka),
- body tvořící monotónně rostoucí nebo klesající řadu (trend).

Pro ověření náhodnosti chování procesu se používají testy vymezených příčin. Oblast mezi  $UCL$  a  $LCL$  se rozdělí na šest zón ( $1 \text{ zóna} = 1 \sigma$ ). Zóna C je ve vzdálenosti  $1 \sigma$  nad a pod centrální přímkou, následuje zóna B (v obou směrech od centrální přímkou) a zóna A hraničí s  $UCL$  a  $LCL$ . Grafické znázornění viz příloha F. Testy jsou následující: ((2), str. 31).

- jeden bod leží za zónou A,
- devět bodů v řadě za sebou leží v zóně C nebo za ní,
- šest bodů v řadě za sebou je plynule stoupajících nebo klesajících,
- čtrnáct bodů v řadě za sebou pravidelně za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů,
- dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v zóně A nebo mimo ni,
- čtyři z pěti bodů za sebou leží v zóně B nebo za ní,
- patnáct bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod centrální přímkou),
- osm bodů v řadě za sebou leží na obou stranách centrální přímkou, avšak žádný bod neleží v zóně C.

*b) Nalezení systematických vlivů a zjištění jejich příčin*

Pokud je vše v pořádku a v procesu se nevyskytuje žádné nenáhodné chování, lze přikročit k výpočtu způsobilosti procesu  $c_p$  a  $c_{pk}$  (viz D).

Pokud některý z testů uvedených v C.a) prokázal přítomnost systematických vlivů, je nutné další studium procesu. Pokud nepomohou standardní nástroje kvality, je možné využít techniku plánovaného experimentu. V každém případě je nutné lépe porozumět procesu a odhalit příčinu systematického vlivu. Po odhalení příčiny je nutno tuto odstranit a zajistit, aby se ani v budoucnu nemohla znovu vyskytovat a způsobit nepředvídatelné chování procesu.

Nikdy není možné mít absolutně bezchybné a bezproblémové procesy. Pokud by tomu tak bylo, nepotřebovali bychom RD. Cílem RD není ideální stav, kdy se během času nemůže vyskytnout neshodný výstup z procesu, ale ekonomicky únosný stav řízeného procesu. Díky schopnosti řízení procesu je potom možné reagovat na jeho změny a předcházet neshodám.

Zasahování do procesu vyžaduje rozvahu. I pokud je proces statisticky stabilní, může nastat případ chybného varování před systematickým vlivem. Je nutné ověřit, že se skutečně jedná o působení systematického vlivu. Pokud tomu tak není a na proces působí pouze náhodné vlivy, pak jakýkoli korekční zásah do procesu výstupy spíše zhorší než zlepší (viz kap. 2.1.3).

#### D. Výpočet způsobilosti procesu

Pro výpočet způsobilosti procesu je nutné, aby byla splněna kritéria uvedená v kap. 2.2.4 a 2.2.5. (přípustná variabilita měřicího systému a ověření způsobilosti stroje). Další postup viz 2.2.6 – body A., B. a C.

Jestliže je proces statisticky stabilní, neznamená to ještě, že je způsobilý produkovat výrobky shodné se specifikací zákazníka. Tuto způsobilost je možné ověřit pomocí indexu způsobilosti procesu  $c_p$  a kritického indexu způsobilosti  $c_{pk}$ . Nejprve je však nutno vypočítat odhad směrodatné odchylky procesu.

##### a) Výpočet odhadu směrodatné odchylky procesu

Odhad směrodatné odchylky procesu  $\hat{\sigma}$  se počítá podle následujícího vzorce:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad (38)$$

kde se konstanta  $c_4$  dosadí z tabulky 2.3:

**Tabulka 2.3: Konstanta  $c_4$  pro výpočet směrodatné odchylky procesu.<sup>15</sup>**

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c_4$	0,798	0,886	0,921	0,940	0,952	0,959	0,965	0,969	0,973

##### b) Výpočet způsobilosti procesu

Index způsobilosti procesu  $c_p$  je poměr mezi šířkou tolerančního pole ( $USL - LSL$ ) a délkou konfidenčního intervalu pro jednotlivá měření, který lze vyjádřit pomocí násobků  $\hat{\sigma}$  (2). Spolehlivosti 99,73% odpovídá délka intervalu  $6 \cdot \hat{\sigma}$ . Index způsobilosti procesu se vypočítá podle vztahu (39):

$$c_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \hat{\sigma}} \quad (39)$$

Index  $c_p$  vlastně vyjadřuje poměr šířky tolerance k variabilitě výrobního procesu bez ohledu na zacílení procesu (polohu procesu).

<sup>15</sup> Zdroj: (5).

Informaci o poměru šířky tolerance k variabilitě procesu s uvažováním polohy procesu dává tzv. kritický index způsobilosti procesu  $c_{pk}$ . Kritický index způsobilosti procesu dostaneme po dosazení do vzorce (40):

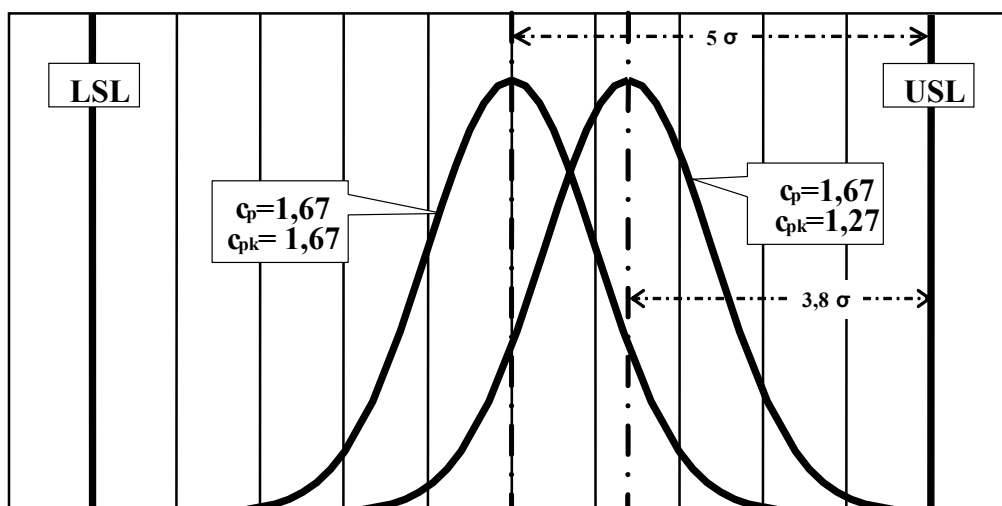
$$c_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}}; \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}} \right\} \quad (40)$$

Grafické znázornění vztahu obou indexů  $c_p$  a  $c_{pk}$  viz obr. 2.6.

Aby byl proces způsobilý musí být splněny následující podmínky:

$$c_p \geq 1,33 \quad (41)$$

$$c_{pk} \geq 1,33 \quad (42)$$



Obrázek 2.6: Vztah indexů  $c_p$  a  $c_{pk}$ .

### c) Interpretace indexu způsobilosti procesu

Cílem organizace musí být neustálé zlepšování procesů. V reálném světě jsou však všechny zdroje omezené, proto se musí stanovit priority zásahů. Vodítkem při stanovování priorit je index  $c_{pk}$ , který udává hodnoty způsobilosti procesů (šířka tolerance v poměru k variabilitě procesu s uvažováním polohy procesu). Tato hodnota může určit, na které procesy je nutné se zaměřit okamžitě a které procesy budou muset být zlepšeny v budoucnu.

Pokud se ukáže, že proces není způsobilý ( $c_{pk} < 1,33$ ), organizace musí učinit některé z následujících korekčních opatření.

- Redukce variability procesu. Tato variabilita je způsobena náhodnými vlivy a proto je nutná aktivita managementu (viz kap. 2.1.3).
- Centrování procesu. Používá se v případě, kdy index  $c_p$  může splňovat kritéria, avšak vlivem posunu střední hodnoty procesu od středu tolerančního pole není proces způsobilý. I centrování procesu vyžaduje aktivitu managementu.
- Stoprocentní kontrola na výstupu procesu s následným vyzmetkováním či přepracováním neshodných produktů. Tento postup předpokládá plýtvání a zvyšuje výrobní cenu produktu.
- Rozšíření tolerančního pole. Toto opatření lze přijmout pouze po dohodě se zákazníkem. Existuje však riziko nespokojenosti zákazníka, navíc se tímto opatřením proces nezlepší.

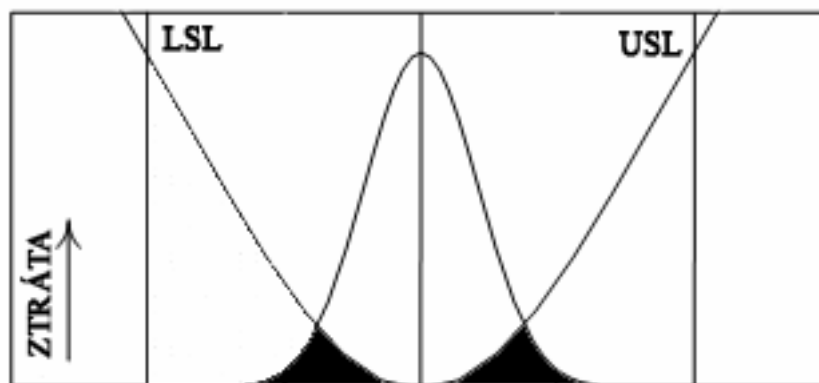
Pokud je proces způsobilý ( $c_{pk} > 1,33$ ), pak jeho výstupy odpovídají specifikacím. Pokud ve smyslu neustálého zlepšování procesů<sup>16</sup> zasáhl management do takového (způsobilého) procesu za účelem zeslabení náhodných vlivů, je nutné věnovat analýze RD zvýšenou pozornost. (Zlepšení způsobilých procesů obvykle vyžaduje použití pokročilých statistických metod, např. techniku plánovaného experimentu.)

V případě příznivého působení přijatých opatření se výsledek projeví v RD. Po realizaci změn se opět přepočítají nové meze zásahu. Pro jejich stanovení se považuje za dostatečné odebrání nových vzorků v rozsahu  $m = 25$  podskupin. ((8), str. 63).

Kontinuální zmenšování variability rozptylu je výhodné pro snižování nákladů na neshodné produkty. Podle ztrátové křivky jsou tyto náklady nejmenší ve středu tolerančního pole a kvadraticky rostou. Čím dále od středu tolerance, tím větší náklady na neshody. Pokud do se stejných tolerančních mezí zakreslí Gaussova křivka analyzovaného procesu, udává průnik obou ploch pod křivkou velikost nákladů na neshodné produkty. (Grafické znázornění viz obr. 2.7).

---

<sup>16</sup> Požadavek v kapitole 8.5.1.2 v normě ČSN ISO/TS 16949.



Obrázek 2.7: Průnik Gaussovy křivky a křivky ztrát.

Čím menší bude variabilita, tím větší bude index  $c_{pk}$ . S růstem indexu  $c_{pk}$  klesá pravděpodobnost neshody. Číslo *ppm* udává počet neshodných kusů v milionu vyrobených; tabulka 2.4 znázorňuje vztah mezi indexem  $c_{pk}$  a počtem neshodných kusů v milionu vyrobených (*ppm*).

Tabulka 2.4: Vztah mezi indexem způsobilosti a výtěžností procesu.<sup>17</sup>

Interval tolerance ( $c_{pk}$ )	Pravděpodobnost shody [%]	Podíl neshodných jednotek	ppm
$\pm 1 \sigma$ (0,33)	68,26	0,3174	
$\pm 2 \sigma$ (0,67)	95,44	0,0456	
$\pm 3 \sigma$ (1,00)	99,73	0,0027	2700
$\pm 4 \sigma$ (1,33)	99,99366	0,0000634	63,4
$\pm 5 \sigma$ (1,67)	99,999943	0,00000057	0,57
$\pm 6 \sigma$ (2,00)	99,9999998	0,000000002	0,002

Z obr. 2.7 a tab. 2.4 je zřejmé, jak velký význam má snižování variability na počet neshod a tím i na náklady vynaložené na neshody.

<sup>17</sup> Zdroj: (2).

### 3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SPC A PROCESU VSTUPNÍ KONTROLY

#### 3.1 Analýza statistického řízení procesů v RBCB

##### 3.1.1 Způsobilost měřidel<sup>18</sup>

V RBCB je v provozu cca 7000 měřidel. Jejich dohledatelnost, pohyb, kontrolu (evidenci) má na starosti oddělení QMM 6. Všechny etalony mají zpracovanou analýzu nejistoty měření. Kalibrace se provádí buď externí (výrobci nebo akreditované firmy) nebo interní. Evidence měřidel je podporována softwarem IQ-BASIS, zálohování dat obstarává firma Oracle.

Způsobilost měřidel je v RBCB vyhodnocována pomocí indexu způsobilosti měřidla ( $c_g$ ) a kritického indexu způsobilosti měřidla ( $c_{gk}$ ). Měřidlem se  $n \geq 25$ -krát v definovaných měřicích bodech, které jsou dokumentovány, změří kalibrovaný etalon. Etalon má referenční hodnotu  $x_m$ . Naměřené hodnoty se zanesou do tabulky, ze které se vypočítá střední hodnota  $\bar{x}$  podle vztahu (1) a směrodatná odchylka  $s$  podle vztahu (5).

Hodnota  $c_g$  se vypočítá pomocí vzorce (43).

$$c_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s} \quad (43)$$

Hodnota  $c_{gk}$  se vypočítá pomocí vzorce (44).

$$c_{gk} = \frac{0,1 \cdot T - |\bar{x} - x_m|}{3 \cdot s} \quad (44)$$

Aby bylo měřidlo způsobilé, musí být splněny podmínky (45) a (46):

$$c_g \geq 1,33 \quad (45)$$

$$c_{gk} \geq 1,33 \quad (46)$$

Informace o způsobilosti měřidel jsou předávány do oddělení QMM 7, kde jsou vyžadovány jako podmínka pro uvolnění výroby.

---

<sup>18</sup> Zdroj: Ing. Tušík, RBCB, oddělení QMM 6.

### 3.1.2 Způsobilost strojů<sup>19</sup>

Způsobilost strojů je vyhodnocována pomocí indexů  $c_m$  a  $c_{mk}$  s využitím softwaru QS-STAT. Standardní postup v RBCB je takový, že se vyrobí 100 dílů. Z nich se vybere 50 po sobě jdoucích dílů a z těch se vytvoří skupiny po pěti (viz kap. 2.2.5). Indexy  $c_m$ , resp.  $c_{mk}$ , se spočítají podle vzorce (30), resp. (31). Způsobilost strojů je vyhovující, pokud jsou splněny podmínky (32) a (33).

Informace o výsledcích analýzy způsobilosti strojů jsou předávány do oddělení QMM 7, kde jsou vyžadovány jako podmínka pro uvolnění výroby.

### 3.1.3 Způsobilost procesů<sup>20</sup>

Po splnění podmínek (45), (46), (32) a (33) je pracoviště uvolněno oddělením QMM 7. Následuje analýza způsobilosti procesu (dlouhodobá analýza). Ta je ověřována indexy  $c_p$  a  $c_{pk}$ . Sběr dat se provádí podle pravidel uvedených v kap. 2.2.6. Standardně je minimální rozsah dat pro vyhodnocení  $c_p$  a  $c_{pk}$   $n = 5$  dílů a  $m = 25$  odběrů, tedy  $N = 125$  hodnot. Vyhodnocení indexů způsobilosti procesu se počítá podle vzorců (34) až (42).

K výpočtům se používá software QS-STAT. Data jsou do něj podle možnosti zadávána buď manuálně nebo automaticky.

RD se archivují po dobu jednoho roku v RBCB, poté se předávají k archivaci externí firmě.

Informace o způsobilosti procesu jsou zákazníky od firmy RBCB požadovány velmi nepravidelně. Např. zástupci Fiatu doposud žádná taková data nepožadovali, zástupci BMW požadují zdrojová data při výskytu problému.

## 3.2 Vstupní kontrola v RBCB

Aby mohla firma RBCB dodávat produkty tak náročným zákazníkům, jakým jsou automobilky, musí dodávat vysoce kvalitní produkty. Ty lze vyrobit pouze s použitím kvalitních vstupů. Zajištěním kvalitních vstupů se zabývá oddělení vstupní kontroly.

V RBCB je implementován komplexní informační systém SAP, který podporuje mimo jiné i oblast vstupní kontroly. Dokumentovaným postupem se do něj zakládají zkušební plány, které zajišťují včasnou kontrolu vstupů ve stanoveném rozsahu.

---

<sup>19</sup> Zdroj: Ing. Přidal, RBCB, oddělení MOE 13.

<sup>20</sup> Zdroj: Ing. Pecha, RBCB, oddělení QMM 7 a Ing. Jakubec, RBCB, oddělení MOE 23.

Pravidelně se provádějí náměry vzorků, jsou požadovány materiálové atesty, provádí se vzorkování, verifikace první sériové dodávky, uvolnění, rekvalifikace. K zabezpečení vstupní kvality dále slouží nástroje jako VQS (preventivní zabezpečení kvality), technický pohovor, 8D.

Nástrojů pro zabezpečení kvality se používá mnoho, avšak ani za této situace není proces vstupní kontroly efektivní.<sup>21</sup> Velmi důsledně se dbá na to, aby dodavatel před SOP (spuštěním výroby) splňoval všechna kritéria; v maximální míře je zde uplatňována prevence. Když ale dodavatel splní veškerá kritéria a dostane se za SOP, začíná se v RBCB vzhledem k dodavatelům uplatňovat spíše kontrola než prevence (především náměry dílů, jednou ročně vyžádání materiálových atestů či rekvalifikace). V této oblasti je možné hledat v systému vstupní kontroly největší rezervy.

Dodavatelé jsou za plnění požadavků RBCB pravidelně hodnoceni. Hodnocení probíhá ve dvou režimech: měsíční a pololetní. Pokud chtějí dodavatelé dlouhodobě s RBCB spolupracovat, musí mít odpovídající hodnocení.

Měsíční hodnocení kvality se skládá ze tří kritérií: *ppm* (počet vadných kusů v milionu), *EMKZ* (hodnota udávající neshody během verifikace) a *PLKZ* (hodnota udávající neshody po SOP – v sériové výrobě). Toto hodnocení má pro dodavatele spíše informativní charakter.

Pololetní hodnocení dodavatelů je komplexní a má dopad na další poptávání dodavatelů. Jedním z kritérií pololetního hodnocení dodavatelů je kvalita, jejíž výsledek je kombinací pěti dalších oblastí evaluace. Tyto oblasti jsou:

- typ certifikovaného systému řízení jakosti,
- kvalita během vzorkování,
- kvalita sériové výroby,
- komunikace,
- spolupráce.

Oblast hodnocení „kvalita sériové výroby“ obsahuje poměr hodnot *ppm* a *PLKZ*, tedy informace o již dodaných neshodných výrobcích. V oblasti hodnocení „kvalita sériové výroby“ tedy není obsaženo žádné kritérium, které vyjadřuje úsilí dodavatele o **prevenci neshodných výrobků**. Tato skutečnost se jeví jako největší příležitost ke zlepšení, jejíž využití by přineslo *zvýšení kvality na vstupu a ekonomické úspory*.

---

<sup>21</sup> Zdroj: Ing. Šisler, RBCB, oddělení PUR-Q.

#### 4. NÁVRH ZMĚNY PROCESU VSTUPNÍ KONTROLY

Pokud má být provedena v procesu vstupní kontroly změna zacílená na zvýšení efektivity vstupní kontroly, důraz musí být kladen na prevenci. V kap. 2 byl popsán efektivní nástroj pro prevenci neshod – statistické řízení procesů.

Všichni dodavatelé RBCB používají SPC jako nástroj pro prevenci neshod. Někteří dodavatelé používají tento nástroj s plným vědomím jeho účinnosti, někteří ho bohužel používají pouze kvůli tomu, že je to požadavek RBCB. V těchto případech pak dochází k tomu, že SPC není používáno tak, jak by mělo a jeho výsledky také neodpovídají potenciálu tohoto nástroje.<sup>22</sup> Z tohoto důvodu *může docházet ke zbytečným neshodám, které by důsledné používání statistického řízení procesů mohlo zcela nebo alespoň částečně eliminovat.*

RBCB svoje dodavatele vychovává směrem k vysoké kvalitě. V tomto okamžiku je ve smyslu procesu neustálého zlepšování (CIP) žádoucí zlepšení výkonnosti některých dodavatelů v oblasti prevence neshod. Proto je důležité dodavatele motivovat, aby měli sami snahu využívat SPC.

Toho je možné dosáhnout pravidelným předáváním výsledků SPC, zejména kritických indexů způsobilosti  $c_{pk}$ . S ohledem na počet dodavatelů a dodávaných dílů je smysluplné předávání pouze vybraného ukazatele kvality. Proto byl vybrán kritický index způsobilosti  $c_{pk}$ , který udává variabilitu výrobního procesu ve vztahu k toleranci procesu a k umístění (střední hodnotě) výrobního procesu.

Pokud budou dodavatelé pravidelně předávat data o  $c_{pk}$  a pokud budou stanovena kritéria hodnocení dodavatelů v závislosti na těchto datech, budou se dodavatelé muset zaměřit na správné využívání SPC. To znamená, že sami dodavatelé u sebe posílí prevenci neshodných produktů a tím se zvýší kvalita jimi dodávaných dílů do RBCB. To by ušetřilo práci i v oddělení vstupní kontroly a ušetřilo náklady na vstupní kontrolu. Je však nutné stanovit a nastavit systém, který by data vypovídající o kritické způsobilosti procesů od dodavatelů vyžadoval a který by je také vhodně zpracoval.

Na požadavek pravidelného předávání dat je možné využít stávající nástroj vstupní kvality. V současnosti již bylo započato s jeho využíváním. U nových dílů, které RBCB u svých dodavatelů poptává, je zajištěna povinnost předávání informací o

---

<sup>22</sup> Zdroj: Pavel Hanžlík, RBCB, oddělení PUR-Q.

datech o  $c_{pk}$ . Tato povinnost je stanovena v nástroji VQS (preventivní zabezpečení kvality), kde je u vybraných znaků pro dodavatele závazné sledovat tyto znaky a vyhodnocovat jejich  $c_{pk}$ , u jiných znaků je pak navíc povinné výsledné hodnoty  $c_{pk}$  na vyžádání pravidelně předávat do RBCB. Doposud však tato povinnost není na dodavatelích vyžadována. Navíc v současnosti neexistuje systém, který by taková data smysluplně využíval. Se začátkem požadavků na předávání výše zmíněných dat se počítá až po zavedení systému, který tato data bude využívat.

## 5. NÁVRH SYSTÉMU PRAVIDELNÉHO MONITORINGU INDEXŮ ZPŮSOBILISTI PROCESU DODAVATELŮ

V kapitolách 3 a 4 je popsána vstupní kontrola v RBCB včetně uvedení největší rezervy v systému vstupní kontroly. Touto rezervou je absence jakéhokoli parametru, který kvantifikuje systematickou prevenci neshod na straně dodavatele. Žádaným parametrem byl stanoven kritický index způsobilosti procesu  $c_{pk}$ .

### 5.1 Vyhodnocování způsobilosti u vybraných dodavatelů

Pro analýzu způsobu vyhodnocování způsobilosti procesů u dodavatelů byl stanoven řešitelský tým ve složení: P. Hanžlík, M. Štekl, O. Kubica. Na základě zkušeností byl vybrán vzorek dodavatelů. Byla stanovena jedna geografická skupina (CZ), jedna materiálová skupina (plasty) a vybráni 4 dodavatelé:

- Kastek UB, spol. s r.o.,
- Linaset, a.s.,
- Lisovna plastů Brno, spol. s r.o.,
- Ponas, spol. s r.o.

V rámci analýzy současného stavu statistického řízení procesů u dodavatelů odpověděli vybraní dodavatelé postupně na dotazy, které se týkaly tří hlavních oblastí: způsobilostí měřidel, způsobilostí stojů a způsobilostí procesů. Podle výsledků dotazníku všichni dodavatelé vyhodnocují  $c_{gk}$ ,  $c_{mk}$  i  $c_{pk}$ . Používané softwary jsou Topmes, QTREE a Palstat. Ve všech případech existuje osoba, která je zodpovědná za vyhodnocování nasbíraných dat. Jeden z dodavatelů stabilně používá počet vzorků v jednom odběru  $n = 4$ , další  $n = 5$ , zbylí dva dodavatelé mají proměnlivou velikost  $n$ . Žádný z dodavatelů programově nesleduje vliv opotřebení nástroje či jiného parametru na hodnotu  $c_{pk}$ .

V druhé fázi průzkumu způsobu vyhodnocování  $c_{pk}$  u dodavatelů byla u vybraných dodavatelů stanovena kritéria pro sledování konkrétních dílů. Těmito kritérii jsou:

- ppm,
- PLKZ,
- počet dodaných dílů,
- cena dílu.

Podle těchto kritérií byly vybrány u každého dodavatele 3 díly. Pro tyto tři díly byly vyžádány informace o způsobilosti procesu.

Z těchto informací lze vyčíst, že:

- počet odebraných vzorků v jednom odběru  $n$  se pohybuje od  $n = 2$  do  $n = 5$ ,
- výsledky, jež byly poslány do RBCB, byly vyhodnoceny z různých časových období od 2 dnů do 131 dnů,
- celkový počet vzorků  $N$ , z něhož jsou hodnoty  $c_{pk}$  vyhodnocovány, se liší od  $N = 50$  do  $N = 135$  vzorků,
- všichni dodavatelé používají RD typu  $\bar{x} - s$ ,
- počet bodů za hranicí mezí zásahu je v jednom RD (pro  $\bar{x}$ ) od 0 bodů do 36 bodů,
- počet bodů za hranicí mezí zásahu je v jednom RD (pro  $s$ ) od 0 bodů do 7 bodů,
- hodnota indexu  $c_p$  se pohybuje od 1,73 do 28,40,
- hodnota indexu  $c_{pk}$  se pohybuje od 1,36 do 17,34.

U jednoho dodavatele došlo k nevhodně zvolenému RD. Tento dodavatel používá RD typu  $\bar{x} - s$  i pro  $n = 2$  vzorkům v jednom odběru. Ve vyhodnocení softwaru QTREE pro  $c_{pk}$  je dokonce v angličtině uvedeno upozornění, že data se nechovají náhodně a v obou diagramech pro  $\bar{x}$  i pro  $s$  jsou přítomny trendy (navíc jsou uvedeny vysoké hodnoty počtu bodů za mezemi zásahu) U jednoho procesu je dokonce upozornění (také v angličtině), že proces není stabilní a hodnoty  $c_p$  a  $c_{pk}$  jsou pouze pro orientaci.

Z tohoto přehledu je zřejmé, že vybraní dodavatelé mají rezervy ve skutečném využívání SPC jako nástroje, kterému by rozuměli a se kterým by pracovali za účelem snížení variability procesů, neshod i nákladů.

Řešením této situace by byl systém pravidelného monitoringu indexů způsobilosti procesu dodavatelů (tedy předávání  $c_{pk}$  – přehledů); hodnocení dodavatele by bylo nově ovlivněno i výsledky těchto  $c_{pk}$  – přehledů. Tento systém splňuje požadavky popsané v kap. 4 a sleduje následující logiku: motivace dodavatelů pro prevenci neshod ve fázi sériové výroby => zvýšení kvality výstupů dodavatele => zvýšení kvality vstupů v RBCB => snížení nákladů na nízkou jakost v RBCB.

## 5.2 Stanovení požadavků na $c_{pk}$ – přehledy

V současné době má RBCB cca 250 dodavatelů, kteří v průměru dodávají 10 dílů. Na každém dílu je požadováno sledování dvou až tří znaků metodou SPC. Celkově je tedy sledováno cca 6 tisíc aktivních znaků.

Pro takové množství znaků je zapotřebí stanovit systém, který bude data sbírat a vyhodnocovat (viz kap. 5.4). Nejprve je však nutno stanovit požadavky, které budou na dodavatele kladeny v oblasti předávání výsledků analýz procesní způsobilosti.

Prvním požadavkem je pravidelnost. Aby bylo možné sledovat historii výsledků dodavatele, musí tito předávat data pravidelně; časový interval předávání dat byl stanoven na  $\frac{1}{4}$  roku (tj. 4x za rok).

Druhým požadavkem je samotná hodnota indexu způsobilosti procesu  $c_{pk}$ . Aby bylo na první pohled zřejmé, zda se hodnoty  $c_{pk}$  pohybují nad požadovanou hranicí, musí být tato hodnota uváděna samostatně. Dalším důvodem je možnost ověření automatickým systémem, že hodnota  $c_{pk}$  vyhovuje požadavkům RBCB.

Třetím požadavkem je ověřitelnost dat. Aby dodavatel nemohl falšovat data podle svého uvážení, musí zasílat i zdrojová data (použitá k vypočítání indexu procesní způsobilosti  $c_{pk}$ ). Tato data mohou být využita k ověření výsledku  $c_{pk}$  v případě dodaných neshodných produktů.

Posledním požadavkem je identifikovatelnost dat. Aby mohla být zdrojová data použita i v RBCB, musí být jasně definováno, ke které dodávce patří. Proto bude u zdrojových dat vyžadováno i číslo šarže, ze které díly pochází.

## 5.3 Využití $c_{pk}$ – přehledů

Účelem zavedení pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů je nastavení vyšší motivace dodavatelů pro prevenci neshod. Nejúčinnější je, pokud je prevence neshod prováděna přímo dodavateli. Pokud se povede výskyt neshod snížit (a nejúčinnějším nástrojem pro takové snížení je právě prevence), pak dojde k úspoře času, který je vynaložen na řešení neshod a na vstupní kontrolu. V souvislosti s tím se samozřejmě ušetří také práce a náklady.

Nástrojem, který bude dodavatele motivovat k většímu důrazu na prevenci, je hodnocení dodavatelů. V současné době existují dvě varianty hodnocení (měsíční a pololetní, viz kap. 3.2). Ani v jedné z nich však není uvažován parametr, který

kvantifikuje úroveň prevence neshodných produktů. Jak je popsáno v kapitole 2, takovým parametrem je index způsobilosti procesu  $c_{pk}$ .

Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o pravidelném předávání výsledků SPC, na jejichž základě budou dodavatelé (vedle stávajících kritérií) hodnoceni.

Měsíční (informativní) hodnocení bude obsahovat vedle hodnot ppm, EMKZ a PLKZ také číslo udávající průměrnou hodnotu kritického indexu způsobilosti procesu dodavatele.

Pololetní hodnocení, na jehož základě jsou dodavatelé poptáváni, je více komplexní. Jednou ze složek celkového hodnocení dodavatele je také složka „výsledky kvality“. Tato složka se dále skládá z hodnocení dalších okruhů (typ certifikovaného systému řízení jakosti, hodnocení výsledků kvality během fáze před SOP, hodnocení výsledků kvality během fáze sériové výroby, komunikace a spolupráce). Pro motivaci dodavatelů pro zvýšení prevence neshod se změní okruh „hodnocení výsledků kvality během fáze sériové výroby“ a „komunikace“. V okruhu „hodnocení výsledků kvality během fáze sériové výroby“ se bude počítat s průměrnou hodnotou kritického indexu způsobilosti procesu  $c_{pk}$ . V okruhu „komunikace“ se bude nově hodnotit včasnost, úplnost a pravdivost (ověřována v případě neshody) zasláných dat.

**Pokud se budou dodavatelé chtít ucházet o další zakázky, budou vědět, že musí splňovat požadavky v oblasti prevence neshod, a že jsou podle jejich úsilí také dále vybírání. Toto vědomí v současnosti chybí.**

Další využití systému pro předávání  $c_{pk}$  – přehledů je selektivní náprava nesprávného používání SPC. Jak je uvedeno v kap. 5.1, někteří dodavatelé nástroj pro statistické řízení procesů využívají špatně.

Systém, který bude data zpracovávat, automaticky vyhodnotí opoždění zaslání dat, neúplnost dat nebo nesplnění zadaných podmínek. V takovém případě budou generovány automatické e-maily sdělující tuto skutečnost konkrétním dodavatelům. Dále bude tvořena databáze těchto dodavatelů, se kterými se bude dále spolupracovat. Tím bude možné dosáhnout zlepšení používání SPC dodavateli. Pokud však další spolupráce nepovede k nápravě, odrazí se to v hodnocení dodavatelů.

#### 5.4 Systém pro předávání $c_{pk}$ – přehledů

Řešitelský tým provedl analýzu vyhodnocování procesních způsobilostí u dodavatelů; byla definována rezerva v systému vstupní kontroly. Jako korekční opatření

byla stanovena povinnost dodavatelů pravidelně předávat data o výsledcích SPC. Byly vymezeny požadavky na data, jež mají být předávána a bylo také definováno využití těchto dat. Zbývá navrhnout systém, který by výše zmíněné parametry splňoval. Navržení takového systému je obsahem této kapitoly.

V první řadě je nutné stanovit distribuční cestu, po které se budou data předávat od dodavatelů do RBCB. Technikou brainstormingu byly navrženy tyto možnosti: pošta, e-mail, telefon, fax, faxový server, osobní předání a použití výměnného místa na internetu. Pokud uvažujeme předávání 6000 hodnot včetně jejich zdrojových dat jednou za ¼ roku, musíme předpokládat jistý stupeň automatizace. Z tohoto důvodu odpadají tyto možnosti: osobní předání, telefon, pošta, fax.

Postupným ohodnocením zbývajících možností<sup>23</sup> bylo stanoveno toto pořadí distribučních cest:

- 1) použití výměnného místa na internetu,
- 2) použití e-mailu,
- 3) použití faxového serveru.

Použití výměnného místa na internetu se jeví jako nejlepší varianta. Ovšem po uskutečnění prvních kroků je jasné, že tuto cestu nebude možné využít. Ačkoli je firma RBCB velmi inovativní (15), je svázána koncernovými pravidly. V celém koncernu je kladen obrovský důraz na bezpečnost.

Když jsem se pokusil navrhnout v RBCB možnost zřízení prostoru na internetu, kam by měli přístup jak pracovníci RBCB, tak i dodavatelé, shledal jsem, že právě kvůli bezpečnosti nebude tato možnost realizovatelná.<sup>24</sup> Jediná cesta, jak toto řešení prosadit, je zřízení navrženého systému na koncernové úrovni. To je však řešení, jehož realizace je možná z dlouhodobého hlediska; v současnosti je proto třeba hledat náhradní možnost.

Druhé nejvýhodnější řešení distribuční cesty dat je použití e-mailu. Tato varianta sice také narazila na silný odpor z důvodu bezpečnosti, nicméně nyní je toto řešení považováno za jediné možné<sup>25</sup> a již se povedlo přesvědčit pracovníky oddělení, které je zodpovědné za informační technologie, o realizovatelnosti tohoto řešení.

---

<sup>23</sup> Kritéria: technická obtížnost zpracování, časová náročnost zpracování, finanční náročnost, obtížnost řešení ve smyslu spolupráce s dodavateli.

<sup>24</sup> Zdroj: Michal Krejčí, RBCB, oddělení CI/CSA2.

<sup>25</sup> Použití faxového serveru sice vyhovuje požadavkům bezpečnosti, avšak prakticky vylučuje automatické zpracovávání dat.

Po stanovení distribuční cesty je nutné rozhodnout o způsobu zpracovávání dat. V zásadě jsou možné dvě varianty: použití stávajících softwarových nástrojů nebo vyvinutí aplikace určené speciálně pro zpracovávání dat.

První i druhá varianta je realizovatelná.

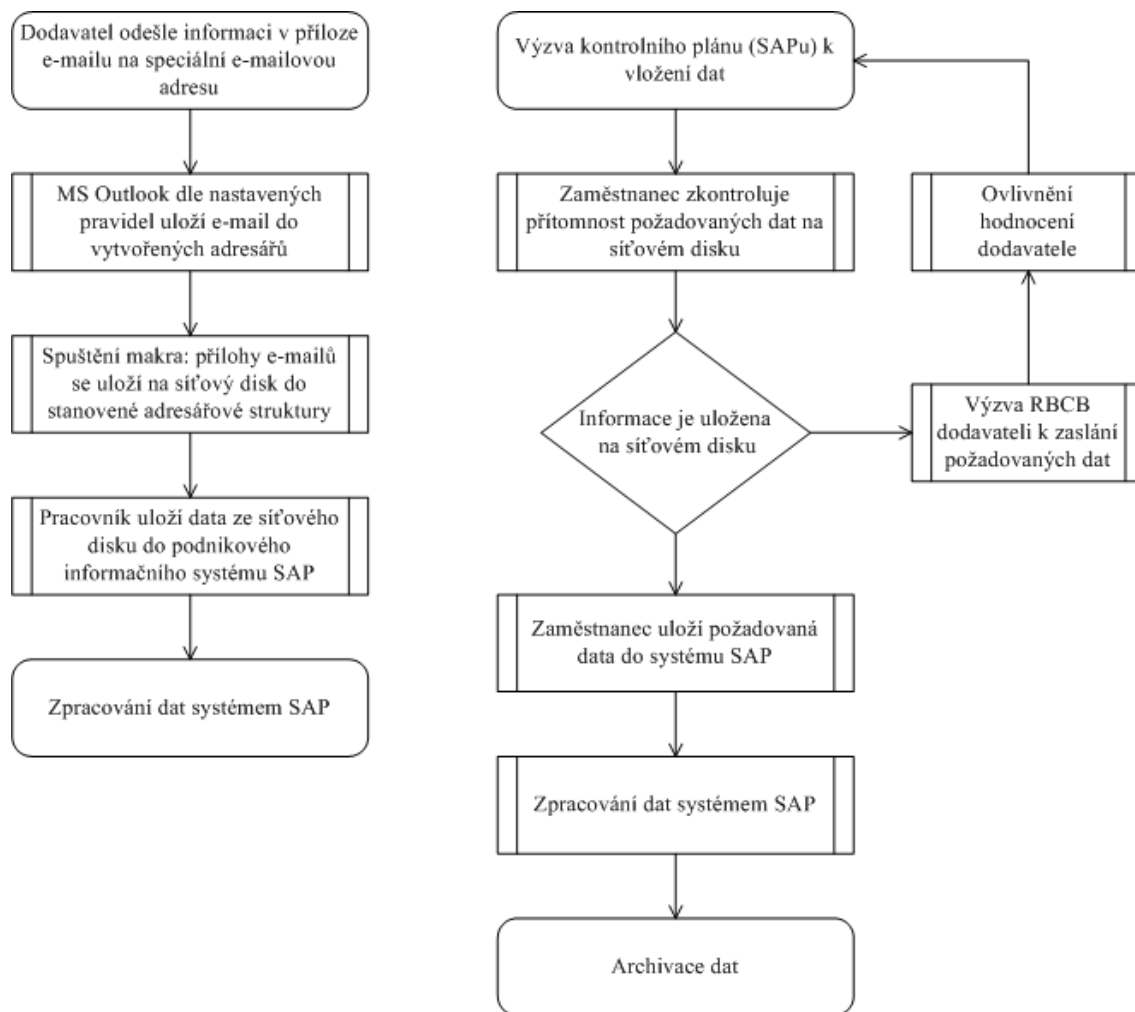
#### 5.4.1 Použití stávajících softwarových nástrojů

Pro použití byl navržen systém využívající pouze tyto aplikace:

- SAP,
- MS Outlook.

Prvním předpokladem pro chod tohoto systému je změna kontrolních plánů. V kontrolních plánech by bylo nutné vytvořit nový typ kontroly. Tato kontrola by vyžadovala vložení dat (typ: variabilní data) v určitých časových intervalech. Časový interval by se rovněž stanovil jako atribut této kontroly. Dále by bylo nutno stanovit hranici, pod kterou se vložená data nesmí dostat. Pokud se pod tuto hranici dostanou, je standardním způsobem indikována chyba, která se musí řešit podle standardizovaného postupu.

Dalším předpokladem je nastavení aplikace MS Outlook tak, aby automaticky třídila e-maily a ukládala jejich přílohy na síťový disk. Aby to bylo možné, musí být striktně stanoven předmět e-mailu a jméno jeho přílohy. Aplikace Outlook pak pomocí pravidel, která se dají standardně nastavit, bude ukládat přílohy e-mailů do určitých adresářů (třídění podle adresy odesílatele). Po zařazení e-mailu do příslušného adresáře se spustí makro, které uloží přílohu e-mailu na síťový disk. Na síťovém disku tedy bude adresář se jménem „cpk“, ve kterém budou další adresáře pojmenované podle názvů dodavatelů. V těchto adresářích pak budou uloženy přílohy, ve kterých budou informace o způsobilosti procesů jednotlivých dílů konkrétních dodavatelů. Informace je nutné dále uložit do SAPu, kde se automaticky hlídá dolní mezní hodnota. Navíc lze v SAPu z těchto dat konstruovat grafy a sledovat tak vývoj procesních způsobilostí znaků jednotlivých dílů. Tato varianta je zachycena na obr. 5.1.



Obrázek 5.1: Vývojový diagram systému pro předávání dat z hlediska toku dat (vlevo) a z hlediska postupu uvnitř RBCB (vpravo).

Jak je z obr. 5.1 patrné, pro každého dodavatele, každý díl a každý znak je nutné ručně uložení dat do SAPu (zdrojová data jsou uložena na síťovém disku). Tento postup je velmi zdlouhavý a náchylný k chybám. Proto byla tato varianta zavrhnuta a zvolena byla druhá možnost.

#### 5.4.2 Vyvinutí aplikace určené speciálně pro zpracovávání dat

Druhou variantou je vyvinutí aplikace speciálně určené pro zpracovávání požadovaných dat. Kromě nové aplikace bude pro chod systému potřeba následující software: MS Outlook, MS Excel, Adobe Acrobat. Veškerý tento software je již v současné době v RBCB nainstalován. Systém bude pracovat podle následujícího postupu.

##### A. Postup systému

Na základě dat<sup>26</sup> importovaných ze SAPu bude aplikace generovat e-maily dodavatelům. Každý dodavatel tak dostane e-mail, kde bude v příloze excelovský soubor. Tento soubor je pro konkrétního dodavatele speciálně generován a dodavatel je povinen ho pouze vyplnit. V tomto souboru budou uvedeny všechny díly, které dodavatel dodává.

Dodavatel vyplní k dílům znaky, u kterých sleduje  $c_{pk}$  a vyplní příslušnou hodnotu  $c_{pk}$ . Pokud dodavatel nedodával některý díl během stanoveného intervalu předávání  $c_{pk}$  - přehledů, pak vyplní předem smluvený znak (nebo číslo), čímž dá tuto skutečnost na vědomí. Tímto způsobem nebude docházet k chybné penalizaci dodavatele.

Dodavatel zjistí zdrojová data u všech znaků, u kterých vyplnil hodnotu  $c_{pk}$ . Tato data převede do formátu pdf.

Oba soubory (excelovský ve formátu „csv“ i zdrojová data ve formátu „pdf“) odešle v příloze e-mailem zpět do firmy Bosch, kde se zpracují. Oba soubory musí mít přesně specifikované jméno (pro potřeby zpracování a třídění).

Dodavatel uloží excelovský soubor s hodnotami  $c_{pk}$  pod jménem „číslo dodavatele“ (např. „126265.csv“).

Dodavatel uloží soubor se zdrojovými daty ve formátu pdf pod jménem „číslo dodavatele“ (např. „126265.pdf“).

Dodavatel pošle e-mail s předmětem „číslo dodavatele\_cpk“ (např. „126265\_cpk“) na adresu [rbc.b.purq@cz.bosch.com](mailto:rbc.b.purq@cz.bosch.com).

Tím dodavatel splnil svůj úkol. Aplikace dále zpracuje data podle následujícího postupu.

Uživatel aplikace ve firmě Bosch nastaví<sup>27</sup>:

- frekvenci zasílání dat (současný požadavek: jednou za ¼ roku),
- minimální přípustnou hodnotu  $c_{pk}$  (současný požadavek:  $c_{pk} \geq 1,33$ ).

Aplikace ve firmě Bosch zpracuje data od dodavatelů. Výsledkem budou 2 seznamy. První seznam bude s daty, která splňují zadaná kritéria. Druhý bude s nevyhovujícími daty. Dodavatelům, kteří nespĺnili kritéria, vygeneruje aplikace e-mail oznamující jim tuto skutečnost s důsledkem snížení jejich ohodnocení.

Aplikace uloží data tak, aby bylo možné kdykoli si prohlédnout zdrojová data ke konkrétní hodnotě  $c_{pk}$ .

---

<sup>26</sup> Jméno dodavatele, číslo dodavatele, název dílu, číslo dílu, kontaktní e-mailová adresa dodavatele.

## B. Vstupy systému

Vstupy, které jsou nutné pro chod systému, udává tab. 5.1.

**Tabulka 5.1: Vstupy nutné pro fungování systému pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů.**

Vstup	Vyplní:
identifikace dodavatele (číslo dodavatele, název dodavatele)	Bosch
identifikace dílu (číslo dílu, název dílu)	Bosch
identifikace znaku jakosti (název znaku)	dodavatel
hodnota $c_{pk}$ znaku jakosti	dodavatel
zdrojová data pro výpočet $c_{pk}$	dodavatel
čísla šarží u zdrojových dat	dodavatel
nastavení frekvence předávání dat	Bosch
nastavení minimální přijatelné hodnoty $c_{pk}$	Bosch

## C. Výstupy systému

Výstupem aplikace pro zpracování  $c_{pk}$  – přehledů budou:

- hodnoty  $c_{pk}$  jednotlivých znaků jakosti přiřazené k dílům a dodavatelům,
- zdrojová data, ze kterých jsou hodnoty  $C_{pk}$  spočítány.

Hodnoty  $c_{pk}$  budou být seřazeny do dvou seznamů – vyhovující / nevyhovující. U nevyhovujících hodnot jsou 2 varianty:

- $C_{pk}$  je nižší než nastavená minimální přijatelná hodnota (v současnosti 1,33),
- dodavatel nezaslal svoje data do stanoveného termínu.

Pro oba případy se vygenerují a pošlou příslušným dodavatelům e-maily:

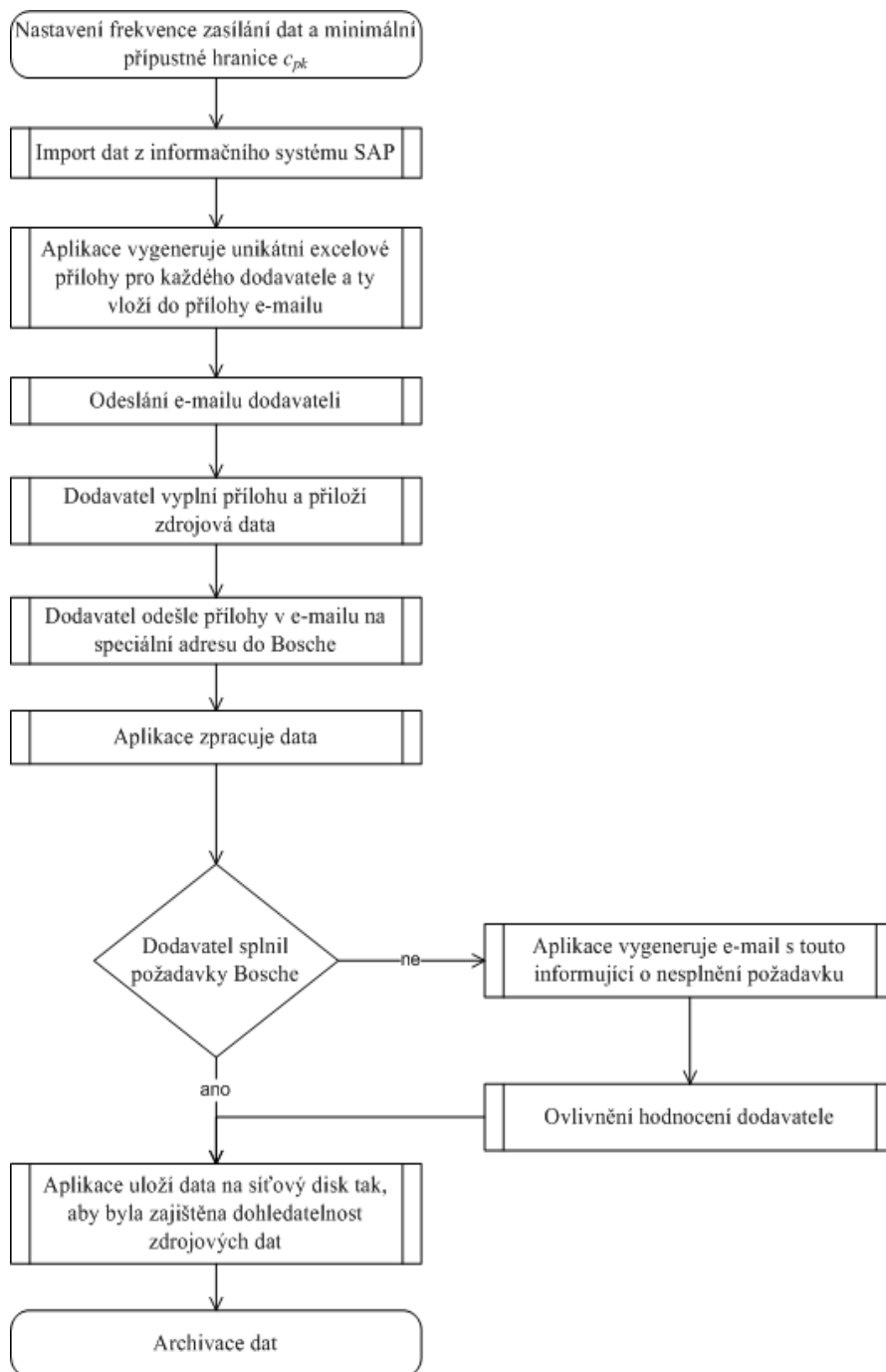
- informující, že hodnota uvedená dodavatelem je nižší než minimální požadovaná hodnota  $c_{pk}$ , což vede ke snížení hodnocení dodavatele, nebo
- informující, že dodavatel nezaslal v termínu vyplněný  $c_{pk}$  – přehled, což vede ke snížení hodnocení dodavatele. Nezaniká tím povinnost  $c_{pk}$  – přehled vyplnit a poslat.

Aplikace musí zaručit dohledatelnost zdrojových dat pro jednotlivé hodnoty  $c_{pk}$ .  $C_{pk}$  hodnoty (včetně identifikačních znaků) se budou zasílat v souboru aplikace MS Excel v příloze e-mailu, zdrojové hodnoty se budou zasílat v příloze ve formátu pdf.

<sup>27</sup> Toto nastavení se provádí před začátkem spuštění systému. Při jakékoli změně nastavení požadavků (a tím i systému) je nutné informovat včas dodavatele.

#### D. Využití systému

Využití systému viz kap. 5.3. Tato varianta byla zvolena také z toho důvodu, že umožňuje rozšíření. Do budoucna se uvažuje podobný systém pro předávání materiálových atestů, popřípadě dalších informací. Toho lze docílit pouze úpravou zavedené aplikace. Také pro dodavatele by se nic podstatného nezměnilo. Vývojový diagram systému viz obr. 5.2.



Obrázek 5.2: Vývojový diagram systému s využitím speciální aplikace pro přenos a zpracování dat.

## 6. VYHODNOCENÍ NÁVRHU

V porovnání s variantou, která předpokládá jako distribuční kanál přenosu informací internetový prostor, je systém popsany v kap. 5.4.2 horší. Zaostává zejména ve složitosti konstrukce a úrovně rozšiřitelnosti, navíc má „více stupňů volnosti“.<sup>28</sup>

Z důvodů bezpečnosti však není možné použít místo v internetu s možností připojení pracovníků RBCB a dodavatelů. Proto byl navržen systém popsany v kap. 5.4.2. Oproti systémům, které by využívaly jiný distribuční kanál, vyniká zejména vysokou úrovní automatizace. Z tohoto důvodu je za stávajících podmínek prakticky jediný realizovatelný.

### 6.1 Technické požadavky

Technické požadavky na aplikaci, která byla vybrána pro realizaci systému pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů (popis viz kap. 5.4.2), jsou následující.<sup>29</sup>

#### 6.1.1 Hardwarové vybavení

Aplikace bude pracovat na samostatném PC s minimální konfigurací:

- CPU: P III 600MHz,
- RAM: 256MB (minimum), 512MB (optimálně),
- HDD: min 20GB,
- LAN.

#### 6.1.2 Softwarové vybavení

- OS: Windows NT / XP,
- Microsoft Excel (Balíček MS Office),
- Apache 2.x,
- PHP 4.3,
- MySQL 5.x,
- PERL 5.

Pro funkčnost systému je nutné, aby PC, na kterém bude aplikace pracovat, mělo přiděleno IP adresu. Dále musí mít přidělen přístup k poště či službě exchange.

Formáty příloh, jména příloh a předměty zpráv jsou definovány v kap. 5.4.2.

---

<sup>28</sup> Zdroj: Ing. Tomáš Kreuzwieser, zaměstnanec VUT v Brně, CVIS, oddělení vývoje.

Velikost objemu dat, která se budou přenášet, uvádí tabulka 6.1.

**Tabulka 6.1: Objem přenesených dat v systému předávání  $c_{pk}$  - přehledů**

velikost jednoho e-mailu: [MB]	4
počet dodavatelů:	250
počet e-mailů za 1/4 roku:	250
počet přenesených MB za 1/4 roku:	1 000
počet přenesených MB za 1 rok:	4 000

## 6.2 Personální požadavky

Aplikace bude mít dvě úrovně uživatelů (běžný uživatel, administrátor).

Běžný uživatel má pouze práva k prohlížení a k minimálním zásahům do systému. Na tohoto uživatele nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky. Počítá se pouze se základním zaškolením (v ceně aplikace). Všichni pracovníci RBCB, oddělení PUR-Q jsou v současné době dostatečně počítačově gramotní pro práci s touto aplikací. Nedojde proto k navýšení nákladů kvůli nutnosti přijetí specializovaných zaměstnanců, případně kvůli nutnosti rozsáhlého školení.

Administrátor má nejvyšší práva spojená s editováním všech záznamů a nastavením parametrů výstupu. Na administrátora jsou kladeny vyšší požadavky z hlediska počítačové gramotnosti. V současné době je ve všech administrativních odděleních RBCB vyhrazen jeden pracovník s kvalifikací na tuto funkci. Ani v tomto případě nedojde ke zvýšení nákladů z důvodu nutnosti zvyšování kvalifikace. Základní školení je opět v ceně aplikace.

## 6.3 Finanční požadavky

Počáteční investici do systému pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů udává tabulka 6.2.

---

<sup>29</sup> Zdroj: Bc. Jan Zbořil, programátor; Ing. Tomáš Kreuzwieser, zaměstnanec VUT v Brně, CVIS, oddělení vývoje.

**Tabulka 6.2: Vyčíslení nákladů na vytvoření, zkušební provoz a zavedení systému pravidelného předávání  $c_{pk}$  - přehledů.**

<b>Vytvoření systému:</b>	
Analýza současného stavu vstupní kontroly v RBCB	5 292 Kč
Návrh na zvýšení efektivity vstupní kontroly v RBCB	2 457 Kč
Analýza vyhodnocování procesní způsobilosti u dodavatelů	8 868 Kč
Návrh aplikace pro pravidelné předávání cpk-přehledů	11 325 Kč
Zajištění aplikace (vývoj + implementace + školení)	80 720 Kč
<b>Celkem náklady na vytvoření systému předávání cpk:</b>	<b>108 662 Kč</b>
<b>Zkušební provoz systému:</b>	
Informativní e-mail dodavatelům	127 Kč
Domluva s dodavateli	506 Kč
Otestování funkčnosti aplikace	4 050 Kč
<b>Celkem náklady na zkušební provoz aplikace:</b>	<b>4 683 Kč</b>
<b>Zavedení systému</b>	
Informativní e-mail dodavatelům	506 Kč
Domluva s dodavateli	31 641 Kč
<b>Celkem náklady na zavedení aplikace:</b>	<b>32 147 Kč</b>
<b>Celkové náklady na vytvoření, zkušební provoz a zavedení systému:</b>	<b>145 492 Kč</b>

Zkušební provoz systému předpokládá testování systému na 4 vybraných dodavatelích (viz kap. 5.1).

Náklady na údržbu systému pravidelného předávání cpk – přehledů (v Kč za rok) udává tabulka č. 6.3.

**Tabulka 6.3: Náklady na údržbu systému pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů v Kč za rok.**

<b>Náklady na údržbu systému v Kč / rok</b>	
Náklady spojené s administrací a běžným užíváním aplikace:	12 150 Kč
Náklady na změnu v procesu hodnocení dodavatelů:	10 125 Kč
Náklady na řešení mimořádných situací:	8 100 Kč
<b>Celkové náklady na údržbu systému v Kč za rok:</b>	<b>30 375 Kč</b>

Navržený systém pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů má za cíl zvýšení kvality na vstupu RBCB a tím i úspory práce, času a nákladů na vstupní kontrolu a na nízkou jakost. Tabulka 6.4 udává tři varianty vyjadřující úsporu prostředků vynaložených na vyřizování reklamací.

Tabulka 6.4: Varianty uvažující procento ušetřených prostředků.

Varianta	Procento ušetřených prostředků vynaložených na vyřizování reklamací
Pesimistická varianta:	1,0%
Předpokládaná varianta:	1,5%
Optimistická varianta:	2,0%

Návratnost investice do systému pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů je vyjádřena rozdílem výnosů a nákladů. Hodnoty pro tři různé varianty vývoje jsou uvedeny v tab. 6.5.

Tabulka 6.5: Návratnost investice do systému předávání  $c_{pk}$  - přehledů v případě předpokládaného vývoje a optimistické a pesimistické varianty.

Varianta \ Rok		1	2	3	4	5
Výnosy:	pesimistická varianta:	63 180	126 360	189 540	252 720	315 900
	předpokládaná varianta:	94 770	189 540	284 310	379 080	473 850
	optimistická varianta:	126 360	252 720	379 080	505 440	631 800
Náklady:		175 867	206 242	236 617	266 992	297 367
Ztráta / zisk:	pesimistická varianta:	-112 687	-79 882	-47 077	-14 272	<b>18 533</b>
	předpokládaná varianta:	-81 097	-16 702	<b>47 693</b>	112 088	176 483
	optimistická varianta:	-49 507	<b>46 478</b>	142 463	238 448	334 433

Podle tabulky 6.5 je návratnost u:

- pesimistické varianty 4 roky a 5 měsíců,
- u předpokládané varianty 3 roky a 3 měsíce,
- u optimistické varianty 1 rok a 6 měsíců.

Výnosnost vložené investice (ROI) závisí na době, po kterou bude projekt fungovat. Nový projekt, který by nahradil stávající řešení, by musel být vypracován a schválen koncernovým vedením. Tento nový projekt by potom byl aplikován do všech závodů Bosch. S ohledem na tyto skutečnosti lze odhadnout dobu fungování projektu

jen velmi hrubě – v následujícím výpočtu ROI byla uvažována doba funkčnosti projektu 7 let. V tom případě je ROI pro

- pesimistickou variantu 4%,
- pravděpodobnou variantu 91%,
- optimistickou variantu 178%.

## 7. PŘEDPOKLADY A HARMONOGRAM REALIZACE

### 7.1 Předpoklady realizace

Předpokladem realizace je dostatečné zajištění zdrojů. Zdroje potřebné pro realizaci systému předávání  $c_{pk}$  – přehledů jsou finanční, materiální a lidské (viz tab. 7.1).

**Tabulka 7.1: Zdroje nutné pro realizaci projektu.**

Zdroje	Popis	Kapitola
Lidské	4 pracovníci	6.2
Materiální	hardwarové vybavení	6.1
	softwarové vybavení	
Finanční	175 867 Kč	6.3

Vzhledem k předpokládaným úsporám nebude třeba žádných nových lidských zdrojů. Hardwarové vybavení bude zajištěno z rezervy oddělení PUR-Q. Potřebné softwarové vybavení je v RBCB již instalováno; další nutný SW pro práci systému (6.1.2) je zahrnut v ceně aplikace.

### 7.2 Harmonogram realizace

Projekt je rozčleněn do několika částí. Jednotlivé činnosti a jejich termín splnění ukazuje tabulka 7.2.

Tabulka 7.2: Harmonogram realizace projektu.

<b>Harmonogram projektu na zavedení předávání cpk - přehledů</b>	
<b>Činnost:</b>	<b>Termín splnění:</b>
<b>Analýza současného stavu</b>	
Začátek projektu	4.7.2005
Analýza současného stavu vstupní kontroly v RBCB	2.9.2005
Návrh na zvýšení efektivity vstupní kontroly v RBCB	30.9.2005
Analýza vyhodnocování procesní způsobilosti u dodavatelů	19.12.2005
<b>Schválení projektu managementem</b>	
Schválení managementem Robert Bosch, České Budějovice	6.3.2006
Schválení managementem koncernu Bosch	3.7.2006
<b>Vývoj aplikace</b>	
Návrh aplikace pro pravidelné předávání cpk-přehledů	26.9.2006
Zajištění aplikace (vývoj + implementace + školení)	21.12.2006
<b>Zkušební provoz systému:</b>	
Informativní e-mail dodavatelům	16.3.2007
Domluva s dodavateli	11.6.2007
Otestování funkčnosti aplikace	5.9.2007
<b>Zavedení systému</b>	
Informativní e-mail dodavatelům	30.11.2007
Domluva s dodavateli	25.2.2008
Projekt zaveden	20.5.2008

## 8. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Cílem této práce bylo zvýšení úrovně kvality na vstupu podniku Robert Bosch, s.r.o. a snížení nákladů na vstupní kontrolu a na nízkou jakost.

Za tímto účelem byla nejprve provedena analýza současného stavu procesu vstupní kontroly. Výsledkem této analýzy bylo odhalení nejslabšího článku procesu. Tím je absence jakéhokoli parametru, který by kvantifikoval míru prevence neshod na straně dodavatele. Až do spuštění sériové výroby je prevence na velmi vysoké úrovni, po okamžiku spuštění sériové výroby se však firma Bosch soustředí na kontrolu.

Kontrolou je však pouze možné odhalit již vzniklé neshody. Náklady na spolehlivou kontrolu jsou vysoké, navíc je nutno připočítat náklady na vyřizování reklamací. Proto je vhodné zařadit do procesu vstupní kontroly také důraz na prevenci neshod. Prevence totiž oproti kontrole je schopná zabránit neshodám a tím také ulehčuje práci následné kontrole. Pokud se podaří zabránit výrobě neshodného produktu, znamená to úsporu času, práce a financí.

Velmi vhodným prostředkem pro prevenci neshod je statistické řízení procesů (SPC). Teorie potřebná pro pochopení této problematiky (alespoň v oblasti statistické regulace měření) je obsahem první části této práce. Analýza statistického řízení procesů u vybraných dodavatelů ukázala, že část dodavatelů neprovádí SPC podle požadavků. Existuje proto prostor pro zlepšení kvality produktů těchto dodavatelů.

Po odhalení slabého místa vstupní kontroly byla navržena změna procesu. Pro vyšší motivaci prevence neshod u dodavatelů bylo navrženo pravidelné předávání výsledků způsobilostí jednotlivých procesů u dodavatelů. Požadovány jsou hodnoty kritických indexů procesních způsobilostí, zdrojová data, ze kterých jsou indexy počítány a včasnost, úplnost a pravdivost informací.

Motivací pro dodavatele je potom změna způsobu hodnocení dodavatelů. Pokud chtějí být dodavatelé i v budoucnu poptáváni, jsou závislí na dobrém hodnocení. Současný systém hodnocení neodráží úroveň prevence neshod. Byla proto navržena změna hodnocení tak, aby dodavatelé byli hodnoceni i na základě výsledků způsobilostí svých procesů ( $c_{pk}$  – přehledů). Tyto výsledky jsou nově součástí hodnocení dodavatele v oblasti „sériová výroba“.

Dalším závěrem práce je návrh způsobu předávání  $c_{pk}$  – přehledů. Pro předávání těchto dat byla navržena speciální aplikace, která využívá jako distribuční kanál přenosu dat e-mailovou komunikaci. Tato aplikace je schopná po importu dat z podnikového informačního systému SAP vygenerovat soubory aplikace Excel unikátní pro každého dodavatele. V těchto souborech pak každý dodavatel pouze vyplní hodnoty  $c_{pk}$  a přiloží zdrojová a identifikační data pro účely ověření. Soubor s hodnotami  $c_{pk}$  a zdrojovými daty pak dodavatel odešle v příloze e-mailu na speciální adresu do firmy Bosch. Aplikace potom vyhodnotí výsledky procesních způsobilostí a vyčlení ty, kteří nesplňují nastavená kritéria. Na základě výsledků zpracovaných aplikací se pololetně provádí hodnocení dodavatelů.

Dále byly stanoveny podmínky a harmonogram realizace. Konec projektu je naplánován na 20.5.2008.

Navržený systém pravidelného předávání  $c_{pk}$  – přehledů prostřednictvím navržené aplikace byl vyvinut s cílem zvýšení kvality vstupů a snížení nákladů ve firmě Bosch. Důsledkem zvýšení kvality vstupů bude ušetření prostředků v procesu vstupní kontroly. Vyhodnocení předpokládaných nákladů a výnosů ukazuje, že návratnost investice je 2,3 roky (v případě optimistické varianty 1,5 let; v případě pesimistické varianty 4,4 roky).

Doporučení pro další vývoj procesu vstupní kontroly vyplývá z dalších požadavků interních zákazníků a ze srovnání zvolené a zamítnuté původně navržené aplikace. Původně navržená aplikace počítala s využitím výměnného místa na internetu, kam by měli přístup pracovníci firmy Bosch i jejich dodavatelé. Aplikace by po definování typů dat a požadovaných výstupů zpracovala informace od dodavatelů. Tato varianta má velkou přednost ve variabilitě. Velmi snadno se dá upravit pro různé účely – např. pro pravidelné předávání materiálových atestů. Ve firmě Bosch se v budoucnu počítá právě s automatizovaným systémem pro předávání materiálových atestů a pro předávání dat nutných pro rekvalifikaci.

Možnost využití výměnného místa na internetu však byla zamítnuta z důvodů bezpečnosti. Takové řešení je možné jedině na koncernové úrovni. Protože se domnívám, že českobudějovický závod firmy Bosch nebude jediným, který by takový systém s výhodou využil, doporučuji navrhnout takový systém na koncernové úrovni. Takové řešení je sice velmi nákladné a realizovatelné až v horizontu několika let, nicméně je to nejlepší řešení. Pro současné potřeby pak doporučuji zavést systém popsany v této diplomové práci.

## POUŽITÁ LITERATURA

### A. Monografické publikace:

- [1] BRÍŠ, Petr. *Management kvality*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005. 213 s. ISBN 80-7318-312-9.
- [2] FIALA, Alois. *Statistické řízení jakosti. Prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 1997. 93 s. ISBN 80-214-0895-2.
- [3] FOX, M.J., GENTLE, J.F. *Principy a techniky managementu jakosti : Modul 416c1 - prostředky a nástroje řízení a zlepšování jakosti*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 2001. 132 s. ISBN 80-214-1930-X.
- [4] FRAME, A., BARNES, D., EDWARDS, Ch. *Řízení vztahů se zákazníky a kvality : Řízení kvality*. 1. vyd. Praha: The Open University, 2003. 75 s. ISBN 80-86717-13-5.
- [5] KAŠOVÁ, V., PISKÁČEK, B. *Statistická regulace v řízení jakosti*. 1. vyd. Brno: PC-DIR Real, 2000. 28 s. ISBN 80-214-1603-3.
- [6] KUPKA, Karel. *Statistické řízení jakosti : interaktivní analýza a interpretace dat pro řízení jakosti a ekonomiku*. Pardubice: TriloByte, 1997. 191 s. ISBN 80-238-1818-X.
- [7] Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. *Measurement Systems Analysis – Reference Manual*. 3<sup>rd</sup> ed. 2002.
- [8] Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. *Statistical Process Control (SPC) – Reference Manual*. 2<sup>nd</sup> ed. 2005.
- [9] *Průručka systémů řízení pro jakost, řízení životního prostředí a bezpečnost skupiny Bosch*. 2005.
- [10] ČSN EN ISO/TS 16 949. *Systémy managementu jakosti – Zvláštní požadavky na používání ISO 9001:2000 v organizacích zajišťujících sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu*. 2002.

### B. Články seriálových publikací:

- [11] PLÁŠKOVÁ, A. Kvalita a inovace - cesta k udržitelnému rozvoji. *Hospodářské noviny*. 4.11.2005, roč. 9, č. 215, s. I-III. ISSN 1213-7693.
- [12] ZUNTYCH, Z. Bosch změnil život tisícům Čechů. *Hospodářské noviny*. 29.11.2005, roč. 9, č. 231, s. 18. ISSN 1213-7693.

C. Elektronické články:

- [13] DALE, B., BIRD, D. Effective Control of SPC. *European Quality* [online]. 1995, vol. 2, no. 2. str. 48-51. Dostupný z WWW: <<http://www.european-quality.co.uk>>.
- [14] HORÁLEK, Vratislav. Statistické metody pro management jakosti. *Perspektivy jakosti* [online]. 2004. Dostupný z WWW: <<http://www.perspektivyjakosti.cz/jakost/view.php?cisloclanku=2004033105>>.
- [15] Innovating Production: The Bosch Production System. *Made in Europe Magazine* [online]. 2004, no. 2 [cit. 2004-11-08]. Dostupný z WWW: <[http://newsweaver.ie/madeineurope/e\\_article000324748.cfm?x=b11,0](http://newsweaver.ie/madeineurope/e_article000324748.cfm?x=b11,0)>.

**Seznam použitých zkratk a značek**

$AV$	variabilita způsobená vlivem měřícího pracovníka (appraiser variation)
$c$	regulační diagram: počet neshod na jednotku nebo na 100 jednotek
$CIP$	proces neustálého zlepšování (continuous improvement process)
$CL$	střední hodnota procesu (central line)
$c_g$	index způsobilosti měřidla
$c_{gk}$	kritický index způsobilosti měřidla
$c_m$	index způsobilosti stroje
$c_{mk}$	kritický index způsobilosti stroje
$c_p$	index způsobilosti procesu
$c_{pk}$	kritický index způsobilosti procesu
$EMKZ$	„ukazatel prvního odběru zkušebních vzorků“ – hodnota udávající neshody před SOP (Erstmusterkennzahl)
$EV$	variabilita způsobená vlivem měřidla (equipment variation)
$GRR$	opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla (gage repeatability & reproducibility)
$LCL_s$	dolní mez zásahu pro kartu směrodatné odchylky (lower control limit)
$LCL_{\bar{x}}$	dolní mez zásahu pro kartu středních hodnot
$LSL$	dolní toleranční mez (lower specification limit)
$m$	minimální počet podskupin pro vyhodnocení způsobilosti
$\hat{\mu}$	odhad střední hodnoty polohy procesu
$MSA$	analýza měřících systémů (measurement systems analysis)
$n$	velikost podskupiny (v regulačním diagramu)
$N$	počet všech hodnot ( $n \cdot m$ )
$ndc$	počet rozlišitelných tříd, které mohou být spolehlivě rozpoznány měřícím systémem (number of distinct categories)
$np$	regulační diagram: počet neshodných jednotek

$p$	regulační diagram: podíl neshodných jednotek
$PDSA$	Demingův cyklus (plan-do-study-act)
$PLKZ$	„ukazatel problematických dodavatelů“ – hodnota udávající neshody po SOP – v sériové výrobě (problemlieferantenkennzahl)
$ppm$	počet neshodných kusů v milionu vyprodukovaných
$PUR - Q$	oddělení kvality na vstupu
$PV$	variabilita dílů (part variation)
$R$	rozpětí (range)
$\bar{R}$	aritmetický průměr rozpětí
$\overline{\bar{R}}$	aritmetický průměr aritmetických průměrů rozpětí
$RBCB$	Robert Bosch, s.r.o. (Robert Bosch České Budějovice)
$RD$	regulační diagram
$R_p$	rozpětí průměrů jednotlivých dílů
$s$	směrodatná odchylka (standard deviation)
$\bar{s}$	aritmetický průměr směrodatných odchylek procesu
$s^2$	rozptyl procesu (variance)
$\hat{\sigma}$	odhad směrodatné odchylky procesu
$SOP$	spuštění výroby (start of production)
$SPC$	statistické řízení procesů (statistical process control)
$TV$	celková variabilita (total variation)
$u$	regulační diagram: podíl neshod na jednotku nebo na 100 jednotek
$UCL_R$	horní mez zásahu pro kartu rozpětí (upper control limit)
$UCL_s$	horní mez zásahu pro kartu směrodatné odchylky
$UCL_{\bar{x}}$	horní mez zásahu pro kartu středních hodnot
$USL$	horní toleranční mez (upper specification limit)
$VQS$	nástroj „preventivní zabezpečení kvality“ v RBCB
$\bar{x}$	aritmetický průměr
$\overline{\bar{x}}$	aritmetický průměr aritmetických průměrů
$\bar{X}_{DIFF}$	rozpětí průměrů měřících pracovníků

$\bar{x} - R$	regulační diagram: výběrový průměr – výběrové rozpětí
$\bar{x} - s$	regulační diagram: výběrový průměr – výběrová směrodatná odchylka
$\tilde{x}$	medián
$\tilde{x} - R$	regulační diagram: výběrový medián – výběrové rozpětí
$x_i$	individuální hodnota
$x_i - R$	regulační diagram: individuální hodnota – výběrové rozpětí

**Seznam použitých příloh**

- Příloha A: Podnikové oblasti a oddělení koncernu Bosch
- Příloha B: Oblasti činností koncernu Bosch
- Příloha C: Výrobní program firmy Robert Bosch, s.r.o.
- Příloha D: Vybrané ekonomické ukazatele firmy Robert Bosch, s.r.o.
- Příloha E: Postup výpočtu %GRR (opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřicího systému)
- Příloha F: Testy vymežitelných příčin
- Příloha G: Výpočet finanční náročnosti projektu

## PŘÍLOHY

### Příloha A: Podnikové oblasti a oddělení koncernu Bosch

Tabulka A: Podnikové oblasti a oddělení koncernu Bosch.

Koncern	Podnikové oblasti	Podniková oddělení
<b>BOSCH</b>	Automobilová technika	Benzínové systémy
		Diesellové systémy
		Podvozkové systémy
		Energetické a komfortní systémy vybavení vozidel
		Car Multimedia
		Automobilová elektronika
		Automotive aftermarket
	Spotřební zboží a technika budov	Elektrické nářadí
		Tepelná technika
		Zabezpečovací technika
		Širokopásmová komunikační technika
		Satelitní technika
		Domácí spotřebiče
	Průmyslová technika	Bosch Rexroth AG
		Balicí technika

Zdroj: <http://www.bosch.cz/content/language1/html/867.htm>

## Příloha B: Oblasti činností koncernu Bosch

Tabulka B: Oblasti činností koncernu Bosch.

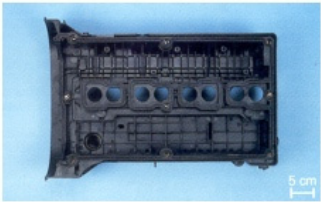

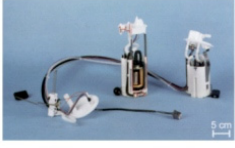
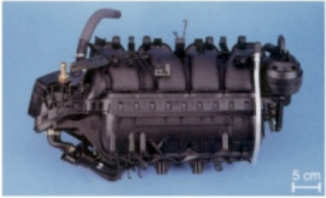
Bosch		
Podniková oblast	Podnikové oddělení	Oblasti činností
Automobilová technika	Benzínové systémy	Řídicí systémy motoru
		Zásobování motoru palivem
		Snímače
		Zapalování
		Elektronické ovládání dodávky paliva EGAS
	Dieselové systémy	Elektronické řízení vznětových motorů EDC
		Řídicí systémy sání motoru
		Řídicí systémy vstřiku paliva
		Řídicí systémy likvidace škodlivých spalin
	Chassis Systems Control	protiblokovací brzdové systémy (ABS)
		protiprokluzové regulace (při prokluzu kola je aktivována brzda na kole a snížen výkon motoru) (ASR)
		elektronický stabilizační program (ESP)
		Snímače
	Chassis Systems Brakes	hydraulické brzdové systémy a komponenty: posilovač brzd, hlavní brzdový válec, diskové brzdy, bubnové brzdy, Corner modules
		automatické parkovací brzdy (APB)
		asistenční brzdové systémy
	Energetické a komfortní systémy vybavení vozidel	Alternátory
		Spouštěče motorů
		Software a elektronika
		Komponenty pro chlazení motorů
		Komponenty pro klimatizace
		Ovládání bočních a střešních oken
	Car Multimedia	Stěračové systémy
		Kombi instrument (sdružené přístroje palubních desek vozidel)
		Autorádia
		Elektronika kokpitu
		Navigační a jízdní informační systémy
	Automobilová elektronika	Human Machine Interface (HMI)
		Řídicí jednotky
		Smluvní výroba řídicích jednotek
		Řízení automatických převodovek
		Parkpilot
Polovodiče		
Snímače		
Relé		

	Automotive Aftermarket	Náhradní díly a příslušenství Vybavení autoservisů Bosch Car Service Školení a informace ESI[tronic]
Spotřební zboží a technika budov	Elektrické nářadí	Nářadí pro profesionální použití
		Nářadí pro domácí dílnu
		Zahradní technika
		Příslušenství
	Tepelná technika	Plynové závěsné kotle
		Plynové závěsné kondenzační kotle
		Plynové stacionární kotle
		Plynové průtokové ohřivače
		Přímo a nepřímě ohříváné zásobníky
		Regulační techniku
	Domácí spotřebiče	Solární systémy
		Výroba
		Vývoj
		Distribuce
		Odbyt
		Marketing
Komunikační a zabezpečovací systémy	Logistika	
	Systémy průmyslové televize	
	Ozvučovací a evakuační systémy	
	Kongresové systémy	
	Elektronické zabezpečovací systémy	
Průmyslová technika	Elektrická požární signalizace	
	Průmyslové hydraulické systémy	
	Elektrické pohony a řídicí systémy	
	Lineární a montážní technika	
	Pneumatické systémy	
	Servis	
		Mobilní hydraulické systémy

Zdroj: <http://www.bosch.cz/>

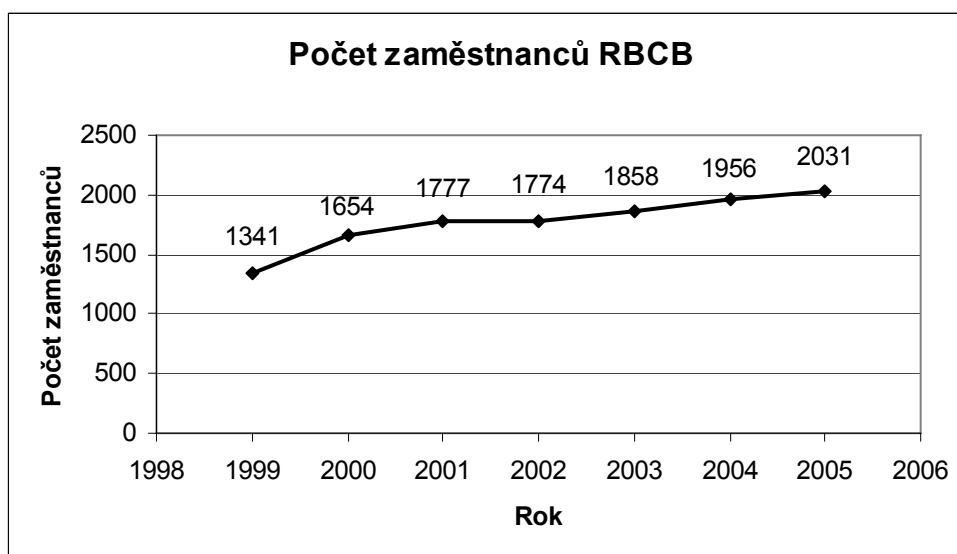
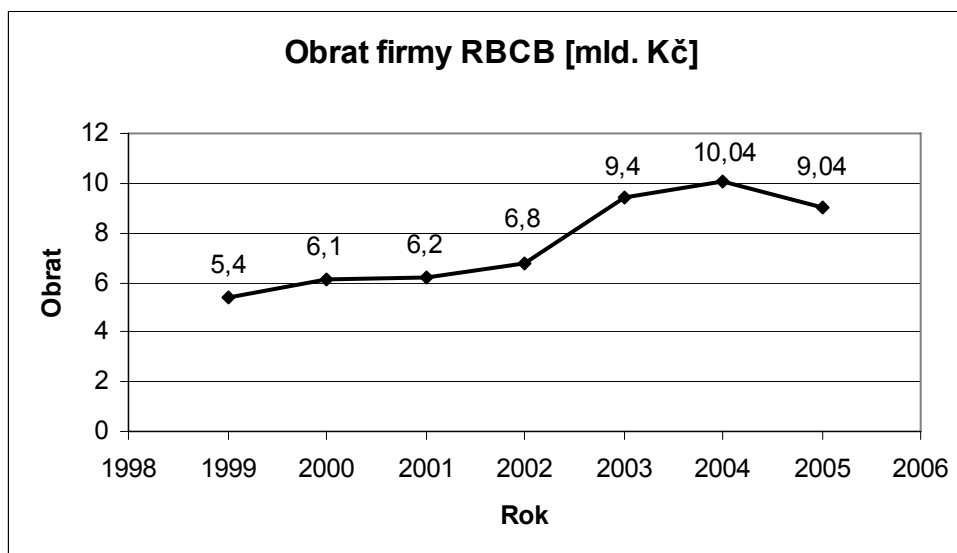
## Příloha C: Výrobní program firmy Robert Bosch, s.r.o.

Tabulka C: Výrobní program firmy Robert Bosch, s.r.o.

Výrobní program		
Typ výrobku	Funkce	Zákazníci
	Víka hlav válců Tlumení hluku Regulace tlaku pro plyny Blow-by Odlučování oleje Měření hmotnosti vzduchu (HFM) Utěsnění	ALFA ROMEO, BMW, Daimler Chrysler, FIAT
	Elektronické plynové pedály Indikace polohy akceleračního pedálu Transformace polohy modulu akceleračního pedálu na elektrický signál Vznik hystereze	ALFA ROMEO, AUDI, DC, FIAT, HYUNDAI, IVECO, MCC, NISSAN, OPEL, VW, atd.
	Nádržové čerpadlové moduly Filtrování paliva Doprava paliva Regulace tlaku paliva Měření výšky hladiny Uzavření nádrže	DC, FIAT, HONDA, NISSAN, PSA, RSA, SUZUKI, TOYOTA, VOLVO, atd.
	Sací moduly Přívod vzduchu Realizace pneumatických přípojek (BKV, Blow By, AGR, atd.) Přívod benzínu Upevnění komponent Upevnění zákaznických dílů	ALFA ROMEO, FIAT, LANCIA, OPEL

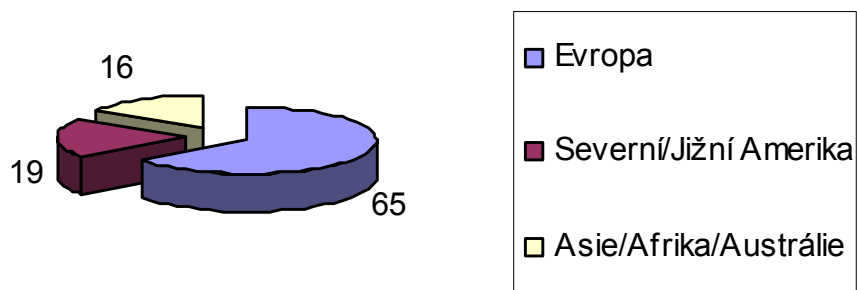
Zdroj: <http://www.bosch.cz/>

**Příloha D: Vybrané ekonomické ukazatele firmy  
Robert Bosch, s.r.o.<sup>30</sup>**

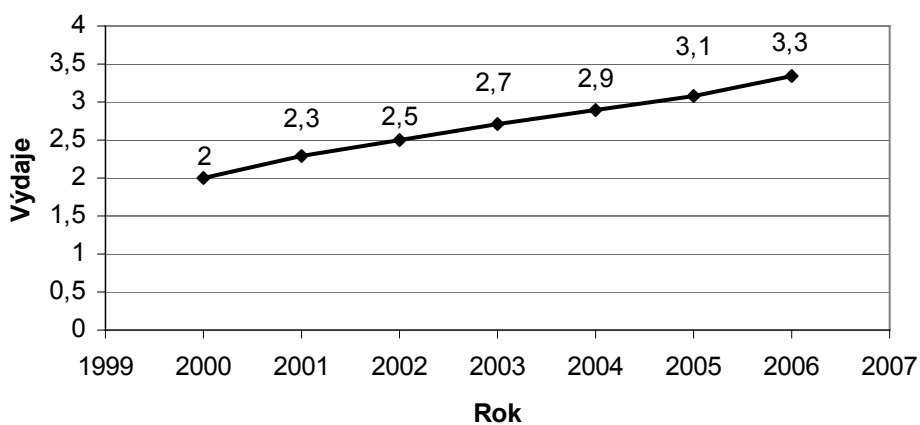


<sup>30</sup> Zdroj: intranet firmy Robert Bosch, s.r.o.

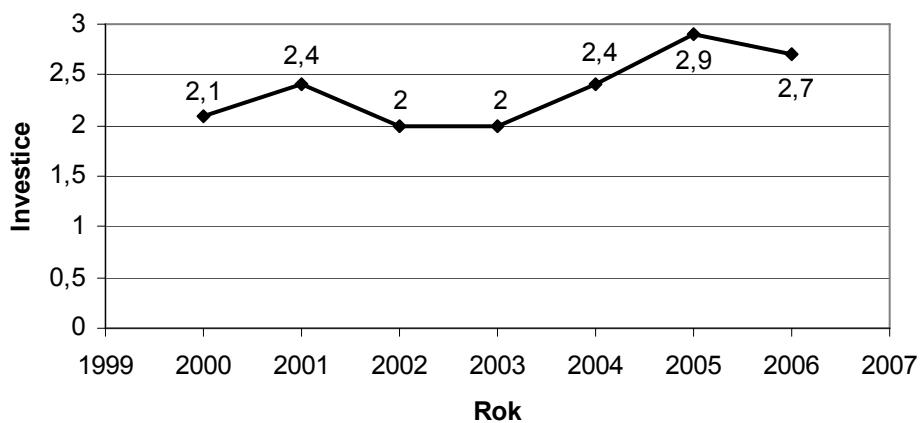
Roční obrát podle kontinentů [% , 2006]

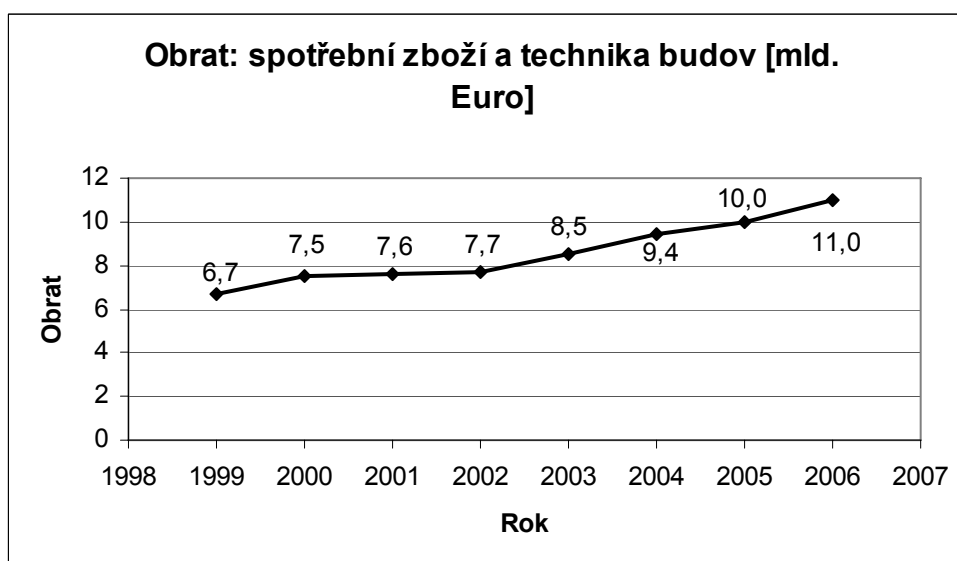
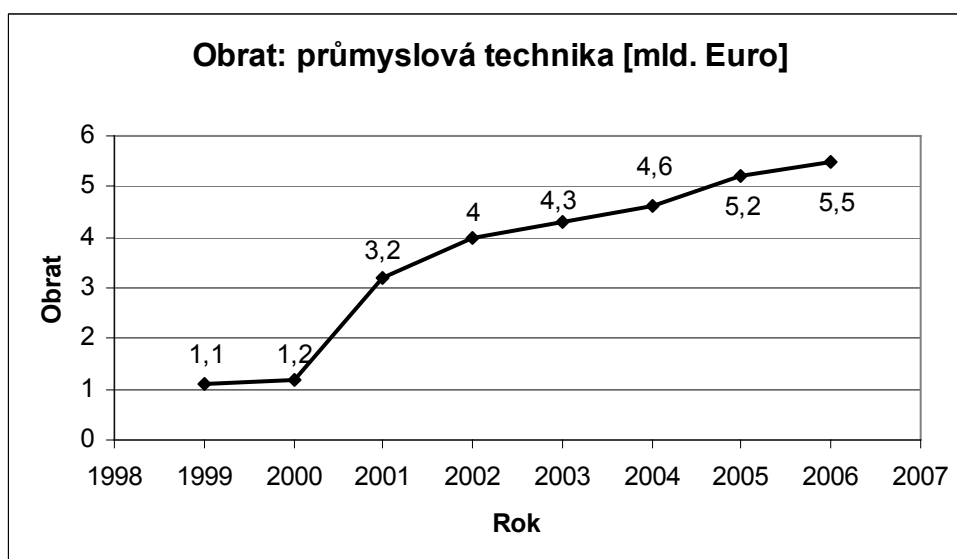
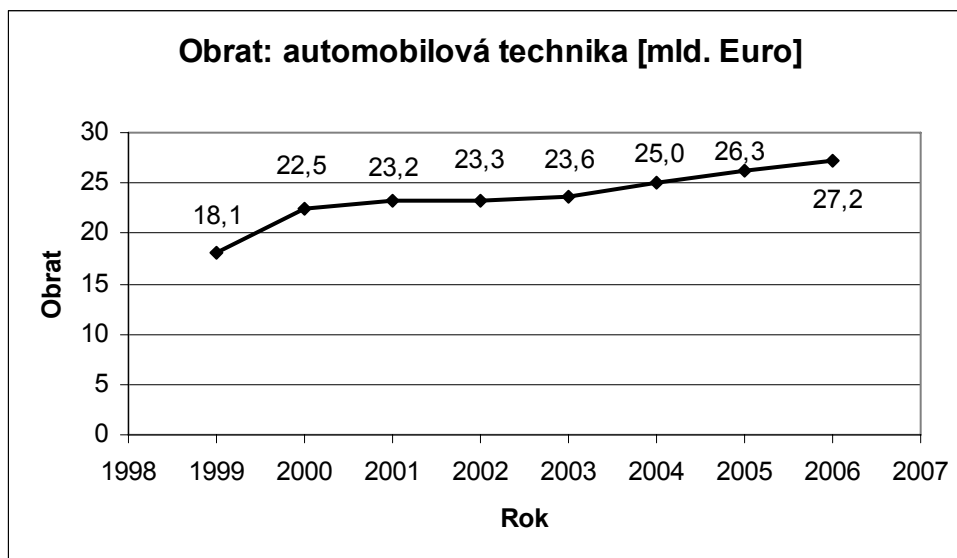


Výdaje na vědu a výzkum [mld. Euro]



Investice do stálých aktiv [mld. Euro]





**Příloha E: Postup výpočtu %GRR (opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřicího systému):**

Řádek	Měřicí pracovník	Měření číslo	DÍL										PRŮMĚR
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31	2,26	-1,36	0,19
2		2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20	1,99	-1,25	0,17
3		3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17	2,01	-1,31	0,21
4		Průměr	0,45	-0,60	1,26	0,54	-0,85	-0,10	0,67	-0,23	2,09	-1,31	$\bar{X}_A = 0,19$
5		Rozptyl	0,35	0,12	0,17	0,17	0,12	0,23	0,16	0,14	0,27	0,11	$\bar{R}_A = 0,18$
6	B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63	1,80	-1,68	0,00
7		2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08	2,12	-1,62	0,12
8		3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34	2,19	-1,50	0,09
9		Průměr	0,13	-0,79	1,16	0,41	-1,01	0,03	0,62	-0,30	2,04	-1,60	$\bar{X}_B = 0,07$
10		Rozptyl	0,18	0,75	0,40	1,02	0,72	0,42	0,36	0,71	0,39	0,18	$\bar{R}_B = 0,51$
11	C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46	1,77	-1,49	-0,22
12		2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56	1,45	-1,77	-0,26
13		3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49	1,87	-2,16	-0,28
14		Průměr	-0,07	-1,16	0,88	0,15	-1,33	-0,48	0,08	-0,50	1,70	-1,81	$\bar{X}_C = -0,25$
15		Rozptyl	0,19	0,42	0,42	0,09	0,39	0,38	0,20	0,10	0,42	0,67	$\bar{R}_C = 0,33$
16		Průměr dílu	0,17	-0,85	1,10	0,37	-1,06	-0,19	0,45	-0,34	1,94	-1,57	$\bar{\bar{X}} = 0,00$ $R_p = 3,51$
17		$\bar{\bar{R}}$	[( $\bar{R}_A = 0,18$ ) + ( $\bar{R}_B = 0,51$ ) + ( $\bar{R}_C = 0,33$ )] / (počet měřících pracovníků = 3) =										$\bar{\bar{R}} = 0,34$
18		$\bar{X}_{DIFF}$	[(max $\bar{X} = 0,1903$ ) – (min $\bar{X} = -0,2543$ )] =										$\bar{X}_{DIFF} = 0,44$
19		$UCL_R$	*( $\bar{\bar{R}} = 0,34$ ) x ( $D_4 = 2,58$ ) =										$UCL_R = 0,88$

\* pro 2 sady měření  $D_4 = 3,27$ ; pro 3 sady měření  $D_4 = 2,58$ 

Zdroj: (7)

VÝPOČET OPAKOVATELNOSTI A REPRODUKOVATELNOSTI MĚŘIDLA	
Výsledky z karty naměřených hodnot:	
$\bar{\bar{R}} = 0,3417$	$\bar{X}_{DIFF} = 0,4447$
$R_p = 3,511$	
Analýza náměrů dílu	% Celkové variability (TV)
Opakovatelnost => EV: variabilita způsobená vlivem měřidla	
$EV = \bar{\bar{R}} \cdot K_1$	$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{EV}{TV}\right)$
$EV = 0,201857$	$\%EV = 17,61\%$
Reprodukovatelnost => AV: variabilita způsobená vlivem měřícího pracovníka	
$\sqrt{\left(\bar{X}_{DIFF} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)}$	$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{AV}{TV}\right)$
$AV = 0,229667$	$\%AV = 20,04\%$
$n = \text{počet dílů}$	
$r = \text{počet měření}$	
Opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla (GRR)	
$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$	$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{GRR}{TV}\right)$
$GRR = 0,305766$	$\%GRR = 26,68\%$
Variabilita způsobená vlivem dílů (PV)	
$PV = R_p \cdot K_3$	$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{PV}{TV}\right)$
$PV = 1,1046$	$\%PV = 96,38\%$
Celková variabilita měřidla (TV)	
$TV = \sqrt{GRR^2 - PV^2}$	$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR}$
$TV = 1,146135$	$ndc = 5,09 \sim 5$

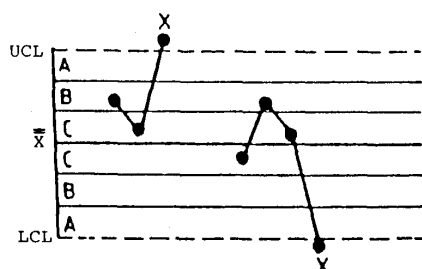
Počet opakovaných měření	$K_1$
2	0,8862
3	0,5908

Počet měřících pracovníků	$K_2$
2	0,7071
3	0,5231

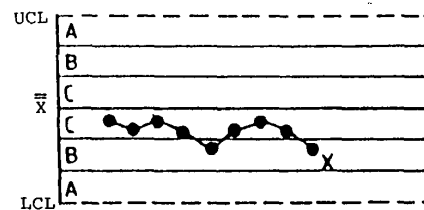
Počet měřených dílů	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_3$	0,7071	0,5231	0,4467	0,4030	0,3742	0,3534	0,3375	0,3249	0,3146

Zdroj: (7)

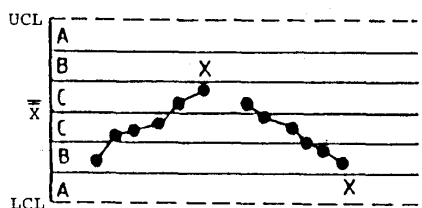
## Příloha F: Testy vymežitelných příčin.



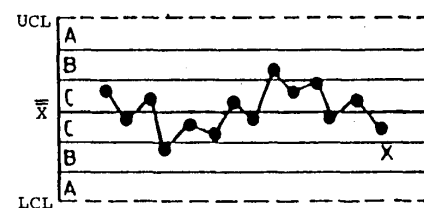
Test 1: Jeden bod leží za zónou A



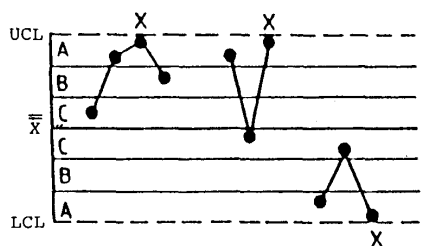
Test 2: Devět bodů v řadě za sebou leží v zóně C nebo za ní



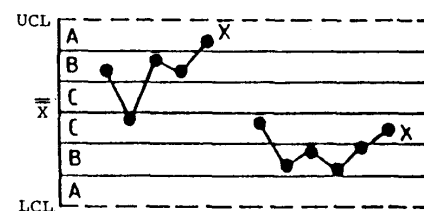
Test 3: Šest bodů v řadě za sebou je plynně stoupajících nebo klesajících



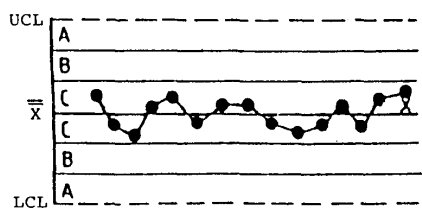
Test 4: Čtrnáct bodů v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů



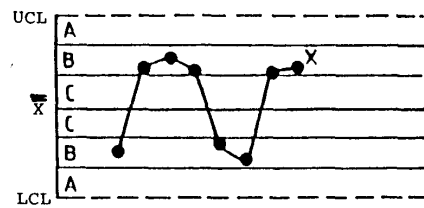
Test 5: Dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v zóně A nebo mimo ní



Test 6: Čtyři z pěti bodů za sebou leží v zóně B nebo na ní



Test 7: Patnáct bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod centrální přímkou)



Test 8: Osm bodů v řadě za sebou leží na obou stranách od centrální přímkou, avšak žádný bod neleží v zóně C

Zdroj: (2)

**Příloha G: Výpočet finanční náročnosti projektu.**

Počáteční náklady na vývoj a zavedení systému:			
Analýza současného stavu vstupní kontroly v RBCB	:	56 hod =	5 292 Kč
Návrh na zvýšení efektivity vstupní kontroly v RBCB	:	26 hod =	2 457 Kč
Analýza vyhodnocování procesní způsobilosti u dodavatelů	:	74 hod =	6 993 Kč
Návrh aplikace pro pravidelné předávání cpk-přehledů	:	100 hod =	9 450 Kč
Odhad ceny vyvinutí a zavedení aplikace	:	260 hod =	57 200 Kč
Náklady na cesty a školení	:		23 520 Kč
<b>Celkem náklady na systém monitoringu Cpk</b>	:		<b>108 662 Kč</b>
E-mail dodavatelům	:	0,5 hod =	127 Kč
Domluva s dodavateli	:	2 hod =	506 Kč
Otestování funkčnosti aplikace	:	16 hod =	4 050 Kč
Suma nákladů na zkušební provoz aplikace	:		4 683 Kč
E-mail dodavatelům	:	2 hod =	506 Kč
Domluva s dodavateli	:	125 hod =	31 641 Kč
Suma nákladů na zavedení aplikace	:		32 147 Kč
<b>Celkové náklady na vytvoření, zkušební provoz a zavedení systému</b>	:		<b>145 492 Kč</b>

Údržba systému: [Kč / rok]			
Náklady spojené s administrací a běžným užíváním aplikace	:	48 hod =	12 150 Kč
Náklady na změnu v procesu hodnocení dodavatelů	:	40 hod =	10 125 Kč
Náklady na řešení mimořádných situací	:	32 hod =	8 100 Kč
<b>Celkové náklady na údržbu systému v Kč za rok</b>	:		<b>30 375 Kč</b>

Výnosy:			
Základna pro výpočet: roční náklady na pracovníky v oddělení "troubleshooting"			
13 lidí v oddělení "troubleshooting"	:	13 pracovníků	
Počet hodin denně	:	8 hod =	2 025 Kč
počet hodin týdně	:	40 hod =	10 125 Kč
Počet hodin měsíčně	:	160 hod =	40 500 Kč
Počet hodin ročně	:	1 920 hod =	486 000 Kč
13 pracovníků	:	24 960 hod =	6 318 000 Kč

Roční výnosy:			
Varianty (počet procent ušetřených v odd. "troubleshooting")			
Pesimistická:	:	1,0 % =	63 180 Kč
Předpokládaná:	:	1,5 % =	94 770 Kč
Optimistická:	:	2,0 % =	126 360 Kč