

# Porovnání softwarových produktů pro podporu hodnocení způsobilosti technologických procesů

Bc. Jan VERBERGER

---

Diplomová práce  
2006

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2005/2006

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan VERBERGER**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Porovnání softwarových produktů pro podporu  
hodnocení způsobilosti technologických procesů**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická východiska regulace a hodnocení způsobilosti technologických procesů**
- 2. Studium současného stavu hodnocení způsobilosti technologických procesů**
- 3. Zpracování a vyhodnocení experimentálních dat pro hodnocení způsobilosti procesu**
- 4. Návrh SW pro hodnocení způsobilosti technologického procesu broušení pro STIM ZET a.s.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. TOŠENOVSKÝ, J.- NOSKIEVIČOVÁ, D.: Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava. Montanex, 2000, 362 s.
2. Norma ČSN ISO 8258 – Shewhartovy regulační diagramy. ČNI Praha, 1993, 36 s.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Josef Hrdina**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**14. února 2006**

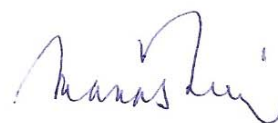
Termín odevzdání diplomové práce:

**31. května 2006**

Ve Zlíně dne 12. ledna 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce řeší problematiku porovnání softwarových produktů pro podporu hodnocení způsobilosti technologických procesů.

Hlavním úkolem práce bylo ověřit způsob zpracování a vyhodnocení naměřených dat pro hodnocení způsobilosti procesů.

Výsledkem diplomové práce je program pro hodnocení způsobilosti technologického procesu broušení pro STIM ZET a.s. Program je vytvořen v systému Microsoft EXCEL.

## **ABSTRACT**

The dissertation deals with the problematic of comparison of software products for support of technological processes capability evaluation.

The main task of the work was to check the manner of processing and evaluation of experimental data for evaluation of processes capability evaluation.

The result of the dissertation is a program for capability evaluation of technological grinding process for STIM ZET a.s. The program is created in the Microsoft EXCEL system.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Josefu Hrdinovi za vedení diplomové práce a pomoc při získávání informací potřebných k jejímu vypracování.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího diplomové práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 22. května 2006

.....

podpis

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 SYSTÉM JAKOSTI</b> .....	<b>10</b>
1.1 ZAVEDENÍ SYSTÉMU JAKOSTI .....	10
1.2 DRUHY SYSTÉMU JAKOSTI – METODY A NÁSTROJE ŘÍZENÍ JAKOSTI .....	10
1.2.1 Kontrolní tabulky .....	11
1.2.2 Vývojové diagramy .....	13
1.2.3 Histogramy .....	14
1.2.4 Ishikawův diagram .....	15
1.2.5 Paretovy diagramy .....	16
1.2.6 Bodové diagramy .....	18
1.2.7 Regulační diagramy .....	19
<b>2 STATISTICKÉ METODY ŘÍZENÍ JAKOSTI</b> .....	<b>21</b>
2.1 STATISTICKÁ REGULACE PROCESU – SPC .....	22
2.2 STATISTICKÉ PŘEJÍMKY .....	23
<b>3 POČÍTAČOVÁ PODPORA SPC</b> .....	<b>23</b>
<b>4 TEORIE STATISTICKÉ REGULACE PROCESU</b> .....	<b>27</b>
4.1 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY ČSN ISO 8258.....	27
4.1.1 Náhodné a vymežitelné příčiny variability .....	27
4.2 POSTUP ZAVÁDĚNÍ STATISTICKÉ REGULACE .....	28
4.2.1 Druhy statistické regulace .....	30
4.2.1.1 <i>Statistická regulace měřením</i> .....	31
4.2.1.2 <i>Přípravná fáze</i> .....	32
4.2.1.3 <i>Fáze analýzy a zabezpečení statistické zvládnutosti procesu</i> .....	33
4.2.1.4 <i>Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu</i> .....	38
4.2.2 Požadavky na způsobilost procesu.....	41
4.2.2.1 <i>Možnosti dosažení způsobilého procesu</i> .....	42
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>44</b>
<b>5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE</b> .....	<b>45</b>
<b>6 NÁVRH SW PRO HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI TECHNOLOGICKÉHO PROCESU BROUŠENÍ</b> .....	<b>46</b>
<b>7 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ SOFTWAREVÝCH PRODUKTŮ PRO PODPORU SPC</b> .....	<b>48</b>
7.1 SPECIFIKACE SW PALSTAT CAQ PRO METODU SPC .....	48
7.2 PROGRAM EXCEL PRO SPC .....	53
<b>8 ZPRACOVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT</b> .....	<b>55</b>
8.1 VYHODNOCENÍ DAT METODOU SPC V PROGRAMU PALSTAT .....	55
8.2 VYHODNOCENÍ DAT METODOU SPC V PROGRAMU EXCEL SPC .....	59

---

8.3	POROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT SPC V JEDNOTLIVÝCH PROGRAMECH.....	59
<b>9</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>59</b>
9.1	PROGRAM PALSTAT .....	61
9.2	PROGRAM EXCEL SPC .....	62
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>69</b>

## ÚVOD

Úkolem mé diplomové práce bylo porovnání nástrojů pro statistickou regulaci procesů a navrzení softwaru pro hodnocení způsobilosti technologického procesu broušení pro STIM ZET a.s., významného výrobce řezných nástrojů na otvory. Jejich produkty jsou zejména vrtáky, výstružníky, záhlubníky, výhrubníky a speciální nástroje na obrábění otvorů.

Ve své diplomové práci jsem se zaměřil na vypracování návrhu SW pro zpracování a vyhodnocení naměřených dat pro hodnocení způsobilosti procesu a porovnání tohoto SW s profesionálním produktem SPC PALSTAT. Pro návrh a porovnání SW produktů jsem použil vlastní naměřená data z výrobního procesu broušení STIM ZET a.s., které jsem převedl, pro snazší manipulaci a další operace, do programu Microsoft EXCEL. Zde jsem navrhl a vytvořil program pro automatické vyhodnocování způsobilosti procesu. Použité indexy způsobilosti slouží k ohodnocení, zda a do jaké míry se daří dodržovat předepsané specifikační (regulační) meze a stanovení střední hodnoty spojitého znaku jakosti.

V závěrečné části jsou uvedeny návrhy a doporučení pro využití a aplikaci jednotlivých nástrojů statistické regulace procesu. Praktické využití tohoto SW má sloužit k tomu, aby docházelo k zlepšování výrobních procesů a tím zvýšení kvality celého podniku.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 SYSTÉM JAKOSTI

V posledních dvou desetiletích stoupl význam jakosti tak dramaticky, že někteří odborníci hovoří o tzv. „revoluci jakosti“. Tato dramatická změna filozofie managementu zasahuje i naše podniky.

## 1.1 Zavedení systému jakosti

Informační systémy podniku a řízení jakosti [7]

Tento příspěvek se zabývá problematikou řízení jakosti v automatizovaných systémech výroby a návaznostmi na informační systémy podniku, zejména Manažerské informační systémy. Cílem příspěvku je nastínit požadavky na informační systém tak, aby vyhovoval současným požadavkům z hlediska systémů řízení jakosti.

## 1.2 Druhy systému jakosti – metody a nástroje řízení jakosti

### Sedm základních nástrojů řízení jakosti

Skupinu sedmi základních nástrojů řízení jakosti tvoří:

- **Kontrolní tabulky (sběr a třídění údajů)**
- **Vývojové diagramy**
- **Histogramy**
- **Ishikawův diagram příčin a následků**
- **Paretovy diagramy**
- **Bodové diagramy (regresní a korelační analýza)**
- **Regulační diagramy**

### Sedm nových nástrojů řízení jakosti

- **Afinitní diagram**
- **Diagram vzájemných vztahů**
- **Systematický diagram**
- **Maticový diagram**
- **Analýza údajů v matici**

- **Diagram PDPC**
- **Síťový diagram**

### **Statistické metody řízení jakosti**

- **Statistická regulace procesu – SPC**
- **Statistické přejímky**

### **Stručný přehled dalších metod pro řízení jakosti**

- **DOE**
- **FMEA**
- **G8D**
- **MSA**
- **Poka-yoke**
- **APQP**

Výše uvedené metody patří k jednoduchým statistickým metodám, ale vyznačují se velkou účinností a pomáhají nám odhalovat a analyzovat velkou část problémů řízení jakosti.

#### **1.2.1 Kontrolní tabulky**

Kontrolní tabulky slouží převážně k ručnímu sběru prvotních dat o daném procesu. Tabulky musí být přehledné, spolehlivé a organizované. Nejčastější oblastí použití těchto tabulek při zajišťování jakosti jsou:

- vstupní, operační, výstupní kontrola jakosti polotovarů, součástek, hotových dílů, surovin
- analýza strojů a zařízení
- analýza technologického procesu
- analýza neshodných jednotek

- záznam vstupních údajů a výpočet základních charakteristik pro regulační diagramy

Data se do tabulek zaznamenávají uspořádaným způsobem, což umožňuje zjednodušení a standardizaci záznamu dat a zlepšuje vizuální interpretaci. Tím se minimalizují chyby při vlastním sběru dat, záznamů, přepisování, interpretaci a ukládání. Místo čísel nebo textových znaků se doporučuje používat čárek nebo značek a symbolů. To umožňuje záznam velkého počtu dat do jedné tabulky (Tab.1).

Tab.1. Kontrolní tabulka závlačky

KONTROLNÍ TABULKA PRŮMĚRU ZÁVLAČKY			Tabulka č.: 114
Datum: 4. 8. 1996		Operátor:	
Číslo soustruhu: 32146	Číslo nože: B32	Poznámky: výběr. kontrola	
Stupnice (mm)	Záznam	Součet	
< 0,4-0,7 )	III IIII	9	LSL
< 0,7-1,0 )	III III	8	
< 1,0 - 1,3)	III III III III	20	
<1,3 - 1,6)	III III III III III III III	35	
< 1,6 - 1,9)	III III III III	18	USL
< 1,9 - 2,2)	III	5	

Tři hlavní oblasti aplikace kontrolních tabulek:

1. Nástroj pro záznamy výsledků jednoduchého sčítání různých položek – např. kontrolní tabulka výskytu vad, z které se sčítají a klasifikují vady podle druhu za dlouhé časové období. Tabulka slouží jako výchozí podklad pro zpracování např. Paretovy analýzy.
2. Nástroj zobrazení rozdělení souboru měření – tabulka slouží jako výchozí podklad pro sestavení histogramu.
3. Nástroj zobrazení místa výskytu různých jevů – tabulky podávají informaci o četnosti výskytu různých druhů vad a graficky zobrazují místa výskytu jednotlivých druhů vad, popř. jejich koncentraci v těchto místech na zkoumaném výrobku. Odhalení míst výskytu vad urychluje odhalení příčin vad a jejich odstranění.

Při vlastní tvorbě kontrolních tabulek se používá princip stratifikace. Je to proces třídění dat podle zvolených hledisek. Typická hlediska pro stratifikaci provozních dat jsou např. druhy vad, poloha nebo místo výskytu vad, stroj, pracovník, výrobní linka, směna, druh materiálu, časový úsek, technologické parametry, použité měřicí přístroje atd. Použitím stratifikace se oddělí data z různých zdrojů a tím se urychlí proces vyhledávání příčin a neshod problémů.

### 1.2.2 Vývojové diagramy

Vývojové diagramy nám pomáhají odhalit, jak určité činnosti postupují za sebou, identifikují proces a slouží k pochopení, jak proces funguje. Proto tyto diagramy slouží jako základní nástroj pro zdokonalování procesu. Vývojové diagramy jsou univerzálním nástrojem pro popis jakýchkoliv procesů v organizaci. Používají se při budování systému zabezpečování jakosti podle norem ISO 9000.

Vývojové diagramy umožňují řešit tyto situace:

- názorné grafické vysvětlení procesu zákazníkovi nebo uživateli při prokazování jakosti
- objasnění vazeb mezi jednotlivými činnostmi procesu (např. novým pracovníkům)
- odkrývají a objasňují vazby mezi spolupracujícími útvary daného procesu
- odhalování nedostatků v procesu a navržení zlepšení

Vývojový diagram je v podstatě graf s jedním začátkem a jedním koncem. Popisovaný proces tvoří struktura a sekvence aktivit, která je v grafu vyjádřena operačními bloky (zobrazují činnosti) a rozhodovacími bloky.

Při sestavování vývojových diagramů se doporučuje pracovat v týmu a důležitá je správná volba otázek. Základní jsou otázky typu: „co se stalo nejdříve?“, „co má následovat?“, „odkud materiál pochází?“, „jak přichází do procesu?“, „co se děje, rozhodneme-li se ano?“, „co se děje, rozhodneme-li se ne?“, „kdo rozhoduje?“, „kam výrobek pokračuje?“ atd [1]. Sestavený vývojový diagram má být jednoduchý a stručný, přehledný a měl by být umístěn na jednu stránku.

Používají se tři základní typy vývojových diagramů:

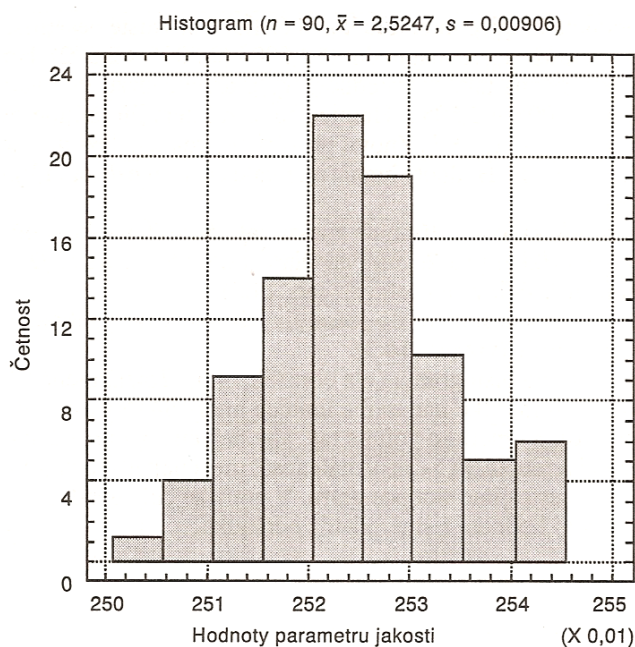
- lineární – jednotlivé bloky postupují za sebou
- vstup/výstup – lineární diagram doplněný o vazby jednotlivých operačních a rozhodovacích bloků na vstup a výstup
- integrovaný – je nejkompexnější a jednotlivé rozhodovací a operační bloky jsou doplněny o pravomoce lidí, kteří mohou ovlivnit tento proces

### 1.2.3 Histogramy

Histogram je grafické znázornění intervalového rozdělení četnosti např. četnosti hodnot znaku jakosti – rozměr výrobku (Tab.2), chemické složení, pevnost, napětí atd., nebo hodnot výrobních činitelů, které se podílejí na jakosti výrobku – např. řezná rychlost, teplota atd. Je to sloupkový graf, kde základna jednotlivých sloupků odpovídá šířce intervalu  $h$  a výška sloupku vyjadřuje četnost hodnot sledované veličiny v daném intervalu. V praxi se histogramy často používají, protože jsou přehledné a jednoduše se sestavují (Obr.1). Podávají tyto informace:

- odhad polohy a rozptýlenosti hodnot sledovaného znaku jakosti či parametrů procesu
- odhad tvaru rozdělení sledovaného znaku jakosti či parametrů procesu
- identifikace změn procesu: - srovnání histogramů mezi sebou - analýzou tvaru histogramu
- prvotní informaci o způsobilosti procesu

Č. ř.	Interval (třída)	Třídni znak $z_i$	Přiřazení hodnot do intervalu	Třídni četnost $n_i$
1	2,5005 – 2,5055	2,503	/	1
2	2,5055 – 2,5105	2,508	////	4
3	2,5105 – 2,5155	2,513	### ////	9
4	2,5155 – 2,5205	2,518	### ### ////	14
5	2,5205 – 2,5255	2,523	### ### ### ### //	22
6	2,5255 – 2,5305	2,528	### ### ### ////	19
7	2,5305 – 2,5355	2,533	### ###	10
8	2,5355 – 2,5405	2,538	###	5
9	2,5405 – 2,5455	2,543	### /	6
	CELKEM	-	-	90



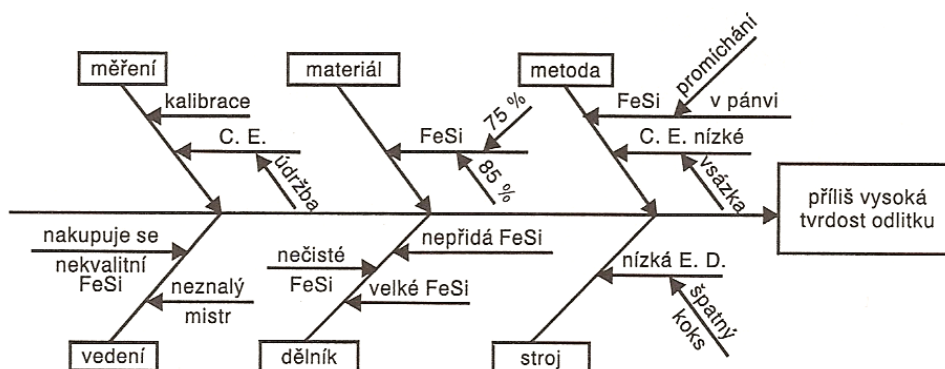
Obr.1. Histogram jakosti

#### 1.2.4 Ishikawův diagram

Diagram příčin a následků je jednoduchým nástrojem shromažďování informací o procesech, výsledcích, výkonnosti procesu atd. Tento nástroj je vhodný pro týmovou práci, vyznačuje se snadnou pochopitelností a proto je možné ho použít na všech úrovních řízení. Pomáhá při tvůrčím řešení problémů a umožňuje lepší porozumění problému tím, že ukazuje vzájemné vztahy mezi nalezenými příčinami a následky.

Postup při konstrukci diagramu:

1. Jednoznačné definování problému, který se bude analyzovat. Tento problém je „následek“ a zapíše se do obdélníku na pravou stranu papíru. Zleva se vede do středu obdélníku centrální čára.
2. Definují se hlavní příčiny následku. Tyto hlavní příčiny se zakreslí na vedlejší větve, které jsou spojeny s centrální čarou. V případě, že je obtížné definovat hlavní příčiny, lze použít všeobecné skupiny příčin (postupy, výrobní zařízení, lidé, měření, materiál, prostředí). Tyto všeobecné skupiny příčin usnadňují definování veškerých subpříčin.
3. Určení všech hlavních subpříčin ve vztahu k hlavním příčinám. Při týmové práci se doporučuje použít formu brainstormingu. Tyto subpříčiny se zakreslí do větve dané hlavní příčiny.
4. Všechny příčiny v grafu je nutné bodově ohodnotit, např. pomocí Paretovy analýzy a vybrat rozhodující příčiny, na které se zaměří pozornost při další analýze.



Obr.2. Diagram příčin a následků

### 1.2.5 Paretovy diagramy

Paretovo pravidlo má svůj název po italském ekonomovi Vilfredu Paretovi, který tvrdil, že velká část bohatství (80%) je v rukou malého množství lidí (20%). Proto se tato analýza nazývá také pravidlo „80-20“. V oblasti řízení jakosti jde o efektivní, dostupný a snadno aplikovatelný rozhodovací nástroj. Odděluje podstatné faktory, které se nejvíce podílejí na jakosti od méně podstatných. Dává nám tedy informace, kam se máme zaměřit při odstraňování nedostatků v procesu zabezpečování jakosti. Paretova principu použil v oblasti řízení jakosti poprvé americký odborník J. M. Juran, který dospěl k závěru, že 80 – 95% problémů s jakostí je způsobeno malým počtem příčin (5 – 20%). Tyto příčiny



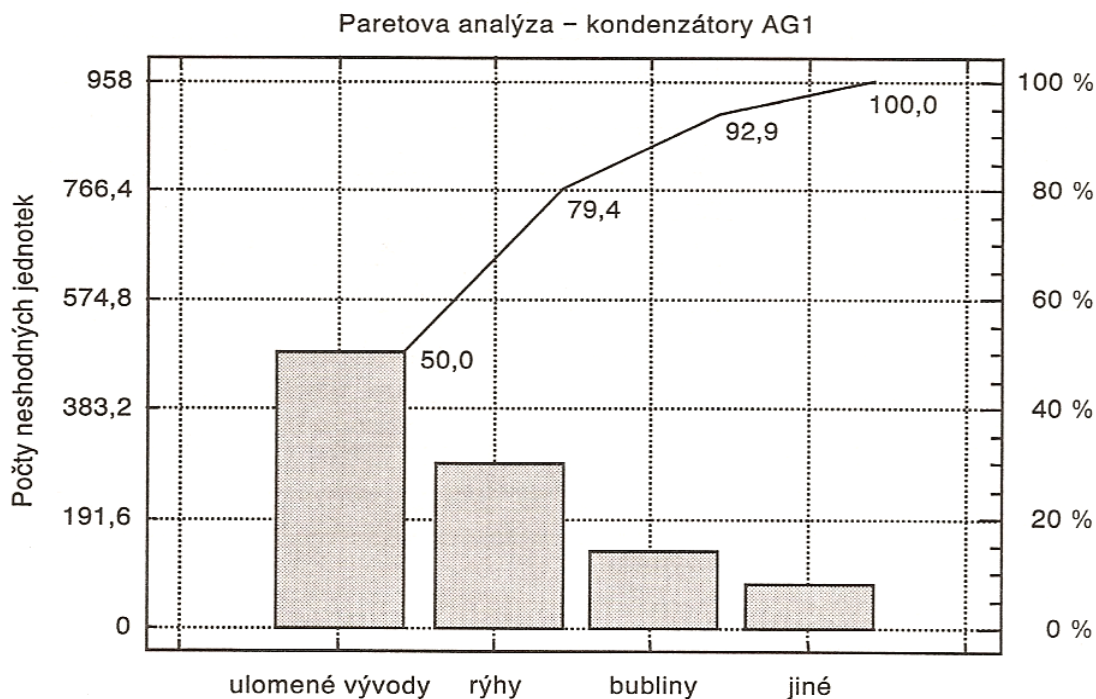
označil jako „životně důležitou menšinu“, na kterou se je potřeba přednostně zaměřit při analýze. Vlivy této příčiny je nutno odstranit nebo alespoň minimalizovat. Ostatní příčiny (80 – 95%) označil jako užitečnou většinu. Při zajišťování jakosti mají Paretovy diagramy využití v oblastech: analýzy počtu vadných výrobků, analýzy ztrát s nimi spojených, analýzy časových a finančních ztrát způsobených vypořádáním se s neshodnými výrobky, analýzy reklamací, analýzy prostojů strojů atd.

Paretova analýza se používá pro vyhledávání a určení nejpodstatnějších problémů (následků), které jsou způsobeny „životně důležitou menšinou“ příčin.

Pro zvýšení účinnosti Paretova diagramu je výhodné kombinovat tuto analýzu s analýzou diagramu příčin a následků.

*Tab.3. Souhrnná tabulka pro sestavení grafu – pro ukazatele četnosti neshod*

Druh neshody	Označení neshody	Četnost neshody	Kumulovaná četnost	Relativní kumulovaná četnost (v % )
Ulomené vývody	A	479	479	50
Rýhy	B	282	761	79
Bublíny	C	129	890	93
Jiné *	D	68	958	100
Celkem		958	-	-



Obr.3. Paretův diagram pro ukazatel četnosti jednotlivých druhů vad

### 1.2.6 Bodové diagramy

V situaci, kdy při řízení procesu zdokonalování jakosti máme regulovat tento proces podle znaků jakosti, který je časově nebo ekonomicky tak náročný, že by regulační zásahy byly tak neefektivní nebo nerealizovatelné, se doporučuje zjistit jiný znak jakosti, který s původně požadovaným znakem jakosti koreluje – znaky mají stochastickou závislost (tzn. existuje vztah závislé proměnné  $Y$  a nezávislé proměnné  $X$ , který je ovlivňován náhodou. Obě proměnné jsou náhodné veličiny. Náhodný výběr rozsahu  $n$  tvoří  $n$  dvojic naměřených hodnot  $(X_i, Y_i)$  pro  $i = 1, 2, \dots, n$ .  $Y$  jsou hodnoty, které predikujeme,  $X$  hodnoty, podle nichž predikci uskutečňujeme. Nejde o funkční závislost, nelze hodnotu proměnné  $Y$  zcela přesně spočítat, lze ji pouze odhadnout. Pomocí vhodné regrese a hodnot znaků jakosti, které jsme schopni rychle a levně zjistit, stanovíme hodnoty požadovaného znaku jakosti. Podmínkou tedy je existence stochastické závislosti mezi požadovaným a rychle zjistitelným znakem jakosti.

Informace o existenci stochastické závislosti poskytuje tzv. bodový diagram.

Konstrukce bodového diagramu:

- a) zvolíme nezávislou proměnnou  $X$  a závislou proměnnou  $Y$

- b) provedeme měření min. třiceti dvojic hodnot závisle a nezávisle proměnné, které zaznamenejeme do tabulky
- c) z naměřených hodnot sestavíme bodový diagram. V pravoúhlé souřadnicové soustavě zobrazíme jednotlivé dvojice hodnot. Každá dvojice je zobrazena bodem o souřadnicích  $[X_i, Y_i]$
- d) provedeme analýzu bodového diagramu. Získáme prvotní informace o studovaném znaku jakosti. Z bodového grafu můžeme určit, zda se jedná např. o silnou korelaci (body jsou málo rozptýleny), lineární závislost, nepřímou lineární závislost nebo že proměnné  $X$  a  $Y$  nejsou korelovány a tedy mezi nimi neexistuje žádná stochastická závislost (např. body rozptýlené po celé ploše diagramu). Pro upřesnění těchto prvotních informací se provádí kvantifikace těsnosti stochastické závislosti. Používá se zde koeficient korelace  $r$  (míra závislosti mezi dvěma proměnnými  $X$  a  $Y$ ). Pro tento koeficient platí:  $-1 \leq r \leq 1$ . Jestliže je  $r = -1$  nebo  $+1$ , jde o závislost funkční. Blíží-li se hodnota  $r$  hodnotě  $+1$ , pak mezi oběma veličinami existuje silná (těsná) přímá závislost. Blíží-li se hodnotě  $-1$ , jde o silnou nepřímou závislost. Jestliže se absolutní hodnota  $r$  blíží nule, jde o slabou lineární závislost. Je-li  $r = 0$ , obě veličiny jsou nezávislé. Postup měření těsností stochastické závislosti se nazývá korelační analýza. K popisu průběhu stochastických závislostí se používají regresní funkce a proces analýza stochastických závislostí se nazývá regresní analýza.

### 1.2.7 Regulační diagramy

Regulační diagramy se používají pro statistickou regulaci procesu. Zajišťují preventivní přístup k řízení jakosti tím, že včas odhalují odchylky v průběhu procesu od předem stanovených úrovní. Lze tedy provést takové zásahy do procesu, aby byl proces na stabilní úrovni, která je dlouhodobě požadována. Pokud je jakost procesu plně určena jednou nebo více určenými veličinami, pak se zaměříme na sledování těchto veličin. V pravidelných časových intervalech se kontrolují hodnoty veličin a porovnávají se s kritériem, které bylo stanoveno pro jakostní stav. Toto kritérium netvoří jedna hodnota, ale interval hodnot s horní a spodní mezí. Proces je pod kontrolou (stabilní), pokud sledované veličiny splňují požadavky na kritéria. Pokud ne, proces se dostal mimo

kontrolu. Pro dosažení stabilního procesu se používají statistické metody. Statistická regulace procesu se definuje jako bezprostřední a průběžná kontrola procesu a je založena na matematicko-statistickém vyhodnocení jakosti produktu. Poskytuje nám takové informace, na základě kterých můžeme provádět včasné a operativní zásahy do procesu, nebo informace, které signalizují, že stabilní stav bude ohrožen.

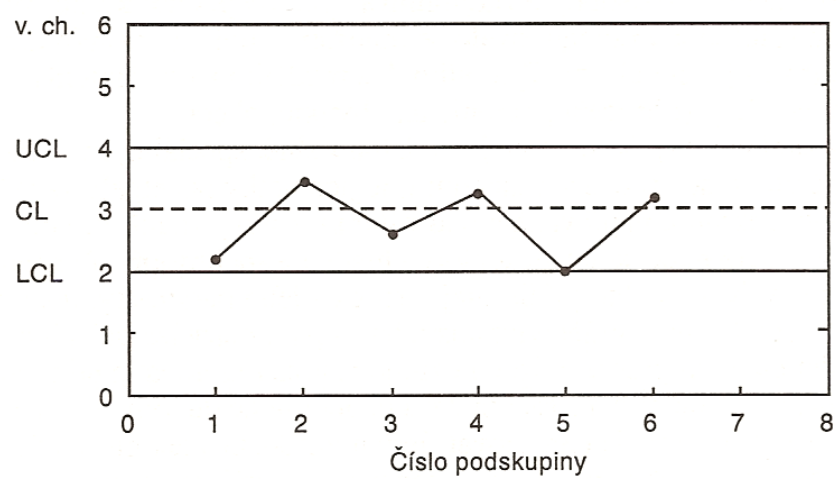
Každý proces je variabilní a i za relativně stálých podmínek, působí na proces objektivní řada vlivů, které vyvolávají tuto variabilitu. Tyto vlivy mohou být:

- a) náhodné vlivy – je jich velký počet, ale každý sám působí v malém rozsahu a žádný výrazně nepřevyšuje ostatní (kolísání teploty, lidský faktor, ...). Tyto vlivy způsobují, že proces, respektive jeho znaky jakosti, mají stabilní rozdělení podobnosti, jehož parametry lze odhadnout, a proto lze předvídat chování procesu.
- b) vymežitelné vlivy – každý vliv samostatně způsobuje velkou odchylku jakosti od dané úrovně (poškození stroje, nástup nového pracovníka, opotřebení nástrojů). Tyto vlivy mění původní rozdělení nebo parametry rozdělení pravděpodobnosti znaku jakosti.

Regulační diagram je graf, který znázorňuje variabilitu procesu dynamicky a tím umožňuje oddělit náhodné příčiny variability procesu od příčin vymežitelných.

Regulační diagram se sestavuje tak, že na osu  $x$  vyznačíme časové okamžiky, v nichž provedeme měření procesu nebo náhodný výběr vzorků z produkce. Na osu  $y$  vyznačíme hodnotu příslušné sledované veličiny. Body v grafu spojíme čarou. Regulační diagram se skládá z centrální přímky (CL), horní a dolní regulační meze (UCL, LCL). Tyto regulační meze určují pásmo, v němž leží s předem zvolenou pravděpodobností hodnoty měřených veličin, za předpokladu, že na zkoumaný proces působí v daném zkoumaném okamžiku jen náhodné vlivy.

Při provádění analýzy sestaveného regulačního diagramu zjišťujeme, zda je či není sledovaný proces statisticky stabilně zvládnutý. Stav, kdy není proces stabilní, reprezentují body ležící mimo regulační meze, nebo skupina bodů, tvořící nenáhodná seskupení. V tomto případě je třeba provést analýzu procesu, vyhledat a odstranit vymežitelné příčiny, které způsobují nestabilitu procesu.



*Obr.4. Struktura regulačního diagramu*

## 2 STATISTICKÉ METODY ŘÍZENÍ JAKOSTI

Historie používání statistických metod pro řízení jakosti koresponduje s vývojem jakosti. Přístup k řízení jako pouhé kontrole a později regulaci jakosti, s sebou přinesl aplikaci statistických přejímek a regulačních diagramů, jejichž propracování s řadou technik vyústilo v ucelenou metodu označovanou jako statistická regulace procesu SPC (statistical process control).

Chápání jakosti v pojetí zdůrazňujícím význam předvýrobních etap, zejména procesů navrhování výrobků a procesů, vedla k vytvoření metody využívající metod navrhování pokusů, označovanou zkratkou DOE (design of experiments).

### 2.1 Statistická regulace procesu – SPC

Statistická regulace umožňuje zvládnout a zlepšovat proces. Tato metoda dokáže nastolit a udržet proces na požadované a stabilní úrovni. Skládá se z řady technik, umožňující jednak lokalizovat problém a jednak řešit tento vzniklý problém. Jsou to např. techniky brainstorming a sedm základních nástrojů řízení jakosti.

Význam metody vyplývá ze skutečnosti, že kolísání a s ním související výskyt odchylek od požadované hodnoty je vlastní každému procesu. Metoda přináší úspory okamžité – omezení neshodných výrobků, snížení objemu reklamací, lepší uspořádání procesu apod. Dále přináší úspory dlouhodobé – výrobek lépe uspokojí zákazníky, dobré jméno firmy, důkaz zabezpečování kvality.

Princip metody – sledování, zda se proces chová „normálně“, tj. zda na proces působí pouze náhodné příčiny, nebo zda působí i vymežitelné příčiny – pak je nutné zasáhnout.

Zavádění statistické regulace má několik etap.

- Přípravná etapa – jejím smyslem je diagnóza procesu – jeho poznání a stanovení, zda proces je či není schopen regulace. Základním nástrojem této etapy je histogram.
- První etapa – úkolem je „lечение procesu“ – tzn. odstraňování vymežitelných příčin působících na regulovanou veličinu. Hlavním nástrojem této etapy je regulační diagram.

- Druhá etapa – v této etapě pracujeme s regulovaným procesem a smyslem této etapy je udržování procesu ve stabilním stavu – monitorování regulačním diagramem, odstraňování případných nežádoucích poloh procesu stejnými nástroji jako v první etapě.

## 2.2 Statistické přejímky

Statistická přejímka je výběrová kontrola, při které se rozhoduje o přijetí či nepřijetí dávky produktů. Pracuje tedy s postupy, v nichž rozhodnutí o přijetí či nepřijetí jsou založena na výsledcích kontroly výběru. Přejímka samotná nepřispívá ke kvalitě produktu, je však informací o úrovni jakosti. Můžeme ji tedy označit za nástroj pro rozhodování.

Protože neznáme úroveň kvality celé dodávky, ale pouze výběru, vznikají při rozhodování o přijetí či nepřijetí rizika chyb dvou typů. Riziko dodavatele ( $\alpha$ ) – v případě, že dojde k zamítnutí dodávky, která měla být přijata. Riziko odběratele ( $\beta$ ) – může dojít k přijetí dodávky, která měla být zamítnuta.

Rozlišujeme statistickou přejímku při kontrole srovnáváním a měřením:

Srovnáváním – používá se přejímka jedním výběrem. Obsahuje-li dodávka  $N$  výrobků a vybereme-li náhodně  $n$  výrobků z nichž z výrobků jsou neshodné výrobky, pak platí:

- a) je-li  $z \leq c$  – převzít dodávku
- b) je-li  $z > c$  – dodávku nepřevzít ;  $c$  je počet neshodných výrobků, který smí být nejvýše zjištěn při kontrole  $n$  výrobků

Měřením – při tomto způsobu kontroly se o tom, zda je výrobek dobrý nebo neshodný výrobek rozhoduje na základě nějakého měřitelného ukazatele jakosti zjištěného u tohoto výrobku.

## 3 POČÍTAČOVÁ PODPORA SPC

Uplatňování statických metod vyžaduje počítačovou podporu. V současné době je rozšiřována řada vynikajících specializovaných statistických softwarů, které umožňují řešit velmi široké spektrum statistických úloh. Společným předpokladem účelného využití

těchto softwarů je základní znalost využívaných statistických metod, uživatel musí znát požadavky na jakost vstupních dat a způsob interpretace získaných výstupů [3].

### PALSTAT CAQ

PALSTAT CAQ - počítačová podpora jakosti je nástroj pro komplexní řízení managementu jakosti, který využívá síťové prostředí. Nabízí kompletní podporu při zavádění systému jakosti a přípravu na certifikaci dle platných norem, zjednodušení každodenních činností spojených s řízením jakosti výroby, provádění vstupních a průběžných analýz systému jakosti v podnicích. Jedná se o modulární stavebnicový systém, skládající se z nezávislých celků propojených na úrovni společných databází, tyto moduly jsou:

- Plánování jakosti - zpracování projektu dle APQP/VDA 4.3; tvorba a řízení kontrolních plánů; analýza možných vad a jejich příčin; evidence, řízení dílců a znaků jakosti (kót);
- Monitorování jakosti - evidence, řízení a vyhodnocování vstupních přejímek; evidence řízení a vyhodnocování výstupních kontrol; evidence řízení a vyhodnocování mezioperačních kontrol;
- Statistická procesní regulace - řízení dokumentace; tvorba a řízení dokumentace; evidence a řízení externích dokumentů;
- Tvorba vývojových diagramů - management neshody; evidence a řízení neshod, nápravná a preventivní opatření; evidence, řízení a vyhodnocování zákaznických reklamací;
- Metrologie - evidence a řízení měřících a monitorovacích zařízení; analýza systému měření - MSA metodiky R&R, Cg/Cgk;
- Management vzdělávání - evidence a popis pracovních míst a řízení výcviku pracovníků;
- Management auditů - katalog otázek dle metodiky VDA, díl 3; katalog otázek dle metodiky VDA, díl 5; katalog otázek dle QS 9000; VDA, díl 6; ISO/TS 16949.

### STATISTICA SPC Standard Cz



Balíček STATISTICA SPC Standard zahrnuje kombinaci základních průmyslových desktopových modulů pro řízení kvality a analýzu procesů. Tento balíček je ideální pro kontrolory kvality v menších i větších výrobních provozech, je základem pro budoucí zvyšování kvality. Může sloužit také jako podpora normativů ISO 9001 atp. či metodiky Six Sigma.

### TREE

System TREE umožňuje řízení a evidenci vstupní, výstupní a mezioperační kontroly, laboratoří a metrologie. Statistické řízení procesů - laboratoř, vývoj elektronických a měřících zařízení, kalibrační laboratoř, evidence měřidel, monitorování kvality (SPC).

Tvořen je řadou libovolně kombinovatelných částí:

- SPC C/S - informační systém monitorování kvality poskytuje nástroje pro měření, sběr, databázovou organizaci a statistické zpracování dat dle norem ISO 9001, ISO 8258:1994 a metodologie QS 9000 pro SPC,
- LAB C/S - laboratorní informační a manažerský systém LIMS poskytuje jak detailní, tak agregované pohledy na data sledovaných procesů,
- TEST C/S - softwarové řešení poskytuje jak detailní, tak agregované pohledy na data sledovaných procesů, uspořádaných ve struktuře: výrobek - kontrolní plán - zkouška,
- EM C/S - informační systém určený pro metrologická pracoviště a výdejny, kde zajišťuje jak operativní evidenci měřidel, tak evidenci všech souvisejících servisních a kontrolních úkonů,
- MDC C/S - systém mobilního sběru dat, aplikace pro kapesní počítače třídy PDA určená ke sběru naměřených dat v průmyslových provozech,
- DC C/S - programová sada pro sběr dat z měřících přístrojů do MS EXCEL,
- MCS C/S - informační systém pro monitorování hmotností prostřednictvím až 16 vzdáleně připojených vah,
- DUMXn - multiplexery pro připojení měřidel Mitutoyo.

MICROSOFT EXCEL

Program umožňuje podporu celé řadě statistických výpočtů. Součástí programu jsou veškeré základní vědecké a inženýrské matematické funkce, nutné k přesným výpočtům. Tento SW je dostupný ve všech podnicích, kde je třeba využívat některé ze statistických metod [3].

## 4 TEORIE STATISTICKÉ REGULACE PROCESU

### 4.1 Shewhartovy regulační diagramy ČSN ISO 8258

Regulační diagram je základním grafickým nástrojem umožňujícím odlišit variabilitu procesu vyvolanou vymežitelnými (zvláštními) příčinami od variability vyvolané náhodnými příčinami. To je velice důležité pro nalezení vhodných aktivit zlepšování jakosti.

Prakticky žádné dva výrobky vyráběné stejným procesem nejsou zcela shodné. Pokud se tak jeví, může to být způsobeno pouze nedostatečnou přesností měření znaků jakosti. Určité kolísání znaků jakosti produktů je tedy přirozeným jevem.

#### 4.1.1 Náhodné a vymežitelné příčiny variability

Příčiny skutečného kolísání vlastností produktů se rozdělují do dvou skupin, na náhodné a vymežitelné příčiny [4].

Náhodné (přirozené) příčiny představují širokou škálu neidentifikovatelných příčin, z nichž každá se na celkové variabilitě podílí jen malou složkou. Nicméně součet příspěvků těchto neidentifikovatelných náhodných příčin je měřitelný a je chápán jako přirozený rys procesů. Působení náhodných příčin je prakticky trvalé a relativně předvídatelné, neboť vlivem jejich působení se poloha ani variabilita sledovaných znaků jakosti v čase prakticky nemění. Omezit celkové působení náhodných příčin je možné pouze radikálními zásahy do výrobního procesu, jako jsou změny technologie, změna výrobního zařízení, změna systému řízení procesu apod.

Vymežitelné (zvláštní) příčiny vyvolávají variabilitu, která vede k reálné změně výrobního procesu, jež se projeví změnou rozdělení sledovaného znaku jakosti. Vymežitelné příčiny lze v zásadě rozdělit na:

- nepředvídatelné (rušivé);
- předvídatelné.

Nepředvídatelné vymežitelné příčiny nepředstavují přirozené chování procesu. Působí nepředvídatelně a nelze je popsat statickými zákonitostmi. Měly by být proto odstraněny. Vzhledem k tomu, že vedou k reálné změně procesu, jsou většinou

identifikovatelné a ve většině případů rovněž odstranitelné. Pokud však nejsou učiněna nápravná opatření trvalého rázu, mohou se tyto příčiny objevovat znovu.

Předvídatelné vymežitelné příčiny jsou příčiny, jejichž působení lze popsat pomocí fyzikálních zákonitostí a experimentálních zkoumání. Jedná se zejména, o ty jejichž působení je dáno fyzikální podstatou daného procesu. Například při obrábění dochází k postupnému otupování nástroje, při filtraci postupnému zanášení filtru, při výrobě oceli v kyslíkovém konvertoru k postupnému opotřebování vyzdívky atd. Působení těchto příčin lze do jisté míry omezit, ale nelze je zcela odstranit.

Regulační diagram se využívá k analýze procesu a je rovněž základním nástrojem statistické regulace procesu (SPC – Statistical Process Control). Statistická regulace procesu představuje systém zpětné vazby, jehož základním cílem je dosažení a udržení stavu, ve kterém proces probíhá na stabilní úrovni a trvale poskytuje výrobky, které vyhovují požadovaným kritériím jakosti.

Statistická regulace je založena na strategii prevence, tedy na strategii, která předchází vzniku neshodných výrobků, neboť svoji pozornost soustřeďuje tam, kde jakost vzniká a lze ji ještě ovlivnit [4]. Strategie prevence výrazně snižuje náklady na třídící kontrolu, na materiál, čas a mzdy potřebné na výrobu neshodných výrobků a představuje zásadní posun proti dříve prosazované strategii detekce, která se zejména soustředila na následnou kontrolu již vyrobených výrobků.

Aplikace statistické regulace se neomezuje pouze na výrobní procesy, ale lze ji uplatnit u široké škály procesů, které se opakují, a jejichž průběh lze hodnotit. Omezující podmínkou rovněž není vysoká opakovatelnost procesu, neboť jsou k dispozici postupy, které lze aplikovat i na procesy s nízkým stupněm opakovatelnosti [4].

## 4.2 Postup zavádění statistické regulace

Při zavádění statistické regulace se nejprve analyzuje, zda variabilita procesu je vyvolána pouze náhodnými příčinami nebo i působením vymežitelných příčin. K odhalení vlivu vymežitelných příčin se využívá regulační diagram.

V případě, že jsou zjištěny signály působení vymežitelných příčin, je potřeba tyto příčiny identifikovat a odstranit (je-li to možné), tak aby se proces dostal do stavu, ve kterém jeho variabilitu vyvolávají pouze náhodné příčiny. Takový proces, který je

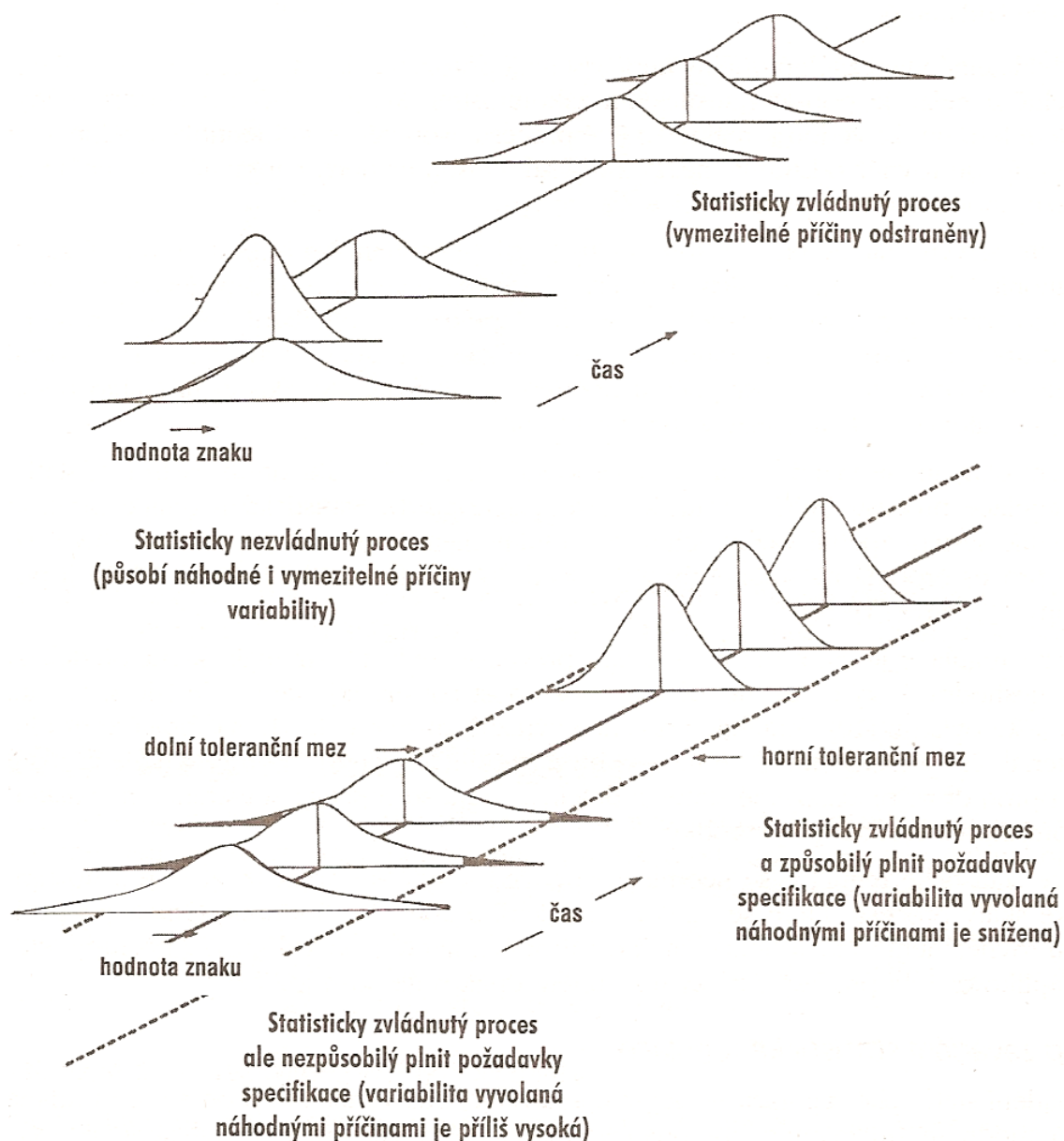
ovlivňován pouze náhodnými příčinami se označuje jako statisticky zvládnutý proces (statisticky stabilní proces, proces pod kontrolou) a jeho rozhodující výhodou je předvídatelnost rozdělení sledovaného znaku jakosti výstupů z procesu (Obr.5), [4].

Statistická zvládnutost procesu však nezajišťuje, že procesem nebudou vznikat neshodné výrobky. To je potřeba posoudit hodnocením způsobilosti procesu. Při tomto hodnocení se ověřuje, zda přirozená variabilita procesu vyhovuje předepsaným kritériím jakosti, obvykle předepsaným tolerančním mezím (Obr.5), [4].

U procesu, který je statisticky zvládnutý a způsobilý, se pak aplikuje vlastní statistická regulace. Z procesu se v kontrolních intervalech získávají údaje o sledovaném znaku jakosti, které se pak vyhodnocují v regulačním diagramu. V případě zjištění signálů působení vymežitelných příčin se tyto příčiny identifikují a odstraňují tak, aby se proces udržel ve statisticky zvládnutém stavu.

Postup zavádění statistické regulace procesu lze tedy rozdělit do čtyř fází:

- přípravná fáze;
- fáze analýzy a zabezpečení statistické zvládnutelnosti procesu;
- fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu;
- vlastní statistická regulace.



Obr.5. Zabezpečení statistické zvládnutosti a způsobilosti procesu

#### 4.2.1 Druhy statistické regulace

V závislosti na charakteru sledovaného znaku jakosti se rozlišují dva druhy statistické regulace:

- statistická regulace měřením;
- statistická regulace srovnáním.

Statistickou regulaci měřením lze použít pouze v případech, kdy sledovaný znak jakosti je měřitelnou hodnotou. Pracuje se s dvojicí regulačních diagramů; v jednom se

v časové závislosti vynáší výběrová charakteristika reprezentující míru střední polohy hodnot a ve druhém výběrová charakteristika vyjadřující variabilitu hodnot.

Statistická regulace srovnáním je použitelná univerzálně, neboť k její aplikaci stačí identifikovat neshodné výrobky nebo u nich stanovit počet neshod. Při statistické regulaci srovnáním se pracuje s jedním regulačním diagramem.

V případě možnosti volby mezi statistickou regulací měřením a srovnáváním by měla být dána přednost regulaci měřením. Měřitelný údaj více vypovídá o jakosti výrobků, což umožňuje minimalizovat kontrolované množství a usnadňuje volbu vhodného nápravného opatření v případě zjištění působení vymezitelné příčiny. Navíc, ve srovnání se statistickou regulací srovnáním, regulační diagram měřením signalizuje působení vymezitelné příčiny prakticky vždy mnohem dříve, než vznikne neshodný výrobek.

Na druhé straně, zavedení statistické regulace srovnáním může být jednodušší, protože v řadě případů lze využít běžně sledované údaje o výskytu neshodných výrobků či neshod. Potřebný počet kontrolovaných výrobků je však obvykle mnohem vyšší než u statistické regulace měřením. Rovněž je třeba uvést, že statistickou regulaci srovnáním nelze realizovat v případech, kdy procesem nevznikají žádné neshodné výrobky či neshody [4].

#### 4.2.1.1 Statistická regulace měřením

Při aplikaci statistické regulace měřením se při zpracování regulačních diagramů využívá princip centrální věty, který se promítá v těchto zákonitostech:

1. *Rozdělení průměrných hodnot znaku v podskupinách aproximujeme k normálnímu rozdělení, a to tím více, čím je rozsah podskupin vyšší.*
2. *Střední hodnota rozdělení průměrných hodnot znaku v podskupinách se rovná střední hodnotě jednotlivých hodnot  $(\bar{X} = \mu)$*
3. *Směrodatná odchylka rozdělení průměrných hodnot znaku v podskupinách  $(\sigma_{\bar{x}})$  je  $\sqrt{n}$  - krát menší než směrodatná odchylka jednotlivých hodnot  $(\sigma)$ , tedy:*

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

První pravidlo v podstatě umožňuje, při použití aritmetického průměru jako míry střední polohy a vhodné volbě rozsahu podskupiny, aplikovat principy statistické regulace i na znaky jakosti, jejichž rozdělení neodpovídá normálnímu rozdělení.

#### 4.2.1.2 Přípravná fáze

V rámci přípravné fáze je žádoucí vytvořit vhodné podmínky pro zavádění statistické regulace a stanovit její základní parametry. K přípravným činnostem patří:

##### a) Volba regulované veličiny

Volba regulované veličiny výrazně ovlivňuje efektivnost statistické regulace. Nejčastěji se za regulovanou veličinu volí rozhodující znak jakosti výrobku, který přímo vypovídá o úspěšnosti probíhajícího procesu. Jako regulovatelnou veličinu však lze zvolit i některý z rozhodujících parametrů procesu, jehož úroveň přímo určuje jakost vznikajících produktů. To se uplatňuje zejména u tzv. zvláštních procesů, u nichž není k dispozici vhodný měřitelný znak jakosti výrobku nebo jeho vyhodnocení nelze provést v reálném čase.

##### b) Analýza procesu a volba systému měření

Měla by být provedena podrobná analýza procesu s cílem stanovit všechny příčiny, které mohou ovlivňovat jeho průběh, a tedy i zvolenou regulovanou veličinu. Tyto informace jsou velice důležité pro identifikaci zdrojů variability a pro posouzení možných nápravných opatření při vlastní statistické regulaci. Součástí této analýzy by mělo být rovněž posouzení stávajícího způsobu kontroly a předepsaných kritérií jakosti.

Volba systému měření přímo souvisí s volbou regulované veličiny v reálném čase, je stabilní a má známou přesnost.

##### c) Určení rozsahu podskupiny

Standardním postupem při statistické regulaci je kontrola určitého počtu výrobků odebíraných z procesu ve vhodně zvolených intervalech. Tento výběr se označuje jako podskupina. Měly by být vytvořeny tzv. logické podskupiny, to znamená, že vlastnosti výrobků zahrnutých do podskupiny by měly být ovlivňovány pouze náhodnými příčinami



variability. Toho se obvykle dosahuje tím, že se z procesu odebírá určitý počet výrobků vyrobených za sebou. Má-li však mít logická podskupina nějaký smysl, musí být vystavena všem obvyklým pramenům náhodného kolísání. Například při řadě opakovaných měření sady vzorků na zkušebním zařízení by mohlo dojít k nezahrnutí příspěvku způsobeného umístěním vzorku ve zkušebním zařízení nebo příspěvku vyvolaného při získávání vzorku a přirozená variabilita uvnitř podskupin by mohla být příliš nízká .

U statistické regulace měřením se standardně pracuje s konstantním rozsahem podskupiny a příslušná norma [1] doporučuje volit 4 nebo 5 výrobků v podskupině.

#### d) Volba kontrolního intervalu

Regulační diagram pracuje s podskupinami údajů získaných z výrobního procesu v přibližně pravidelných intervalech, přičemž tyto intervaly mohou být určeny v jednotkách času (například co hodinu) nebo množství (např. vždy po 50 vyrobených výrobcích). Při volbě kontrolního intervalu by měly být zvažovány potenciální možnosti zásahu do procesu a ekonomická hlediska [4].

#### e) Volba typu regulačního diagramu

Již v přípravné fázi by měl být zvolen vhodný typ regulačního diagramu. V případě statistické regulace měřením se používá dvojice diagramů, v jednom se vyhodnocuje průběh středních hodnot sledovaného znaku a ve druhém průběh zvolené míry variability. Nejčastěji se používají regulační diagramy, v nichž se jako míra střední polohy využívá výběrový průměr, případně výběrový medián a jako míra variability výběrové rozpětí či výběrová směrodatná odchylka [5].

### 4.2.1.3 Fáze analýzy a zabezpečení statistické zvládnutosti procesu

V této fázi se posuzuje, zda zkoumaný proces je statisticky zvládnutý, tedy zda variabilita sledovaného znaku jakosti je způsobena pouze náhodnými příčinami. K této analýze se využívá regulační diagram.

Pro případ použití regulačního diagramu pro výběrový průměr a výběrové rozpětí  $(\bar{X}, R)$  příslušné zpracování probíhá v těchto krocích:

#### a) Shromáždění údajů

Shromažďování údajů o zvoleném znaku jakosti v kontrolovaných podskupinách výrobků by mělo probíhat po časové období, jehož délka postihuje všechny běžné změny parametrů ovlivňující proces. Pro provedení analýzy se požaduje získání údajů o minimálně 25 podskupinách o rozsahu 4 nebo 5 jednotek [1].

b) Výpočet výběrových charakteristik hodnot v jednotlivých podskupinách

V závislosti na zvoleném typu regulačního diagramu se vypočtou příslušné výběrové charakteristiky naměřených hodnot v podskupinách, které budou vynášeny do regulačního diagramu. V případě  $\bar{X}$ ,  $R$  diagramu je potřeba stanovit výběrový aritmetický průměr a výběrové rozpětí hodnot v jednotlivých podskupinách:

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad (2)$$

kde:  $\bar{X}_j$  - aritmetický průměr hodnot v j-té podskupině

$X_{ij}$  - i-tá hodnota v j-té podskupině

$n$  - rozsah podskupiny

Rozpětí hodnot v j-té podskupině se počítá podle vztahu:

$$R_j = X_{ij,\max} - X_{ij,\min} \quad (3)$$

kde:  $X_{ij,\max}$  - maximální hodnota v j-té podskupině

$X_{ij,\min}$  - minimální hodnota v j-té podskupině

c) Výpočet centrálních přímk a regulačních mezí

K tomu, aby regulační diagram byl regulačním diagramem je potřeba v něm zakreslit úroveň dolní regulační meze (LCL), horní regulační meze (UCL) a centrální přímk (CL). V případech, kdy základní hodnoty nejsou stanoveny na základě dřívějších hodnocení nebo daných požadavků, se pozice těchto úrovní vypočtou na základě průměrných výběrových charakteristik polohy a variability hodnot v podskupinách. Pro případ  $\bar{X}$ ,  $R$  diagramu se tyto hodnoty počítají podle vztahů [1]:

- $\bar{X}$  - diagram

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{X}_j}{k} \quad (4)$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (5)$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (6)$$

Kde:

$\bar{\bar{X}}$  - průměrná hodnota průměrů v podskupinách

$\bar{R}$  - průměrná hodnota rozpětí v podskupinách

$k$  - počet podskupin

$A_2$  - konstanta, závislá na rozsahu podskupiny [1]

Průměrná hodnota rozpětí v podskupinách se vypočte podle vztahu:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k} \quad (7)$$

▪ *R – diagram*

$$CL_R = \bar{R} \quad (8)$$

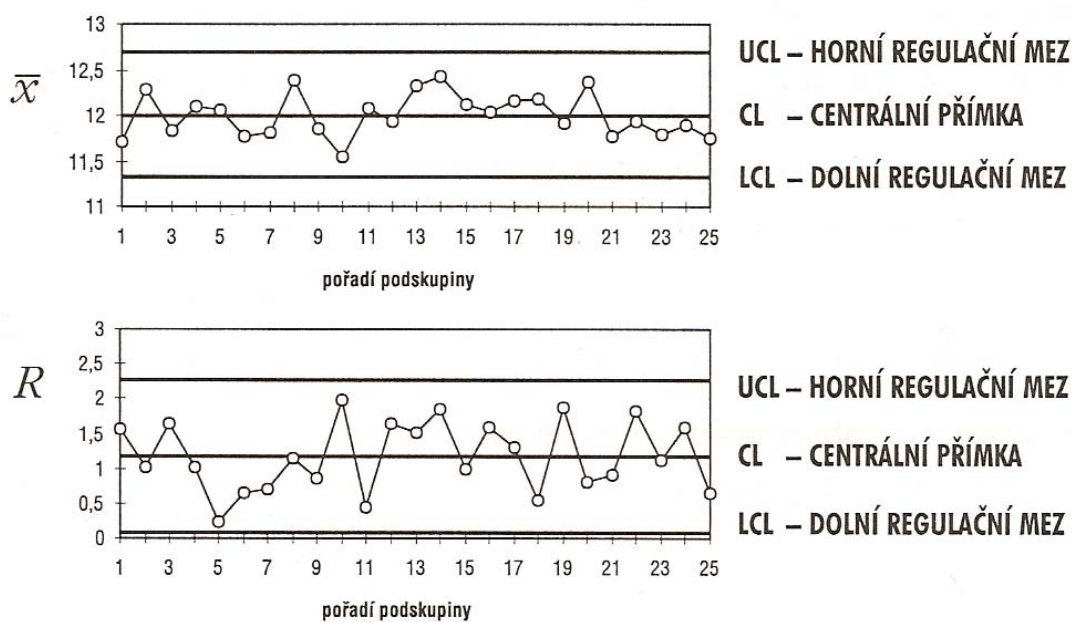
$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad (9)$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad (10)$$

kde:  $D_3, D_4$  - konstanty závislé na rozsahu podskupiny [1]

d) Sestrojení regulačního diagramu a jeho analýza

Hodnoty vypočtených výběrových charakteristik hodnot v podskupinách a úrovně regulačních mezí se vynesou do regulačního diagramu, který se skládá z dvojice diagramů; v jednom se vynášejí charakteristiky polohy a ve druhém charakteristiky variability jednotlivých podskupin (Obr.6).



Obr.6. Struktura regulačního diagramu  $\bar{X}$ ,  $R$ .

Analýza diagramů spočívá v posouzení, zda průběh charakteristik znaku jakosti nesignalizuje působení vymezitelných příčin variability. Za signály působení vymezitelných příčin se považuje výskyt bodů vně regulačních mezí a nenáhodná seskupení bodů. Doporučené testy vymezitelných příčin pro diagram pro výběrový průměr uváděné v ČSN ISO 8258 [1] jsou znázorněny na (Obr.7).

Nejprve je vhodné provést analýzu nenáhodných seskupení bodů. To se provádí zejména v diagramu pro výběrový průměr, v praxi se však často stejné testy aplikují i v diagramu, který charakterizuje změnu variability.

V případě indikace výskytu nenáhodných seskupení bodů se proces považuje za statisticky nezvládnutý. Pro zajištění statistické zvládnutosti je potřeba aplikovat tzv. „čistící proces“, který probíhá v těchto krocích:

- indikace vymezitelných příčin
- provedení nápravných opatření, jež trvale zabrání opakování těchto příčin
- vyloučení příslušných podskupin z dalšího hodnocení
- přepočítání regulačních mezí a centrálních přímků v obou diagramech

V případě, že podle uvedeného postupu dojde k vyloučení některých podskupin, je potřeba zajistit, aby se to promítlo v obou diagramech a pro oba diagramy přepočítat úrovně

středních přímek a regulačních mezí (získáme tzv. revidované meze). Tyto meze se zakreslí do regulačního diagramu a v dalším postupu se analýza provádí vůči nim.

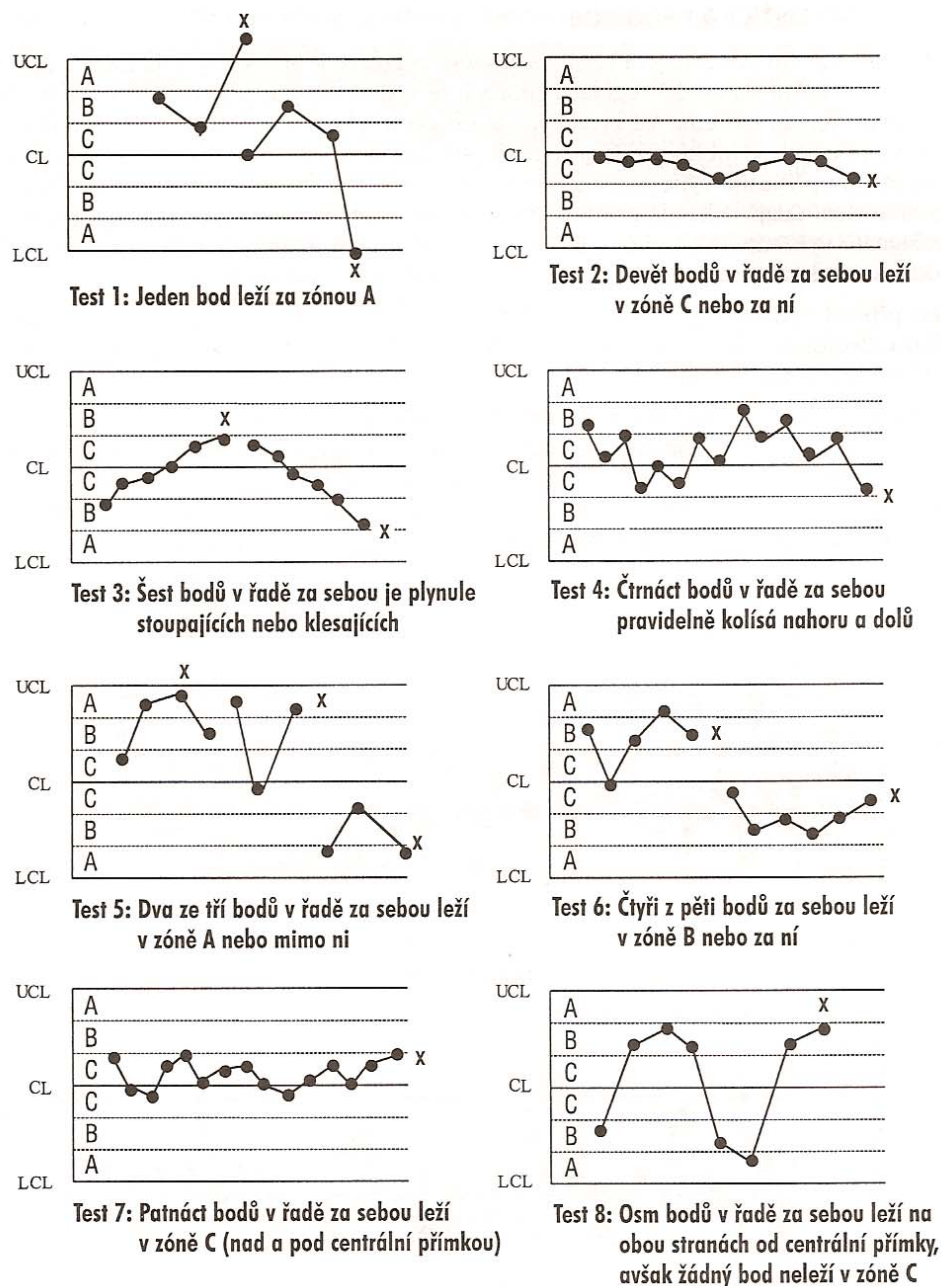
Po testech nenáhodných seskupení následuje analýza na výskyt bodů ležících mimo oblast vymezenou regulačními mezemi. Analýza se provádí nejprve u diagramu, který charakterizuje změnu variability. V případě výskytu bodů vně regulačních mezí opět následuje „čistící proces“.

Pokud všechny body v diagramu, který charakterizuje změnu variability leží uvnitř regulačních mezí, pokračuje se analýzou diagramu charakterizujícího změnu střední polohy znaku jakosti. V případě zjištění bodů mimo regulační meze se opět aplikuje „čistící proces“.

Analýza výskytu bodů mimo regulační meze se spolu s „čistícím procesem“ v obou diagramech provádějí tak dlouho, dokud všechny body neleží uvnitř regulačních mezí. Je potřeba zdůraznit, že toto vylučování podskupin ovlivněných působením vymežitelných příčin nemá za cíl „vylepšit proces“, ale stanovit regulační meze charakterizující přirozené chování procesu, tedy stav, kdy na proces působí pouze náhodné příčiny variability [5].

#### e) Rozšíření platnosti mezí na další období

Pokud konečná analýza obou diagramů již nezjistila signály působení vymežitelných příčin lze, v případě, že příslušné regulační meze byly stanoveny z dostatečného počtu hodnot, jejich platnost rozšířit na další období pro vlastní statistickou regulaci. Pokud byl vyloučen větší počet podskupin, je potřeba shromáždit nový soubor údajů [5].



Obr. 7. Testy vymezitelných příčin podle ČSN ISO 8258.

#### 4.2.1.4 Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu

V případě, že proces je statisticky zvládnutý, jeho způsobilost procesu se hodnotí pomocí indexů způsobilosti [5]. Vzhledem k tomu, že standardně se k hodnocení způsobilosti používají indexy způsobilosti založené na **předpokladu normálního rozdělení hodnot** sledovaného znaku jakosti, je potřeba před použitím příslušných vzorců splnění tohoto předpokladu ověřit. Pokud tento předpoklad není splněn a k výpočtu indexů způsobilosti se použijí standardní vztahy, je získaná informace bezcenná.

Velmi přibližné posouzení toho, zda rozdělení naměřených hodnot znaku jakosti lze aproximovat normálním rozdělením je možno provést na základě tvaru sestrojeného histogramu. Pokud získáme jednovrcholový, symetrický histogram přibližně zvonovitého tvaru, lze očekávat, že rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti bude odpovídat normálnímu rozdělení.

Další možností posouzení normality hodnot je grafická metoda s využitím pravděpodobnostní sítě do níž je transformována distribuční funkce normálního rozdělení. Do této sítě se vynášejí údaje o relativní kumulativní četnosti hodnot a posuzuje se jak dalece vynášené body respektují přímkovou závislost, jež odpovídá normálnímu rozdělení.

Exaktním způsobem ověření normality hodnot je použití některého z testů dobré shody, například testu  $\chi^2$  (chí-kvadrát), Kolmogorov-Smirnovova testu nebo testu založeného na vyhodnocení šikmosti zpracovaných hodnot.

K hodnocení způsobilosti procesů jsou v praxi nejčastěji využívány **indexy**  $C_p$  a  $C_{pk}$ .

Index  $C_p$  je mírou potenciální schopnosti procesu zajistit, aby sledovaný znak jakosti ležel uvnitř tolerančních mezí. Lze ho počítat pouze v případě, že jsou specifikovány oboustranné toleranční meze a jeho hodnota je poměrem přípustné a skutečné variability hodnot bez ohledu na jejich umístění v tolerančním poli. Index  $C_p$  tedy charakterizuje potenciální možnosti procesu dané jeho variabilitou, ale již nic neříká o tom, jak jsou tyto možnosti ve skutečnosti využity.

Počítá se podle vztahu:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (11)$$

Kde: LSL – dolní toleranční mez  
USL – horní toleranční mez  
 $\sigma$  – směrodatná odchylka

Skutečná variabilita sledovaného znaku jakosti je vyjádřena hodnotou  $6\sigma$ , jež v případě normálního rozdělení vymezuje oblast, v níž s 99,73 %ní pravděpodobností leží všechny hodnoty.  $C_p = 1$  tedy například poskytuje informaci, že dosažitelná

pravděpodobnost výskytu neshodných jednotek na výstupu z procesu činí 0,27 % (této hodnoty bude dosaženo pouze tehdy, když střední hodnota sledovaného znaku jakosti bude ležet ve středu tolerančního pole).

Hodnota směrodatné odchylky základního souboru většinou není k dispozici a tak se nahrazuje vhodným odhadem. Vzhledem k tomu, že s odhadem variability hodnot se pracuje již při hodnocení statistické zvládnutosti procesu pomocí regulačního diagramu, lze směrodatnou odchylku odhadnout pomocí vztahů [1]:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (12)$$

nebo

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{C_4} \quad (13)$$

případně

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k s_j^2}{k}} \quad (14)$$

kde:  $\bar{R}$  - průměrné rozpětí v podskupinách

$\bar{s}$  - průměrná hodnota výběrových směrodatných odchylek v podskupinách

$d_2, C_4$  - konstanty závislé na rozsahu podskupiny [1]

$s_j$  - výběrová směrodatná odchylka hodnot v j-té podskupině

$k$  - počet podskupin.

Index způsobilosti  $C_{pk}$  na rozdíl od indexu  $C_p$  zohledňuje variabilitu, tak umístění hodnot sledovaného znaku jakosti v tolerančním poli, a tedy charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze. Rozdíly ve vypovídací schopnosti těchto indexů jsou ilustrovány (Obr.8). Hodnotu indexu  $C_{pk}$  lze



počítat jak v případě specifikace oboustranných, tak jednostranných tolerančních mezí. K příslušným výpočtům se používají vztahy:

1. při předepsané dolní toleranční mezi

$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (15)$$

2. při předepsané horní toleranční mezi

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (16)$$

3. při předepsané dolní i horní toleranční mezi

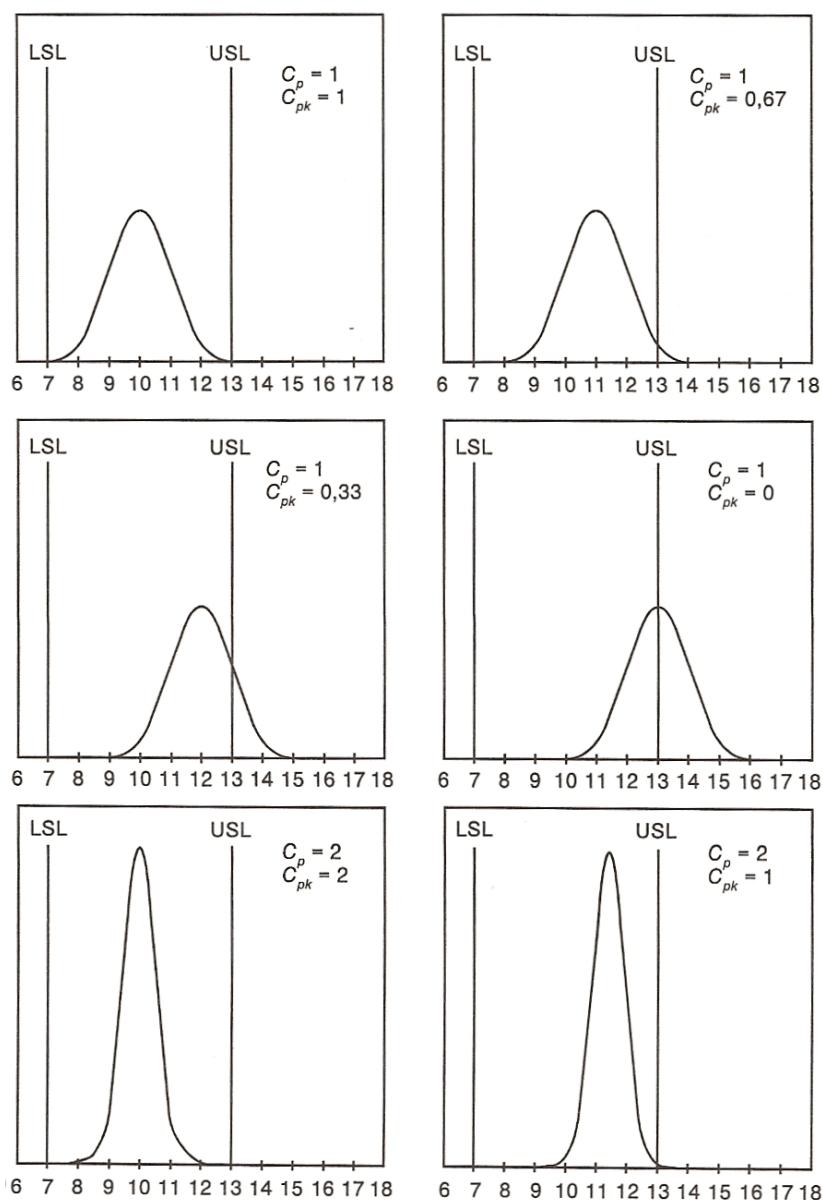
$$C_{pk} = \min \{C_{pL}; C_{pU}\} \quad (17)$$

kde:  $\mu$  - střední hodnota sledovaného znaku jakosti

Určitou nevýhodou použití indexu  $C_{pk}$  při posuzování zlepšení procesu je to, že změna jeho hodnoty může souviset jak se změnou variability, tak se změnou polohy procesu, a například v případech, kdy neregistrujeme žádnou změnu  $C_{pk}$  se mohou tyto charakteristiky měnit. V těchto případech je vhodné (v případě oboustranných tolerančních mezí) současně uvádět i hodnotu indexu  $C_p$  [5].

#### 4.2.2 Požadavky na způsobilost procesu

Požadavky na způsobilost procesu se většinou vztahují k hodnotě indexu způsobilosti  $C_{pk}$ , která charakterizuje reálnou způsobilost procesu dodržovat u sledovaného znaku jakosti předepsané toleranční meze. Proces se obvykle považuje za způsobilý v případě, když by meze byly od střední hodnoty sledovaného znaku jakosti minimálně ve vzdálenosti  $4\sigma$  [5].



Obr.8. Porovnání hodnot indexů způsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$  v různých situacích

#### 4.2.2.1 Možnosti dosažení způsobilého procesu

Pokud se zjistí, že proces není způsobilý, je třeba realizovat opatření, která umožní způsobilost dosáhnout.

Zde je potřeba rozlišit případy, kdy nezpůsobilost procesu je způsobena posunem hodnot vůči středu tolerančního pole ( $C_p \geq 1,33$ ,  $C_{pk} < 1,33$ ) nebo vysokou variabilitou sledovaného znaku jakosti ( $C_p < 1,33$ ,  $C_{pk} < 1,33$ ). V prvním případě je situace obvykle

jednodušší, neboť stačí proces správně seřídít vůči tolerančním mezím. V případě, že charakter procesu seřízení neumožňuje, lze způsobilost dosáhnout i snížením variability.

Ve druhém případě je k dosažení způsobilosti nutné snížit variabilitu dosahovaných hodnot, což obvykle vyžaduje buď radikální zásah do technologie nebo převod výroby na jiné výrobní zařízení. V první fázi bychom však neměli opomenout prověřit, zda předepsané toleranční meze nejsou zbytečně přísné nebo zda se na vysoké variabilitě hodnot sledovaného znaku jakosti nepodílí nevhodný postup či metoda měření nebo nevyhovující měřící zařízení [5].

### **Vlastní statistická regulace**

Výchozím stavem pro zahájení vlastní statistické regulace je statisticky zvládnutý a způsobilý proces. Vlastní statistická regulace spočívá ve vedení regulačního diagramu s předem zakreslenými regulačními mezemi. Ve zvolených intervalech se z procesu odebírají podskupiny po sobě vyrobených výrobků a zjišťují se hodnoty sledovaného znaku jakosti. Z těchto hodnot se vypočtou příslušné výběrové charakteristiky, které se vynášejí do regulačního diagramu. Po zakreslení údajů o každé podskupině se provádí analýza regulačního diagramu na výskyt signálů vymezených příčin. Pokud se takový signál objeví, je potřeba příčinu odhalit a odstranit tak, aby se opět dostal do statisticky zvládnutého stavu [5].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## **5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Cílem je seznámení se s teoretickými východisky regulace, způsobem hodnocení způsobilosti technologických procesů.

Provést návrh SW pro hodnocení způsobilosti technologického procesu broušení pro STIM ZET a.s. v programu MS EXCEL.

Porovnání a vyhodnocení dat SPC v jednotlivých programech.

## 6 NÁVRH SW PRO HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI TECHNOLOGICKÉHO PROCESU BROUŠENÍ

Před návrhem programu jsem se seznámil s teoretickými východisky regulace SPC a prostudoval literaturu [2], [3].

Pro realizaci programu byl vybrán program MS EXCEL.

V programu EXCEL je nutno před zahájením realizace návrhu nastavit, popřípadě nainstalovat příslušné doplňky, aby mohlo být využito příslušných statistických funkcí. Proved' následující natavení (Nástroje – doplňky – zaškrknou okénko analytické funkce (obsahují funkce a rozhraní pro analýzu dat).

Postup realizace formuláře 1 – Karty způsobilosti procesu  $C_p$ ,  $C_{pk}$ :

1. Otevřen nový soubor (sešit), který obsahuje 4 listy, které byly následujícím způsobem označeny (Formular1, Formular2, Tabulka1, Tabulka2).
2. List s označením Formular1 byl rozdělen na část určenou pro doplnění základních dat o stroji, výrobci, součástce, jmenovité hodnotě, tolerančních mezí (políčka jsou podbarvena žlutou barvou pro snadnou orientaci).
3. V prostřední části vytvořena matice pro sběr dat pro 25 odběrů o 4 vzorcích. Buňky určené pro vkládání naměřených dat jsou označeny žlutou barvou.
4. Pod touto tabulkou byla navržena oblast pro zobrazování vypočtených hodnot  $N$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $X$ , tolerance, Min naměř., Max naměř., indexů způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$ , a buněk indikace způsobilosti.
5. Ve spodní části listu je oblast pro zobrazení jednotlivých grafů (pro histogram, Gaussovu křivku, tolerančních mezí LSL, USL,  $X+3S$ ,  $X-3S$  a bodového diagramu (autokorelace).
6. Tabulky s příslušnými vzorečky určené pro grafické zobrazení byly umístěny na listě označené „Tabulka1“. List byl po provedených úpravách uzamčen.

Postup realizace Formuláře 2 – Regulačního diagramu:

1. List s označením Formular2 byl rozdělen na část určenou pro doplnění základních dat o prováděné operaci, datumu realizace, rozsahu výběru, znaku jakosti, jménu kontrolora, oddělení a jednotky mm, součástce (políčka jsou podbarvena žlutou barvou pro snadnou orientaci).
2. Naměřená data jsou automaticky přepisovány z datových buněk umístěných na listu Formular1 do tabulky umístěné na listu Formular2. Tato tabulka slouží pouze pro automatický výpočet hodnot  $\bar{X}$ ,  $R$ ,  $S$  a grafického zobrazení X-R diagramu.
3. Výsledky matematických a statistických výpočtů jsou zobrazeny v horní části formuláře (zobrazení tolerančních mezí UCL  $\bar{X}$ , LCL  $\bar{X}$ , UCL  $R$ , LCL  $R$ , HODNOTY  $\bar{X}$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $C_p$ ,  $C_{pk}$  a specifikace kontrolovaného výrobku JR, HT, DT).
4. List s označením „Tabulka2“ slouží pro nastavení konstant  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $A_2$ , počtu odběrů „ $k$ “ (25),  $k$  výpočtu průměrné hodnoty rozpětí hodnoty rozpětí v podskupinách „ $R$ “ a výpočtu průměrné hodnoty rozpětí a hodnoty rozpětí v podskupinách „ $X$ “. Pro zobrazení tolerančních mezí UCL, LCL, CL v X-R diagramech slouží příslušné tabulky . List byl po provedených úpravách uzamčen.

## 7 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ SOFTWARE PRO PODPORU SPC

Software pro statistickou regulaci procesů umožňují na základě vyhodnocování odebraných informací (vybraných vzorků z procesu a jejich rozměrů) odhalení příčin variability – proměnlivosti procesu, popřípadě jeho neshodných výrobků. Pomáhá tak určit jaká nápravná opatření je třeba v procesu realizovat, aby se dosáhlo jeho stability, snížení nákladů z důvodů neshodných výrobků a z ní plynoucích víceprací. Metodou SPC je možno dosáhnout minimální variability a udržet proces na požadované úrovni [8].

### 7.1 Specifikace SW PALSTAT CAQ pro metodu SPC

PALSTAT SPC je určen k regulaci variabilních (měřitelných) znaků jakosti s normálním (Gaussovým) rozdělením. Součástí je také modul pro hodnocení způsobilosti strojů. SW se aplikuje do výroby a výrobní kontroly pro regulaci výrobního procesu a pro hodnocení spolehlivosti výrobního zařízení [8].

Pomocí statistické analýzy lze udržet (regulovat) technologický proces v požadovaných specifikacích (Statistická regulace procesu „SPC“).

Statistická analýza a regulace výrobního procesu na sebe vzájemně navazují a podmiňují společně stabilizaci výrobního procesu ve třech fázích:

- určení nestability výrobního procesu
- uvedení procesu z nestabilního do stabilního stavu
- udržení (regulace) procesu ve stabilním stavu.

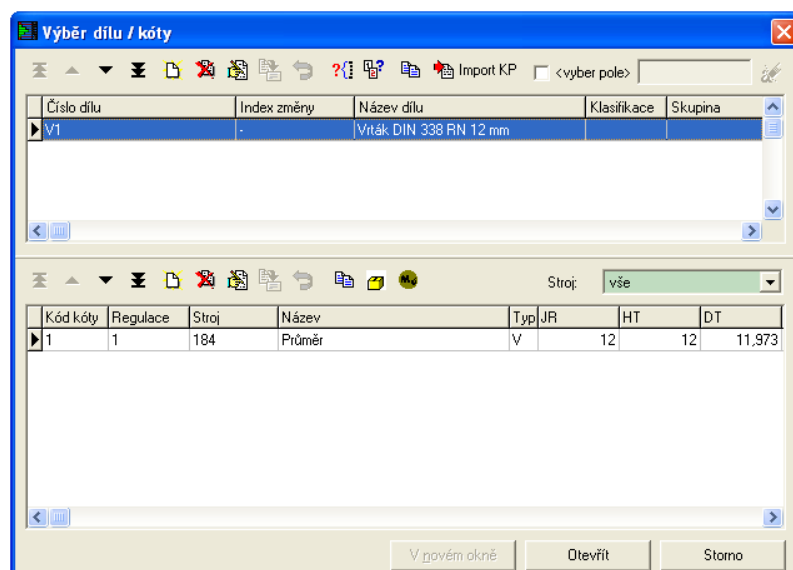
Modul SW CAQ SPC je součástí systému PALSTAT CAQ – počítačová podpora jakosti. Systém je určen pro osobní počítače s operačním systémem Microsoft WINDOWS NT / 2000 / XP.

Modul SW CAQ SPC umožňuje výběr dílu a znaku jakosti.



Databáze dílů a kót zabezpečuje:

- výběr dílu a kóty (Obr.9)



Obr.9. Výběr dílu a kóty

- základní informace o dílu (např. číslo dílu, název dílu apod.) (Obr.10)

Obr.10. Přidání dílu

- informace o regulovalých znacích (např. průměr vrtáku) (Obr.11)

**Nová kóta**

Typ kóty

SPC - Variabilní znak  
 SPC - Atributivní znak  
 Hodnocení stroje  
 Statistické hodnocení

Diagram

X-R / X-S  
 Me-R

Kód kóty: 1      Název kóty: Průměr      Regulace: 1

Stroj: 184      JR: 12,000      HT (USL): 12,000      DT (LSL): 11,973      Xo: 11,9865

Vel. odběru: 4      Vel. karty: 25      Desetiny: 3      Jednotka: mm      Rozdělení: Normální

Regulační meze

Toleranční pole  
 Přirozené  
 Dle stanoveného Cp: 1,33

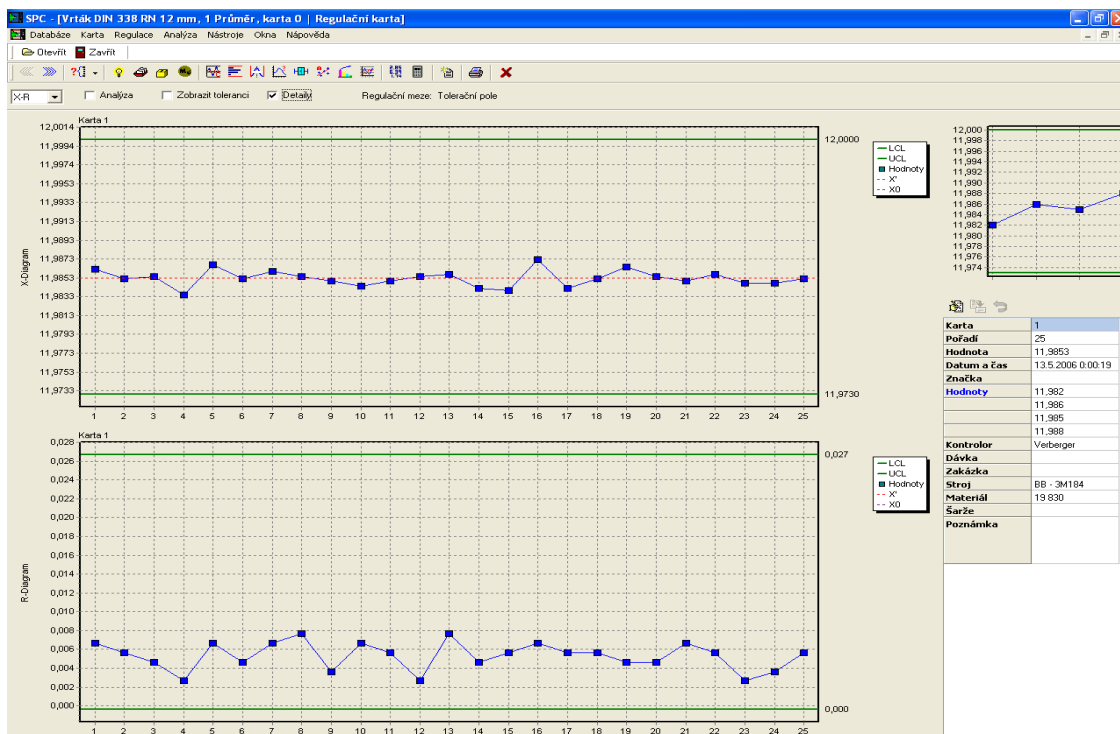
Měřicí stanice

četnost měření (min.): 15  
vzorec: ---

OK      Storno

Obr.11. Okno nové kóty

- zobrazení X-R regulačního diagramu po otevření kóty obsahující naměřená data (Obr.12).



Obr.12. Okno pro zobrazení X-R regulačního diagramu

- zobrazení okna pro zadání hodnot z klávesnice po otevření kóty neobsahující naměřená data (Obr.13).

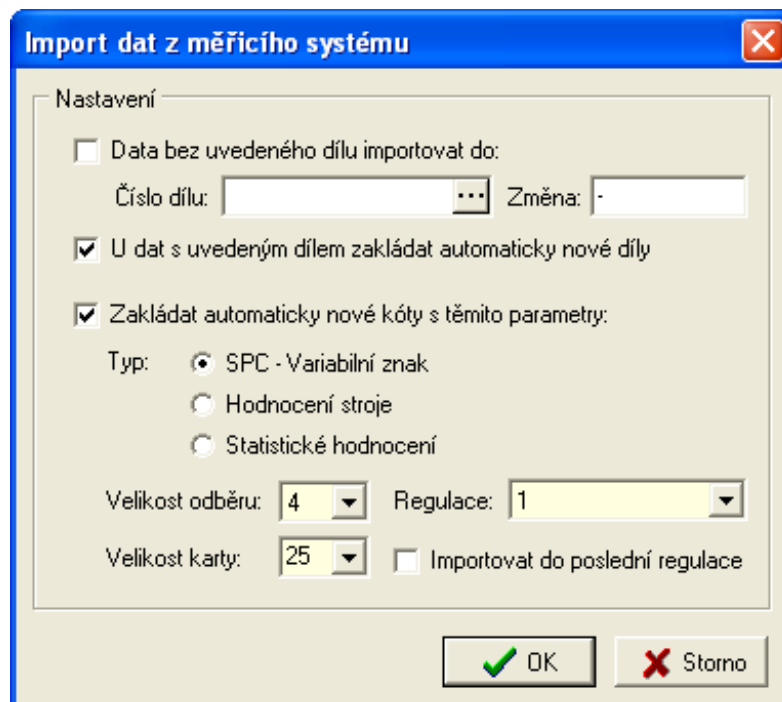
Obr.13. Okno pro zadání hodnot z klávesnice

Zadání naměřených dat se provede následujícími způsoby:

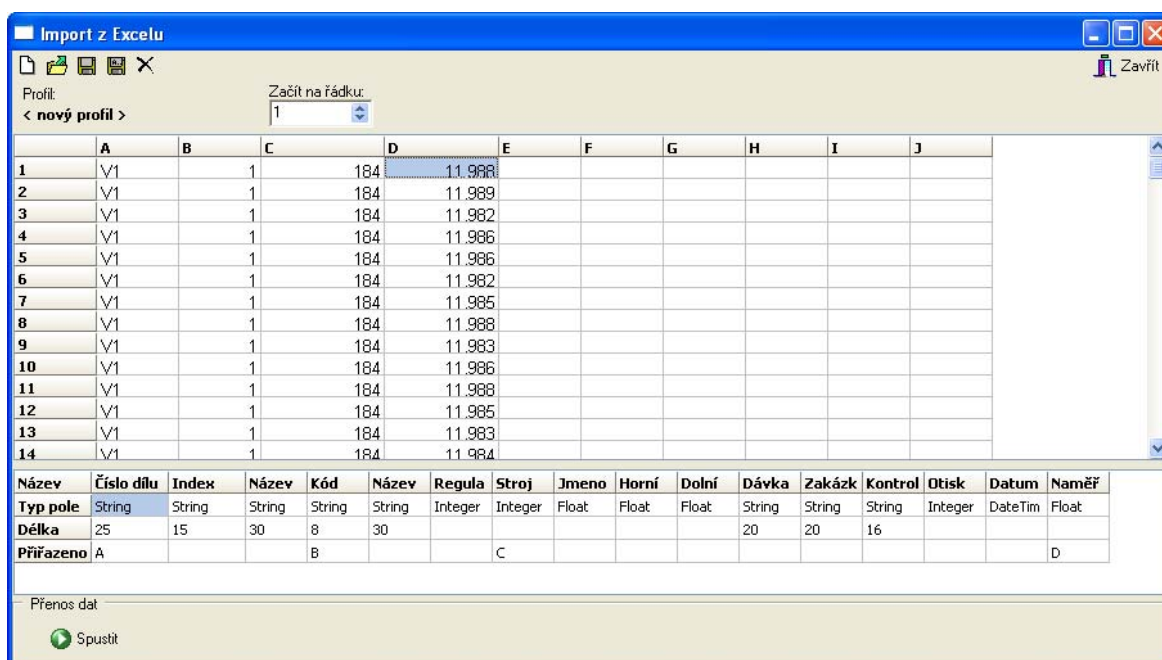
- ručně zadáním hodnot z klávesnice (Obr.14)

Obr.14. Okno pro zadání hodnot z klávesnice

- importem dat z měřicího systému (Obr.15, 16 ),



Obr.15. Okno pro import dat z měřicího systému



Obr.16. Okno pro import dat z EXCELU

Průběh regulovaného znaku je možné zobrazit např. v regulačním diagramu, který může být typu X-R.

Program automaticky počítá koeficienty způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$  z vybraných dat. Dále počítá průměr, rozptyl, rozpětí, regulační meze.

Shromážděná data se testují oproti ideálnímu průběhu daného rozdělení a zjišťuje se zda maximální odchylka přesahuje povolenou mez.

Veškeré výsledky lze vytisknout v tiskových sestavách.

## 7.2 Program EXCEL pro SPC

Program umožňuje podporu celé řadě statistických výpočtů. Součástí programu jsou veškeré základní vědecké a inženýrské matematické funkce, nutné k přesným výpočtům. Uplatňování statistických metod vyžaduje počítačovou podporu [3].

**Pro vyhodnocení naměřených dat je potřeba využít těchto funkcí a nástrojů:**

PRŮMĚR - vrátí výběrový (aritmetický) průměr  $\bar{X}$  argumentů.

MAX - výsledkem funkce je maximální hodnota  $X_{\max}$  z daného souboru argumentů (čísel).

MIN – vrátí minimální hodnotu  $X_{\min}$  z daného souboru argumentů (čísel).

SMODCH.VÝBĚR – vrátí směrodatnou odchylku  $S_n$  statistického (základního) souboru, vypočtenou ze všech hodnot tohoto souboru.

ČETNOSTI – vrátí třídní četnosti ve svislém poli. Pro danou množinu hodnot a danou množinu horních mezí třídních intervalů vypočte, kolik hodnot padne do každého z intervalů.

NORMINV - vrátí inverzní funkci k součtovému normálnímu rozdělení pro zadanou střední hodnotu a směrodatnou odchylku.


NORMDIST - vrátí součtové normální rozdělení se zadanou střední hodnotou a směrodatnou odchylkou. Tato funkce má ve statistice velmi široké použití, včetně testování hypotéz.

POČET – vrátí počet buněk, které obsahují čísla. Pomocí funkce POČET lze určit počet položek v poli čísel.

Program EXCEL pro SPC umožňuje zobrazení regulačních diagramů X-R, histogramu, grafu s Gaussovým rozdělením a grafem autokorelace.

Program automaticky počítá koeficienty způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$  z vybraných dat. Dále počítá průměr, rozptyl, rozpětí, regulační meze.

Zadání naměřených dat se provede ručně zadáním hodnot z klávesnice do formuláře 1 (Obr.17).


		<b>Karta způsobilosti procesu</b> Cp, Cpk		Normální rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$	Karta číslo : 1
Ev. čís. stroje : 184	Označení stroje : BB - 3M184	Výrobce : Stim Zet a.s.	Rok výroby : 2006	NS :	
Součástka : Vrták DIN 338 RN 12 mm	Měřidlo : Pasometr Somet 0-25 mm	Vyhodnotil : Verberger			
Materiál : 19 830	Etalon : Konecová měřidla		Datum : 10.4.06		
Jmen. hodnota : 12,000	Operace : Broušení				
USL (Td) : 11,973					
LSL (Th) : 12,000					

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	11,988	11,986	11,983	11,983	11,983	11,984	11,983	11,987	11,987	11,980	11,981	11,987	11,983	11,981	11,981	11,986	11,982	11,982	11,984	11,983	11,981	11,985	11,983	11,983	11,982
2	11,989	11,982	11,986	11,984	11,989	11,984	11,984	11,983	11,984	11,984	11,985	11,984	11,982	11,984	11,982	11,984	11,982	11,985	11,987	11,985	11,986	11,983	11,984	11,985	11,986
3	11,982	11,985	11,988	11,985	11,985	11,989	11,987	11,982	11,986	11,987	11,987	11,983	11,990	11,986	11,987	11,991	11,988	11,988	11,989	11,988	11,988	11,986	11,986	11,987	11,984
4	11,986	11,988	11,983	11,982	11,990	11,984	11,990	11,990	11,983	11,987	11,987	11,986	11,986	11,986	11,986	11,988	11,985	11,986	11,986	11,986	11,985	11,989	11,986	11,985	11,988

Obr.17. Formulář 1 pro zadání hodnot z klávesnice

Zadání základních dat (políčka jsou podbarvena žlutou barvou) se provede ručně zadáním hodnot z klávesnice do formuláře 2 (Obr.18).

		<b>REGULAČNÍ DIAGRAM</b>		
Operace : Broušení	Rozsah výběru : 4	Znak jakosti : Průměr		
Datum : 10.4.06	Oddělení : Jakosti	Kontrolor : Verberger		
Toleranční meze : UCL X = 11,989 LCL X = 11,989 UCL R = 0,013	Specifikace : JR = 12,000 HT = 12,000 DT = 11,973 Jednotka = mm	Výsledky: X = 11,985 R = 0,0110 S = 0,0024 C <sub>p</sub> = 1,86 C <sub>pk</sub> = 1,69		

Obr.18. Formulář 2 pro zadání hodnot z klávesnice

## 8 ZPRACOVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

### 8.1 Vyhodnocení dat metodou SPC v programu PALSTAT

Datum tisku: 13.05.2006

Statistická regulace procesu									
Číslo dílu	V1	Index změny	-	Stroj	184				
Název dílu	Vrták DIN 338 RN 12 mm	Velikost odběru	4						
Kód kóty	1	Regulace	1	Četnost odběru	15				
Název kóty	Průměr	Velikost karty	25						
JR	12,000	HT	12,000	DT	11,973	mm	Období	10.4.2006 08:00 - 14:00	
Karta	Pořadí	Datum, čas	X'	R	S	Kontrolor	Filtrováno	Data	
1	1	10.4.2006 8:00:00	11,9863	0,007	0,0031	Verberger	Ne	11.988 11.989 11.982 11.986	
1	2	10.4.2006 8:15:00	11,9853	0,006	0,0025	Verberger	Ne	11.986 11.982 11.985 11.988	
1	3	10.4.2006 8:30:00	11,9855	0,005	0,0021	Verberger	Ne	11.983 11.986 11.988 11.985	
1	4	10.4.2006 8:45:00	11,9835	0,003	0,0013	Verberger	Ne	11.983 11.984 11.985 11.982	
1	5	10.4.2006 9:00:00	11,9868	0,007	0,0033	Verberger	Ne	11.983 11.989 11.985 11.990	
1	6	10.4.2006 9:15:00	11,9853	0,005	0,0025	Verberger	Ne	11.984 11.984 11.989 11.984	
1	7	10.4.2006 9:30:00	11,9860	0,007	0,0032	Verberger	Ne	11.983 11.984 11.987 11.990	
1	8	10.4.2006 9:45:00	11,9855	0,008	0,0037	Verberger	Ne	11.987 11.983 11.982 11.990	
1	9	10.4.2006 10:00:00	11,9850	0,004	0,0018	Verberger	Ne	11.987 11.984 11.986 11.983	
1	10	10.4.2006 10:15:00	11,9845	0,007	0,0033	Verberger	Ne	11.980 11.984 11.987 11.987	
1	11	10.4.2006 10:30:00	11,9850	0,006	0,0028	Verberger	Ne	11.981 11.985 11.987 11.987	
1	12	10.4.2006 10:45:00	11,9855	0,003	0,0013	Verberger	Ne	11.987 11.984 11.985 11.986	

Strana číslo 1 z 3

PALSTAT Software

Obr.19. Tisková sestava naměřených hodnot

Datum tisku: 13.05.2006

Statistická regulace procesu									
Číslo dílu	<b>V1</b>		Index změny -			Stroj	<b>184</b>		
Název dílu	<b>Vrták DIN 338 RN 12 mm</b>					Velikost odběru	<b>4</b>		
Kód kóty	<b>1</b>		Regulace		<b>1</b>	Četnost odběru	<b>15</b>		
Název kóty	<b>Průměr</b>					Velikost karty	<b>25</b>		
JR	<b>12,000</b>	HT	<b>12,000</b>	DT	<b>11,973</b>	mm	Období <b>10.4.2006 08:00 - 14:00</b>		

1	13	10.4.2006 11:00:00	11,9858	0,008	0,0033	Verberger	Ne	11,985 11,982 11,990 11,986
1	14	10.4.2006 11:15:00	11,9843	0,005	0,0024	Verberger	Ne	11,981 11,984 11,986 11,986
1	15	10.4.2006 11:30:00	11,9840	0,006	0,0029	Verberger	Ne	11,981 11,982 11,987 11,986
1	16	10.4.2006 11:45:00	11,9873	0,007	0,0030	Verberger	Ne	11,986 11,984 11,991 11,988
1	17	10.4.2006 12:00:00	11,9843	0,006	0,0029	Verberger	Ne	11,982 11,982 11,988 11,985
1	18	10.4.2006 12:15:00	11,9853	0,006	0,0025	Verberger	Ne	11,982 11,985 11,988 11,986
1	19	10.4.2006 12:30:00	11,9865	0,005	0,0021	Verberger	Ne	11,984 11,987 11,989 11,986
1	20	10.4.2006 12:45:00	11,9855	0,005	0,0021	Verberger	Ne	11,983 11,985 11,988 11,986
1	21	10.4.2006 13:00:00	11,9850	0,007	0,0029	Verberger	Ne	11,981 11,986 11,988 11,985
1	22	10.4.2006 13:15:00	11,9858	0,006	0,0025	Verberger	Ne	11,985 11,983 11,986 11,989
1	23	10.4.2006 13:30:00	11,9848	0,003	0,0015	Verberger	Ne	11,983 11,984 11,986 11,986
1	24	10.4.2006 13:45:00	11,9848	0,004	0,0017	Verberger	Ne	11,983 11,985 11,987 11,984
1	25	10.4.2006 14:00:00	11,9853	0,006	0,0025	Verberger	Ne	11,982

Strana číslo 2 z 3

PALSTAT Software

Obr.20. Tisková sestava naměřených hodnot



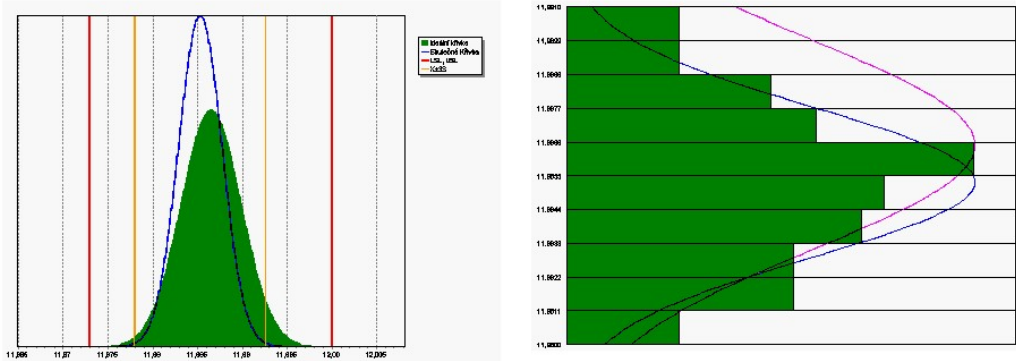
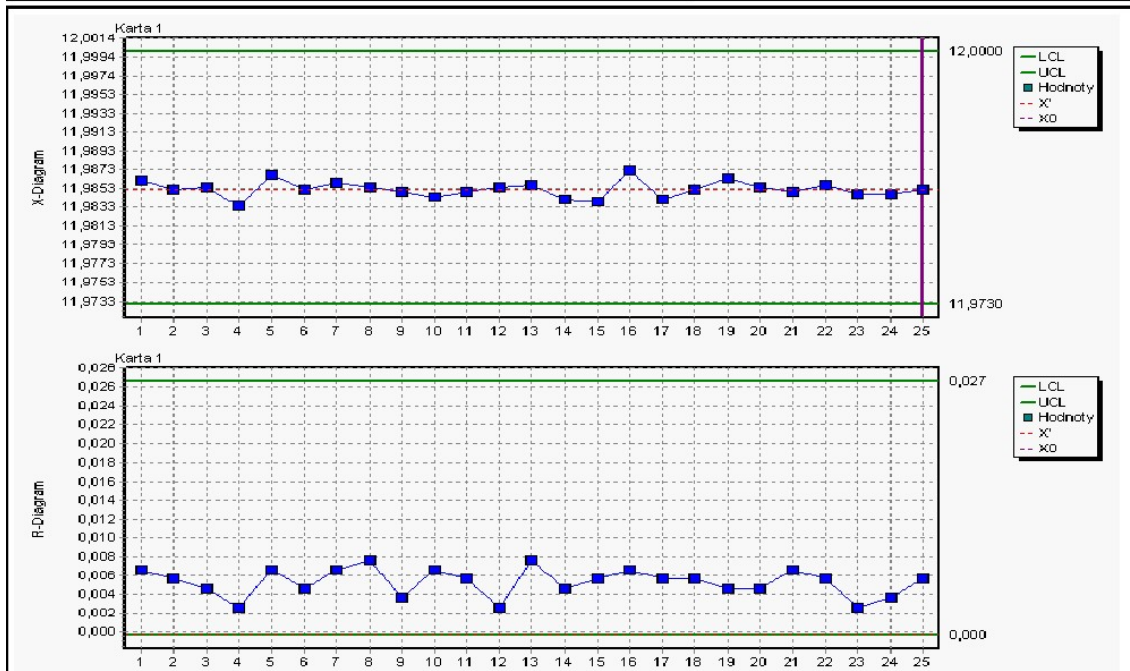
Statistická regulace procesu					
Číslo dílu	V1	Index změny	-	Stroj	184
Název dílu	Vrták DIN 338 RN 12 mm	Velikost odběru	4	Četnost odběru	15
Kód kóty	1	Regulace	1	Velikost karty	25
Název kóty	Průměr				
JR	12,000	HT	12,000	DT	11,973 mm
				Období	10.4.2006 08:00 - 14:00
					11.986 11.985 11.988
Cp	1,86	X	11,985	Nad HT	0
Cpk	1,69	R	0,0110	Pod DT	0
		S	0,0024	Procento chyb	0,0000
				Předp. procento chyb	0,0000

Obr.21. Tisková sestava naměřených hodnot

V příloze PI je uveden Regulační diagram vytvořený v programu PALSTAT.

Datum tisku: 13.05.2006

Statistická regulace procesu					
Číslo dílu	V1	Index změny	-	Stroj	184
Název dílu	Vrták DIN 338 RN 12 mm	Regulace	1	Velikost odběru	4
Kód kóty	1			Četnost odběru	15
Název kóty	Průměr			Velikost karty	25
JR	12,000	HT	12,000	DT	11,973 mm
				Období	10.4.2006 08:00 - 14:00



Cp	1,86	X	11,985	Nad HT	0	Procento chyb	0,0000
Cpk	1,69	R	0,0110	Pod DT	0	Předp. procento chyb	0,0000
		S	0,0024				

Obr.22. Tisková sestava variabilního znaku

## 8.2 Vyhodnocení dat metodou SPC v programu EXCEL SPC

V příloze PII je uveden Regulační diagram zpracovaný v programu EXCEL SPC, který zobrazuje všechny naměřené hodnoty uvnitř UCL a LCL, proto je proces statistický zvládnutý a není vyžadován žádný zásah do procesu.

V příloze PIII je uvedena Karta způsobilosti procesu zpracovaná v programu EXCEL SPC, kde hodnota  $C_p$  a  $C_{pk}$  je větší než 1,33.

## 8.3 Porovnání a vyhodnocení dat SPC v jednotlivých programech

Tab.4. Vyhodnocené data v jednotlivých programech

Srovnávací kritéria	Produkty	
	PALSTAT CAQ	EXCEL pro SPC
$C_p$	1,86	1,86
$C_{pk}$	1,69	1,69
X	11,985	11,985
R	0,0110	0,0110
S	0,0024	0,0024

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že údaje získané při porovnání dvou různých produktů dle srovnávacích kritérií jsou zcela shodné.

## 9 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Znalost způsobilosti procesu je důležitým podkladem pro zlepšování a plánování jakosti. Informace o způsobilosti procesu jsou velice důležité jak pro výrobce, tak pro zákazníka, neboť mu poskytují důkaz o tom, zda výrobek vznikl ve stabilních výrobních podmínkách zabezpečujících pravidelné dodržování předepsaných kritérií jakosti.

K hodnocení způsobilosti procesů se používají indexy způsobilosti, které porovnávají předepsanou variabilitu sledovaného znaku jakosti dosahovanou u statisticky zvládnutého procesu. Oba SW produkty používají indexy způsobilosti založené na předpokladu normálního rozdělení sledovaného znaku jakosti.

Index způsobilosti  $C_p$  je mírou potenciální schopnosti procesu zajistit, aby hodnota sledovaného znaku jakosti ležela uvnitř tolerančních mezí. Index způsobilosti  $C_{pk}$  zohledňuje nejen variabilitu sledovaného znaku jakosti, ale i jeho polohu vůči tolerančním mezím. Charakterizuje tedy skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze.

Vypočtené hodnoty způsobilosti procesu  $C_p$  a  $C_{pk}$  jsou u obou SW programů totožné (Tab.4). Lze konstatovat, že k vyhodnocení a výpočtu způsobilosti procesů u obou programů bylo použito stejného postupu-algoritmu a oba programy z hlediska postupu výpočtu a jeho přesnosti jsou rovnocenné.

V obou programech bylo použito stejných statistických metod.

Základní statistické vyhodnocení naměřených hodnot probíhá pomocí parametrů:

- $\bar{X}$  – průměrná hodnota
- $S$  – směrodatná odchylka
- $MAX$  – maximální naměřená hodnota
- $MIN$  – minimální naměřená hodnota
- $R$  – rozpětí
- $C_p, C_{pk}$  – koeficienty způsobilosti výrobního procesu.

V softwarových produktech jsou využívány základní nástroje řízení jakosti (formuláře pro sběr údajů, regulační diagram, histogram, bodový diagram), které slouží k analýze a hodnocení způsobilosti výrobního procesu.

## 9.1 Program PALSTAT

V programu PALSTAT bylo zadání naměřených dat provedeno importem dat z měřicího systému (Obr.15, 16).

V příloze PI je uveden Regulační diagram vytvořený v programu PALSTAT. Tabulka obsahuje informace o datu a čase odběru. Dále jsou uvedena naměřená data ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ) odebraných vzorků (vždy 4 kusy) při každém odběru a jméno kontrolora. Informace pro vytvoření průběhu regulovaného parametru čerpá program PALSTAT z výše uvedených naměřených dat a automaticky zobrazí průběh regulovaného znaku v regulačním diagramu typu X-R. Z analýzy regulačních diagramů je zřejmé, že průběh charakteristik znaku jakosti nesignalizuje působení vymezených příčin variability, nevyskytují se zde žádné body vně regulačních mezí a ani nenáhodná seskupení, proces je statisticky zvládnutý.

Grafickým výstupem produktu PALSTAT je histogram – sloupcové grafy, které znázorňují rozdělení četnosti hodnot znaku jakosti – průměr ve zvolených intervalech (třídách) a slouží jako základní grafický nástroj hodnocení shromážděných údajů. Rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti odpovídá normálnímu (Gaussovému) rozdělení, protože zobrazený histogram je jednovrcholový a zvonovitého tvaru (Obr.22).

Program automaticky počítá koeficienty způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$  z vybraných dat; dále počítá průměr, rozptyl, rozpětí, regulační meze. Veškeré výsledky lze tisknout přes uživatelsky upravitelné tiskové sestavy.

Výhodou modulu Palstat SPC jsou další možnosti statistického vyhodnocování výsledků :

- provedení testu normálního rozdělení měřených dat
- provedení a grafické znázornění korelace měřených dat
- sledování historie karet

- grafické znázornění měřených dat krabicovým digramem (Box-plot)

Toto další statistické hodnocení by bylo možné v SW EXCEL v případě potřeby taktéž naprogramovat.

## 9.2 Program EXCEL SPC

V programu EXCEL SPC bylo zadání naměřených dat provedeno z klávesnice – do Formuláře 1 (Obr.17).

V příloze PIII je uveden Regulační diagram vytvořený v programu EXCEL. Tabulka obsahuje informace o datumu odběru, druhu operace, rozsahu výběru, znaku jakosti, jednotka naměřených dat, oddělení a jméno kontrolora. Dále jsou uvedena naměřená data ( $X_1, X_2, X_3, X_4$ ) odebraných vzorků (vždy 4 kusy) při každém odběru. Informace na vytvoření průběhu regulovaného parametru využívá program EXCEL SPC z výše uvedených naměřených dat a automaticky zobrazí průběh regulovaného znaku v regulačním diagramu typu X-R. Z analýzy regulačních diagramů je zřejmé, že průběh charakteristik znaku jakosti nesignalizuje působení vymezených příčin variability, nevyskytují se zde žádné body vně regulačních mezí a ani nenáhodná seskupení, proces je statisticky zvládnutý.

Grafickým výstupem produktu EXCEL SPC je histogram – sloupcové grafy, které znázorňují rozdělení četnosti hodnot znaku jakosti – průměr ve zvolených intervalech (třídách) a slouží jako základní grafický nástroj hodnocení shromážděných údajů. Rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti odpovídá normálnímu (Gaussovému) rozdělení, protože zobrazený histogram je jednovrcholový a zvonovitého tvaru – příloha PII. Průběh zobrazení Gaussovy křivky a bodového diagramu (autokorelace) signalizuje normální rozložení dat.

Program automaticky počítá koeficienty způsobilosti  $C_p, C_{pk}$  z naměřených dat; dále počítá průměr, rozptyl, rozpětí, regulační meze. Kartu způsobilosti procesu  $C_p, C_{pk}$  – příloha PII a Regulační diagram – příloha PIII lze tisknout v programu EXCEL.

Program vyhodnotil, že technologický proces broušení pro STIM ZET a.s. je způsobilý ( $C_p = 1,86, C_{pk} = 1,69$ ).

Výhodou navrženého programu v EXCELU je možnost doplnění (změny) indexu způsobilosti procesu na  $C_{pm}$  a  $C_{pmk}$ , které porovnávají maximálně přípustnou

variabilitu sledovaného znaku jakosti danou šířkou tolerančního pole s jeho skutečnou variabilitou kolem cílové hodnoty T.

Další výhodou řešení v SW v EXCELU je možnost jednoduché úpravy programu pro:

- vyhodnocování způsobilosti měřidel pomocí indexu  $C_g$  a  $C_{gk}$
- vyhodnocování způsobilosti procesu v případě neměřitelných znaků zavedením ekvivalentů  $Ekv C_{pk}$  a  $Ekv C_p$
- vyhodnocování způsobilosti procesů dle specifikace a požadavků zákazníka

Tyto možné jednoduché úpravy PALSTAT SPC neumožňuje.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo porovnání softwarových produktů pro podporu statistické regulace výrobních procesů. Teoretická část se zabývá systémem jakosti, statistickými metodami řízení jakosti, počítačovou podporou SPC a teorií statistické regulace procesu.

Praktická část obsahuje aktuální využití softwarových produktů pro podporu statistické regulace procesu - SPC, včetně zpracování a vyhodnocení naměřených dat (shromažďování údajů o zvoleném znaku jakosti (průměr vrtáku) v kontrolovaných podskupinách 25 výrobků o rozsahu 4 jednotek – vrtáků). Dále obsahuje porovnání a vyhodnocení dat v jednotlivých programech metodou – SPC. V softwarových produktech jsou využívány základní nástroje řízení jakosti (formuláře pro sběr údajů, histogram, bodový diagram, regulační diagram), které slouží k analýze a hodnocení způsobilosti výrobního procesu.

Z analýzy regulačních diagramů je zřejmé, že průběh charakteristik znaku jakosti nesignalizuje působení vymezených příčin variability, nevyskytují se zde žádné body vně regulačních mezí a ani nenáhodná seskupení, proces je statisticky zvládnutý.

Grafickými výstupy obou produktů jsou histogramy – sloupcové grafy, které znázorňují rozdělení četnosti hodnot ve zvolených intervalech (třídách) a slouží jako základní grafický nástroj hodnocení shromážděných údajů. Rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti odpovídá normálnímu rozdělení, protože zobrazený histogram je jednovrcholový a zvonovitého tvaru. Programy umožňují zobrazení Gaussovy křivky a bodového diagramu (autokorelace).

K hodnocení způsobilosti výrobních procesů se používají indexy způsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$  založené na předpokladu normálního rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti.

Z výsledků práce vyplývá, že použitím jednotlivých programů lze dosáhnout stejných výsledků. Oba programy shodně hodnotí, že technologický proces broušení pro STIM ZET a.s. je způsobilý ( $C_p = 1,86$ ,  $C_{pk} = 1,69$ ). Proces je způsobilý, protože meze jsou od střední hodnoty sledovaného znaku jakosti minimálně ve vzdálenosti  $4\sigma$ .



Významným přínosem je poznatek, že za relativně nízkou cenu lze v produktu EXCEL navrhnout SW pro hodnocení způsobilosti technologického procesu broušení pro firmu STIM ZET Vsetín a.s.

Návrhy a doporučení pro použití a aplikaci jednotlivých nástrojů statistické regulace procesu:

Produkt PALSTAT CAQ je z hlediska rozvoje a automatizace výroby perspektivnější i z hlediska importu dat z digitálních měřidel a měřících zařízení, umožňuje automatický sběr dat do SW modulu PALSTAT SPC, vyloučení náhodných chyb obsluhy, podstatného zlepšení komfortu a zvýšení rychlosti měření.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Monografie:

- [1] ČSN ISO 8258. *Shewhartovy regulační diagramy*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [2] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex a.s. vydavatelství, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [3] HORÁLEK, V., KRÁL, J., KŘEPELA, J. – MICHÁLEK, J. *Základní statistické výpočty s podporou Microsoft Excel*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001. 176 s. ISBN 80-02-01427-8.
- [4] PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
- [5] PLURA, J. *Statistická regulace a statistická přejímka*. Ostrava: Dům techniky spol. s r. o., Regionální centrum jakosti, 2003.

### Internetové zdroje:

- [6] NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Automatizovaná výroba a SPC*. AUTOMA, 2001, č. 7-8, s. 5–9. Dostupný z WWW:  
<<http://www.automa.cz/automa/2001/au070105.htm>>.
- [7] VIK, J. *Informační systémy podniku a řízení jakosti*. Fakulta strojní - VŠB-TU Ostrava, 2000. Dostupný z WWW:  
<<http://www.fs.vsb.cz/akce/2000/ASR2000/Sbornik/papers/vik.pdf>>.
- [8] PALSTAT CAQ, *Statistická procesní regulace*. PALSTAT s.r.o. Vrchlabí, 2005. Dostupný z WWW:  
<<http://www.PALSTAT.cz>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\sigma_x$	Směrodatná odchylka
$\sigma$	Jednotlivé hodnoty
$\sqrt{n}$	Počet hodnot
$f(x)$	Hustota pravděpodobnosti
$F(x)$	Distribuční funkce
$F_i$	Kumulativní četnost
$\mu$	Aritmetický průměr
$\sigma^2$	Rozptyl
JR	Jmenovitá hodnota
HT	Horní toleranční mez
DT	Dolní toleranční mez
$C_p$	Index způsobilosti (umístění v mezích)
$C_{pk}$	Index způsobilosti (variabilita, umístění)
SPC	Statistical Process Control
SW	Software

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr.1. Histogram jakosti.....	15
Obr.2. Diagram příčin a následků .....	16
Obr.3. Paretův diagram pro ukazatel četnosti jednotlivých druhů vad.....	18
Obr.4. Struktura regulačního diagramu .....	21
Obr.5. Zabezpečení statistické zvládnutosti a způsobilosti procesu.....	30
Obr.6. Struktura regulačního diagramu $\bar{X}$ , R .....	36
Obr.7. Testy vymežitelných příčin podle ČSN ISO 8258.....	38
Obr.8. Porovnání hodnot indexů způsobilosti $C_p$ a $C_{pk}$ v různých situacích.....	42
Obr.9. Výběr dílu a kóty .....	49
Obr.10. Přidání dílu.....	49
Obr.11. Okno nové kóty.....	50
Obr.12. Okno pro zobrazení X-R regulačního diagramu.....	50
Obr.13. Okno pro zadání hodnot z klávesnice .....	51
Obr.14. Okno pro zadání hodnot z klávesnice .....	51
Obr.15. Okno pro import dat z měřicího systému.....	52
Obr.16. Okno pro import dat z EXCELU .....	52
Obr.17. Formulář 1 pro zadání hodnot z klávesnice .....	54
Obr.18. Formulář 2 pro zadání hodnot z klávesnice .....	54
Obr.19. Tisková sestava naměřených hodnot .....	55
Obr.20. Tisková sestava naměřených hodnot .....	56
Obr.21. Tisková sestava naměřených hodnot .....	57
Obr.22. Tisková sestava variabilního znaku .....	58

**SEZNAM TABULEK**

Tab.1. Kontrolní tabulka závlačky.....	12
Tab.2. Rozdělení četnosti.....	14
Tab.3. Souhrnná tabulka pro sestavení grafu – pro ukazatele četnosti neshod.....	17
Tab.4. Vyhodnocené data v jednotlivých programech .....	59

## SEZNAM PŘÍLOH

PI Regulační diagram.

**PII** Karta způsobilosti procesů - formulář 1.

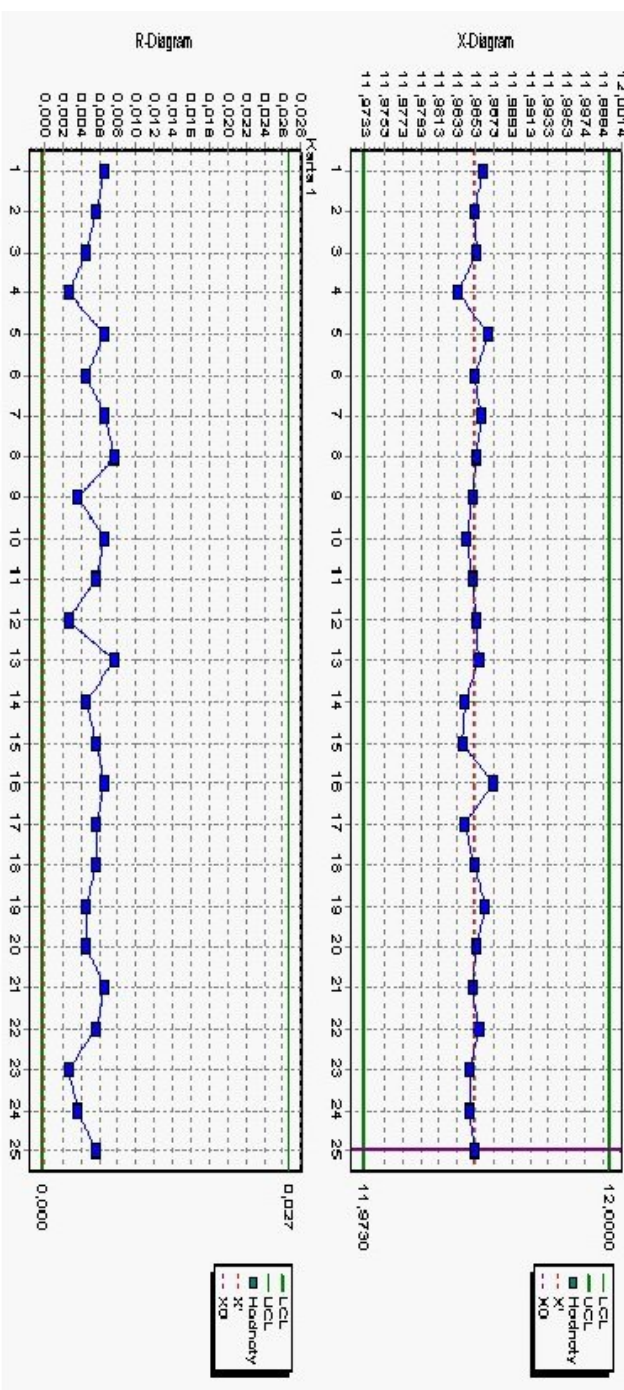
**PIII** Regulační diagram - formulář 2.

**PIV** Výkres vrtáku.

# PŘÍLOHA PI: REGULAČNÍ DIAGRAM

## REGULAČNÍ DIAGRAM

Název dílu	Vtřák DIN 338 RN 12 mm	Číslo dílu V1	Kóta 1	Průměr	Četnost:
Datum	10.4.2006	10.4.2006	10.4.2006	10.4.2006	10.4.2006
Čar	830000	815000	830000	845000	900000
X1	11,968	11,963	11,963	11,963	11,963
X2	11,969	11,962	11,968	11,964	11,965
X3	11,962	11,965	11,968	11,964	11,965
X4	11,966	11,968	11,962	11,960	11,964
X	11,9653	11,9655	11,9653	11,9650	11,9650
R	0,0070	0,0050	0,0030	0,0070	0,0040
S	0,0031	0,0021	0,0013	0,0033	0,0025
Podíl	Velhojgr	Velhojgr	Velhojgr	Velhojgr	Velhojgr
Opis	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25

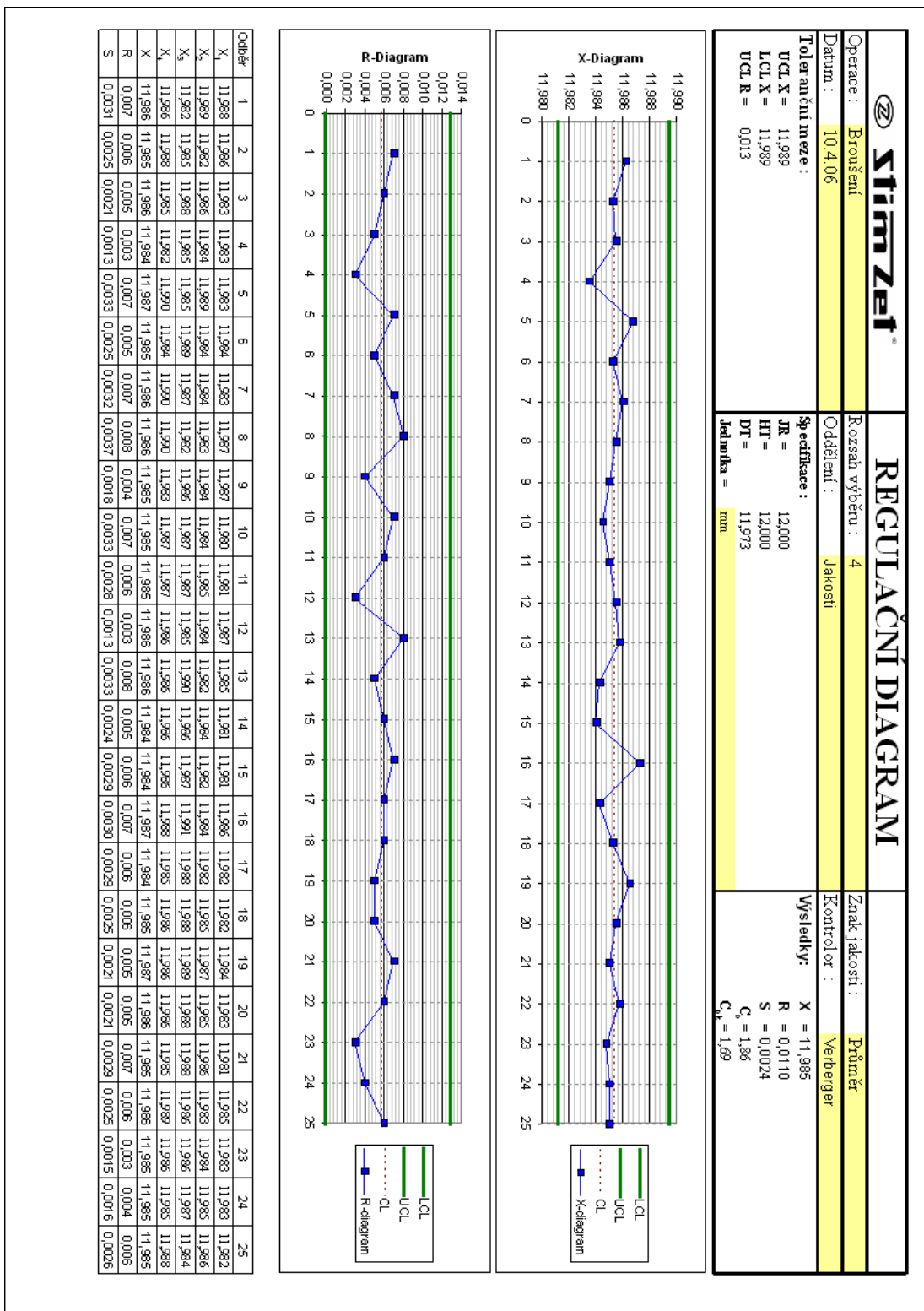


Specifikace:	JR = 12,000 HT = 12,000 DT = 11,973
Výsledky:	X = 11,965 R = 0,0110 S = 0,0024 Cp = 1,86 Cpk = 1,69
Regulační meze:	Toleranční pole
	UCL X = 12,00000 LCL X = 11,97300 UCL R = 0,002700
Poznámka:	
Jméno:	Veiberger
Datum tisku	13.5.2006





PŘÍLOHA PIII: REGULAČNÍ DIAGRAM-FORMULÁŘ 2.



**PŘÍLOHA PIV: VÝKRES VRTÁKU**

