

# **Vybrané praktické aplikace statistické regulace procesu**

**Prof. Ing. Darja Noskievičová, CSc.**

**Katedra kontroly a řízení jakosti  
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství  
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

# Vybrané praktické aplikace statistické regulace procesu

- 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků.**
- 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl.**
- 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu.**
- 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu.**
- 5. Aplikace SPC při podélném omítání plechů na oboustranných nůžkách.**

# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků

Zaměření případové studie: Přípravná fáze zavádění SPC (fáze I)

## 1. Definování cíle zavedení SPC

- splnění požadavku zákazníka,
- prevence proti výskytu neshod a reklamací,
- pilotní projekt využívání SPC ve firmě,
- zlepšování procesu.

## 2. Volba procesu a produktu

Proces: Operace lisování pravého a levého držáku spoileru

Charakteristika výrobku:  
držák předního spoileru transportéru

Znak jakosti zvolený pro regulaci:  
tvarová odchylka zobáčku držáku

Předpis:  $\pm 0,5$  mm

## 3. MSA – metoda R & R

- 3 operátoři
- 3 opakovaná měření po 10 ks
- Měřené kusy byly vybrány tak, aby pokryly celé výrobní rozpětí

# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků

## 4. Analýza možných příčin zvýšené variability odchylky tvaru zobáčku – základ OCAP

- Brainstorming - Ishikawův diagram, Paretova analýza
- Stanovení nejvýznamnějších (nejpravděpodobnějších) příčin
  - a) Nevyhovující pozice tvárníku
  - b) Nesprávné najetí lisu
  - c) Nepřesné nastavení výšky lisu

## 5. Návrh a realizace nápravných opatření

- Rozšíření návodu pro preventivní údržbu nástrojů o upozornění, by při každé prohlídce byla provedena kontrola skolíkování jednotlivých tvárníků.
- Provádění pravidelné kontroly parametrů lisování operátorem vůči hodnotám v pracovním postupu a jejich záznam.

# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků

## 6. Návrh způsobu sběru a záznamu dat

-Kontrolní interval: 1 hodina

- Rozsah logické podskupiny: 5 ks levého a 5 ks pravého držáku odebíraných bezprostředně za sebou přímo z pásu

- Záznamový protokol obsahující i průvodní list procesu

- Záznamník pro sledování parametrů procesu ovlivňujících sledovaný znak jakosti (stanovených v rámci předchozí analýzy v kroku 4)



Podskupina	Název listu				Zařazení	
	Výška sádky	Průměr výška nástroje	Výška podstavce	Delka posuvu	Lisovací síla levé opěrky	Lisovací síla pravé opěrky
Přidělená hodnota						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Datum (měsíc / den / rok):  
Pracovník (jméno / příjmení):  
Pracovník (jméno / příjmení):  
Pracovník (jméno / příjmení):

# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků

## 7. Definování celého komplexu činností v rámci implementace a realizace SPC

– **matice zodpovědnosti**

ČINNOST	PRACOVNÍK			
	Quality manager			Operátor lisu
Vytvoření formulářů pro zápis dat				
Vyhodnocení dat	K,S	P,Z		
Vyhodnocení účinnosti přijatých opatření		P		
Školení				

P ... provádí Z ... Zodpovědný S ... schvaluje K ... konzultuje

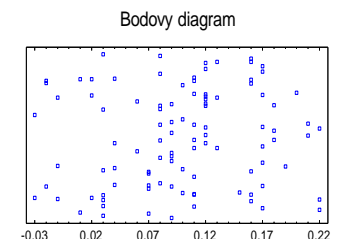
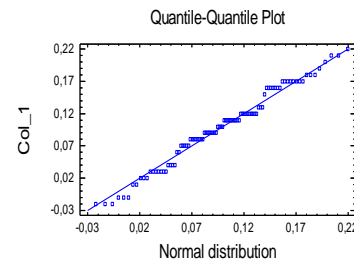
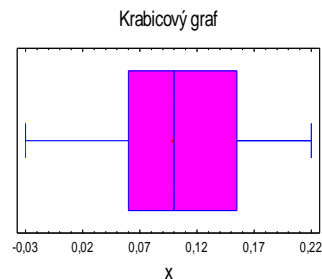
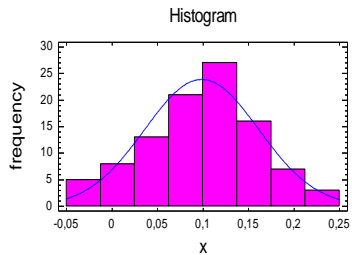
Ukázka části navrhované matice

# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků

## 8. Ověření předpokladů o datech pro levý a pro pravý držák graficky i pomocí testování statistických hypotéz

- Ověření výskytu odlehlých hodnot
- Ověření normality dat
- Ověření nezávislosti

graficky i pomocí testů statistických hypotéz



# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků



## 9. Volba vhodných regulačních diagramů

- Regulační diagram pro průměry
- Regulační diagram pro rozpětí



# 1. Aplikace SPC v podmínkách výroby plechových výlisků

## Poučení z této případové studie:

- **Komplexní provedení přípravné fáze**
- **Analýza příčin variability zvoleného znaku jakosti**
- **Stanovení a přijetí nápravných a preventivních opatření**
- **Návrh sběru dat nejen znaku jakosti, ale i ovlivňujících parametrů procesu**
- **Provedení MSA**
- **Vytvoření matice zodpovědnosti**
- **Volba regulačních diagramů na základě provedení statistické analýzy předpokladů o datech**

## 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl

Zaměření případové studie: Tvorba výběrů (Fáze I)

Proces: nepřímé lisování plastů

Produkt: Plastový výlisek pro automobilový průmysl

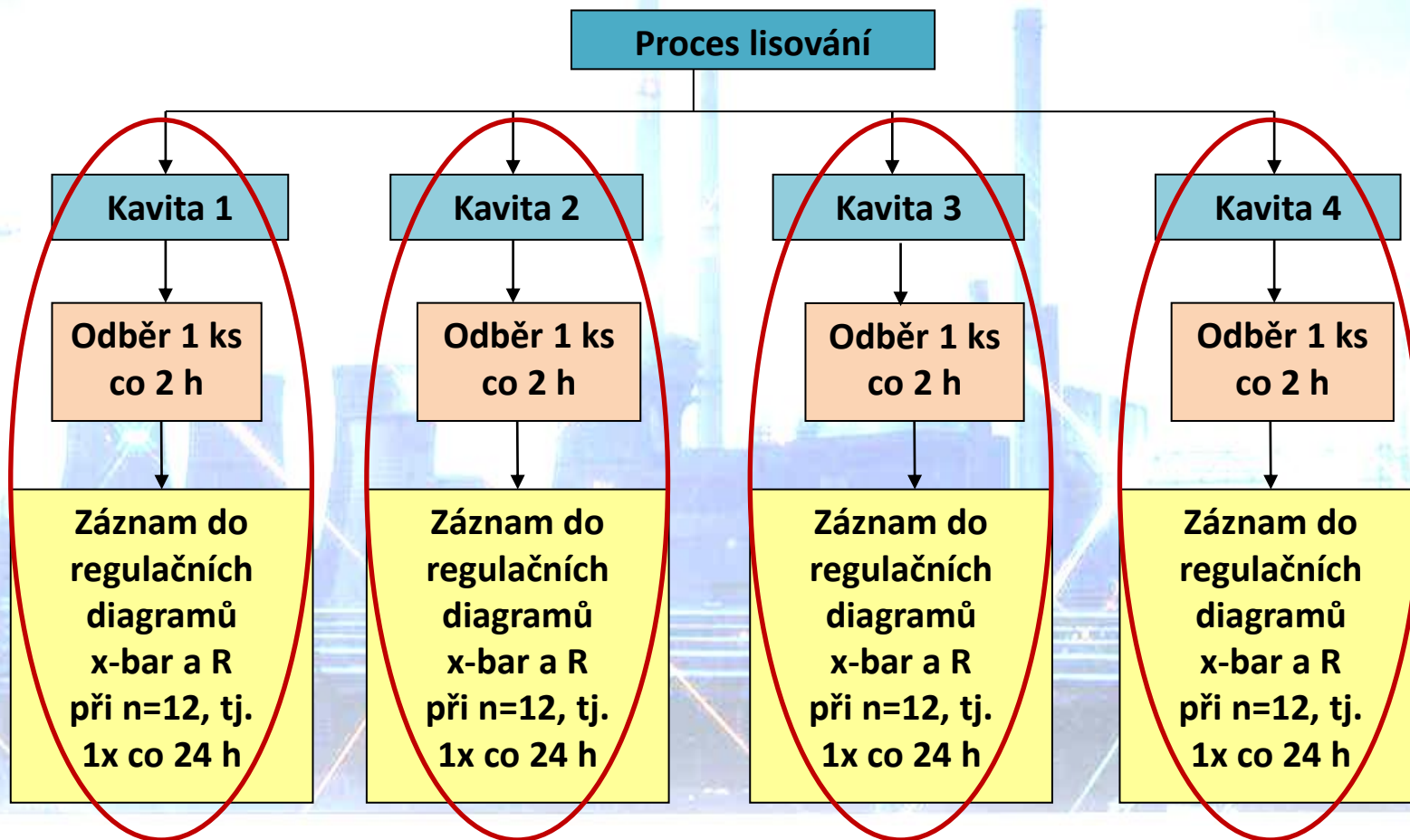
Funkce výlisku: regulace proudu vzduchu v palubní desce vozidla

Regulovaný znak jakosti – rozteč ložisek

## 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl

**Problém: Nedostatky stávajícího způsobu provádění sběru, záznamu a zpracování dat**

- Vytváření podskupin z různých kavit ;
- Neověření rozdílů variability jednotlivých kavit;
- Dlouhý kontrolní interval (záznam 1x za 24 hodin).



## 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl

Cíl:

- Snížení počtu regulačních diagramů
- Zkrácení kontrolního intervalu

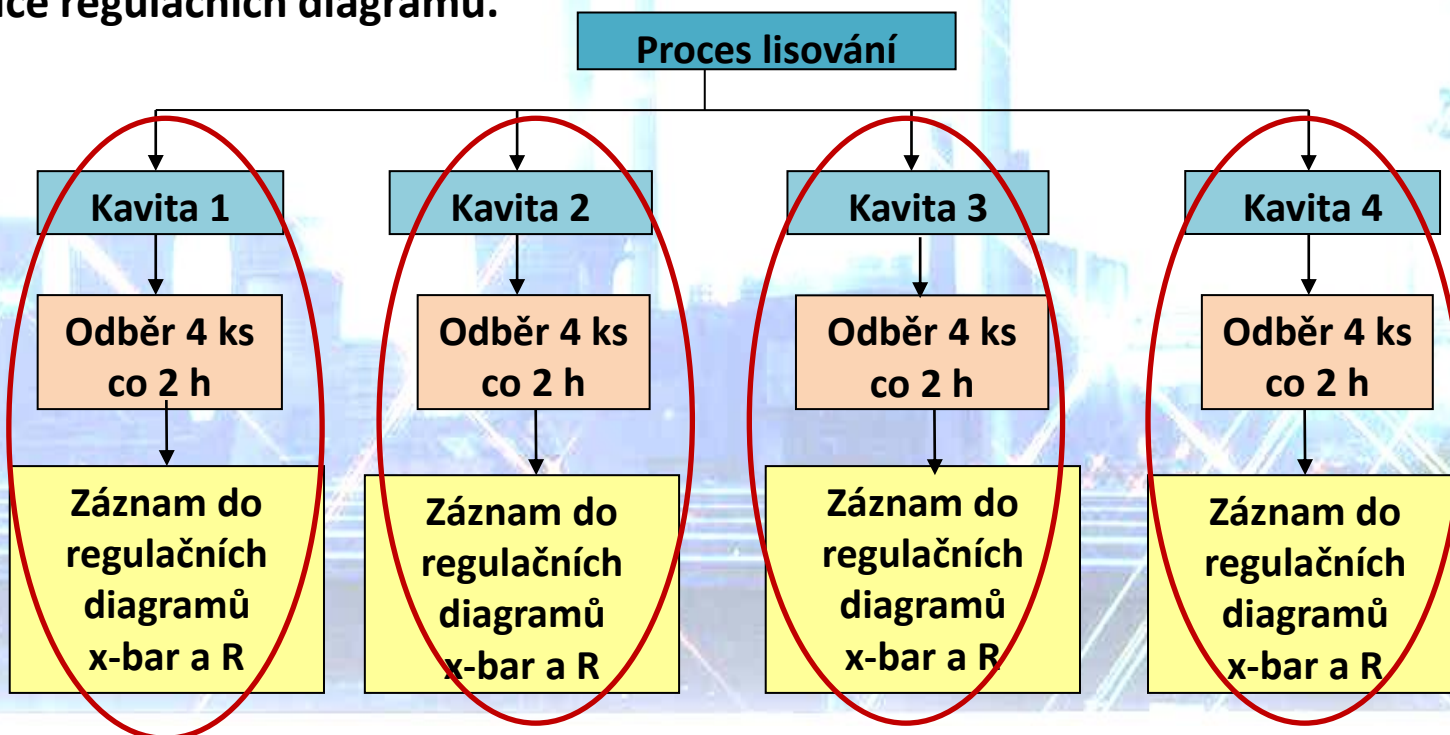
Ověření konzistentnosti variability u jednotlivých kavit

– pro každou kavitu samostatně vedena dvojice regulačních diagramů.

Nový rozsah podskupiny  $n = 4$

Nový interval záznamu do regulačních diagramů – do 2 hodiny

Stejný počet diagramů: 8



## 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl

Ověření konzistentnosti jednotlivých kavit

a) Vyhodnocení statistické stability procesu u jednotlivých kavit:  
Všechny 4 dvojice regulačních diagramů vykazovaly statisticky stabilní proces.

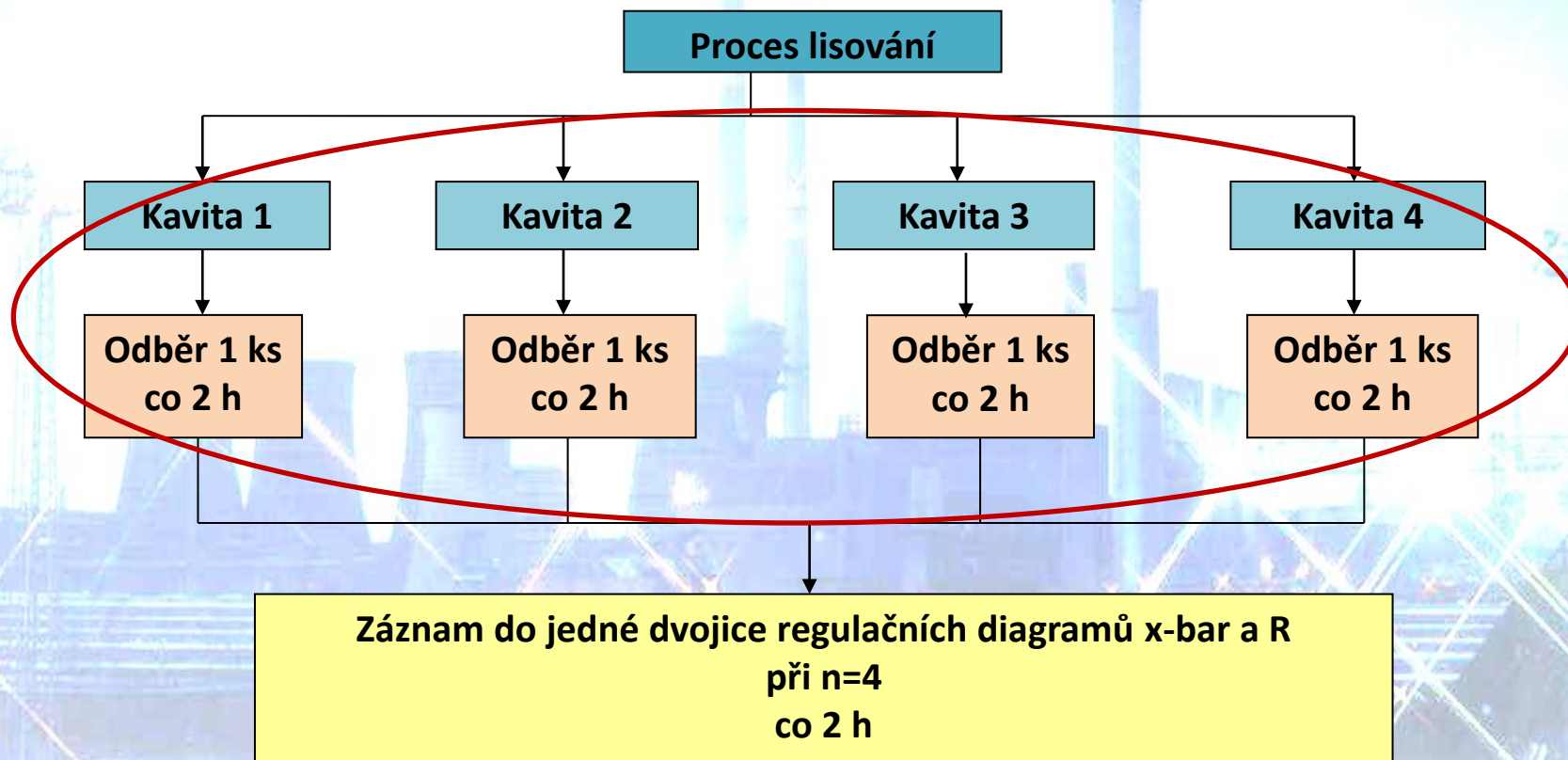
b) Provedení Bartlettova testu

**Závěr: rozdíly ve variabilitě jednotlivých kavit lze považovat za nevýznamné**

## 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl

Nové řešení – nový způsob sběru a záznamu dat

- 1 dvojice regulačních diagramů  $\bar{x}$ -bar a R
- $n = 4$  (po jednom výlisku z každé kavity)
- Sběr a záznam dat – co 2 hodiny
- Záznam do regulačních diagramů: co 2 hodiny



## 2. Aplikace SPC na lisování plastových komponent pro automobilový průmysl

### Poučení z této případové studie

- při více zdrojích variability nutno provést statistickou analýzu rozdílů mezi jednotlivými zdroji;
- podskupinu vytvářet z prvků ovlivněných různými zdroji pouze v případě, že rozdíly ve variabilitě mezi těmito zdroji jsou nevýznamné;
- takto lze snížit počet používaných regulačních diagramů a případně mít současně více informací o chování procesu při kratším intervalu záznamu do regulačních diagramů.

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

**Zaměření případové studie: Otázka stanovení okamžiku přepočtu regulačních mezí ( IV. fáze SPC)**

**Běžná praxe (často součást SW):**

- **přepočet automaticky po každém výskytu bodů mimo regulační meze nebo po určitém delším intervalu**

**Nesprávný, zjednodušený přístup !!!!**



# 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

## Východiska algoritmu

- Z dlouhodobého hlediska může dojít v této fázi SPC ke 2 základním situacím:
  1. Proces se dlouhodobě zlepšil – regulační meze stanovené ve fázi II. se stávají příliš široké, **zvýšuje se riziko chybějícího signálu  $\beta$**  a dochází k omezení možností včas reagovat na případné nestability procesu a proces dále zlepšovat.
  2. Pokud došlo k přetrvávajícímu zhoršení procesu – původní regulační meze se staly příliš úzké pro stávající proces, **zvýšuje se riziko zbytečného signálu  $\alpha$** , tedy riziko, že uživatel bude ztrácet čas vyhledáváním neexistujících vymezených příčin variability místo toho, aby věnoval čas analýze příčin, které vedly ke skutečnému dlouhodobému zhoršení chování procesu (změně systému náhodných příčin variability).

## Základní myšlenka:

**„SPC se má aplikovat tak, aby to nebyla ztráta času, ale zdroj příležitostí ke zlepšování procesu.“**

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

#### Fáze IV. SPC – analýza potřeby přepočtu regulačních mezí

<i>Regulační diagram</i>	<i>Situace vedoucí k potřebě zvážit přepočet regulačních mezí ve fázi IV.</i>	<i>Potřeba zvážit přepočet regulačních mezí</i>
x-bar i R	Body mimo horní nebo dolní regulační mez	Ano – viz další tab.
x-bar	Body uvnitř regulačních mezí, ale <ul style="list-style-type: none"><li>• nenáhodné seskupení signalizující změnu střední hodnoty (zejména test 9 bodů nad CL nebo pod CL) nebo</li><li>• provedení uvědomělé větší změny podmínek procesu</li><li>• potřeba posoudit adekvátnost mezí stanovených ve fázi II</li></ul> <b>Řešení:</b> t-test: prokázání významného rozdílu mezi $\mu_1$ a $\mu_2$	Ano - viz další tab.

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

Fáze IV. SPC – analýza potřeby přepočtu regulačních mezí – pokr.

Regulační diagram	<i>Situace vedoucí k potřebě zvážit přepočet regulačních mezí ve fázi IV.</i>	<i>Potřeba zvážit přepočet regulačních mezí</i>
R	<p>Body uvnitř regulačních mezí, ale</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• nenáhodné seskupení (zejména test 9 bodů nad CL nebo pod CL)</li><li>• provedení uvědomělé větší změny podmínek procesu</li><li>• potřeba posoudit adekvátnost mezí stanovených ve fázi II</li></ul> <p><b>Řešení:</b> F-test – prokázání významného rozdílu mezi <math>\sigma_1</math> a <math>\sigma_2</math></p>	Ano – viz další tab.

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

#### Rozhodovací matice

<i>Situace</i>	<i>Výsledek analýzy</i>	<i>Stav procesu</i>	<i>Nápravná opatření</i>	<i>Realizace přepočtu mezí</i>
1.	<b>Příčiny nestanoveny</b>		<b>Žádné nebylo přijato</b>	<b>Ne</b>
2.	<b>Příčiny nalezeny</b>	<b>Proces se zlepšil</b>	<b>Není možné zajistit, aby se příčina zlepšení stala standardní součástí podmínek procesu</b>	<b>Ne</b>
3.	<b>Příčiny nalezeny</b>	<b>Proces se zlepšil</b>	<b>Příčina zlepšení se stala součástí standardních podmínek procesu</b>	<b>Ano</b>
4.	<b>Příčiny nalezeny</b>	<b>Proces se zhoršil</b>	<b>Bylo přijato opatření zabraňující opakovanému výskytu příčiny zhoršení</b>	<b>Ne</b>
5.	<b>Příčiny nalezeny</b>	<b>Proces se zhoršil</b>	<b>Příčinu zhoršení nelze odstranit</b>	<b>Ano</b>