

# Regulační diagramy pro Lean Six Sigma

**Doc. Ing. Darja Noskievičová, CSc.**

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



[darja.noskivicova@vsb.cz](mailto:darja.noskivicova@vsb.cz)

# Definice Lean Six Sigma

## Lean Six Sigma je

- multidimenzionální strategie, která vznikla fúzí dvou přístupů.
- Má za cíl maximalizovat hodnotu pro akcionáře cestou
  - rychlejšího zlepšování v oblasti uspokojování zákazníků,
  - snižování nákladů,
  - urychlováním procesů,
  - zvyšováním obrátu investičního kapitálu.



# Podstata Lean přístupu

„Dělat více s méně zdroji“

- neustále identifikovat a odstraňovat všechny formy **muda** (plýtvání):

- zbytečný pohyb,
- zbytečná přeprava,
- opravy a přepracování,
- nadvýroba,
- zásoby,
- špatná komunikace se zákazníky a dodavateli i mezi zaměstnanci,
- provádění zbytečných činností,
- čekání.



# Definice Six Sigma

- **Vysoce disciplinovaný přístup ke zlepšování kvality produktů a procesů založený na kvantitativní analýze dat.**
- **Hlavní cíle Six Sigma:**
  - **snižování variability**
  - **redukce chyb (neshod, vad).**

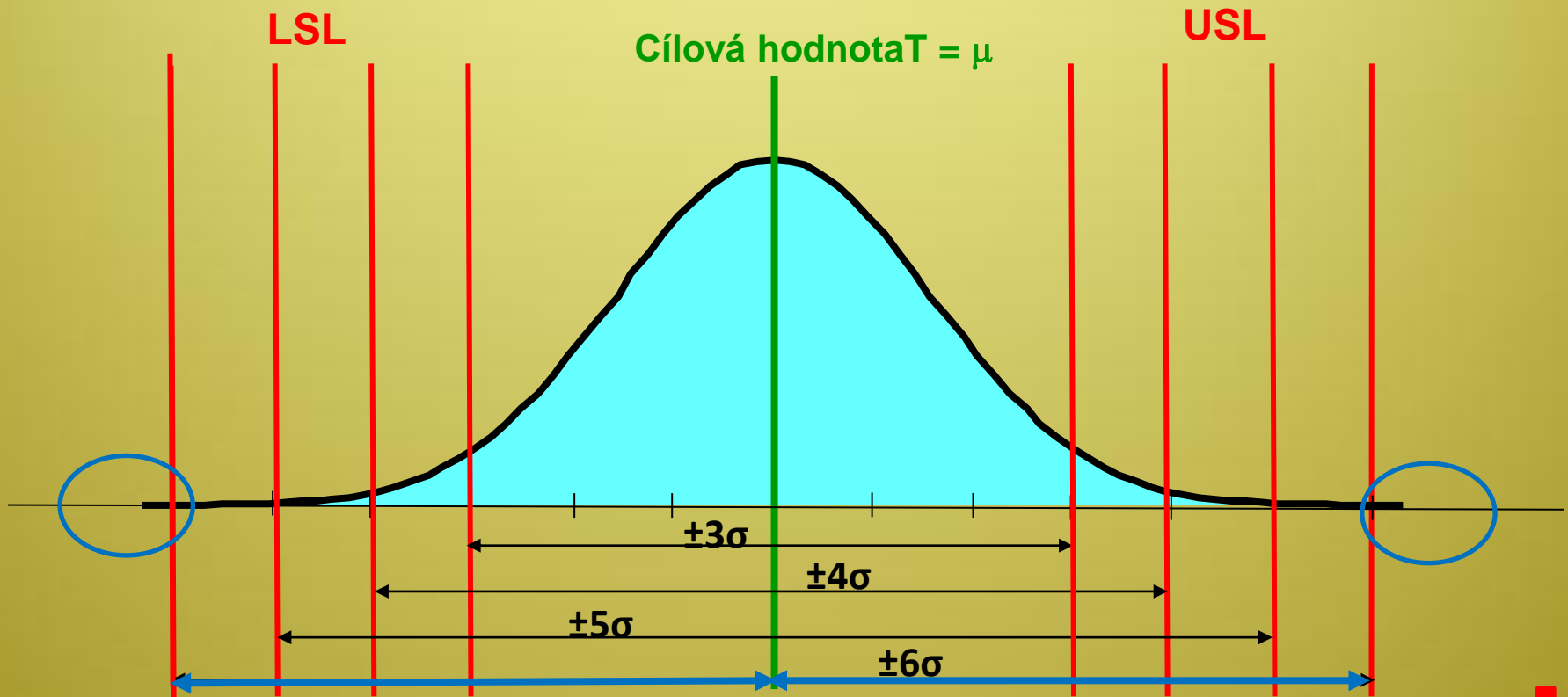


# Ukazatel měření výkonnosti v Six Sigma

Limitní cíl metodiky Six Sigma:

redukovat variabilitu procesu na úroveň **6 sigma**,

což prakticky představuje proces, který téměř neprodukuje žádné neshodné produkty

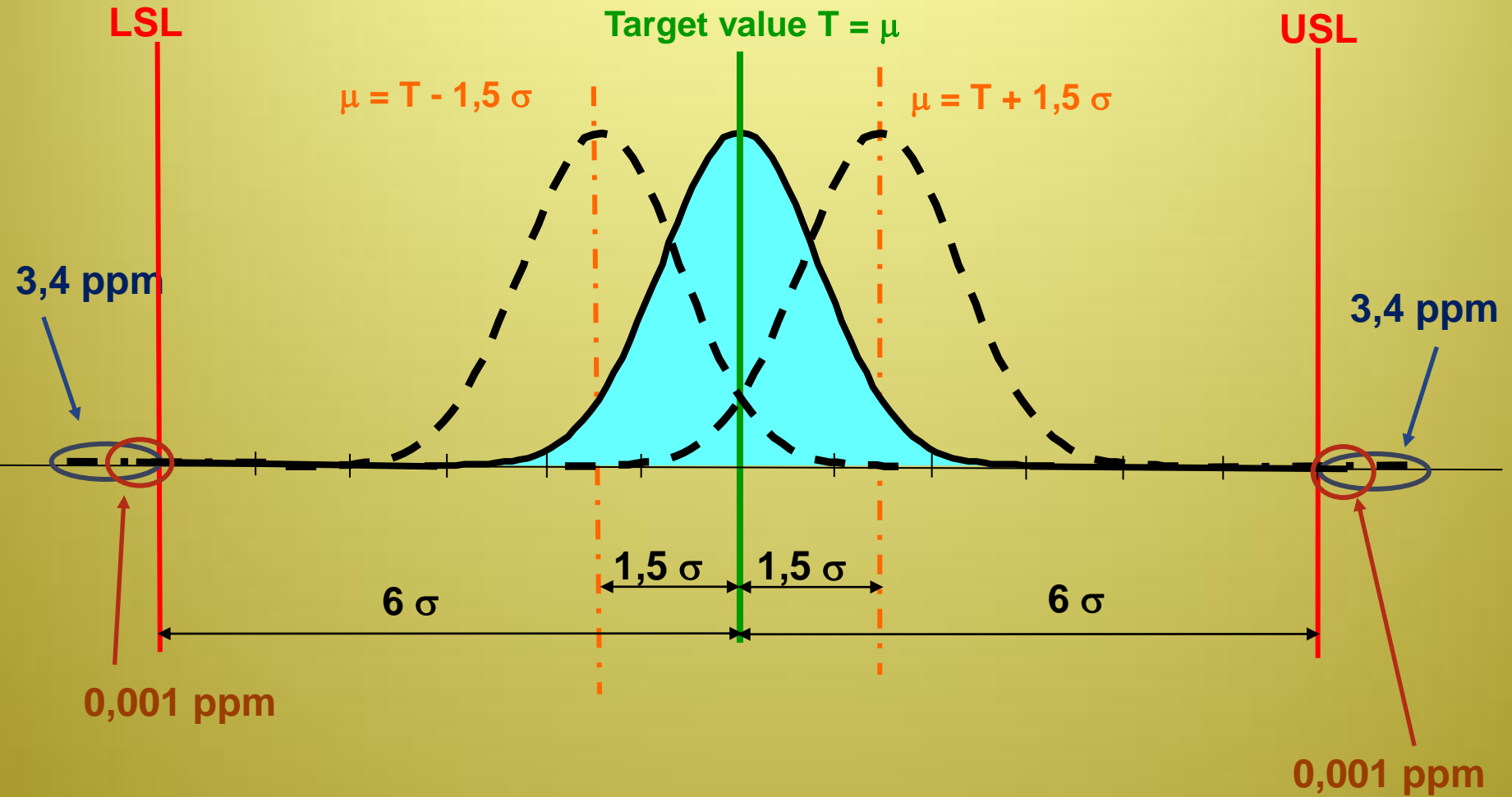


# Ukazatel měření výkonnosti v Six Sigma

Počet sigma	Cp	ppm
		Proces seřízen na cílovou hodnotu
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2700</b>
<b>4</b>	<b>1,33</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>1,67</b>	<b>0,57</b>
<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0,002</b>



# Posun střední hodnoty o $1,5\sigma$



# Posun střední hodnoty o $1,5\sigma$

Počet sigma	Cp	ppm
		Proces posunut o 1,5 sigma
3	1	66810
4	1,33	6210
5	1,67	233
6	2	3,4






# Definice vysoce způsobilých procesů

- procesy, jejichž variabilita je výrazně menší než variabilita vyjádřená šíří tolerančního pole (tj. povolená variabilita).
- procesy, kde počet sigma překračuje hodnotu 3.

Počet sigma	Cp	Ppm	
		Proces seřízen na cílovou hodnotu	Proces posunut o 1,5 sigma
3	1	2700	66810
4	1,33	63	6210
5	1,67	0,57	233
6	2	0,002	3,4

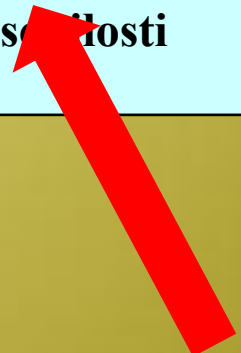


# Cyklus DMAIC a cíle jednotlivých fází

Fáze	Cíle
<b>1. Define – Definuj</b>	<b>Definování procesu, zákazníka a jeho požadavků na výstup procesu, odhad předpokládaných ekonomických přínosů projektu zlepšení.</b>
<b>2. Measure – Měř</b>	<b>Měření stávající výkonnosti procesu.</b>
<b>3. Analyse – Analyzuj</b>	<b>Analýza procesu s cílem stanovit kořenové příčiny nízké výkonnosti procesu, výskytu chyb.</b>
<b>4. Improve – Zlepšuj</b>	<b>Volba, příprava a realizace opatření ke zlepšení výkonnosti procesu.</b>
<b>5. Control – Kontroluj, reguluj</b>	<b>Udržování zlepšeného procesu na nové úrovni výkonnosti.</b>

# Zařazení nástrojů do fází DMAIC

	Fáze		Metody
1. Definuj	<ul style="list-style-type: none"><li>• SIPOC diagram</li><li>• Analýza NPV</li><li>• Formulář pro definování projektu</li></ul>	2. Měř	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mapy procesu</li><li>• Paretova analýza</li><li>• Ishikawův diagram</li><li>• FMEA</li><li>• Brainstorming</li><li>• Vícenásobná bodovací metoda</li><li>• R &amp; R analýza</li><li>• Kontrolní tabulky a záznamníky</li><li>• <b>Regulační diagramy</b></li><li>• Analýza způsobilosti procesu</li></ul>



# Zařazení nástrojů do fází DMAIC

## 3. Analyzuj

- Bodový diagram
- Regresní a korelační analýza
- ANOVA
- Časové studie

## 4. Zlepšuj

- Brainstorming
- Mapování procesu
- DOE
- Benchmarking
- Redukce času přípravy
- Pulling
- FMEA
- Testování hypotéz
- Ganttovy diagramy
- Afinity diagramy
- CPM/PERT
- Poka-Yoke (Mistake Proofing)
- Kaizen
- Stromový diagram

## 5. Kontroluj a reguluj

- Kontrolní tabulky a záznamníky
- Histogramy
- Bodový diagram
- **Regulační diagramy**
- Paretova analýza



# Vlastnosti SPC pro vysoce způsobilé procesy

## SPC měření

- regulační diagramy dostatečně citlivé na velmi malé odchylky hodnot parametrů procesů či znaků kvality,
- regulační diagramy vhodné pro autokorelovaná data.

## SPC srovnáváním

- regulační diagramy vyhovující procesům produkujícím velmi nízký podíl neshodných jednotek (v ppm či ppb),
- regulační diagramy umožňující nejen prevenci zhoršování, ale také schopné detekovat zlepšení procesu.

**s využitím výběrů**

**-CUSUM**

**-Klasický EWMA**

# Regulační diagram CUSUM s rozhodovacími mezemi pro průměry

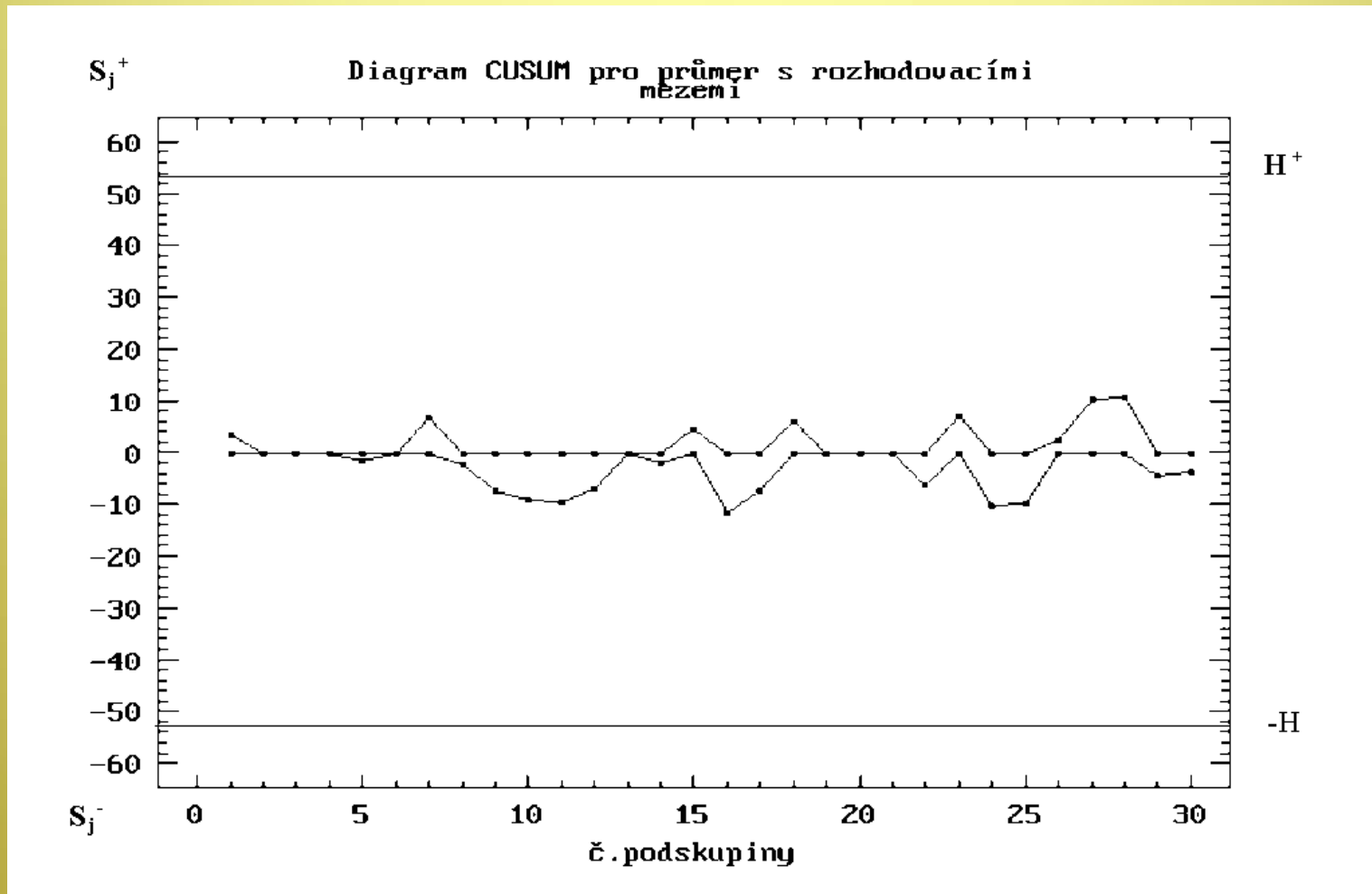


Diagram CUSUM s rozhodovacím intervalem – statisticky stabilní proces



# Regulační diagram CUSUM s rozhodovacími mezemi pro průměry

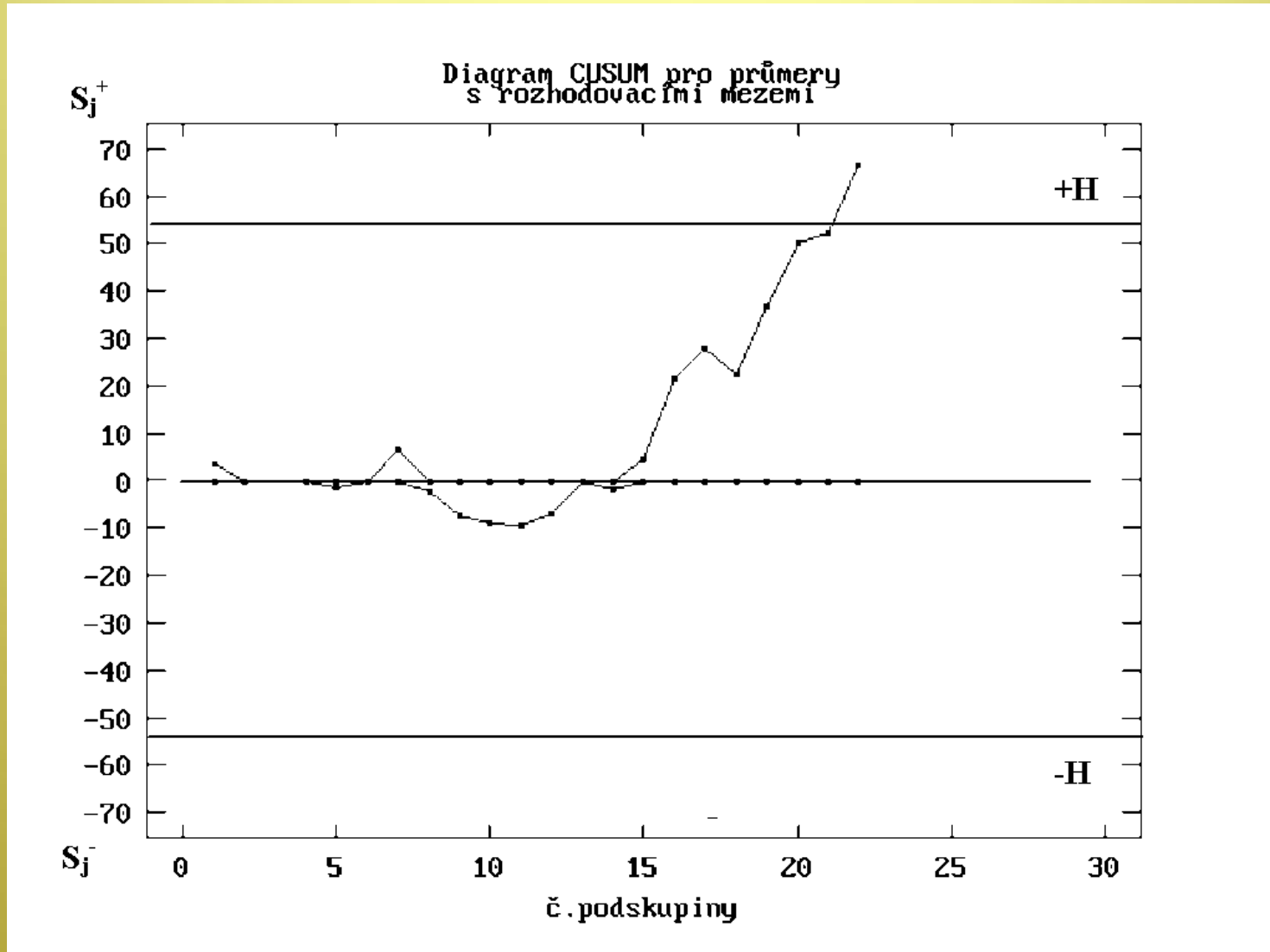


Diagram CUSUM s rozhodovacím intervalem – statisticky nestabilní proces



## Výpočet testovacího kritéria

$$S_k^+ = \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \mu_0 - K) = S_{k-1}^+ + (\bar{x}_k - \mu_0 - K)$$

$$S_0^+ = 0$$

$$S_k^- = \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \mu_0 + K) = S_{k-1}^- + (\bar{x}_k - \mu_0 + K)$$

$$S_0^- = 0$$



# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

Nutné určit parametry  $K$  a  $H$ .

A. Stanovení parametru  $K$ :

$$K = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{2}$$

$$k = K / \sigma$$

kde

$\sigma$  ... je směrodatná odchylka výběrové charakteristiky použité pro výpočet CUSUM.



# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

## B. Stanovení parametru H:

Parametr  $h$  se volí tak, aby při stanoveném parametru  $k$  bylo dosaženo žádoucí hodnoty  $ARL(0)$ .

Př.:

k	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
h	8,01	4,77	3,34	2,52	1,99	1,61

Tab.: Hodnoty  $h$  a  $k$ , dávající  $ARL(0) = 370$  pro oboustranný CUSUM diagram s rozhodovacími mezemi

Pak  $H = h \cdot \sigma$ ,

kde

$\sigma$ ...je směrodatná odchylka výběrové charakteristiky použité pro výpočet CUSUM.



# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

## Příklad

$$\mu_1 = 110, \mu_0 = 100, \sigma = 20, n = 5, ARL(0) = 370$$

$$K = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{2} = \frac{110 - 100}{2} = 5$$

$$k = \frac{K}{\sigma} = \frac{5}{\frac{20}{\sqrt{5}}} = 0,559$$



k	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
h	8,01	4,77	3,34	2,52	1,99	1,61

$$H = 4,7$$

# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

**CuSum (H-K) Chart Options** X

Type of Study

Initial Study

Control to Standard

Decision interval (h):  Sigma

Headstart:  Sigma

Reference value (k):  Sigma

Target:  Sigma

ARL at  sigma = 552,6

CuSum Control Limits

Two-sided

Upper only

Lower only

Normalize

Range Control Limits

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Control to Standard

Specify Parameters:

Mean:

Sigma:

OK

Cancel

Exclude...

Design

Help

# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

**CuSum (H-K) Chart Options**

Type of Study

Initial Study

Control to Standard

Decision interval (h):  Sigma

Reference value (k):  Sigma

Headstart:  Sigma

Target:  Sigma

ARL at  sigma = 351,3

CuSum Control Limits

Two-sided

Upper only

Lower only

Normalize

Range Control Limits

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Control to Standard

Specify Parameters:

Mean:

Sigma:

OK

Cancel

Exclude...

Design

Help



# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

**CuSum (H-K) Chart Options**

Type of Study:

- Initial Study
- Control to Standard

Decision interval (h):  Sigma

Reference value (k):  Sigma

Headstart:  Sigma

Target:  Sigma

ARL at  sigma =  Sigma

CuSum Control Limits:

- Two-sided
- Upper only
- Lower only
- Normalize

Range Control Limits:

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Control to Standard - Specify Parameters:

Mean:

Sigma:

Buttons: OK, Cancel, Exclude..., Design, Help

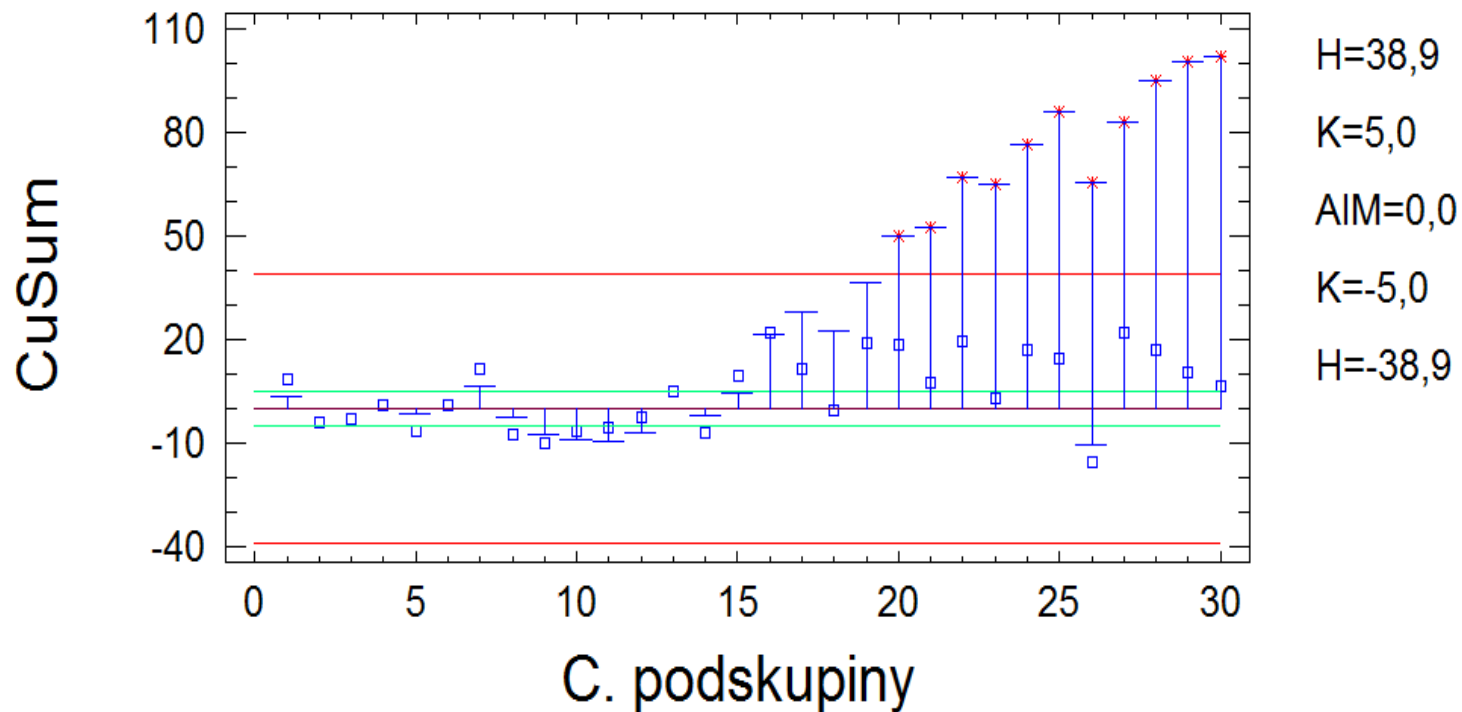
Optimální parametry regulačního diagramu



# Návrh regulačního diagramu CUSUM s rozhodovacími mezemi

$$H = h \cdot \sigma = 4,3455 \times 8,94 = 38,9$$

## Výsledný regulační diagram





# Klasický regulační diagram EWMA pro průměry

## Výpočet regulačních mezí a CL

$$UCL = CL + K \cdot \sigma_{EWMA} = \mu_0 + K \cdot \sigma_{EWMA},$$

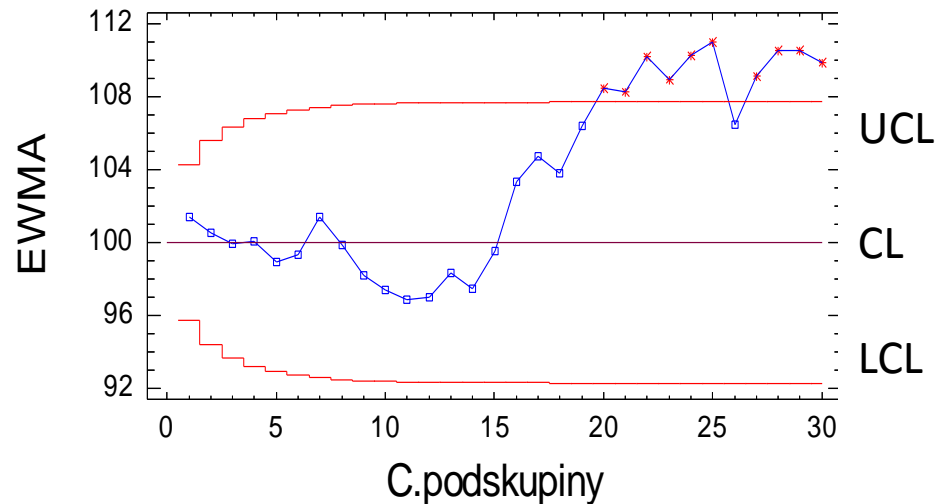
$$LCL = CL - K \cdot \sigma_{EWMA} = \mu_0 - K \cdot \sigma_{EWMA},$$

$$\sigma_{EWMA} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2k}]}$$

## Výpočet testovacího kritéria

$$EWMA_k = (1 - \lambda)EWMA_{k-1} + \lambda \cdot \bar{x}_k$$

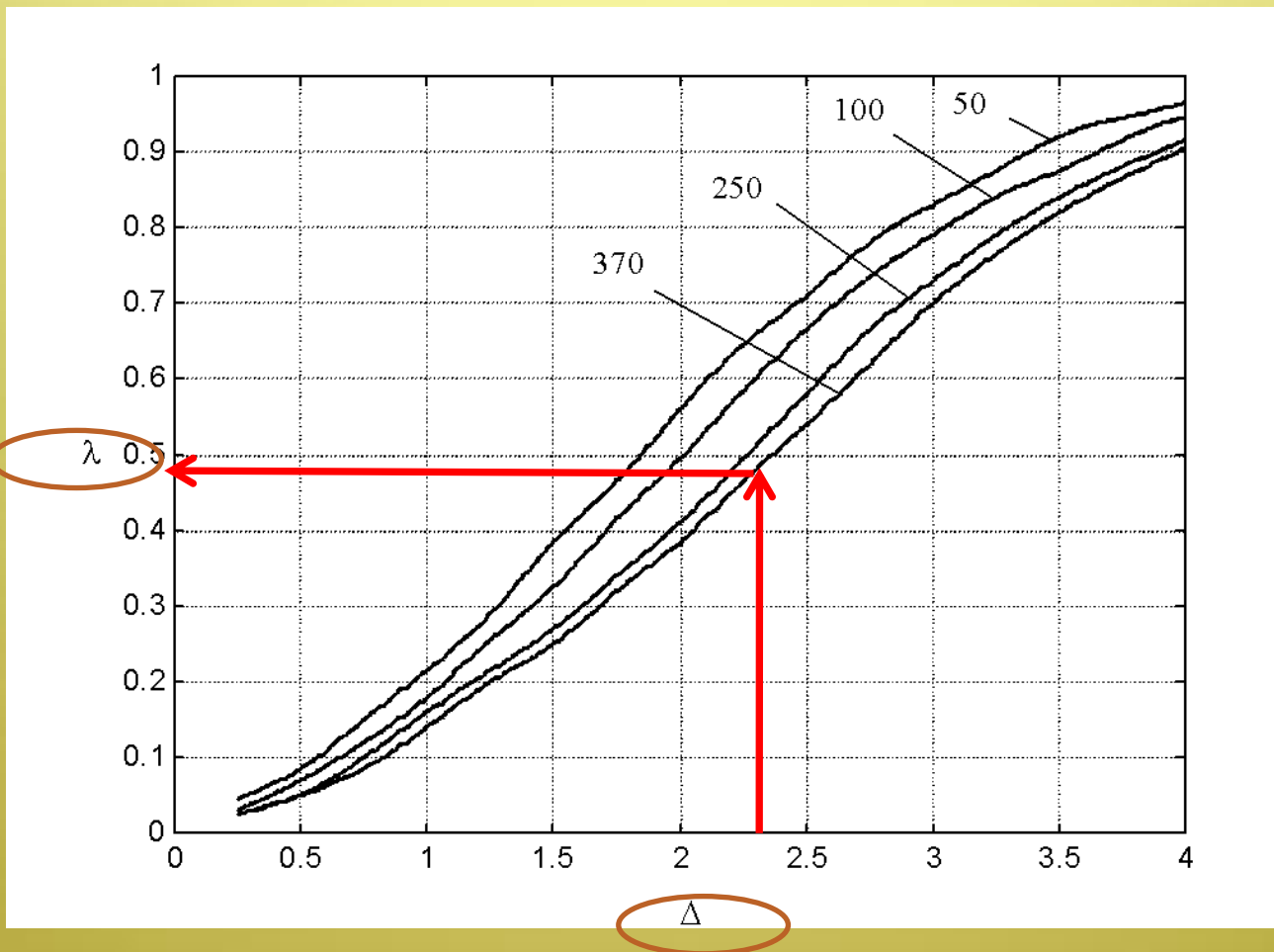
$$EWMA_0 = \mu_0, \text{ pro } 0 < \lambda < 1$$



# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

## A. Určení parametru $\lambda$

Autor nomogramu: Crowder



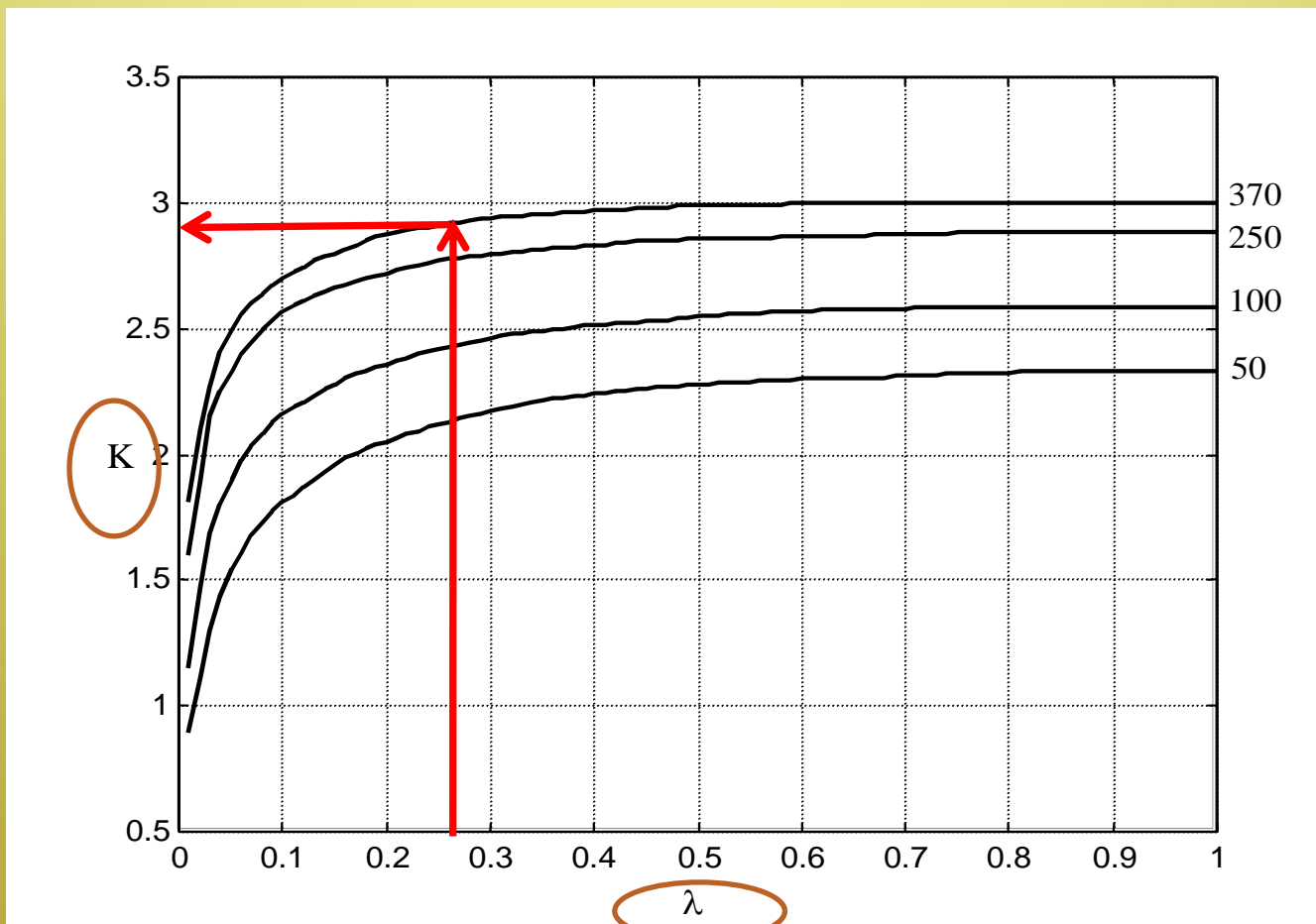
$$\delta = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma} \quad \Delta = \delta \cdot \sqrt{n}$$



# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

## A. Určení parametru K

Autor nomogramu: Crowder



# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

Doladění parametrů ve statistickém SW

**EWMA Chart Options**

Type of Study

- Initial Study
- Control to Standard

Lambda:

APL at  sigma = 559,9

EWMA Control Limits

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Range Control Limits

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Control to Standard

Specify Parameters:

Mean:

Sigma:

OK

Cancel

Exclude...

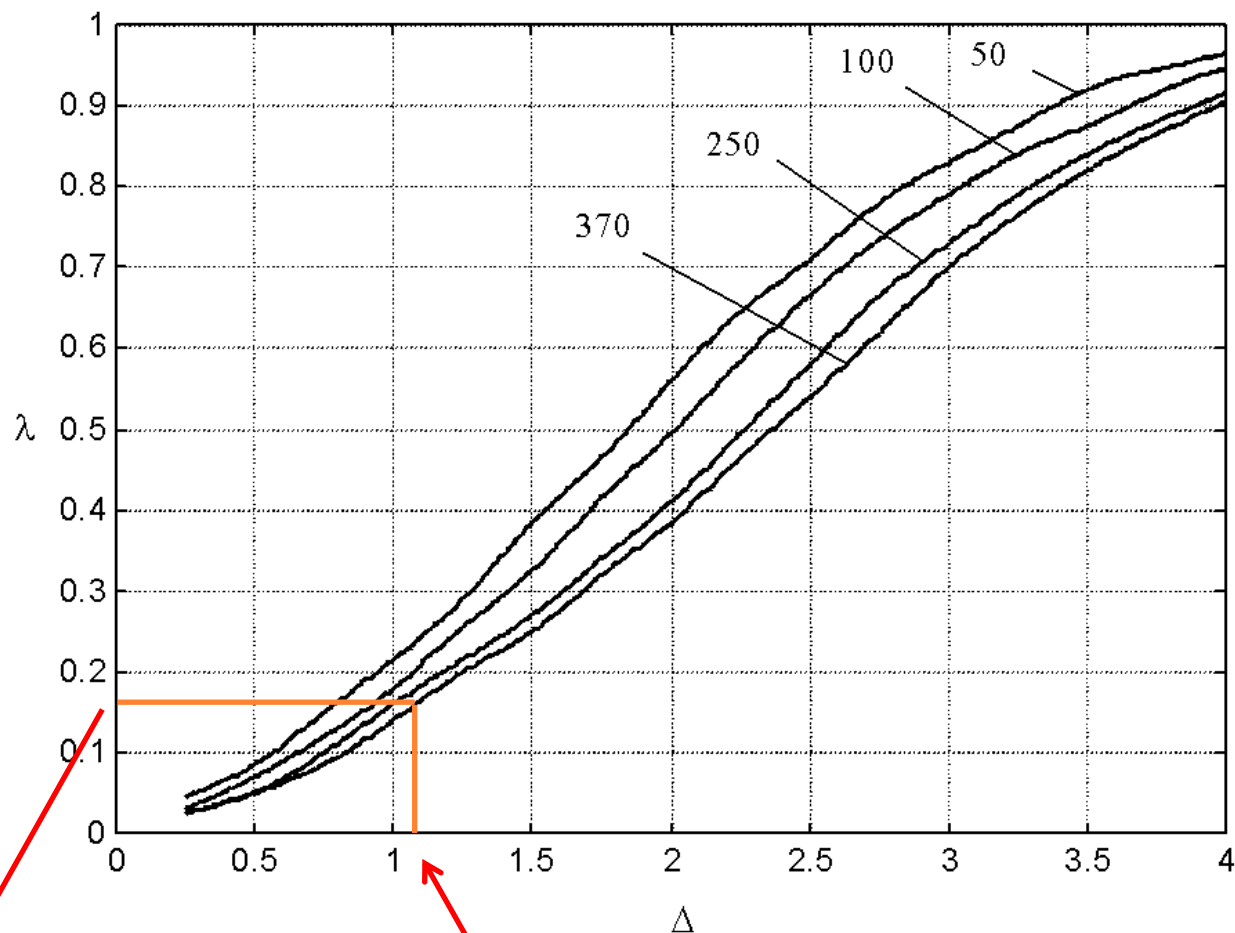
Help



# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

Příklad

$\mu_1 = 110$ ,  $\mu_0 = 100$ ,  $\sigma = 20$ ,  $n = 5$ ,  $ARL(0) = 370$



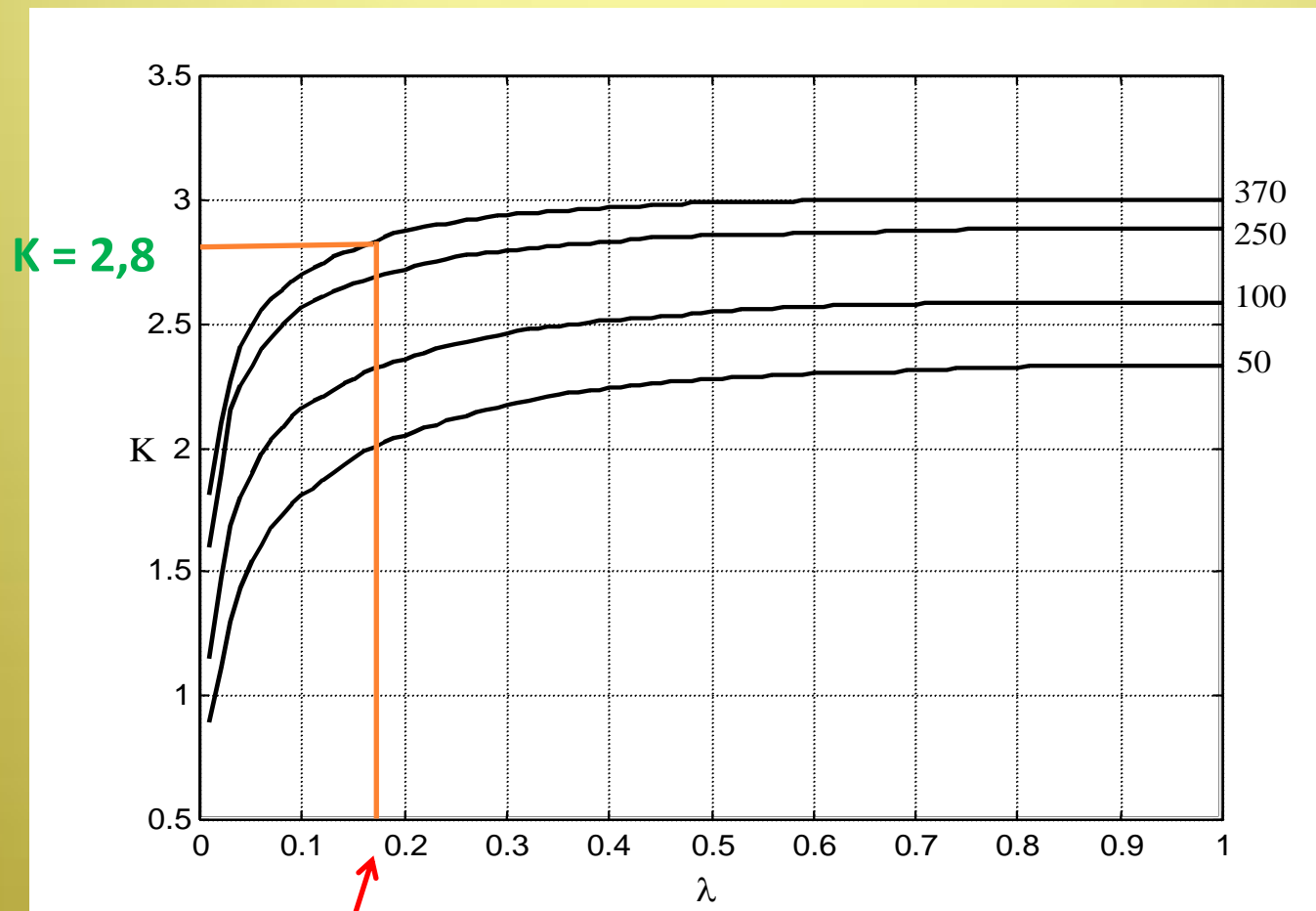
$\lambda = 0,17$

$$\Delta = \delta \cdot \sqrt{n} = 0,5 \cdot \sqrt{5} = 1,118$$

$$\delta = \frac{\gamma}{\sigma} = \frac{\mu_0 - \mu_{-1}}{\sigma} \frac{10}{20} = 0,5$$

# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

## Příklad



$\lambda = 0,17$



# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

## Doladění parametrů pomocí SW

**EWMA Chart Options** ✕

Type of Study

Initial Study

Control to Standard

Lambda:

ARL at  sigma =  ✓

EWMA Control Limits

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Range Control Limits

Upper:  Sigma

Lower:  Sigma

Control to Standard

Specify Parameters:

Mean:

Sigma:

OK

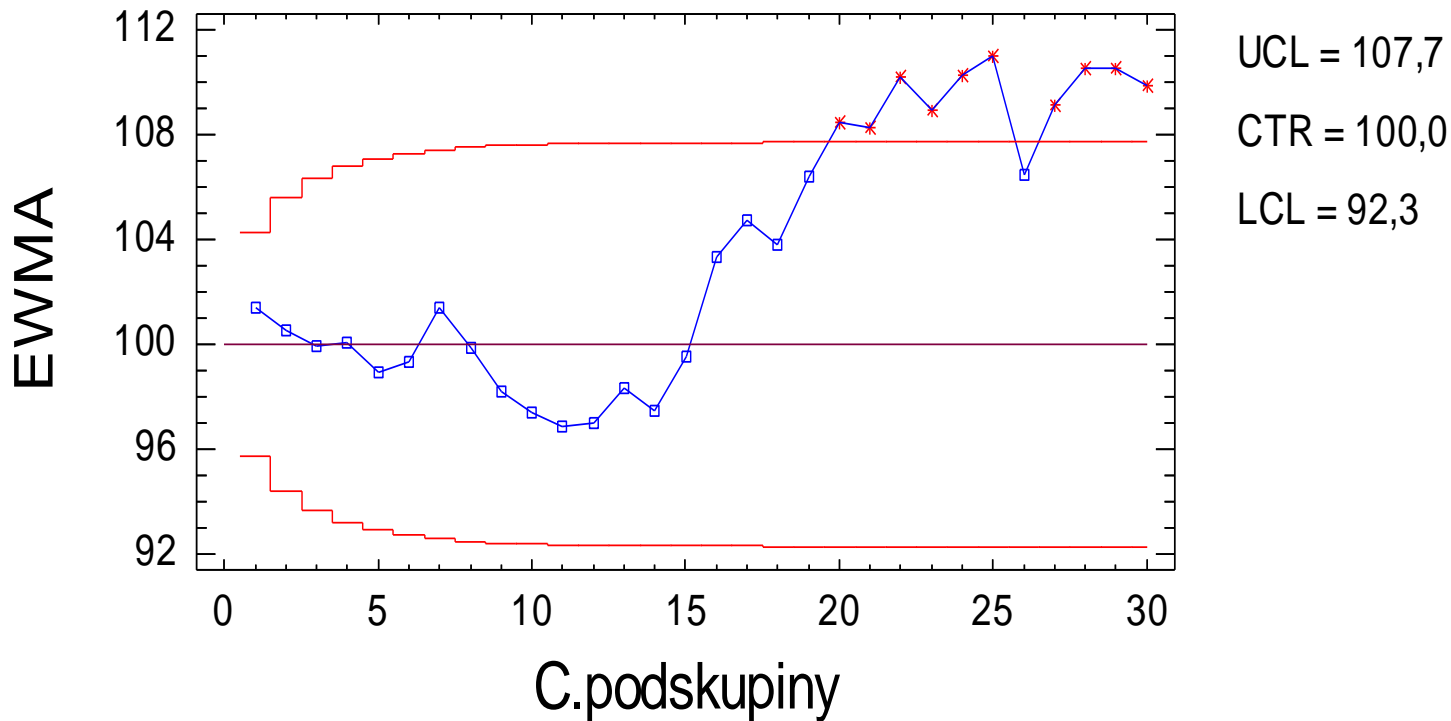
Cancel

Exclude...

Help

# Návrh klasického regulačního diagramu EWMA pro průměry

## Výsledný regulační diagram EWMA





# Regulační diagramy měřením pro vysoce způsobilé procesy - automatizovaná výroba

## Specifika výrobního procesu

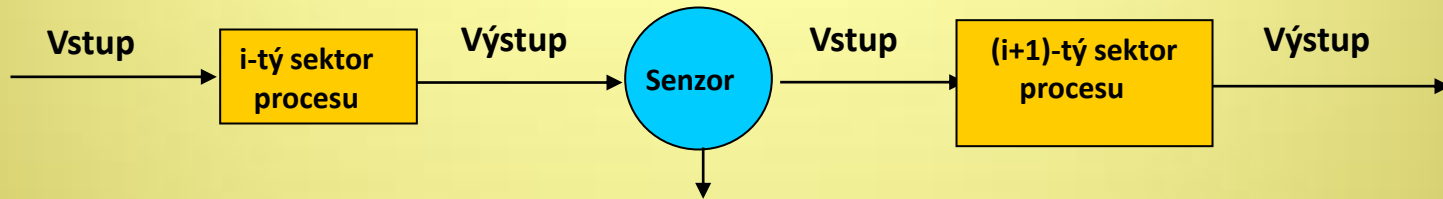
- sledovaný znak jakosti se zjišťuje na každé vyrobené jednotce a výrobní cykly jsou velmi krátké (tyto skutečnosti vedou k autokorelaci dat),
- náklady na měření a kontrolu jsou nízké,
- často je kontrolní operace také automatizována, je bezprostředně spojená s výrobní operací (výběrová kontrola ztrácí smysl),

## Vhodné regulační diagramy:

- ARIMA,
- dynamický diagram EWMA.



# Princip aplikace diagramu ARIMA



Původní autokorelovaná data

$x_1, x_2, \dots, x_t, \dots$

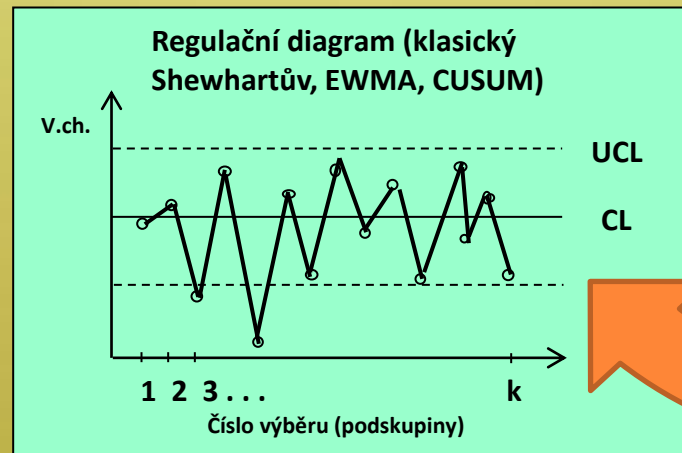


Vhodný ARIMA model

Nekorelovaná data

Rezidua vhodného ARIMA modelu

$e_1, e_2, \dots, e_t, \dots$

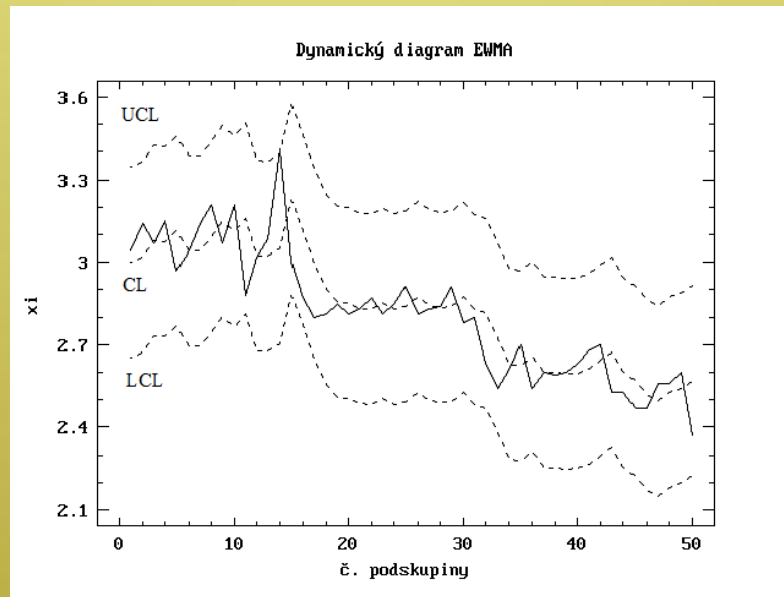


# Dynamický diagram EWMA

Vhodné v situaci:

- sledované veličiny vykazují pozitivní autokorelaci a proces má nekonstantní střední hodnotu s pomalými změnami.
- hledáme takové  $\lambda$ , pro které je suma čtverců chyb jednokrokové predikce minimální (n je počet naměřených hodnot regulované veličiny použitých ke stanovení optimální hodnoty  $\lambda$  ( $n \geq 50$ )).

$$\sum_{k=1}^n e_k^2$$



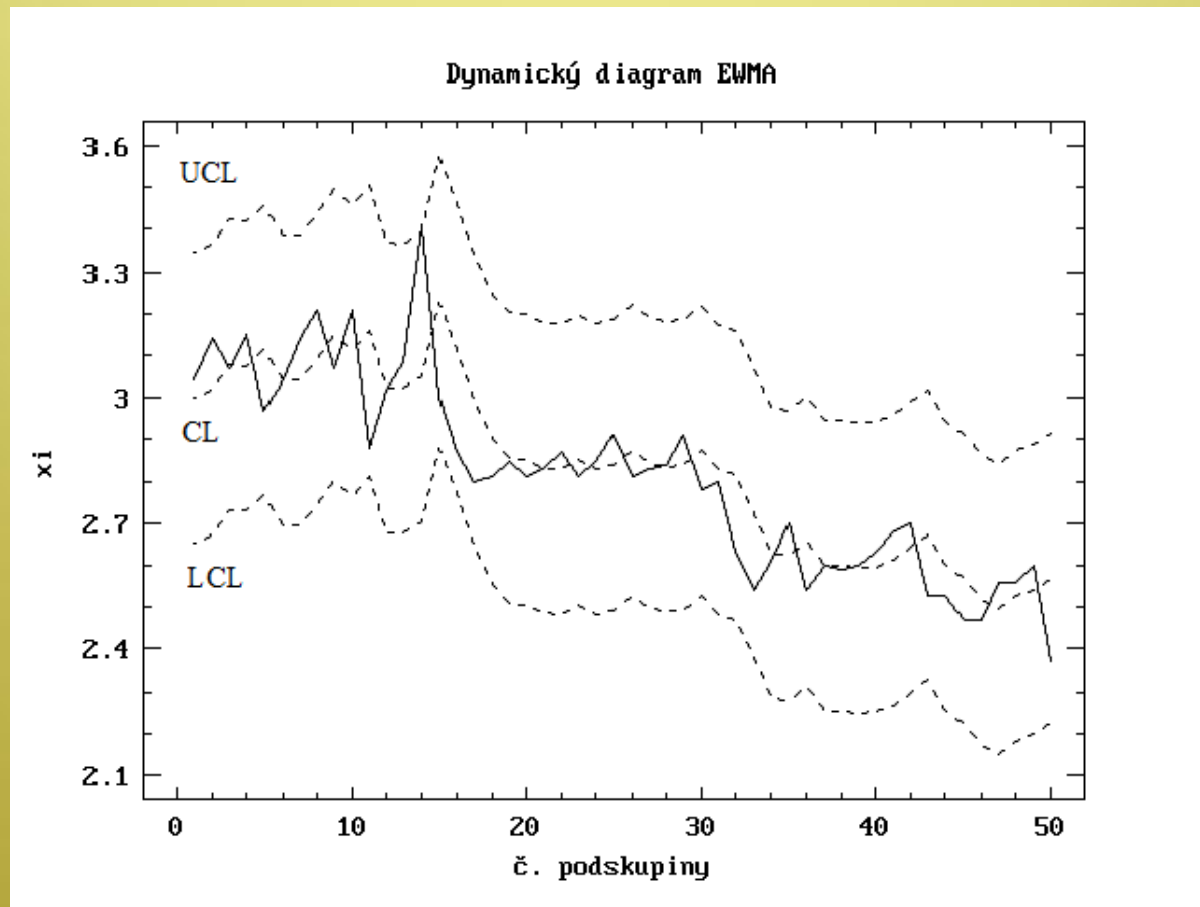
# Dynamický diagram EWMA

$$CL_k = \hat{y}_k = \text{EWMA}_{k-1}$$

$$LCL_k = \hat{y}_k - 3\hat{\sigma}_p = \text{EWMA}_{k-1} - 3\hat{\sigma}_p$$

$$UCL_k = \hat{y}_k + 3\hat{\sigma}_p = \text{EWMA}_{k-1} + 3\hat{\sigma}_p$$

$$\hat{\sigma}_p = \sqrt{\frac{\left[ \sum_{k=1}^n e_k^2 \right]_{\text{opt}}}{n-1}}$$



# Regulační diagramy srovnáváním pro vysoce způsobilé procesy

- **CCC (Cumulative Count of Conforming Items Chart)**
- **CCC-r**
- **CCC-EWMA,**
- **CCC-CUSUM**
- **CQC (Cumulative Quantity Control Chart)**



# Omezení klasických $p$ a $np$ Shewhartových regulačních diagramů

1. Při nízkých hodnotách podílu neshodných jednotek (v ppm či dokonce v ppb) vyžaduje tradiční koncept diagramů ( $p$ ) pro podíl neshodných jednotek ve výběru a diagramů ( $np$ ) pro počet neshodných jednotek ve výběru **velké rozsahy výběrů**, což může být neekonomické či až nerealizovatelné.
2. Při malých podílech neshodných jednotek a nedostatečně velikých výběrech může být **hodnota dolní regulační meze LCL záporná**. Tak je znemožněna detekce významných zlepšení procesu.



# Omezení klasických p a np Shewhartových regulačních diagramů

3. Při velmi malých podílech neshodných jednotek a nedostatečně velikých výběrech může hodnota **horní regulační meze UCL vyjít menší než jedna**. Jedna neshodná jednotka ve výběru vede k signálu o nestabilitě procesu a proces je považován za statisticky stabilní pouze tehdy, když ve výběrech nejsou žádné neshodné jednotky.
4. Statistická stabilita procesu je posuzována v tradičních diagramech (p) a (np) **až po kontrole celého výběru**. To může způsobit, že není včas odhalena náhlá změna procesu.



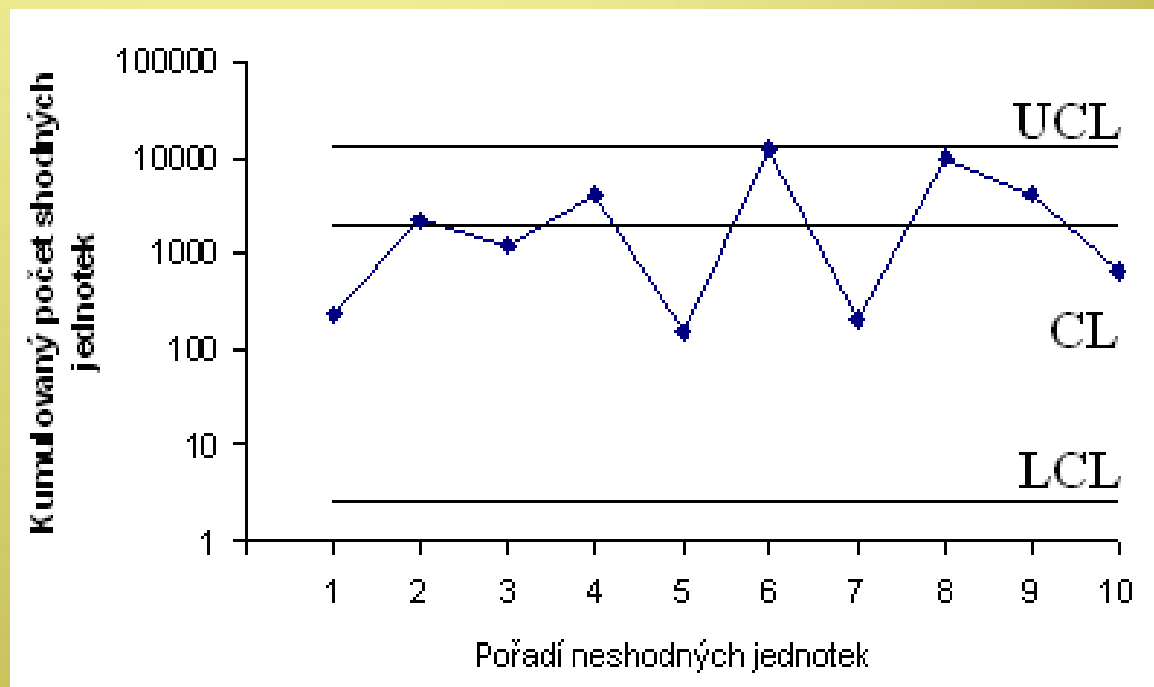
# CCC diagram

CCC – počet shodných jednotek , které se kontrolují do výskytu neshodné jednotky, včetně této poslední kontrolované jednotky

$$CL = \bar{n} = \frac{1}{p}$$

$$UCL = \frac{\ln \frac{\alpha}{2}}{\ln(1-p)}$$

$$LCL = \frac{\ln(1 - \frac{\alpha}{2})}{\ln(1-p)}$$

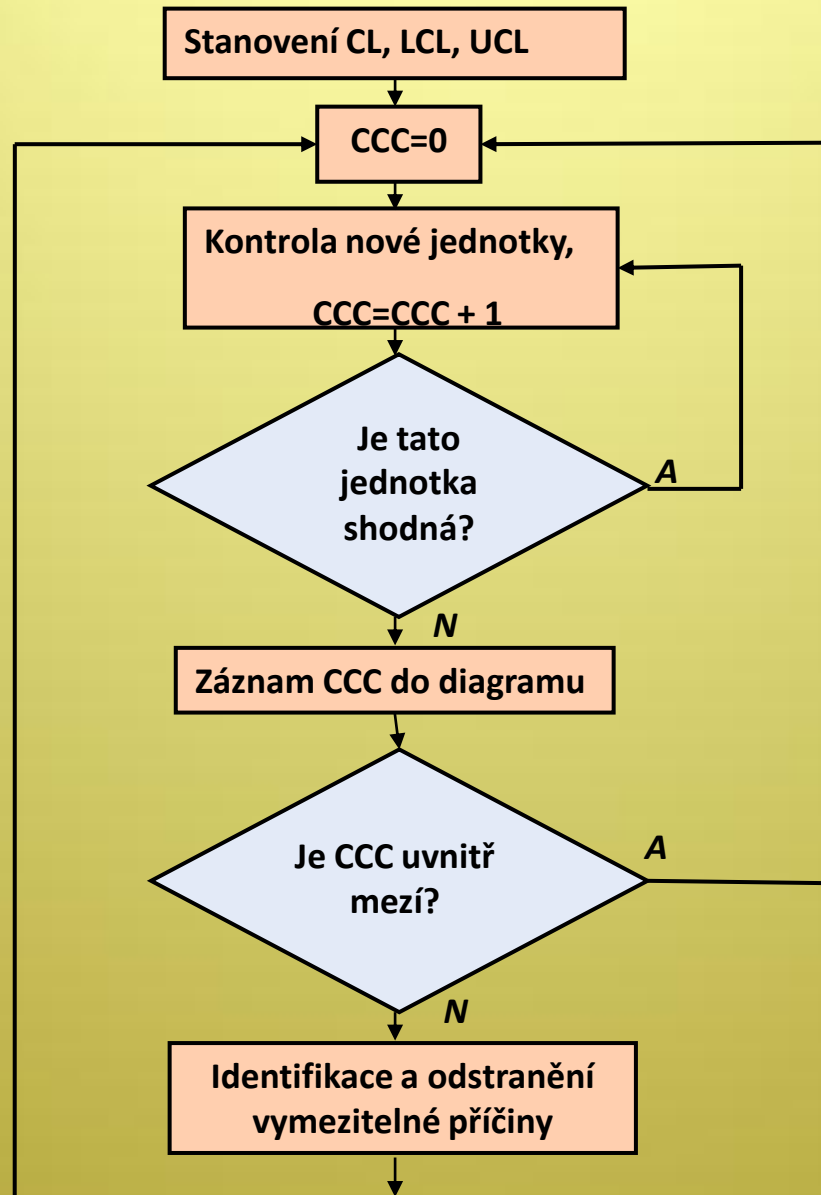


Vysoce asymetrické meze – doporučuje se použít logaritmickou stupnici

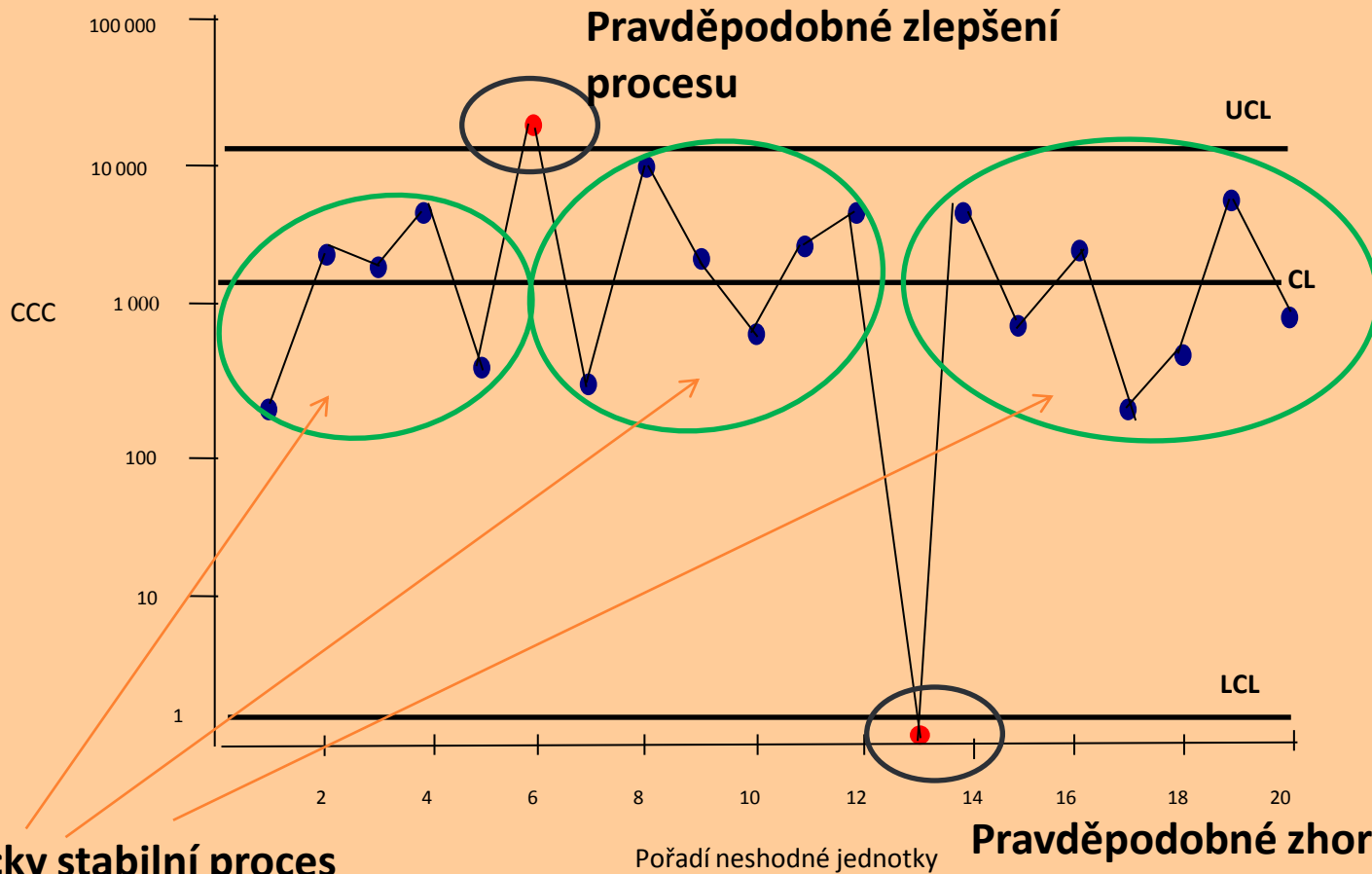




# CCC diagram - sestrojení



# CCC diagram - interpretace

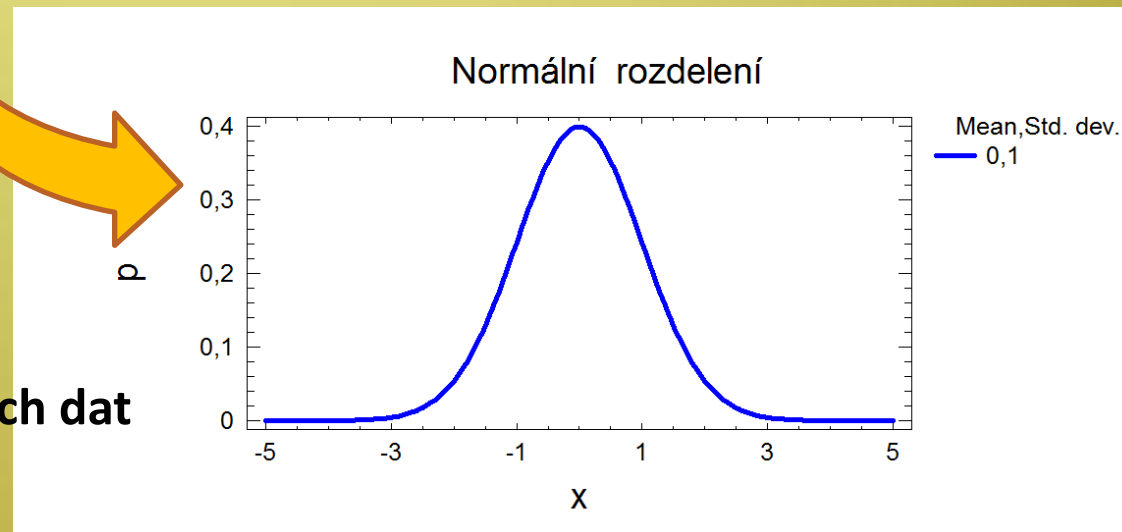
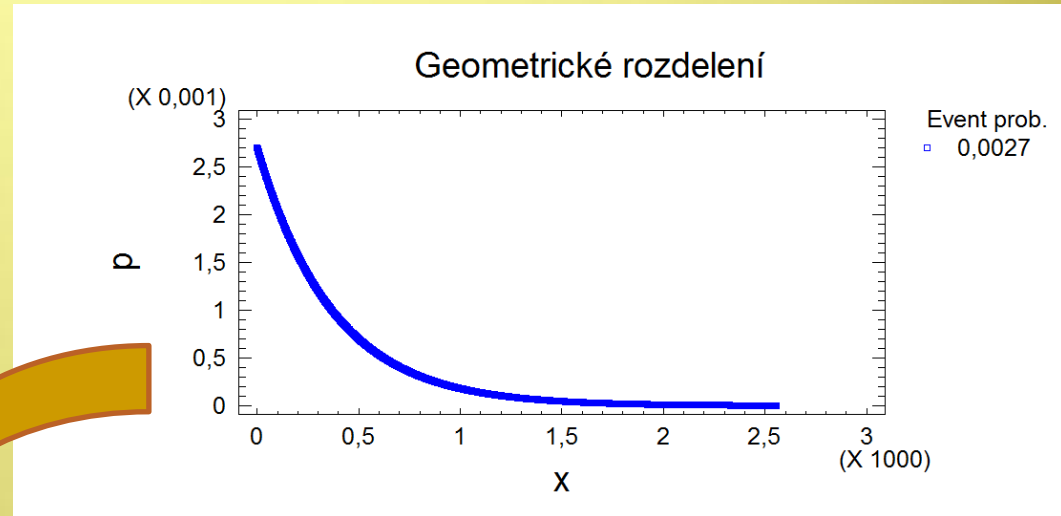


# CCC diagram s využitím transformací dat

CCC diagramy založené na geometrickém rozdělení – silně asymetrické meze

Řešení: transformace dat založená na geometrickém rozdělení

Cíl: získání normálně rozdělených dat



# CCC diagram s využitím transformací dat

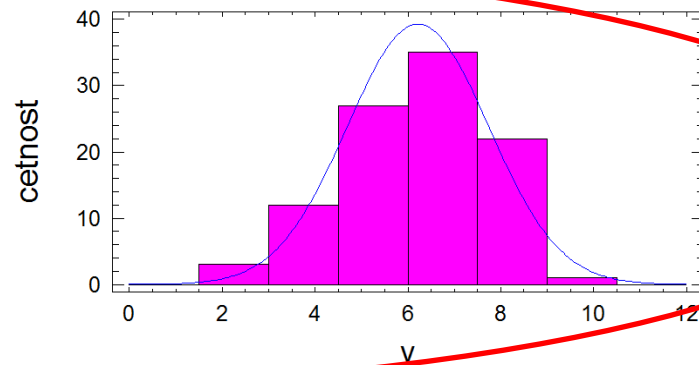
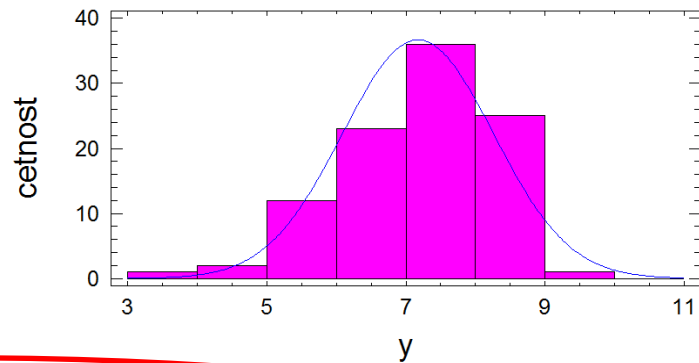
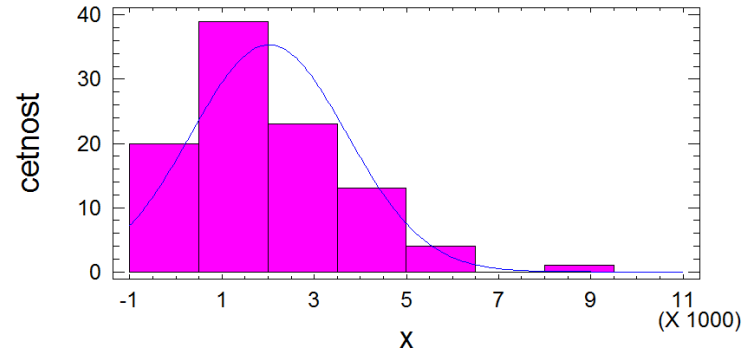
## Původní rozdělení

$$y = \ln x$$

K-S test	$\chi^2$ test	A-D test
< 0,01	0,09	0,0017

$$y = x^{1/4}$$

K-S test	$\chi^2$ test	A-D test
> 0,1	0,74	0,49



# CCC – r diagram: stanovení UCL, LCL, CL

zobecnění diagramu CCC

Regulační meze a CL lze stanovit z následujících vztahů:

$$F(\text{UCL}, r, p) = \sum_{i=r}^{\text{UCL}} \binom{i-1}{r-1} p^r (1-p)^{i-r} = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$F(\text{LCL}, r, p) = \sum_{i=r}^{\text{LCL}} \binom{i-1}{r-1} p^r (1-p)^{i-r} = \frac{\alpha}{2}$$

$$F(\text{CL}, r, p) = \sum_{i=r}^{\text{CL}} \binom{i-1}{r-1} p^r (1-p)^{i-r} = \frac{1}{2}$$

# CCC – r diagram: stanovení parametru r

## Doporučení:

- $r = 2-5$  při malých hodnotách  $p$

### Důvod:

Progresivní nárůst UCL a LCL ( s rostoucím  $r$  je diagram citlivější na malé změny podílu neshodných jednotek směrem nahoru (na zhoršení) ).

- $r = 1$  (klasický diagram CCC) pro  $p < 0,0001$

### Důvod:

Pro velmi malé hodnoty  $p$  je hodnota CL, která indikuje průměrný počet jednotek, které mají být zkontrolovány, velmi vysoká a roste progresivně s růstem hodnoty  $r$ .



# CUSUM - CCC diagram

Aplikace diagramu CUSUM s rozhodovacími  
mezemi  $\pm H$  na CCC data

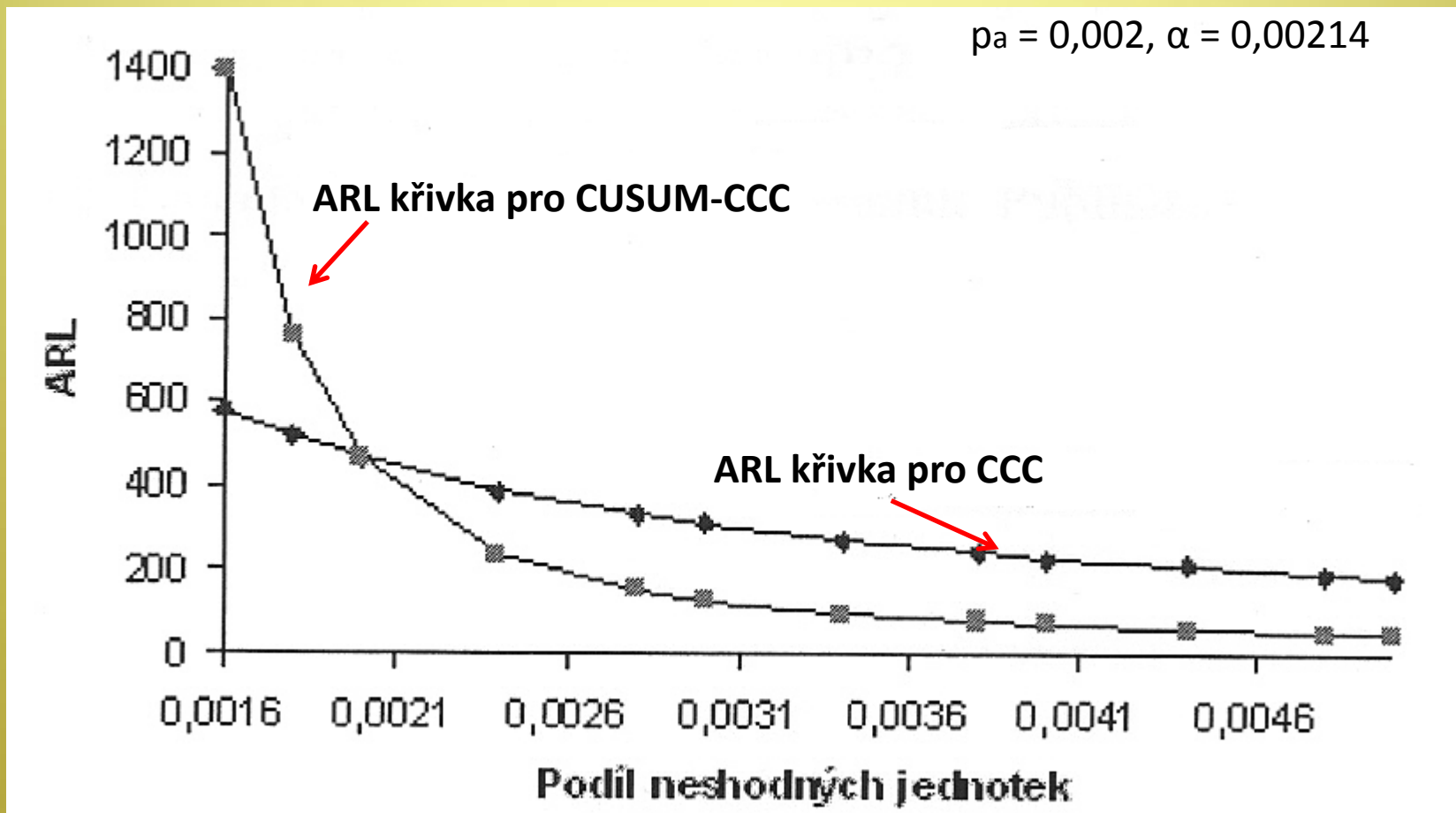
Odhalování menších změn v podílu neshodných jednotek

## Postup aplikace

1. Stanovení přípustného podílu neshodných jednotek  $p_a$  a nepřípustného podílu neshodných jednotek  $p_r$ , který chceme odhalit co nejrychleji.
2. Volba  $ARL(0)$ .
3. Určení hodnoty parametru  $K$  a  $k$ .
4. Určení hodnoty parametrů  $H$  a  $h$ .
5. Výpočet testového kritéria  $S_i$  a  $T_i$  a jeho záznam do diagramu
6. Interpretace diagramu.



# CUSUM - CCC diagram versus CCC diagram



ARL( $\delta$ ) se zkracuje s růstem  $p$  rychleji u diagramu CUSUM-CCC.  
Tento diagram je tedy citlivější na změny  $p$  než klasický CCC diagram.





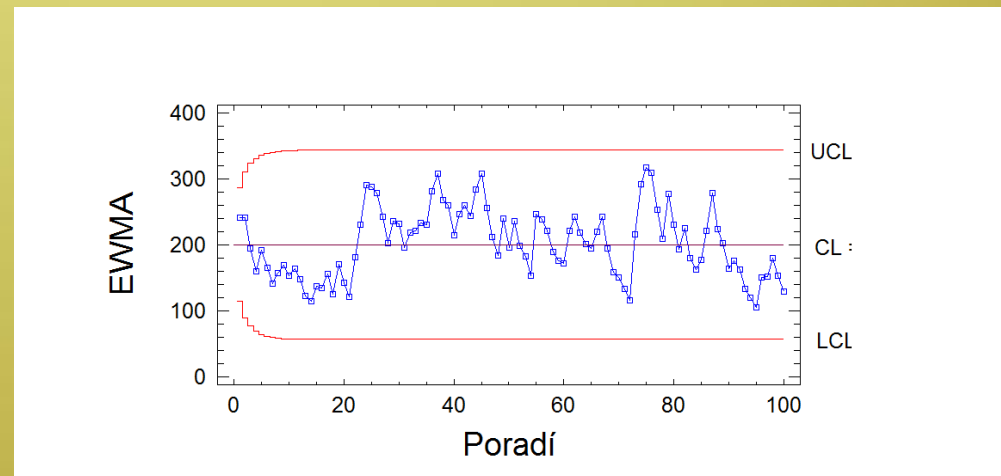
# EWMA - CCC diagram

Aplikace diagramu EWMA na CCC data

Odhalování menších změn v podílu neshodných jednotek.

## Návrh EWMA-CCC diagramu

- Stanovení parametru  $\lambda$  ve vazbě na velikosti kritické změny podílu neshodných jednotek a zvolené hodnotě  $ARL(0)$ .
- Stanovení parametru  $K$  ve vazbě na  $\lambda$  a  $ARL(0)$ .



Vzhledem k tomu, že CCC hodnoty mají silně asymetrické rozdělení, doporučuje se použít vhodnou transformaci s cílem přiblížení se normálnímu rozdělení .

Jako nejvhodnější a nejjednodušší se jeví transformace

$$y = x^{1/4}$$

Diagram je pak označován jako EWMA- $x^{1/4}$



## CQC - Cumulative Quantity Control Chart

Alternativa k diagramům  $u$  a  $c$  pro nízké hodnoty míry neshod

**Omezení regulačních diagramů  $c$  a  $u$**

při malých hodnotách  $\lambda$  a malých rozsazích výběrů

- nevyhovuje aproximace normálním rozdělením (vliv na hodnotu rizika zbytečného signálu);
- dolní mez vychází záporná
- horní mez vychází menší než jedna

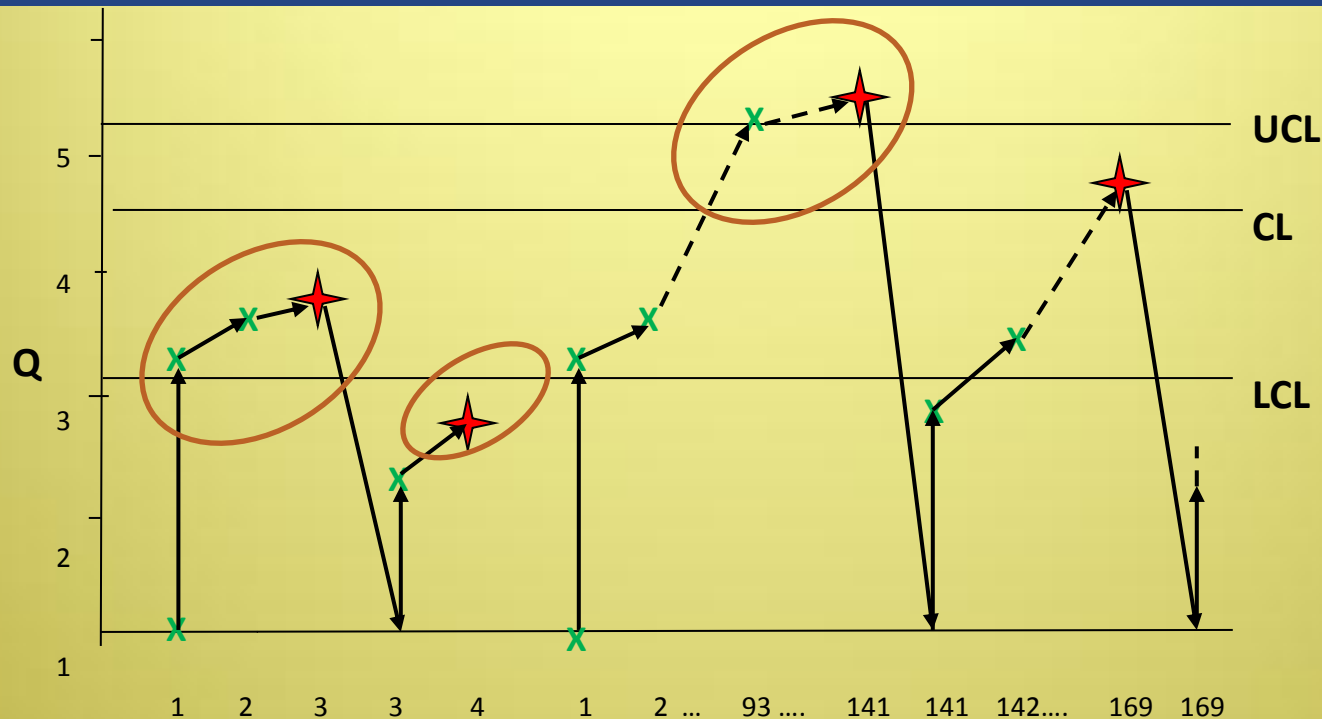
## Algoritmus záznamu hodnot

- Podskupina č. 1: záznam  $Q = 0$  se zeleným křížkem.
- Je-li zkontrolován celý výběr bez zjištění neshody
  - záznam kumulativního počtu kontrolovaných jednotek  $Q$  se zeleným křížkem,
  - pokračování kontroly dalšího výběru.
- Je-li zjištěna neshoda – záznam  $Q$  s červenou hvězdičkou ,
  - reset  $Q$  na nulu.

## Shrnutí

- záznam  $Q$  nejen při výskytu neshody, ale po dokončení kontroly každého výběru;
- reset na nulu pouze při výskytu neshody .

# CQC diagram



## Interpretace:

- Zelený křížek nebo červená hvězdička uvnitř mezí: proces je statisticky stabilní.
- Červená hvězdička pod LCL: pravděpodobné zhoršení procesu působením vymezitelné příčiny.
- Zelený křížek nebo červená hvězdička nad UCL: pravděpodobné zlepšení procesu (po prokázání zlepšení - nový diagram s novou hodnotou  $\lambda$ ).

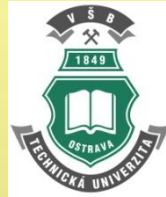


# Doporučená literatura

- **CHan, L. Y. - Xie, M. - Goh, T. N.: *Cumulative Quantity Control Charts for Monitoring Production Processes*. International Journal of Production Research. Vol. 38, No. 2, pp 397-408, 2000.**
- **Crowder, S.V. Design Of Exponentially Weighted Moving Average Schemes. *Journal of Quality Technology*, 1989, sv. 21, č.3, s. 155-162.**
- **George M. L.: *Lean Six Sigma*. New York, McGraw Hill, 2002. ISBN 0-07-138521-5.**
- **Goh, T. N.: *A Control Chart for Very High Yield Processes*. Quality Assurance. Vol. 13, No. 1, pp 18-22, 1987.**
- **Montgomery, D.C. and Mastrangelo, Ch. M. Some Statistical Control Methods for Autocorrelated Data. *Journal of Quality Technology*, 1991, sv. 23, č. 3, s. 179-193.**
- **Montgomery, D.C.: *Introduction to Statistical Quality Control*. J.Wiley & Sons, New York, 2001. 796 s. ISBN 0-471-31648-2.**
- **Noskievičová, D.: Automatizovaná výroba a SPC. *Automa* 2001, roč. 7, č. 7-8, ss. 5-9. ISSN 12-10-95-92.**

# Doporučená literatura

- Noskiewičová, D.: *Lean Six Sigma and Statistical Process Control*. In: Sborník z 5. mezinárodní konference ICCS. Krakov: FMER AGH-UST Krakow. 2004, s. 949-954 ISBN 83-89-772-00-0.
- Noskiewičová, D.: *Optimal EWMA Control Chart Design Using Selected Statistical Software*. In: Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – technické univerzity Ostrava, řada strojní, roč. LIII, č. 2, 2007, ss. 79-86, ISSN 1210-0471.
- Noskiewičová, D.: Statistická regulace procesů při autokorelovaných datech. *Automa*, 10, 2008, ss. 40-43. ISSN 1210-9592.
- Noskiewičová, D.: Statistická regulace procesu v podmínkách kontinuálního odlévání hliníku. *Sborník ze semináře Analýza dat 2002/1*, Pardubice, Trilobyte, 2002.
- Tošenovský, J. a Noskiewičová, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s.
- Xie, M. - Goh, T. N. - Kuralmani, C.: *Statistical Models and Control Charts for High Quality Processes*, 2002, 274 p. ISBN 1-4020-7074-8.



**Děkuji za pozornost.**

