



Fakulta elektrotechnická
Katedra technologií a měření

KET/RJTD

5. přednáška – Statistická regulace výroby

Přehled ČSN ISO pro statistické nástroje kvality



- ČSN ISO 3534 Statistika - Slovník a značky –
- -1 Obecné statistické termíny a termíny používané v pravděpodobnosti
- -2 Aplikovaná statistika
- Normy pro statistickou regulaci
- Normy pro statistické přejímky
- Normy pro vzorkování



4 Statistická regulace výroby



(str. 60 – 82)

4.1 Charakteristika a princip statistické regulace (str. 60)



- Nástroj preventivního přístupu k ŘQ
- včasným odhalováním odchylek průběhu procesu od předem stanovené úrovně umožňuje zásahy do procesu → úspory
- udržování výrobního (technologického) procesu v ustáleném nebo požadovaném stavu

- sledování a řízení výrobního procesu statistickými metodami tak, aby byla udržena kvalita výrobků na žádoucí úrovni



- účel stat. regulace –
- určit podle výsledků kontroly malého počtu výrobků odebraných z výrobní dávky za určitý časový interval, zda působením nějakého systematického jevu nenastaly takové změny, které by ohrozily plnění požadavků na kvalitu
- stat. regulace - nejvýhodnější způsob pro mezioperační kontroly hromadné a sériové výroby

- **regulace** = pravidelná kontrola regulované výstupní veličiny



- **regulovaná veličina** = náhodná veličina se známým rozdělením a o známých parametrech, která charakterizuje proces
- mohou to být
 - a) znaky kvality výrobku (rozměr, pevnost, tvrdost, apod.)
 - b) technologické parametry (chemické reakce, technologické zpracování, tepelné zpracování)

- **variabilita procesu** = přirozená vlastnost i u relativně stálých výrobních podmínek, na kterou působí řada vlivů

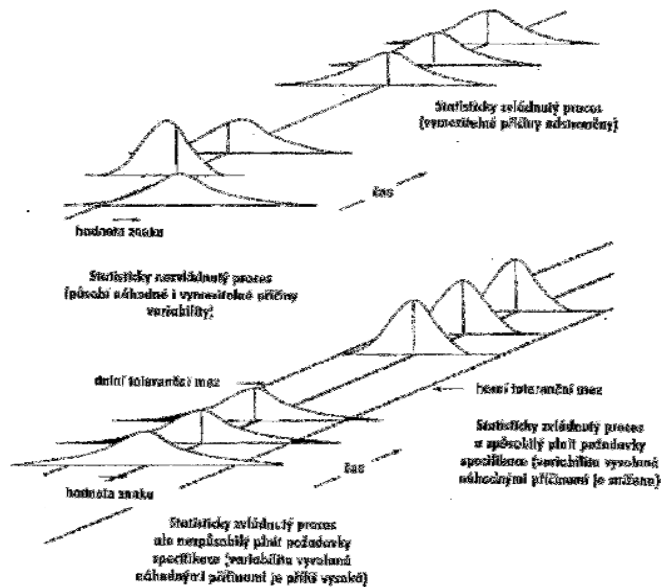


- **náhodné vlivy** (přirozené, chronické, obvyklé, obecné) – je jich velký počet, ale každý působí v malém rozsahu a nepřevažuje ostatní;
- parametry těchto vlivů mají stabilní rozdělení ppsti;
- **proces** lze regulovat a udržovat na požadované úrovni, tzn. **je pod statistickou kontrolou**

- **vymezitelné vlivy** (systematické, odstranitelné, speciální, zvláštní):



- každý vliv působí významné odchylky od požadované úrovně;
- mění se náhle (nový pracovník, jiné měřidlo) nebo postupně (opotřebení nástroje);
- **proces není pod statistickou kontrolou**



5. týden

© Tůmová

9

- **regulační diagram** = grafická pomůcka zobrazující variabilitu procesu
- prostředek ke statistické regulaci, kam kontrolor zaznamenává výsledky své kontroly
- **vodorovná osa x:**
časová pořadí jednotlivých kontrol, označují se čísla podskupin,
- **svislá osa y:**
hodnoty výběrových ukazatelů (.....)

5. týden

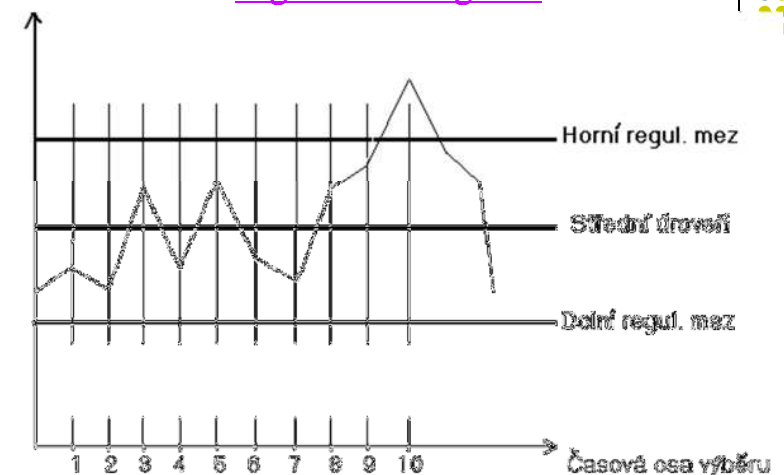
© Tůmová

10

- v každém diagramu definovány meze:
- **regulační meze** UCL a LCL (HRM a DRM),
- intervaly, v nichž se pohybují výběrové ukazatele za předpokladu, že na proces působí jen náhodné vlivy variability (proces je stabilní)

- překročí-li hodnota výběrového ukazatele tyto meze, je porušena stabilita
- regulační meze (výrobní) jsou užší než
- **meze toleranční** (konstrukční) UTL a LTL (USL a LSL) -

regulační diagram



5. týden

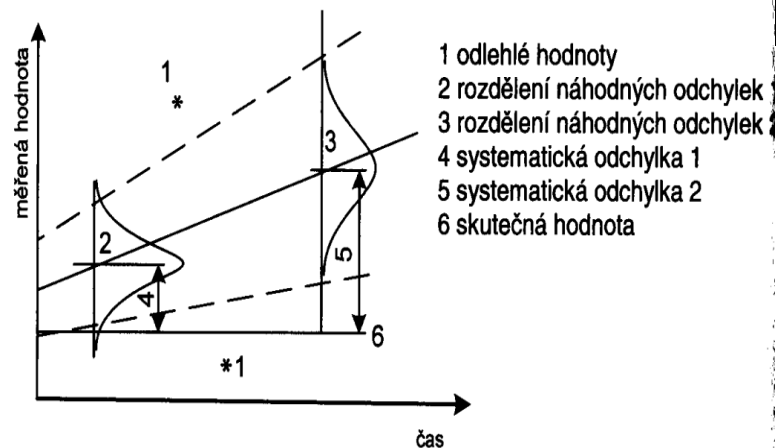
© Tůmová

11

5. týden

© Tůmová

12



Volba regulačních diagramů

(str. 62)

regulační diagramy měřením

- znaky kvality měřitelné (náhodné spojité veličiny)
- předpokládá se rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$, v praxi je třeba ověřit!!
- sestavují se vždy 2 regulační diagramy:
 - ukazatel polohy a
 - ukazatel rozptylu

regulační diagramy srovnáváním

- znaky kvality neměřitelné
(náhod. diskrétní veličiny) - atributy
- vyhodnocuje se 1 diagram:
p-diagram nebo np-diagram (binomické rozdělení)
nebo
c-diagram nebo u-diagram (Poissonovo rozdělení)
- výběr diagramů podle toho, jaký výběrový ukazatel byl použit
- při volbě metody se vychází i z požadavků na přesnost, a účinnost mezioperační kontroly daného znaku kvality

- před aplikací regulačního diagramu:

- Volí se znak kvality a analyzuje výrobní proces:
- druh a oblast příčin, které mohou způsobit nepravidelnost;
- způsob kontroly a oblast její působnosti;
- ostatní faktory, které mohou ovlivnit výrobní proces,
- zvolí se kontrolní intervaly a rozsahy výběrů (nejsou obecně stanoveny),
- zvolí se logické podskupiny (závisí na podrobných znalostech výrobních podmínek)



● pozn.

- diagramy měření:

počet logických podskupin $k = 20$ až 25

počet prvků v 1 podskupině $n = 4$ až 5

- diagramy srovnávání:

počet logických podskupin $k = 25$

počet prvků v 1 podskupině $n = 4$ až 5

jaký je znak kvality ?					
měřitelný			počitatelný		
rozsah n v podskupině			co se počítá ?		
1	2 – 10	> 10	neshodné jednotky	neshody	
X_i, R_{kl}	\bar{X}, R Me, R	\bar{X}, s	je rozsah $n = \text{konst.}$?	je rozsah $n = \text{konst.}$?	
			ano	ne	
			np, p	p	
			ano	ne	
			c, u	u	

kde X_i ... individuální hodnota

R_{kl} ... klouzavé rozpětí

\bar{X} ... výběrový průměr

R ... rozpětí

Me ... medián

s ... výběrová směrodatná odchylka

p ... podíl neshodných jednotek v podskupině

np ... počet neshod. jednotek v podskupině

c ... počet neshod v podskupině

u ... průměr. počet neshod na jednotku v podskupině



● při aplikaci regulačních diagramů mohou nastat dva druhy chyb:

● **riziko zbytečného signálu – chyba 1. druhu α**

- výrobní proces je ve statisticky zvládnutelném stavu, ale hodnota výjimečně padne mimo regulační meze; dojde k nesprávnému pokusu o hledání příčiny neexistujícího problému

● **riziko chybějícího signálu – chyba 2. druhu β**

- výrobní proces ve stavu statisticky nezvládnutelném, ale měřená hodnota je náhodou uvnitř regulačních mezí



4.3 Typy regulačních diagramů (str. 69 – 77)



4.3.1 Shewhartovy regulační diagramy (ČSN ISO 8258)

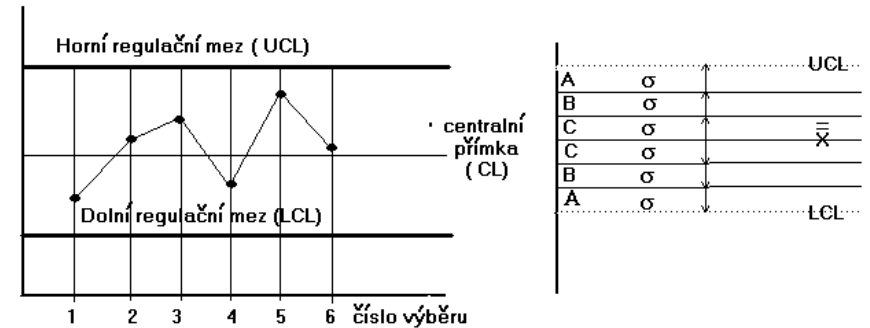
- napomáhají zjišťovat kolísání údajů, které jsou získané z opakujících se dějů
- umožňují určit kritéria pro odhalení příčin kolísání
- pracují s údaji z výrobního procesu v přibližně pravidelných intervalech

5. týden

© Tůmová

21

Shewhartův regulační diagram ČSN ISO 8258



5. týden

© Tůmová

22

- existují tyto typy dělení Shewhartových regulačních diagramů:
- diagramy měřením
- diagramy srovnáváním
- základní hodnoty jsou stanoveny –
- účelem je identifikovat, zda se hodnoty z podskupin o n pozorování liší od hodnot základního souboru N více než je možné náhodností
- základní hodnoty nejsou stanoveny –
- regulační diagramy pracují s údaji, které jsou z výběrů, kde může být kolísání hodnot způsobeno i jinými než náhodnými vlivy



5. týden

© Tůmová

23

- příklad:
- Stanovte základní hodnoty pro regulaci měřením.
- Předpoklad: rozdělení ppst regulované veličiny, $N(\mu, \sigma^2)$.
 - μ_0 a σ_0 : volí se podle tech.požadavků nebo
 - odhad se provede z dlouhodobě zjištěných hodnot regulované veličiny



$$\mu_0 \approx \bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i \quad m \geq 100$$

$$\sigma_0 \approx s = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X})^2}$$

5. týden

© Tůmová

24

- pro dostatečnou přesnost se doporučuje volit

$$m \geq 200$$

- pokud není proces ustálený, je obtížné získat časovou řadu o 200 hodnotách tak, aby se neměnila variabilita regulované veličiny!!
- proto se volí pro odhad k podskupin o n hodnotách,
- za předpokladu, že v každé podskupině výběru je stejná variabilita, je vhodnější následující vztah

$$\sigma_0 \approx \sqrt{\frac{1}{k(n-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i^2}$$

Shewhartovy regulační diagramy měřením

- vyhodnocují se 2 regulační diagramy zaměřené na ukazatele polohy a ukazatele rozptylu
- meze ve vzdálenosti $\pm\sigma$ od centrální přímky, směrodatná odchylka sledované veličiny y
- charakterizují variabilitu uvnitř podskupin
- naměřené výběrové hodnoty jsou v tomto intervalu s pravděpodobností $P = 68,27\%$

- meze ve vzdálenosti $\pm 2\sigma$ od centrální přímky (95 % hodnot) – varovné meze
- každá výběrová hodnota, která padne mimo tyto meze, varuje, že výrobní proces může být statisticky nevládnutelný
- meze ve vzdálenosti $\pm 3\sigma$ od centrální přímky – akční meze
- možnost překročení těchto mezí je u stabilizovaného procesu pouze 0,27 % (uvnitř mezí bude 99,73 % hodnot příslušných podskupin)
- při zjištění bodu mimo tyto meze je nutný zásah (zásah - akce)



● pozn.

- Shewhartův systém bere v úvahu pouze chybu 1. druhu α
- při mezích $\pm 3\sigma$ je tato velikost = 0,27 %

Pozn.:

Některé typy diagramů mají i chyby 2. druhu β !



Příklad výpočtu regulačních mezí při kontrole měřením

REGULAČNÍ DIAGRAM (Me ; R)

Výsledky měření tloušťky slídivých disků v 0,01mm

(k = 15 podskupin rozsahu n = 5 jednotek)

1	14	11	11	16	15	13	14	11	14	12	10	10	8	13	7
2	8	10	12	12	12	8	12	10	10	10	12	10	12	8	8
3	12	13	16	17	14	15	13	8	12	12	8	8	10	11	14
4	12	8	14	15	10	15	10	16	9	14	10	8	8	14	13
5	8	10	9	13	7	8	16	10	7	10	12	10	10	12	11
Me	12	10	12	15	12	13	13	10	10	12	10	10	10	12	11
R	6	5	7	5	8	7	6	8	7	4	4	2	4	6	7

Výpočet průměrné hodnoty Me:

$$\bar{Me} = (12 + 10 + 12 + \dots + 12 + 11) / 15 = 172 / 15 = 11,47$$

Výpočet průměrné hodnoty R:

$$\bar{R} = (6 + 5 + 7 + \dots + 6 + 7) / 15 = 86 / 15 = 5,73$$

Výpočet přirozených regulačních mezí pro Me:

$$UCL_{Me} = \bar{Me} + A_4(n) \bar{R} = 11,47 + 0,69 \cdot 5,73 = 15,42$$

$$LCL_{Me} = \bar{Me} - A_4(n) \bar{R} = 11,47 - 0,69 \cdot 5,73 = 7,52$$

$$CL_{Me} = \bar{Me} = 11,47$$

Výpočet přirozených regulačních mezí pro R:

$$UCL_R = D_4(n) \bar{R} = 2,114 \cdot 5,73 = 12,11$$

$$LCL_R = D_3(n) \bar{R} = 0 \cdot 5,73 = 0$$

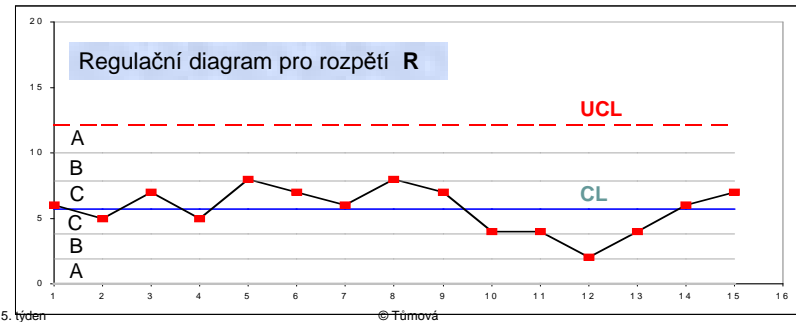
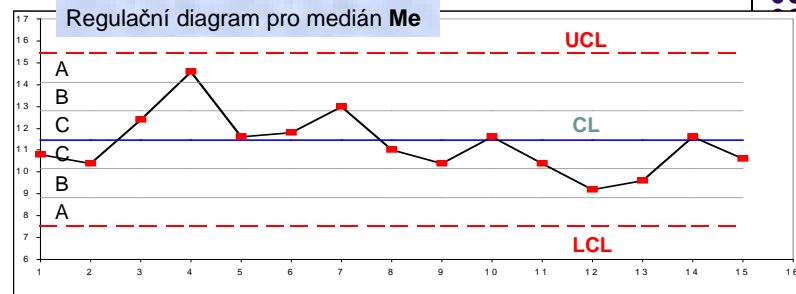
$$CL_R = \bar{R} = 5,73$$

Vypočteno: $\bar{Me} = 11,47$ a $\bar{R} = 5,73$;

vyhledáme: $A_4(5) = 0,69$; $D_4(5) = 2,114$; $D_3(5) = 0$

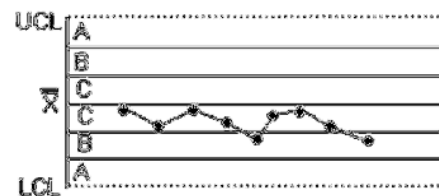
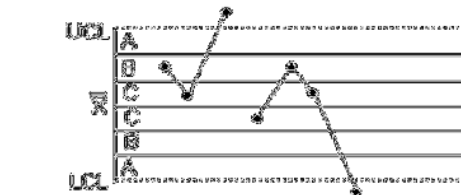
4.4 Hodnocení způsobilosti procesu (str. 77)

- **způsobilost výrobního procesu** –
- určena celkovým kolísáním zjišťovaných údajů, které je dáno pouze náhodnými příčinami
- dříve než je stanovena, musí být proces uveden do statisticky zvládnutého stavu
- **statisticky zvládnutý proces** –
- pokud jsou ve statisticky zvládnutém stavu hodnoty alespoň posledních 25 podskupin

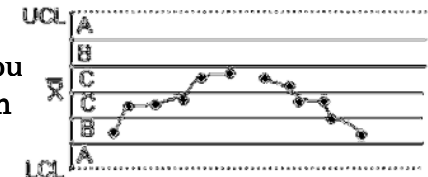


Testy seskupení pro vymežitelné příčiny kolísání (str. 71)

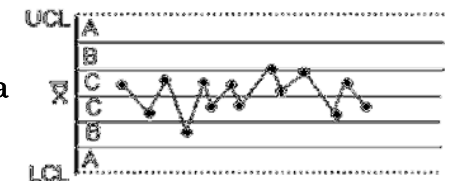
- test 1 –
1 bod leží za zónou A;
proces je deformován
- test 2 –
9 bodů v řadě za sebou
leží v zóně C nebo za ní;
pravděpodobně pokles
střední hodnoty



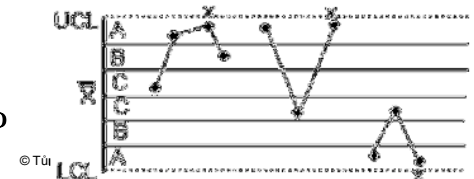
- test 3 –
6 bodů v řadě za sebou
je plynule stoupajících
nebo klesajících



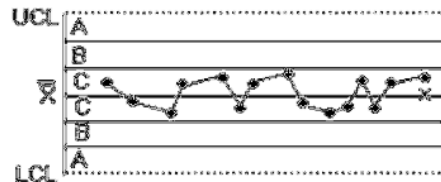
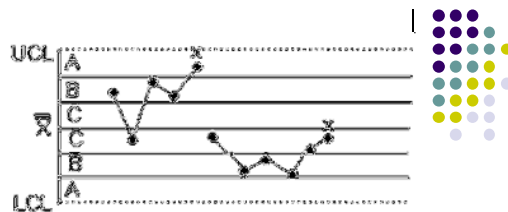
- test 4 –
14 bodů v řadě za sebou
pravidelně kolísá nahoru a
dolů; střídá se úbytek
s přírůstkem (tzv. efekt
přesýpacích hodin)



- test 5 –
2 ze 3 bodů v řadě za
sebou leží v zóně A nebo
mimo ní



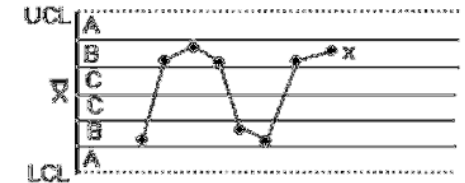
- test 6 –
- 4 z 5 bodů v řadě za sebou leží v zóně B nebo za ní
- test 7 –
- 15 bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod centrální přímkou);
- musíme spočítat nové meze;
- pokud pracujeme s výsledky ze dvou souborů, které se kompenzují, určují se jen odchylky



© Tůmová

37

- test 8 –
- 8 bodů v řadě za sebou leží na obou stranách centrální přímkavšak žádný bod neleží v zóně C; nutnost „léčit“



© Tůmová

38

Ve všech případech je nutné proces „léčit“, odstranit vymezipitelné příčiny !!

4.4.1 Ukazatel způsobilosti výrobního procesu (str. 77)

- dle ČSN ISO 8258 se způsobilost výrobního procesu určí

$$PCI = \frac{\text{předepsané} \text{ _ toleranční _ pole}}{\text{výrobní _ pole}} = \frac{UTL - LTL}{6\sigma}$$

5. týden

© Tůmová

39

kde UTL ... horní mezní hodnota (tolerance)
LTL ... dolní mezní hodnota (tolerance)
 σ ... průměr. variabilita uvnitř podskupiny
 $6\sigma = UCL - LCL$ (tj. rozdíl regulačních mezí)

- velikost ukazatele určuje charakter procesu, je-li
 - $PCI < 1$... výrobní proces není způsobilý
 - $PCI = 1$... výr. proces je na mezi způsobilosti
 - $PCI = 1,33$... minimální přípustná hodnota pro dlouhodobou způsobilost
- **PCI** určuje pouze **vztah mezi tolerančních a akčních regulačních** ve výrob. procesu, **neurčuje polohu nebo centrování**

5. týden

© Tůmová

40