

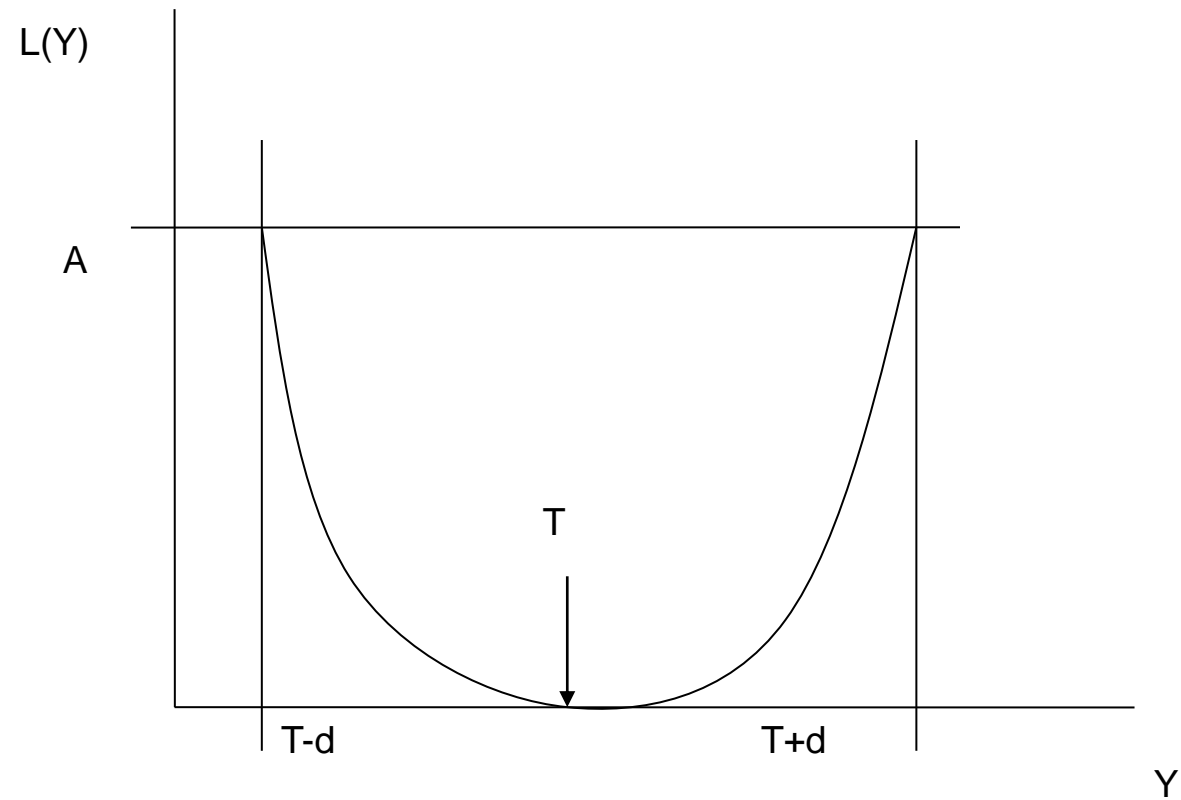
Taguchiho metody

Loss function

- Genichi Taguchi
- Výhoda – nevyžaduje splnění normality dat a ztráty za nekvalitu vyjadřuje finančně
- Velké množství různých aplikací

Předpoklady

- U každého výrobku je sledována určitá char. (rozměr, váha...) podle které posuzujeme jeho kvalitu
- Tato char. má stanovenou opt. hodnotu T
- Nekvalita se projevuje odchylkami od T
- Jakákoliv odchylka od T představuje určitou ztrátu, která se projeví u odběratele zvýšenými náklady na provoz, údržbu, ekologii apod.



$$L(y) = k \cdot (Y-T)^2$$

d – tolerance

A – ztráta, kterou přinese překročení tolerance

T – cílová hodnota

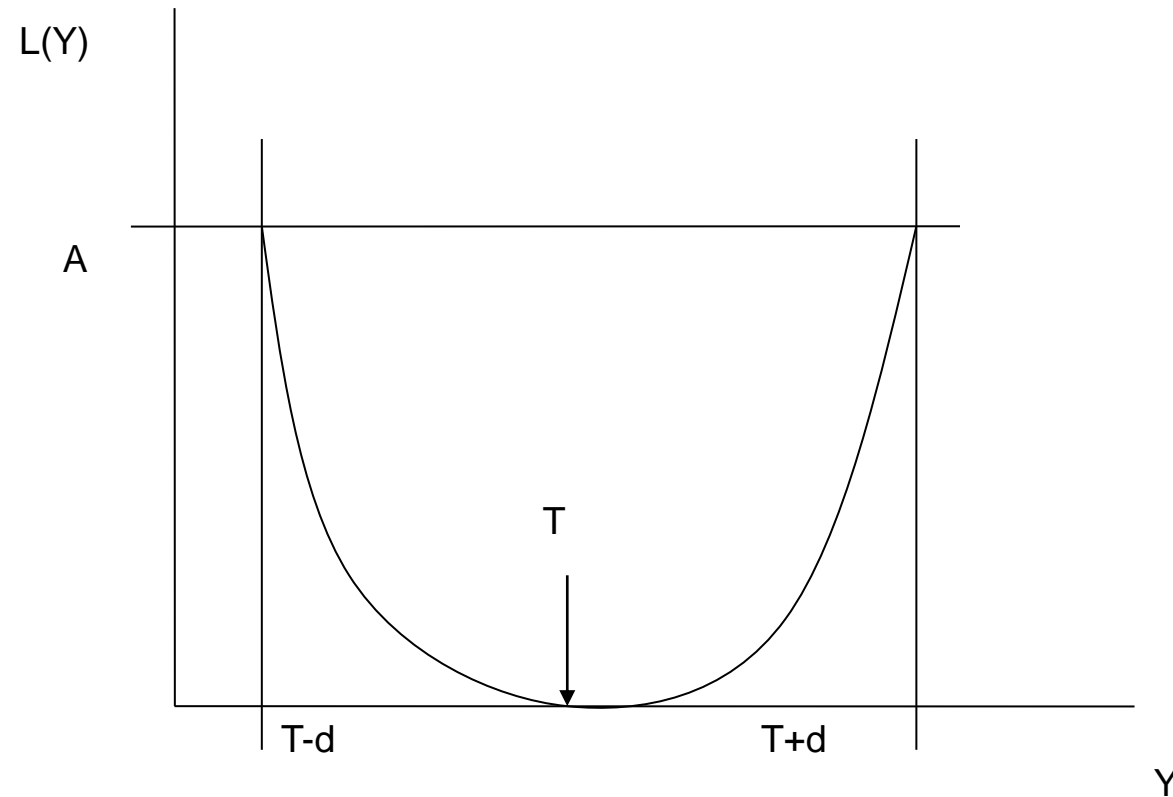
$L(y)$ – ztráta způsobená odchylkou od T

k – konstanta

Modifikace ztrátové funkce

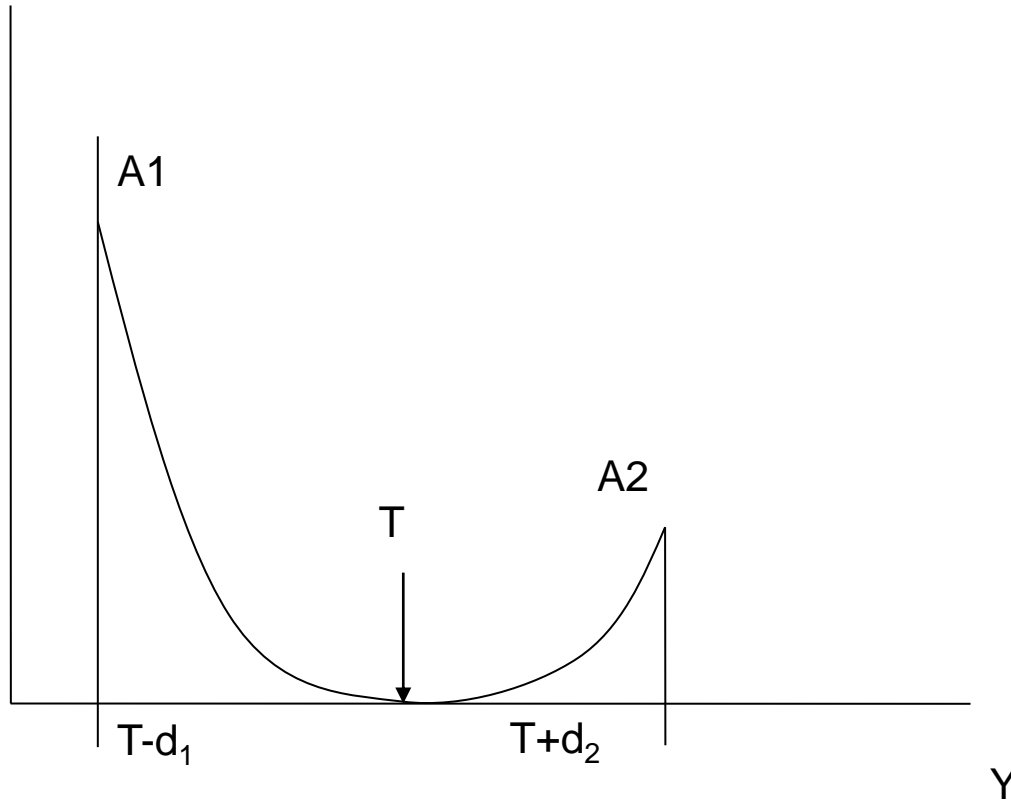
- Definiční rovnice
- $L(y) = k \cdot (Y - T)^2$
- Rovnice pro výpočet konstanty k
- $A = k \cdot d^2$
- Rovnice pro určení průměrné ztráty
- $E(L) = k \cdot s^2 + k \cdot (\bar{Y} - T)^2$

Ztrátová funkce pro různé typy tolerance

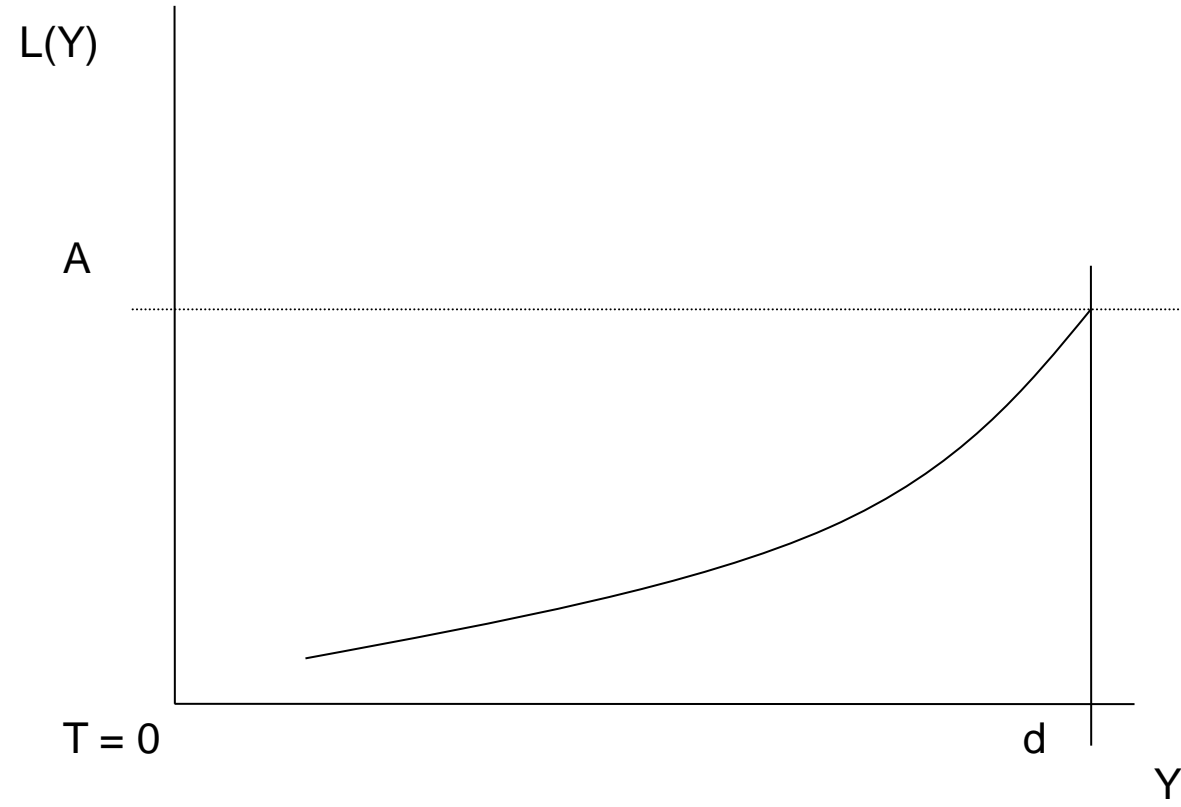


**Symetrická
N-tolerance**

L(Y)

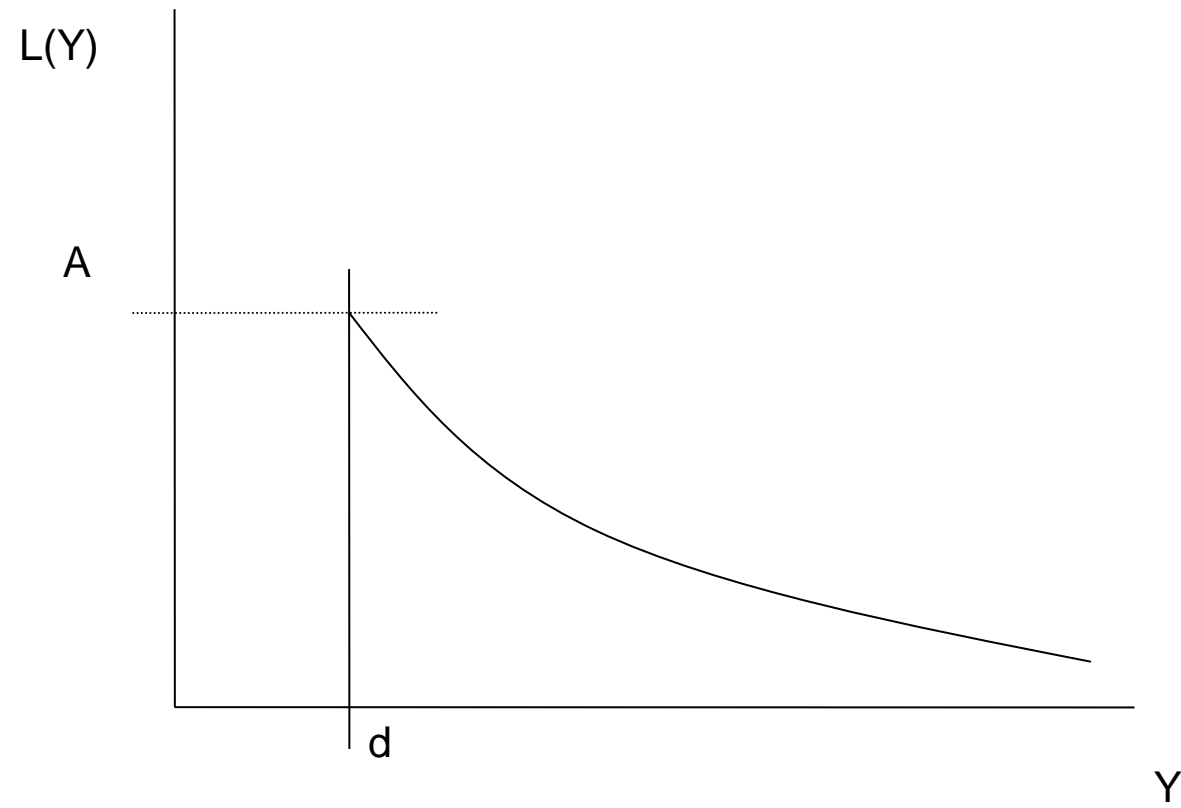


Nesymetrická
N-tolerance



S-tolerance

Např. drsnost povrchu, nečistota
v ovzduší atp.



L-tolerance

Např. pevnost lana

Příklad

- Jedná se o tvrdost kovu, s parametry:
- LSL = 136
- USL = 216
- T = 176
- A = 1000,-

$$L(y) = \frac{A}{d^2} (Y - T)^2 = \frac{1000}{40^2} (Y - 176)^2 = 0,625 (Y - 176)^2$$

- Při dosažené tvrdosti $y = 150$ (Hb)
- $L(150) = 0,625 (150 - 176)^2 = 422,2$
- Ztráta za nedodržení cílové hodnoty T činí 422,2 Kč.

Standardizovaná ztrátová funkce

- Z důvodu odstranění konstanty k , lze upravit vzorec na standardizovaný tvar
- Konstanta $A = 1$

$$SL(y) = \left(\frac{2}{USL - LSL} \right)^2 (Y - T)^2$$

Data z předchozího příkladu

$$SL(150) = \left(\frac{2}{216-136} \right)^2 (150-176)^2 =$$
$$\left(\frac{1}{40} \right)^2 - (150-176)^2 = 0,4225$$

- Jedná se o ztráty odběratele
- Nedodržení T – menší životnost výrobku, větší nároky na údržbu apod.
- Cílem výrobce by mělo být co nejčastější dosažení cílové hodnoty

Celkové náklady na jakost

- Ztráty za nekvalitu v rámci tolerance jako jedna z položek a to nikoliv tou hlavní
- Různé přístupy
- Při výpočtu celkových nákladů se postupuje dle typu kontroly

Kontrola všech výrobků

$$L = \frac{Q}{R} + \frac{A}{d^2} S_0^2$$

- Q – (roční) náklady na 100 % kontrolu
- R – (roční) produkce v kusech
- d – funkční tolerance
- A – ztráta při překročení tolerance d

Výpočet s_0^2

$$s_0^2 = \frac{1}{n-1} \left[(y_2 - y_1)^2 + (y_3 - y_2)^2 + \dots + (y_n - y_{n-1})^2 \right]$$

$$s_0^2 = \frac{1}{n(k-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^k (y_{ij} - y_{i,j-1})^2$$

Hodnota s_0^2 zahrnuje

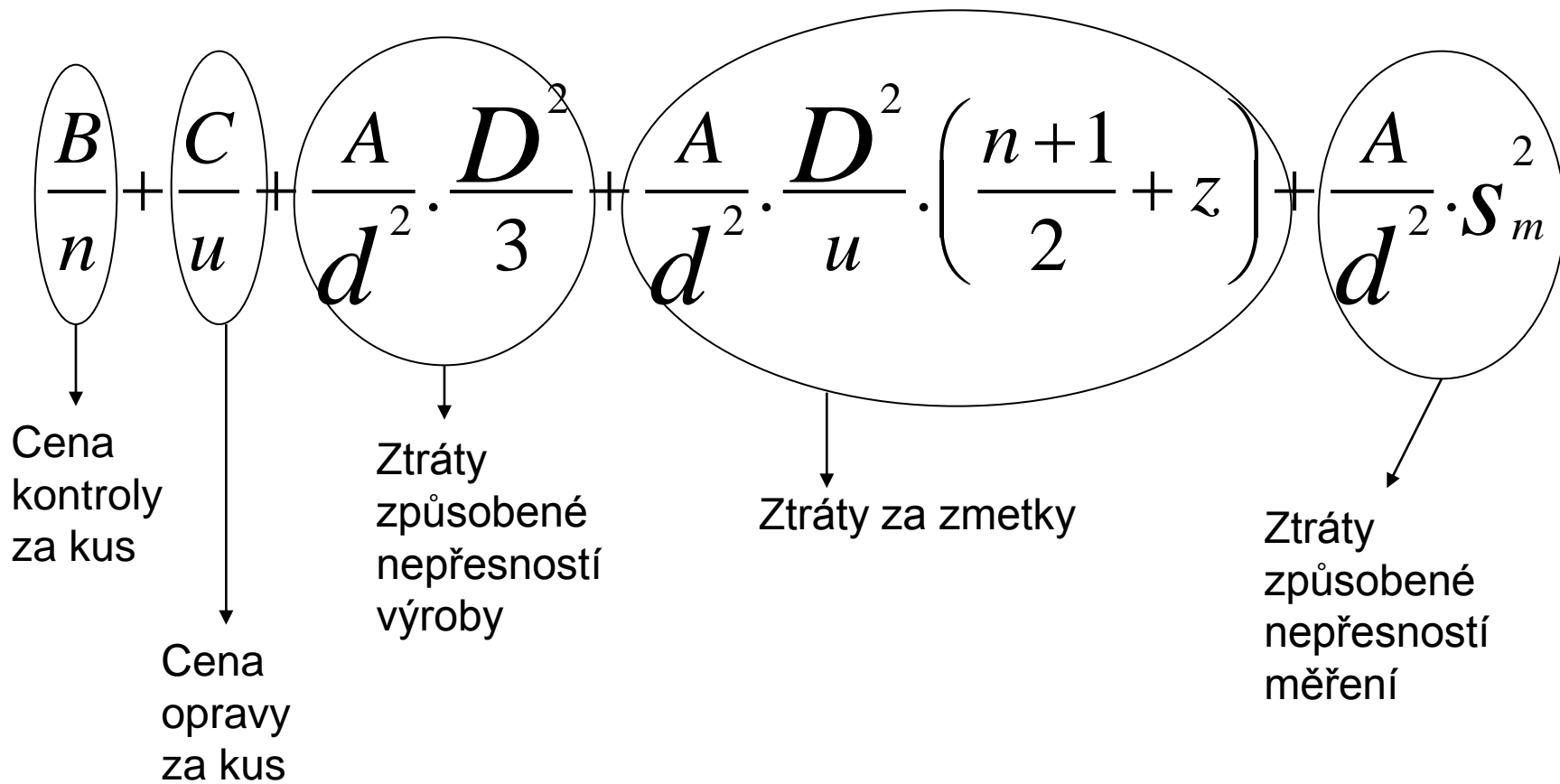
- Nepřesnost výroby s_v^2
- Nepřesnost měření s_m^2
- Tedy $s_0^2 = s_v^2 + s_m^2$
- Skutečná nepřesnost výroby potom je

$$s_v^2 = s_0^2 - s_m^2$$

Kontrola po n výrobcích

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{d^2} \cdot \frac{D^2}{3} + \frac{A}{d^2} \cdot \frac{D^2}{u} \cdot \left(\frac{n+1}{2} + z \right) + \frac{A}{d^2} \cdot S_m^2$$

- A – ztráta při překročení tolerance d
- B – cena kontroly (jednoho) výrobku
- C – cena opravy stroje (linky)
- n – kontrolní interval
- u – prům. počet výrobků mezi opravami
- d – funkční tolerance
- D – výrobní tolerance
- z – počet výrobků zhotovených během kontroly



Optimální parametry n^* a D^*

$$L = \frac{B}{n^*} + \frac{C}{u} + \frac{A}{d^2} \cdot \frac{D^{*2}}{3} + \frac{A}{d^2} \cdot \frac{D^{*2}}{u} \cdot \left(\frac{n^* + 1}{2} + z \right) + \frac{A}{d^2} \cdot S_m^2$$

- Jak často kontrolovat?
- S jakou přesností kontrolovat?

Optimální hodnoty

$$n^* = \sqrt{\frac{2 \cdot u_0 \cdot B}{A}} \cdot \frac{d}{D_0}$$

- Optimální kontrolní interval

$$D^* = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot c \cdot D_0^2 \cdot d^2}{A \cdot u_0}}$$

- Optimální výrobní tolerance

Průměrný počet výrobků mezi dvěma poruchami (opravami)

$$u = \frac{D^{*2}}{D_0^2} \cdot u_0$$

Neměřitelné charakteristiky kvality

- Tzv. atribut
- Např. kontrola montáže čalounění do automobilů, lepení etiket na láhve atp.

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{n+1}{2} \cdot \frac{A}{u} + \frac{z \cdot A}{u}$$

Optimální kontrolní interval

$$n^* = \sqrt{\frac{2 \cdot u \cdot B}{A}}$$

- Ignoruje vliv parametrů z, C, u

$$n^* = \sqrt{\frac{2 \cdot (u + z) \cdot B}{A - C/u}}$$

- Obecnější vztah
- $u \gg z$
- $A \gg C/u$

- Doposud předpoklad, že stroj vyrobí zmetek a dále vyrábí už jen zmetky
- Linka však může vyrábět nepravidelně dobře a špatně
- Zmetky, které uniknou kontrole, se dostávají dále do výroby a ztráty s tím spojené označujeme V
- Obvykle proces s malým počtem zmetků

Pro tyto případy používáme
vztah

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{n+1}{2} \cdot \frac{2.V}{u} + \frac{z.A}{u}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{2.(u+z).B}{2.V - C/u}}$$

- Pokud se po nalezení zmetku vrátíme zpět a hledáme špatné výrobky až do místa vzniku poruchy
- Do dalšího výrobního cyklu se nedostává žádný zmetek

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{n+1}{2} \cdot \frac{2.A}{u} + \frac{z.A}{u}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{2.(u+z).B}{2.A - C/u}}$$

Snižování nákladů na jakost

- Celkové náklady jsou funkcí mnoha parametrů a lze je rozdělit do dvou skupin
- n, d, D
 - Stanoví se jednorázově dle vzorců
- A, B, C, u, z, s_m^2
 - Je možné jejich trvalé zlepšování a to v různých fázích výrobního procesu

Snižování nákladů na jakost

- A (ztráta při překročení tolerance), u (prům. počet výrobků mezi opravami) – lze ovlivnit v přímé výrobě
- B (cena kontroly), z (počet výrobků zhotovených během kontroly), s_m (nepřesnost měření) – lze ovlivnit v procesu kontroly
- C (cena opravy) – lze ovlivnit v průběhu oprav

Snižování nákladů na jakost

- Nedá se obecně říci, jaké hodnoty parametrů jsou optimální:
- Např. snižováním B (cena kontroly) nemusí být přínosem
- Stejně tak prodloužení kontrolního intervalu a tedy snížení počtu kontrol, nevede automaticky k úsporám
- Rozhodující jsou celkové náklady na jakost!

Optimalizace údržby

- Preventivní údržba jako další možná cesta ke snižování nákladů na jakost
- Nové pojmy:
 - t = údržbová tolerance
 - p = interval preventivní údržby

$$u = p_0 \cdot \frac{d^2}{t_0^2}$$

u – průměrný interval mezi opravami (poruchami)
 d – funkční tolerance

Celkové náklady na jakost při preventivní údržbě

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{p} + \frac{AC}{u} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{t^2}{3} + \frac{AC}{u} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \left(\frac{n}{2} + z \right) \cdot \frac{t^2}{p}$$

B – cena kontroly

C – cena údržby

AC – celkové ztráty za překročení tolerance d

d – funkční tolerance

n – kontrolní interval

u – průměrný interval mezi poruchami

z – ztráty během kontroly

Optima

- Optimální kontrolní interval

$$n^* = u \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot B}{AC}}$$

- Optimální údržbová tolerance

$$t = d \cdot \sqrt[4]{\frac{3 \cdot C}{AC}}$$

- Interval preventivní údržby

$$p = p_0 \cdot \frac{t^2}{t_0^2}$$