# Diferenciace spolehlivosti

Milan Holický a Jana Marková
Klokner̊uv ústav ČVUT
Diferenciace spolehlivosti, 12.4.2005, Praha

1. Úvod
2. Směrné hodnoty ukazatelů spolehlivosti
3. Diferenciace spolehlivosti
4. Příklady
5. Závěry

# ÚVOD

## Návrhová životnost

předpokládaná doba, po kterou má být při běžné údržbě konstrukce používána pro zamýšlený účel, avšak bez podstatné opravy.

## Návrhová životnost $T_d$

| Třída | Návrh. životnost $T_d$ v letech | Příklad |
|---|---|---|
| 1 | 1 až 5 | Dočasné stavby a konstrukce |
| 2 | 25 | Vyměnitelné konstrukce, ložiska |
| 3 | 50 | Běžné budovy a konstrukce |
| 4 | 100 a více | Monumentální stavby, velké mosty |

# Klasifikace spolehlivosti konstrukcí

| Třída spolehlivosti | Riziko ztráty života a sociální ztráty | Index spolehlivosti $\beta$ | | Příklady budov a inženýrských staveb |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 rok | 50 let | |
| 3 – vysoká | vysoké | 5,2 | 4,3 | Mosty, významné budovy |
| 2 – normální | střední | 4,7 | 3,8 | Obytné a kancelářské budovy |
| 1 – nízká | nízké | 4,2 | 3,3 | Zemědělské budovy, skleníky |

# Návrhový index spolehlivosti

Pravděpodobnost poruchy se uvádí pro celou návrhovou životnost $T_d$ bez uvedení její délky.

Návrhový index spolehlivosti $\beta_d$ pro životnost konstrukce $T_d$.

| Relativní náklady na zajištění spolehlivosti | Následky poruchy | | | |
|---|---|---|---|---|
| | malé | mírné | znatelné | velké |
| Vysoké | 0 | 1,5 | 2,3 | 3,1 |
| Mírné | 1,3 | 2,3 | 3,1 | 3,8 |
| Nízké | 2,3 | 3,1 | 3,8 | 4,3 |

# Časová závislost pravděpodobnosti poruchy

Pro časově závislé základní veličiny $\boldsymbol{X} = X_1, X_2, \ldots, X_m$ je spolehlivost stavebních konstrukcí charakterizována pravděpodobností poruchy $p$ odpovídající časovému intervalu $T$, který může (ale nemusí) být roven návrhové životnosti $T_\mathrm{d}$ .

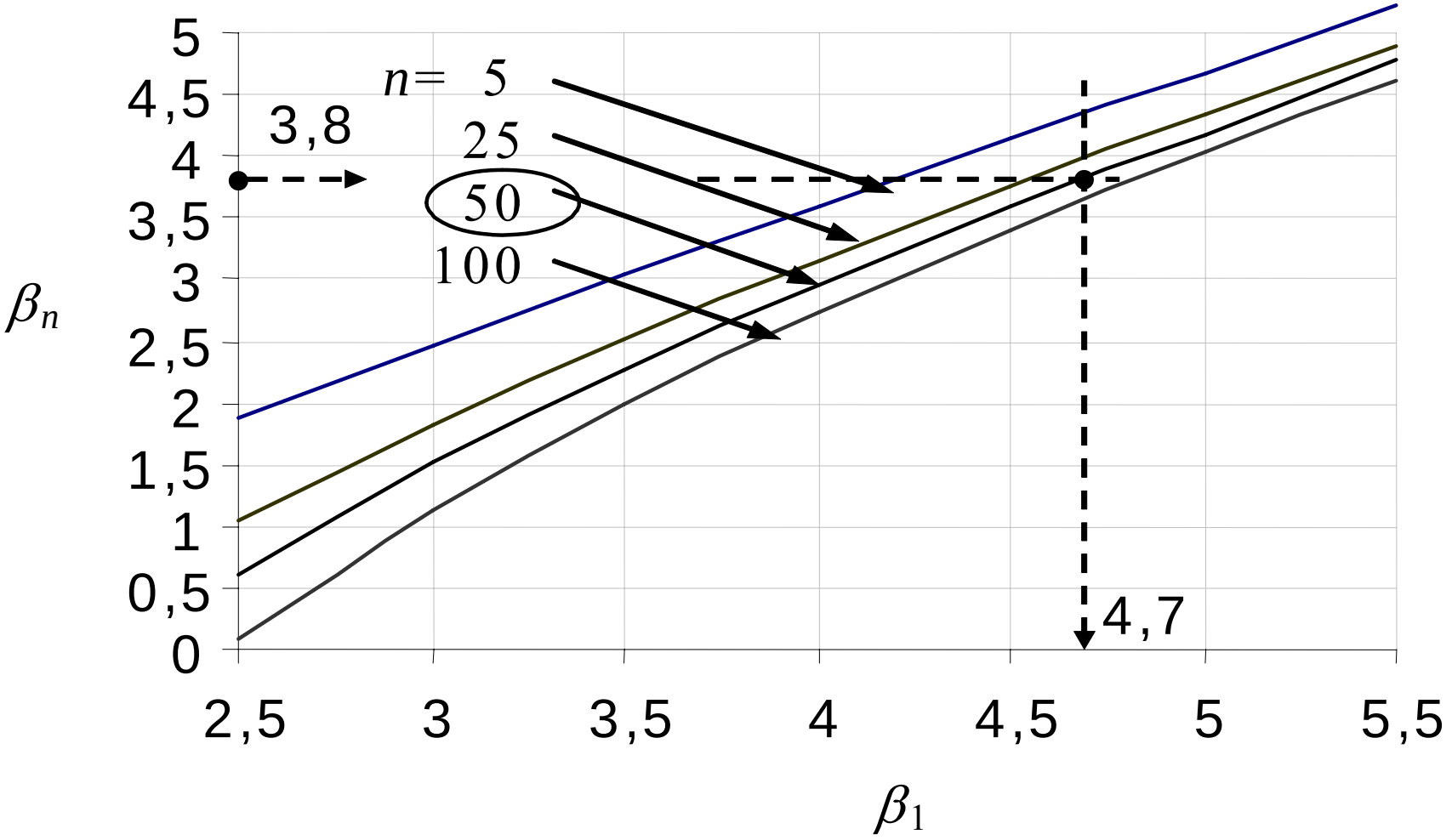
pro $T_n = n\, T_1$ $\Rightarrow$ $p_n = (1 - p_1)^n$

Pro malé pravděpodobnosti lze zapsat:

$$p_\mathrm{n} = p_1\, T_n / T_1$$

Časové intervaly $T_1$ a $T_n$ mohou mít libovolně zvolenou délku.

# Vztah $\beta_n$ a $\beta_1$




$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n$$

# Příklad určení $\beta_n$

Konstrukce s návrhovou životností $T_d = 50$ let

$p_{d,50} = 7{,}52 \times 10^{-5}$ $\beta_{50} = -\Phi^{-1}(P_{d,50})$

$\beta_{d,50} = 3{,}8$

Je zvolen časový interval $T = 25$ let

$p_{d,25} = (1\text{-}7{,}52 \times 10^{-5})^{25/50} = 3{,}76 \times 10^{-3}$

$\beta = -\Phi^{-1}(3{,}76 \times 10^{-5})$

$\beta_{d,25} = 4{,}0$

# Dílčí součinitel $\gamma_R$ pro vlastnosti $R$

$$\gamma_R = R_k / R_d$$

$$R_k = \mu_R - 1{,}645 \times \sigma_R = \mu_R(1 - 1{,}645 \times v_R)$$

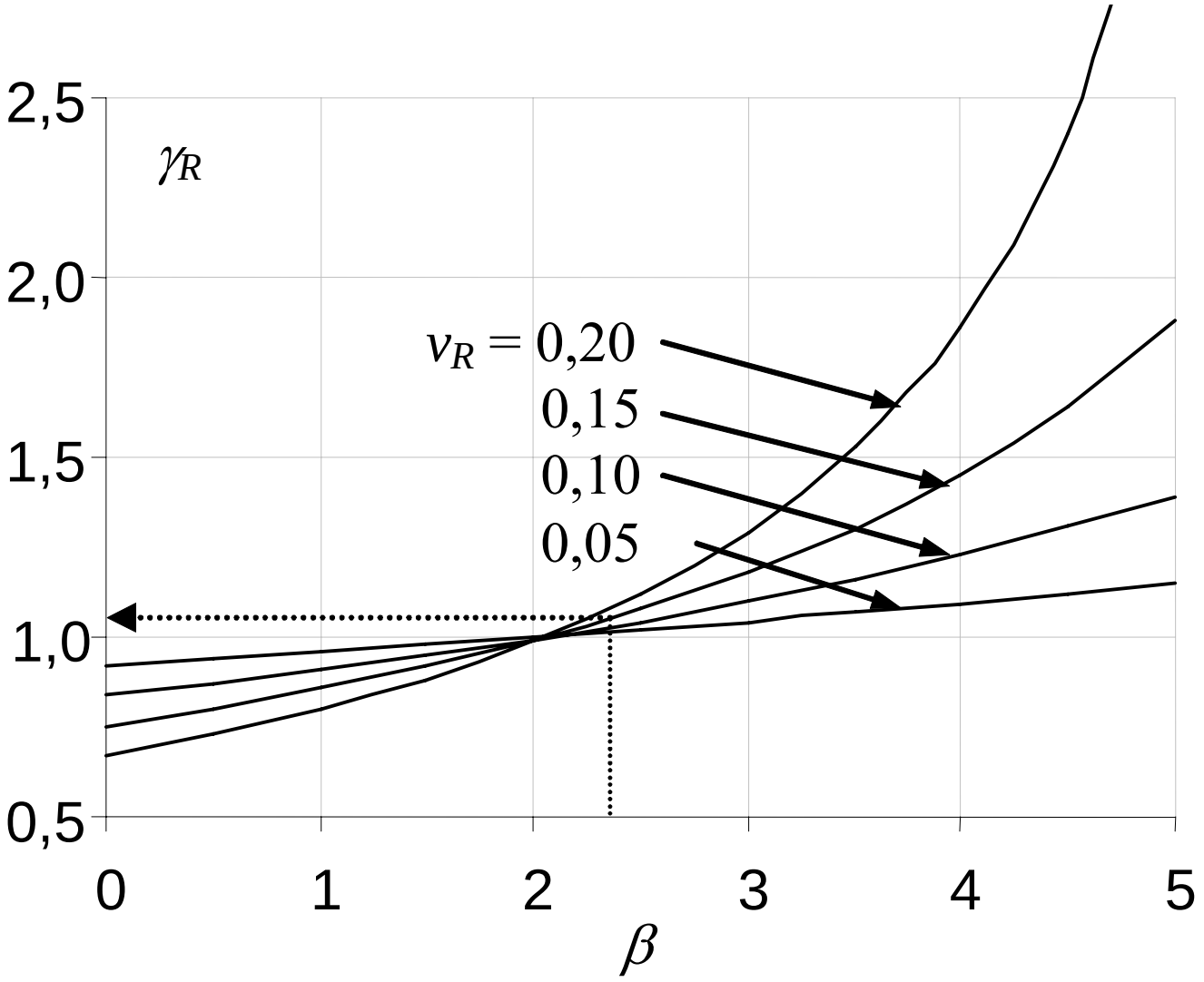
$$R_d = \mu_R - \alpha_R \times \beta \times \sigma_R = \mu_R - 0{,}8 \times \beta \times \sigma_R = \mu_R(1 - 0{,}8 \times \beta \times v_R)$$

Pro $v_R = 0{,}08$:

$$\gamma_{R,25} = (1 - 1{,}645 \times 0{,}08)/ (1 - 0{,}8 \times 4{,}0 \times 0{,}08) = 1{,}17$$

$$\gamma_{R,50} = (1 - 1{,}645 \times 0{,}08)/ (1 - 0{,}8 \times 3{,}8 \times 0{,}08) = 1{,}15$$

# Vztah $\gamma_R$ a $\beta$



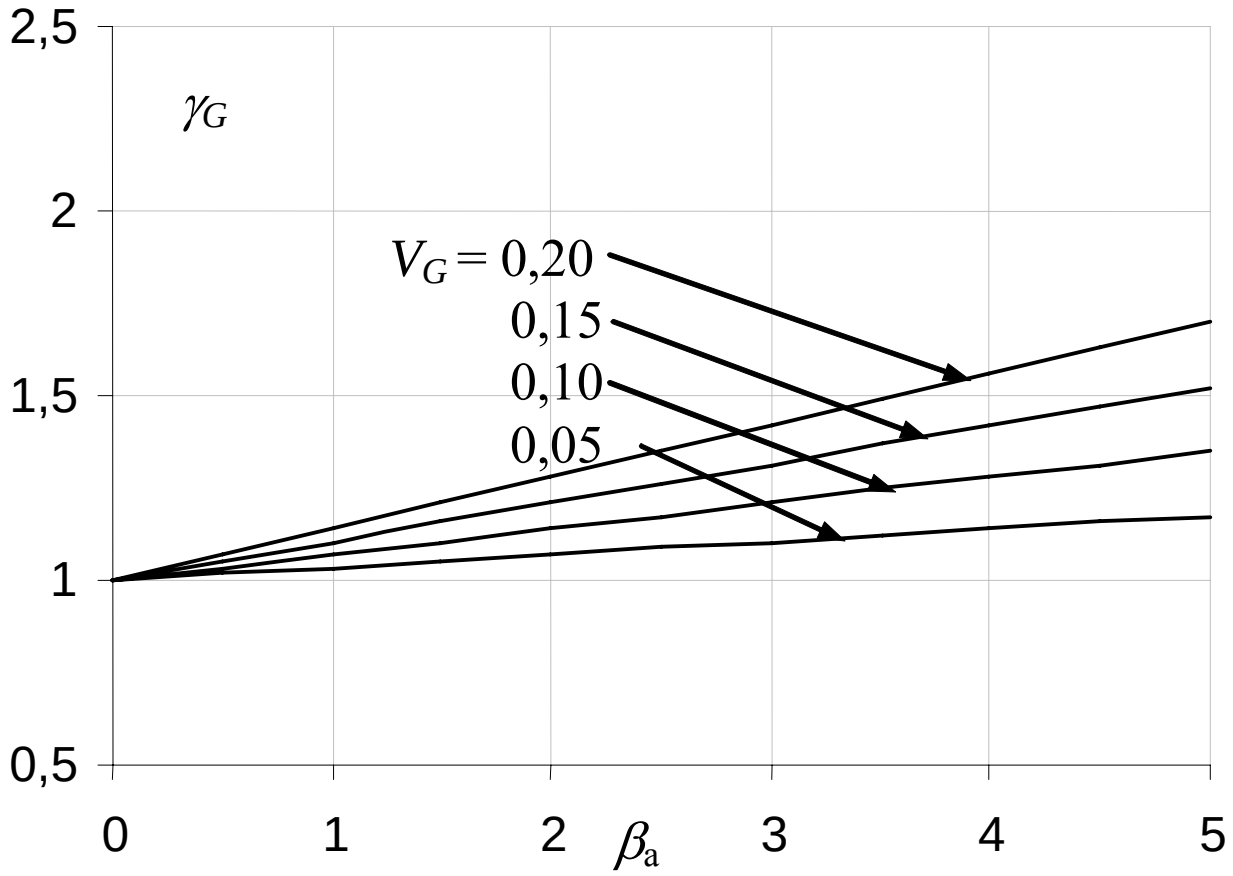
# Dílčí součinitel $\gamma_G$

$$G_d = \mu_G - \alpha_G \times \beta \times \sigma_G = \mu_G + 0{,}7 \times \beta_a \times \sigma_G = \mu_G(1 + 0{,}7 \times \beta_a \times V_G)$$

$$G_k = \mu_G$$

$$\gamma_G = G_d / G_k$$

$$\gamma_G = 1 + 0{,}7 \times \beta_a \times v_G$$



# SMĚRNÁ ÚROVEŇ SPOLEHLIVOSTI PODLE ČSN ISO 13822

| Mezní stavy | Směrný index spolehlivosti $\beta$ | Referenční doba |
|---|---|---|
| Použitelnosti<br>- vratné | 0 | pl. zbytková životnost |
| - nevratné | 1,5 | pl. zbytková životnost |
| Únosnosti<br>- velmi malý následek | 2,3 | $L_S$ v letech |
| - malý následek | 3,1 | $L_S$ v letech |
| - střední následek | 3,8 | $L_S$ v letech |
| - vysoký následek | 4,3 | $L_S$ v letech |
| | | |

# ZÁVĚRY

•V normách se směrné ukazatele $p_d$ ($\beta_d$) vztahují k následků poruchy bez vztahu k návrhové životnosti $T_d$ konstrukce.

• Jestliže se stanoví alternativní pravděpodobnost poruchy $p_a$ pro vhodný referenční interval $T_a$ z pravděpodobnosti poruchy $p_d$ a životnosti $T_d$, pak se mají také určit v tomto intervalu dílčí součinitele a charakteristické hodnoty základních veličin.

• Když se ověřují dočasné konstrukce o krátké životnosti $T_d$ , pak lze směrnou pravděpodobnost poruchy $p_d$ určit podle zásad diferenciace spolehlivosti.

- Dílčí součinitele $\gamma_R$ odolnosti $R$ (materiálových vlastností) pro referenční období $T_a$ se odlišují od součinitelů $\gamma_R$ pro návrhovou životnost konstrukce $T_d$.