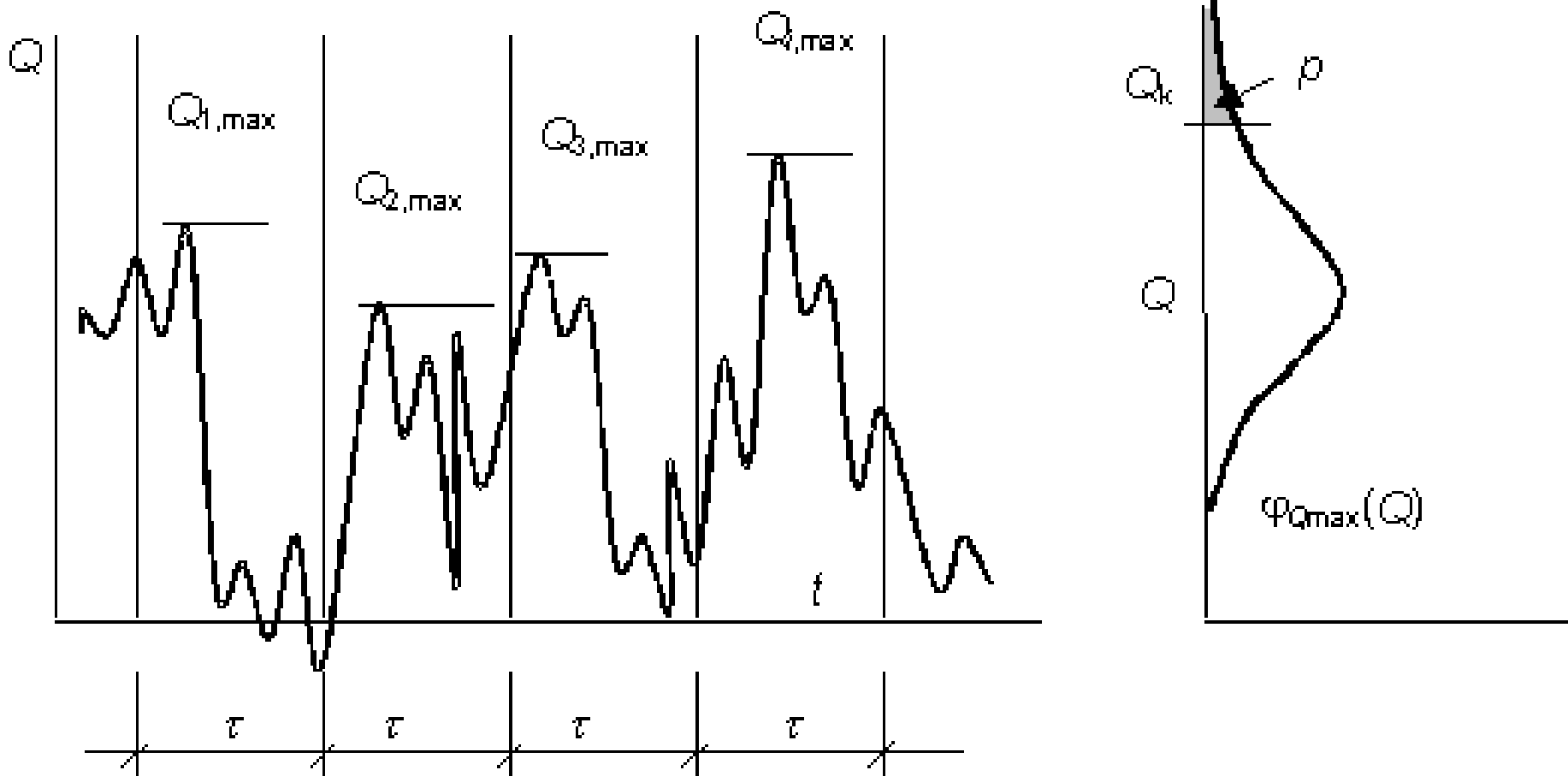


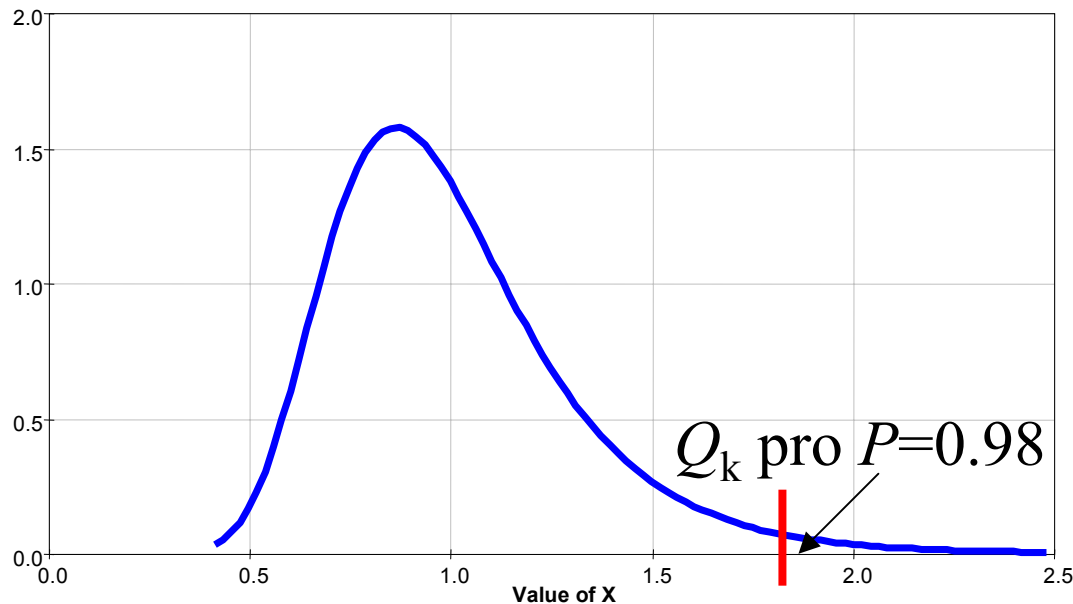
Časově závislé zatížení Q



Charakteristická hodnota Q_k a doba návratu T

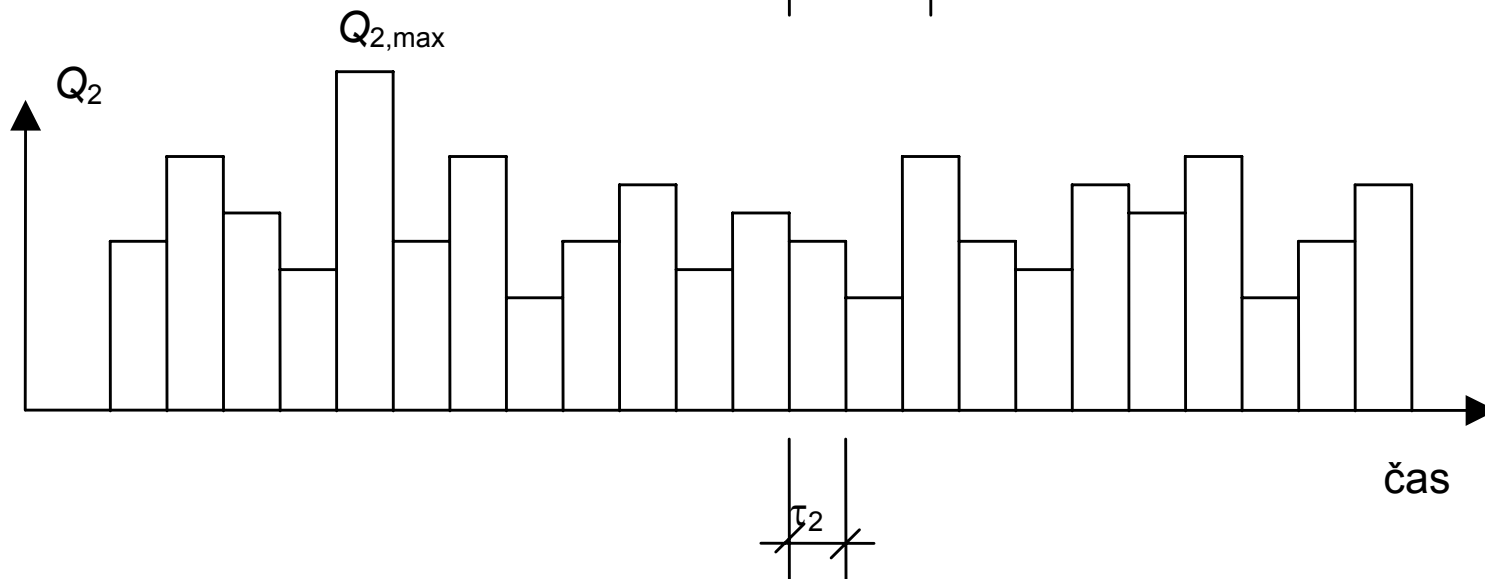
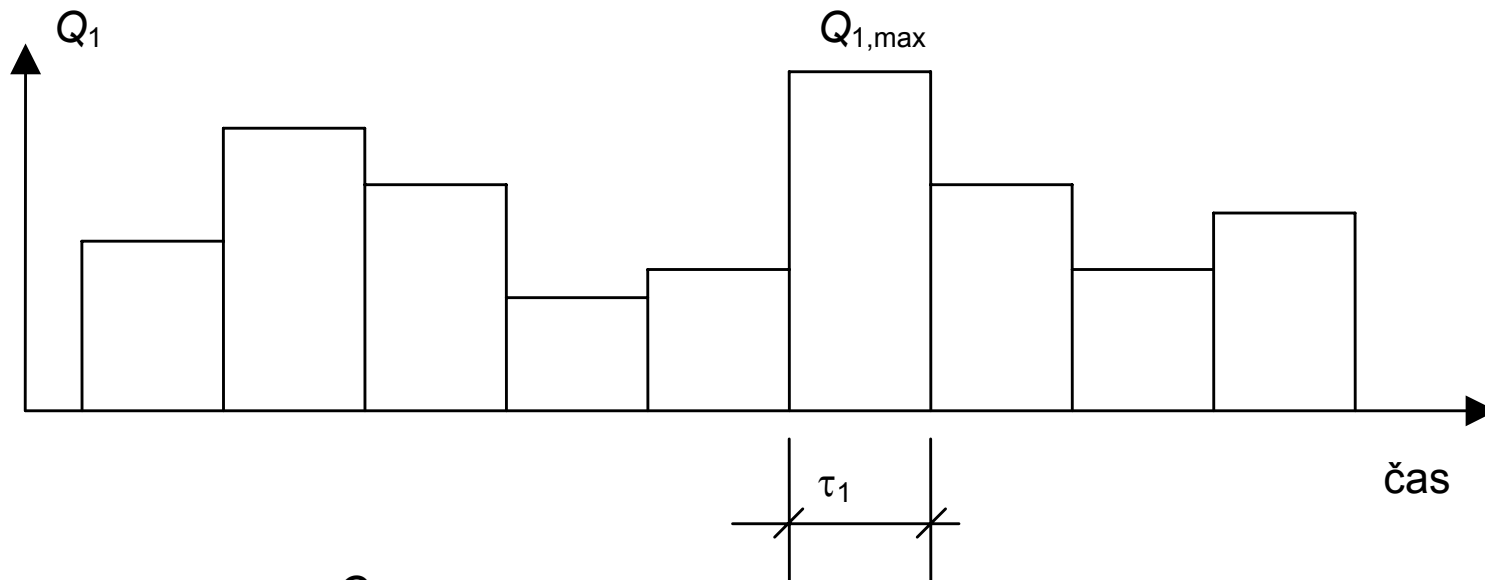
Referenční doba $\tau = 1$ rok \Rightarrow maxima Q_{\max} , rozdělení $\Phi_{Q_{\max}}(Q)$
Charakteristická hodnota $Q_k = \Phi_{Q_{\max}}^{-1}(P)$, $P = 0,98$

Relative Frequency *Density Plots (1 Graphs) - [gumbel]*

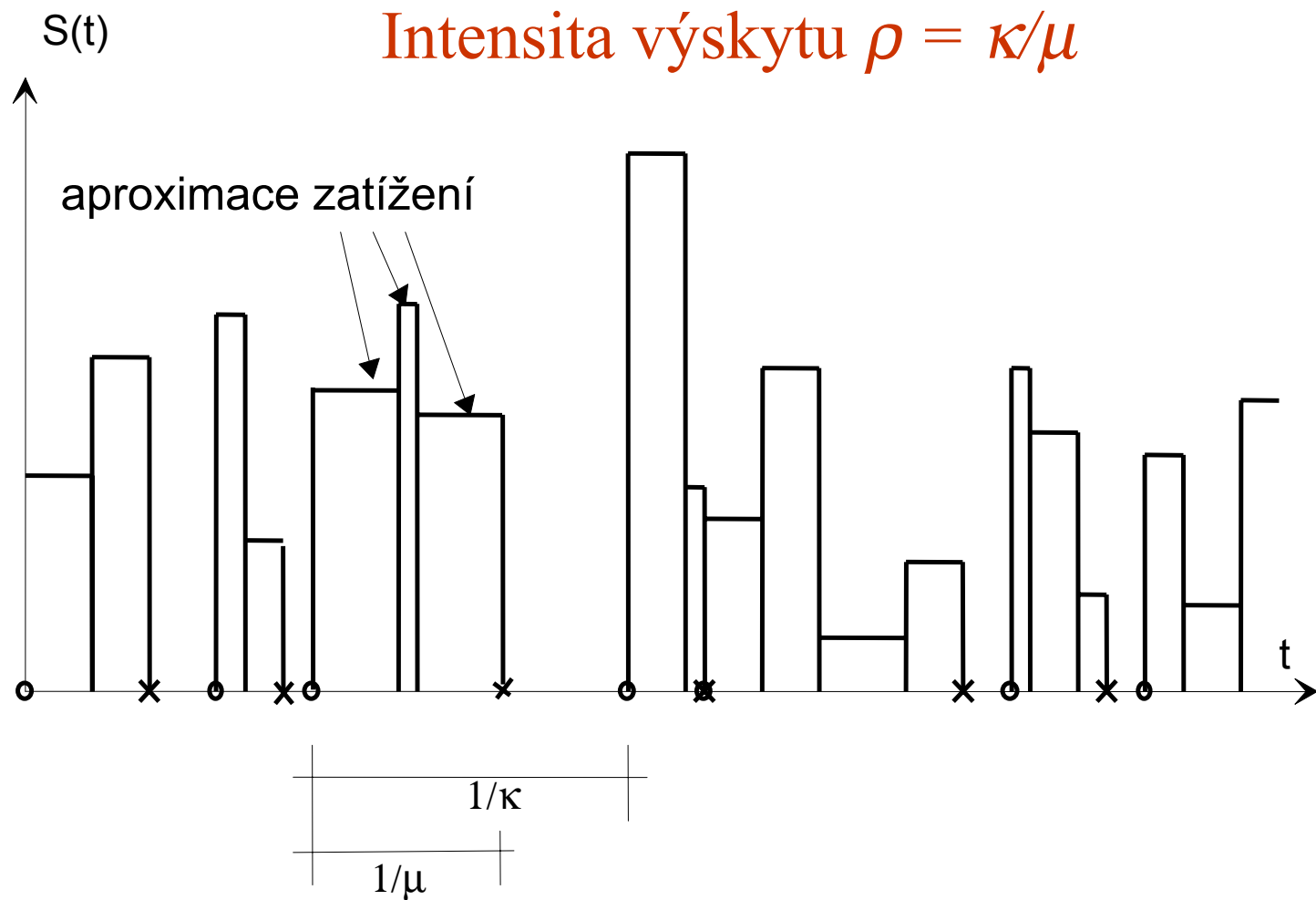


Doba návratu $T = \tau/(1-P) = 1/0,02=50$ let

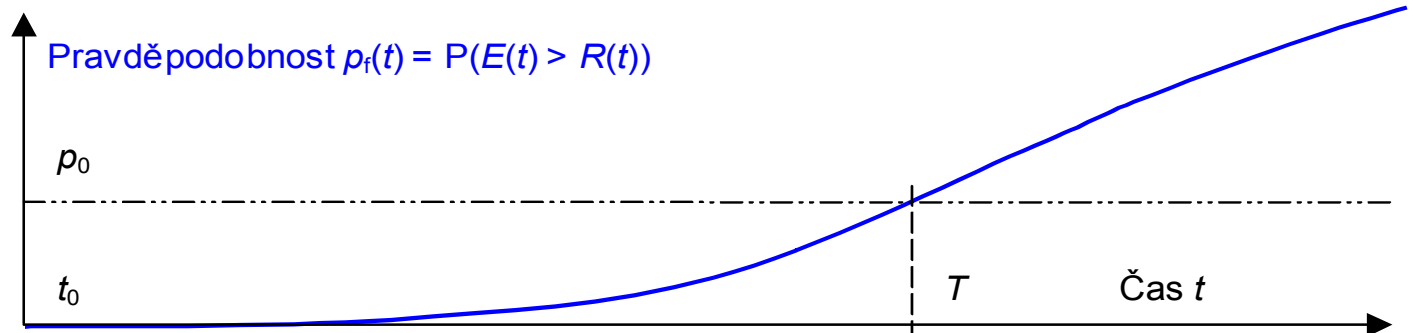
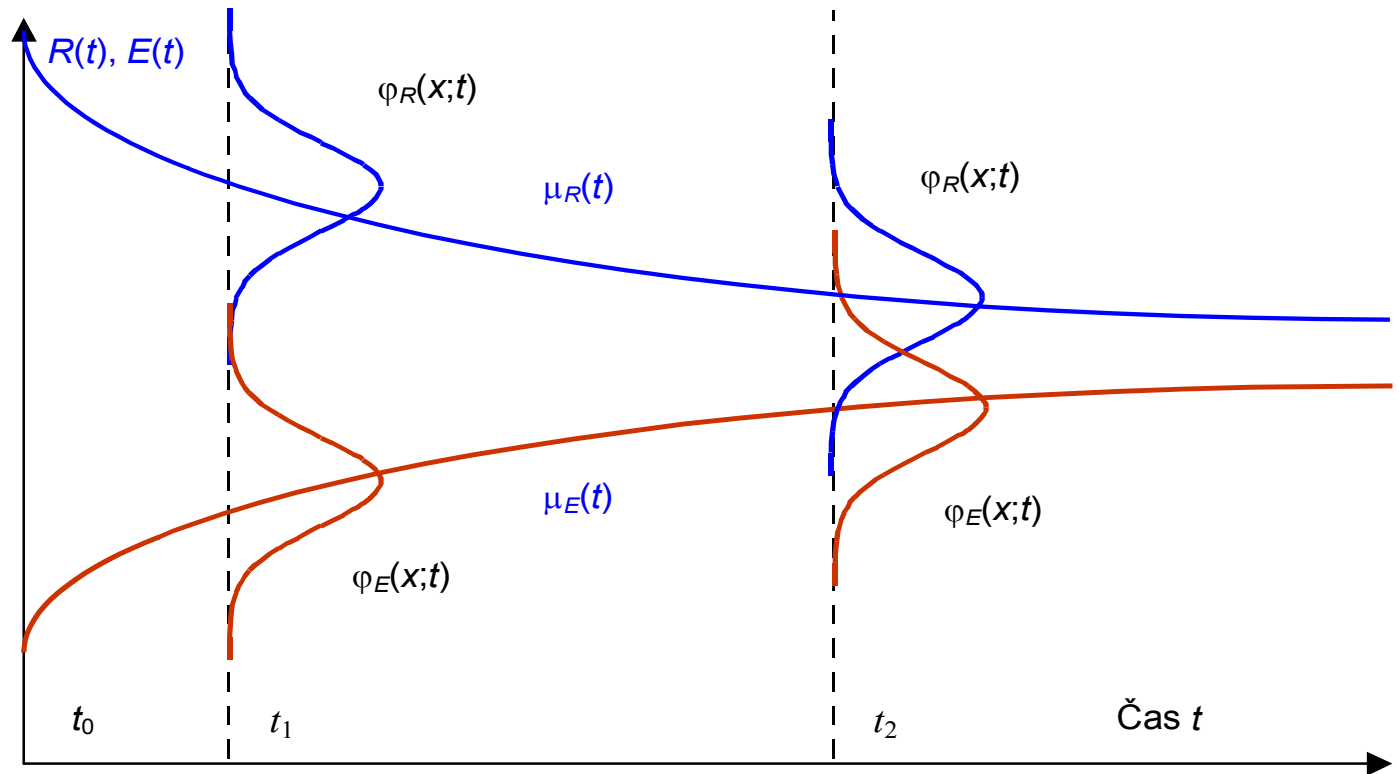
Aproximace zatížení



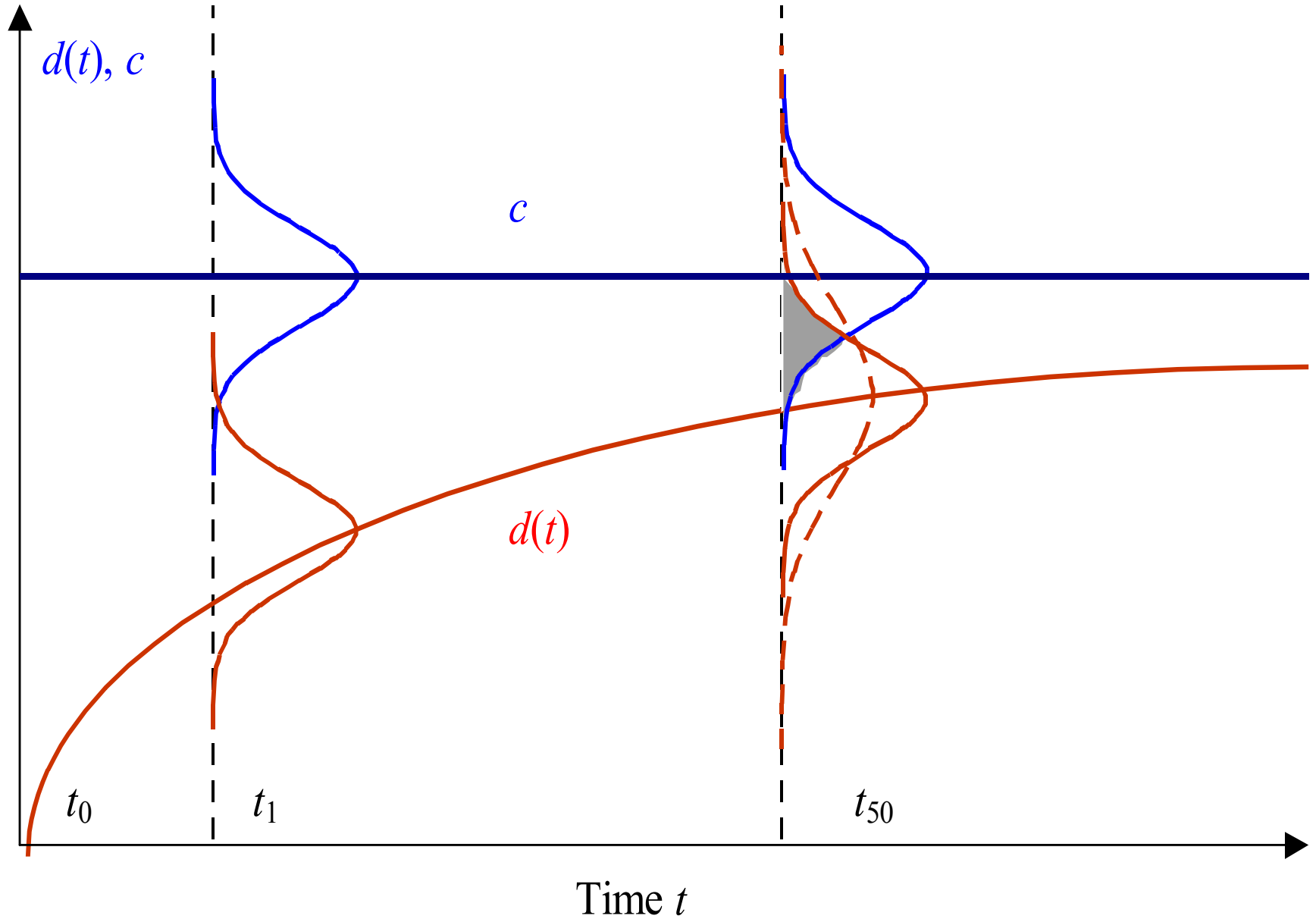
Časově závislé zatížení



Monotonní $E(t)$ a $R(t)$



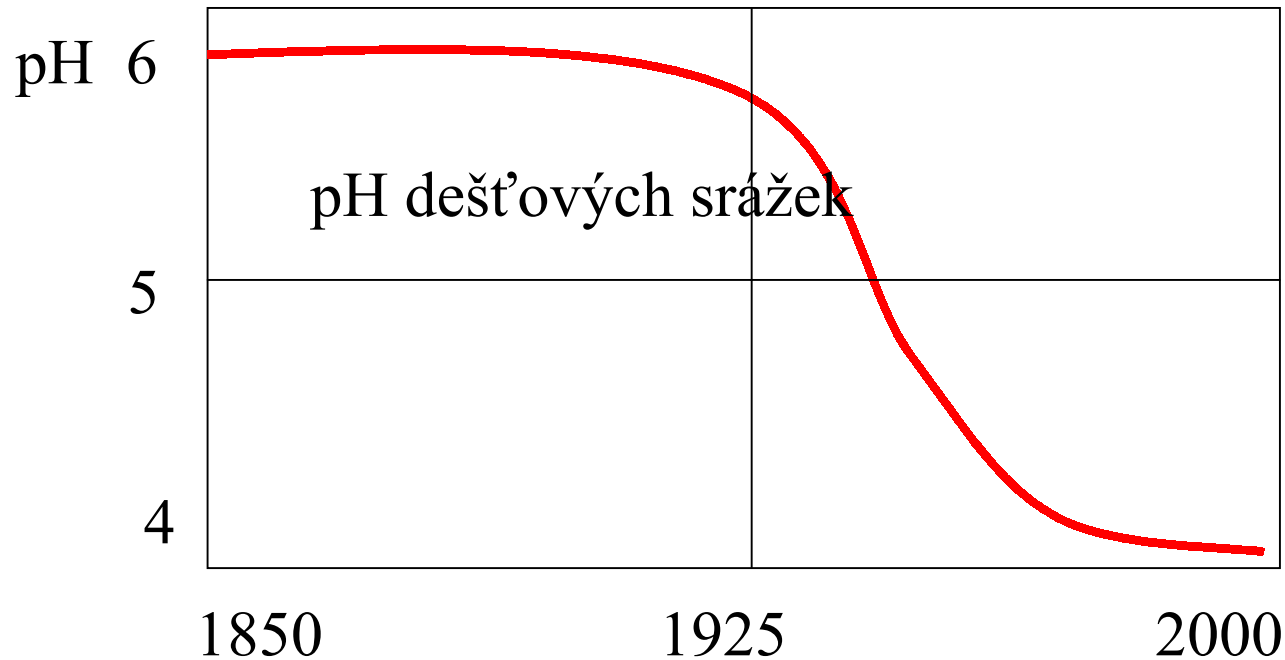
Karbonatace



Chladicí věže



Chemické reakce



pH \approx 12,5

pH < 9,0



Objem 100%

Objem 250%

Poškození

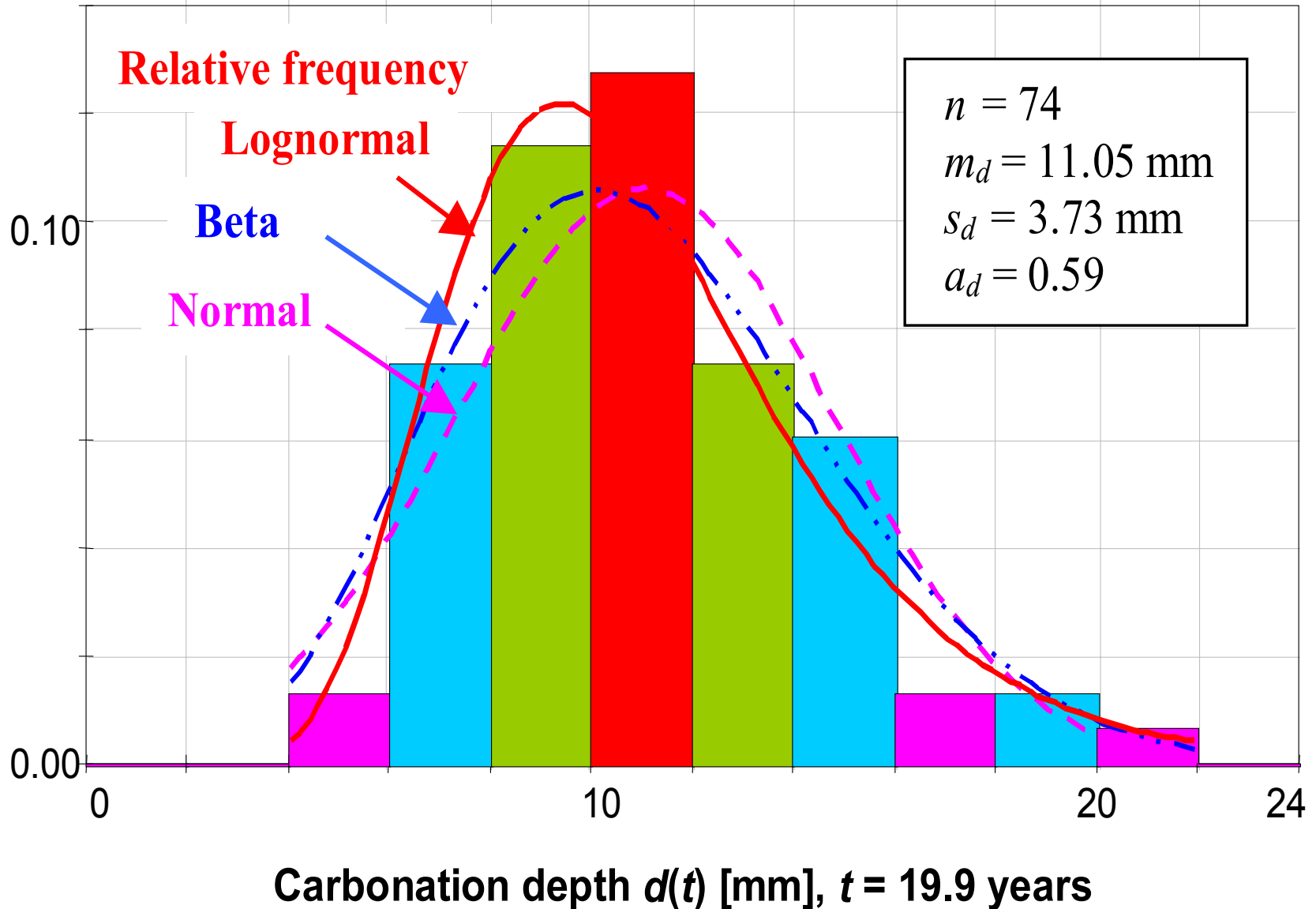


Údržba - oprava



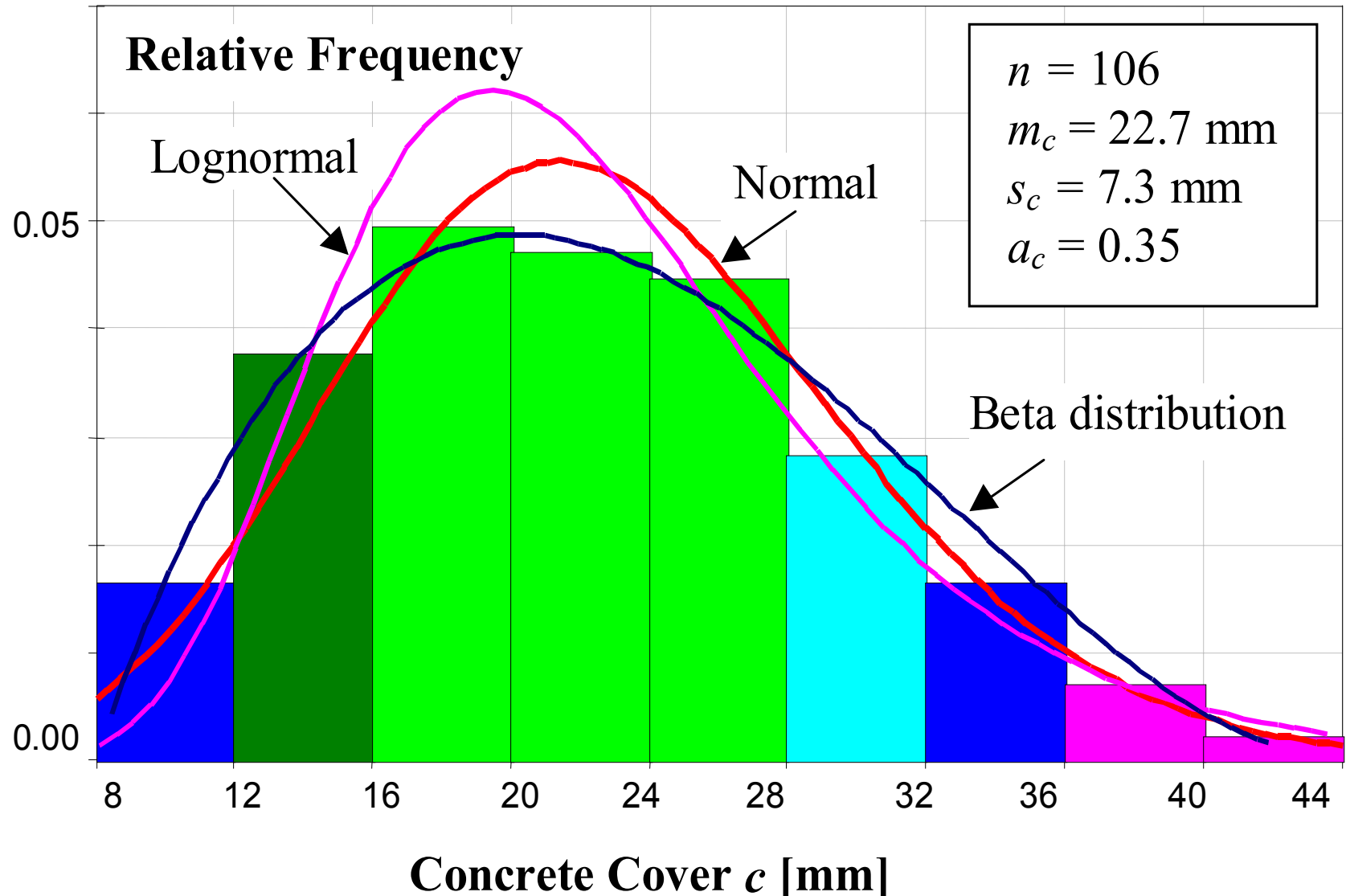
Hloubka karbonatace

Density Plot of carbonation depth - [EVO3]



Krycí vrstva

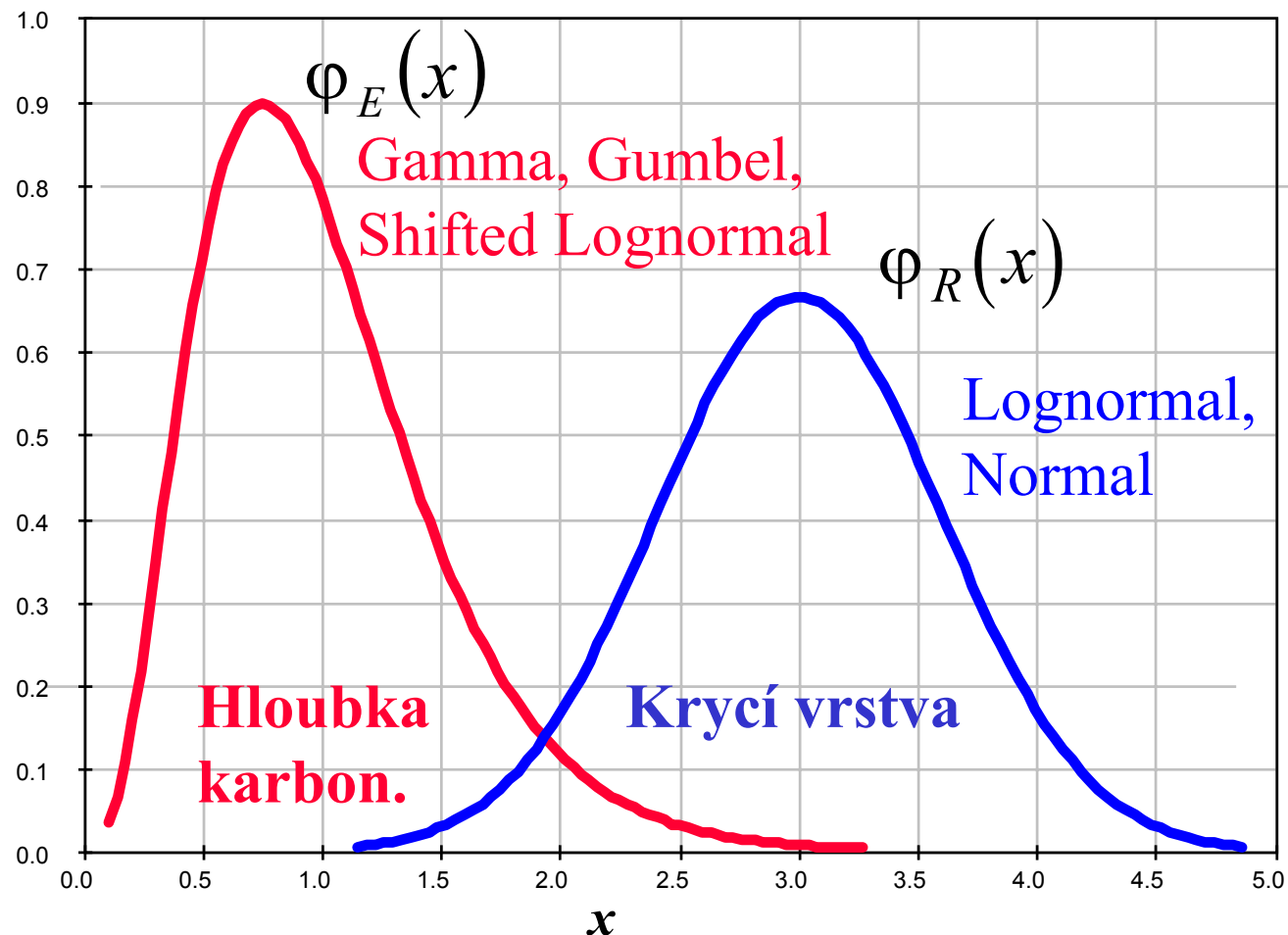
Density Plots of Concrete Cover - ETUV3



Pravděpodobnost ztráty pasivace

$$P_f(t) = P\{E(t) < R(t)\}$$

$$P_f(t) = \int \varphi_{E(t)}(x) \Phi_{R(t)}(x) dx, \quad \beta(t) = \Phi^{-1}(P_f(t))$$



Pravděpodobnostní modely

Apriorní rozdělení

$E(t) = A t^{0.2}$, A : Gamma, LN: $\mu_A \approx 4$ to $6 \text{ mm/y}^{0.2}$

$$w_A \approx 0.1 t^{0.5} \quad a_A \approx 0.2 t^{0.5}$$

$R(t) = C$, Beta, LN: $\mu_C \approx C_{nom}$ (20 to 40 mm)

$$w_C \approx 0.35 \quad (a \approx 0.35)$$

$$a = 0, \quad b \approx 3 \mu_C$$

Korelace $r_{A,C} \approx 0$ (-0.5 to 0.5)

Pravděpodobnost poruchy

$$m_d = A t^{0.5-n} \text{ mm}$$

$$v_d = 0.35 \text{ nebo } v_d = 0.1 t^{0.5}, a_d = 0.5$$

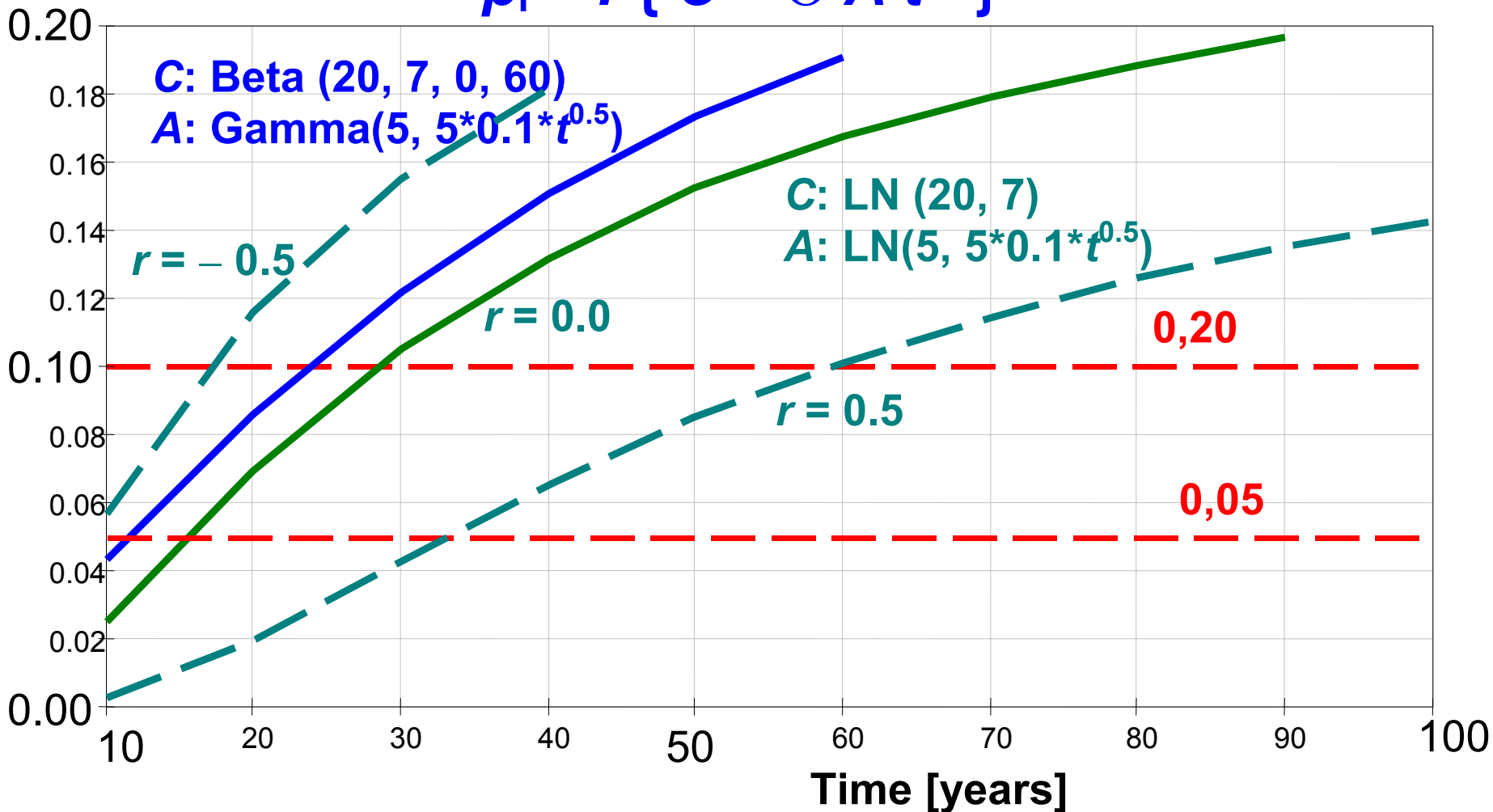
$$m_c = 20 \text{ to } 40 \text{ mm}, s_c = 10 \text{ mm}, a_c = 1.0$$

$$p_f(t, c) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_d(t, x) \Phi_c(x) dx$$

Pravděpodobnost ztráty pasivace výztuže - životnost

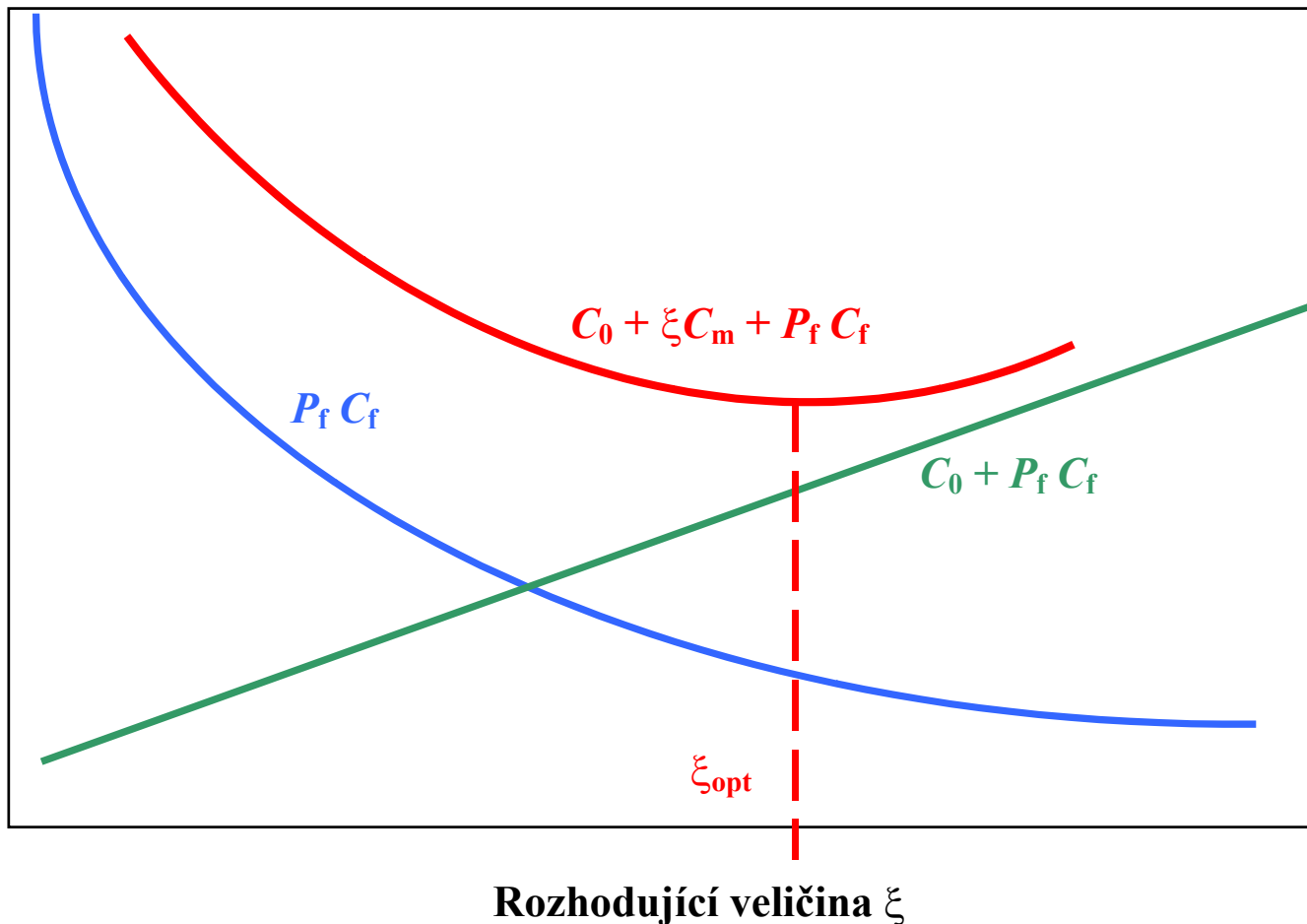
Failure Probability

$$p_f = P\{ C < \Theta A t^{0.2} \}$$



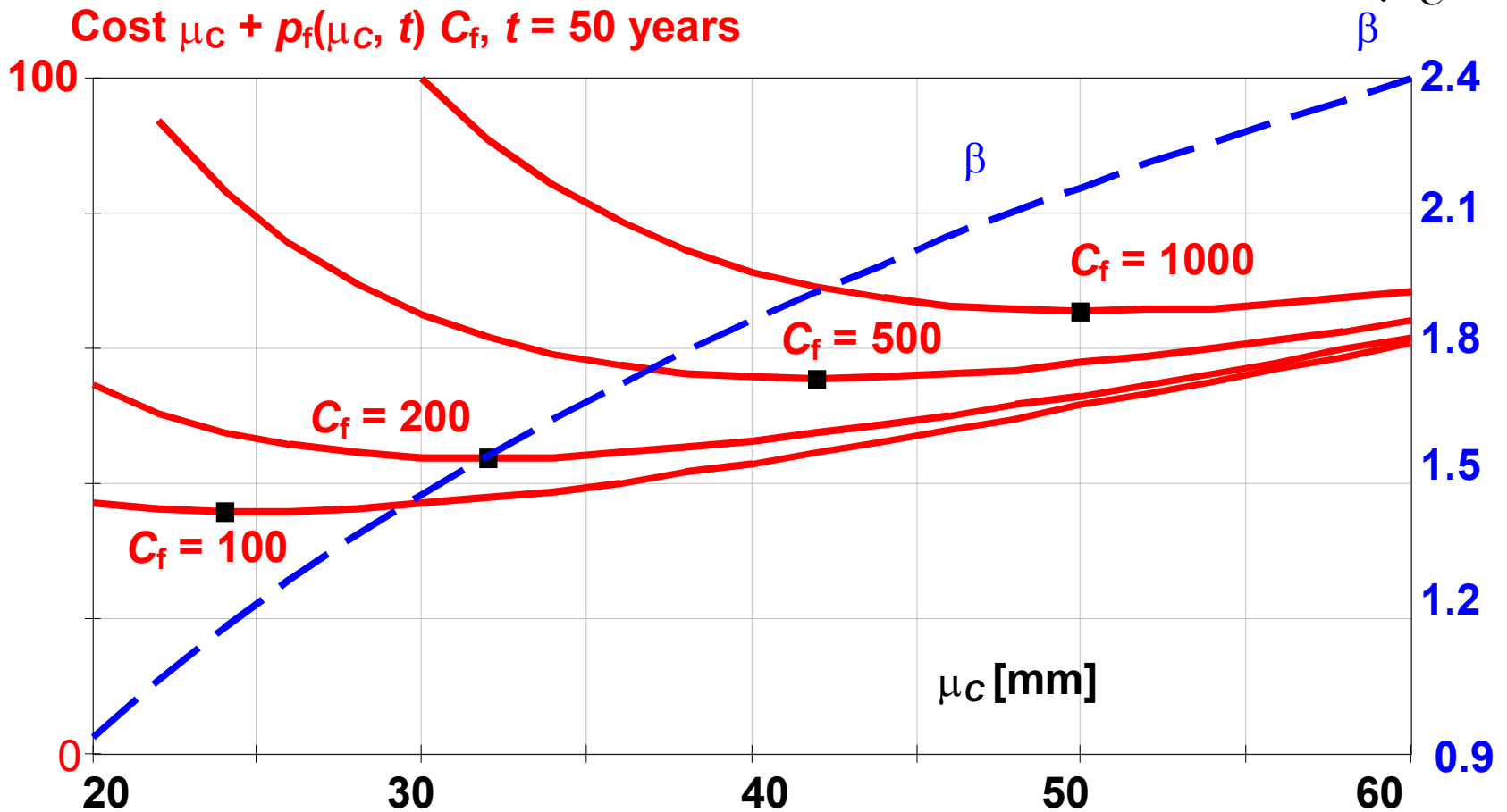
Optimalizace nákladů

$$\text{Celková cena } C_{\text{tot}} = C_0 + \xi C_m + P_f C_f$$



Příklad optimalizace krycí vrstvy

$$C_{\text{tot}} = C_0 + c C_1 + p_f(t, c) C_f \quad C_1 / C_f = - \frac{\partial p_f(t, \mu_C)}{\partial \mu_C}$$



Závěrečné poznámky

1. Charakteristická hodnota Q_k časově závislé veličiny zatížení Q se definuje jako P kvantil rozdělení maximálních hodnot v referenčních intervalech τ (např. 0,98 kvantil ročních maxim).
2. Doba návratu charakteristické hodnoty je $T = \tau/(1-P)$ (např. $1/(1-0,98) = 50$ let).
3. Rozbor spolehlivosti pro časově závislé veličiny s monotónním průběhem (degradační procesy, karbonatace) je podobný jako u časově nezávislých veličin.
4. Optimální hloubka krycí vrstvy výztuže je závislá na návrhové době a poměru nákladů na jednotkovou tloušťku betonu a nákladů vyvolaných ztrátou pasivace výztuže.