

Pravděpodobnostní hodnocení trvanlivosti a časově závislé spolehlivosti existujících konstrukcí

Prof. Ing. Milan Holický, DrSc. a Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.

ČVUT v Praze, Kloknerův ústav

Specifikace zatížení při hodnocení existujících konstrukcí, Masarykova kolej, 23.10.2006

TRVANLIVOST

Obecné zásady

Mezní stavy

Požadavky na trvanlivost

Příklad mezního stavu trvanlivosti

ČASOVĚ ZÁVISLÁ SPOLEHLIVOST

Obecné zásady

Případy hodnocení časově závislé spolehlivosti

Příklad vlivu karbonatce a koroze na spolehlivost

ZÁVĚRY

„Inovace metod hodnocení existujících stavebních konstrukcí“

ČSN ISO 13823 Navrhování konstrukcí na trvanlivost

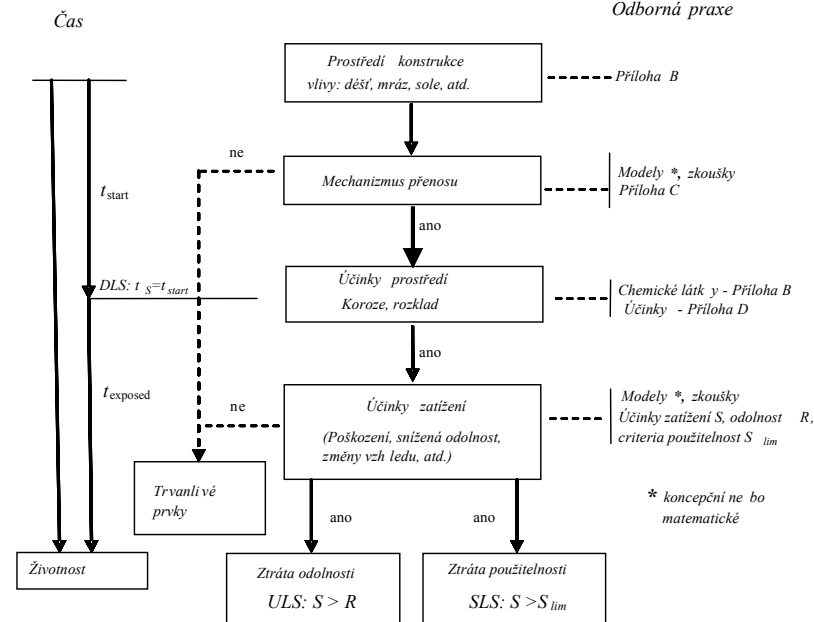
Nahrazuje ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách, navazuje na:

- ISO 2394 General principles on reliability for structures
- EN 1990 Basis of structural design
- ISO 19338 Performance and assessment requirements for design on structural concrete

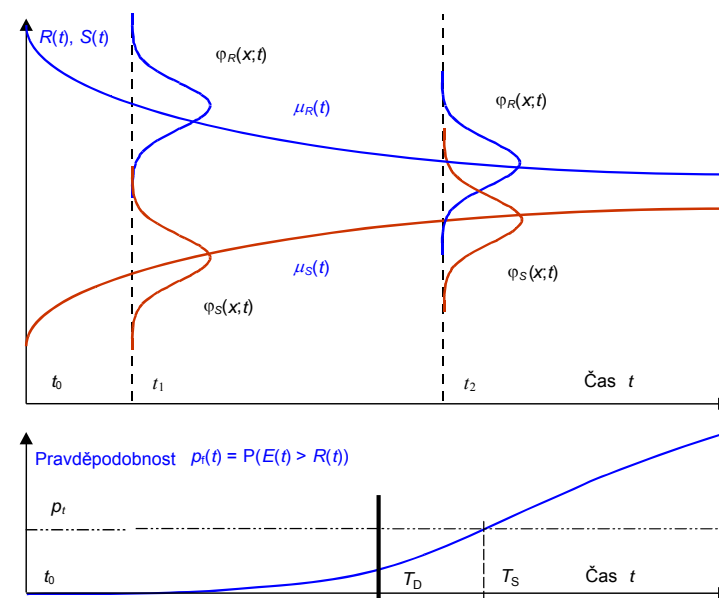
ISO 13823

Skutečnost

Odborná praxe



Monotónní $S(t)$ a $R(t)$



Životnost, DLS $P\{t_S < t_D\} < P_{\text{target}}$

Únosnost, ULS $P_f(t) = P\{R(t) - S(t) < 0\} < P_{\text{target}}$

Použitelnost, SLS $P_f(t) = P\{S_{\text{lim}} - S(t) < 0\} < P_{\text{target}}$

Mezní stavy trvanlivosti DLS jako ULS nebo SLS

Informativní směrné ukazatele
 P a $\beta = -\Phi^{-1}(P)$

Mezní stav	P_{target}	β_{target}
Únosnosti	$\sim 10^{-4}$	$\sim 3,7$
Použitelnosti	0,01 až 0,10	1,3 až 2,3
Trvanlivosti	0,05 až 0,20	0,8 až 1,6



Pravděpodobnostní modely

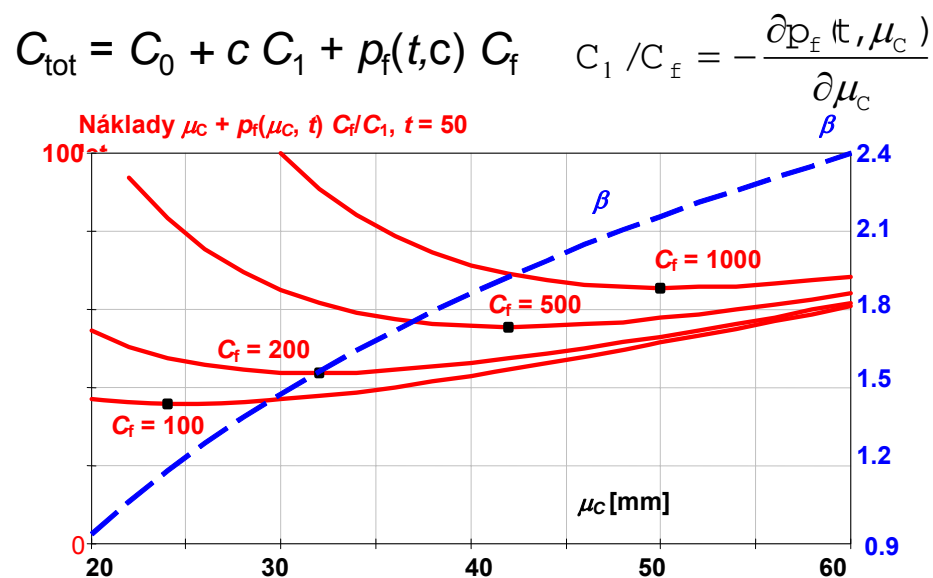
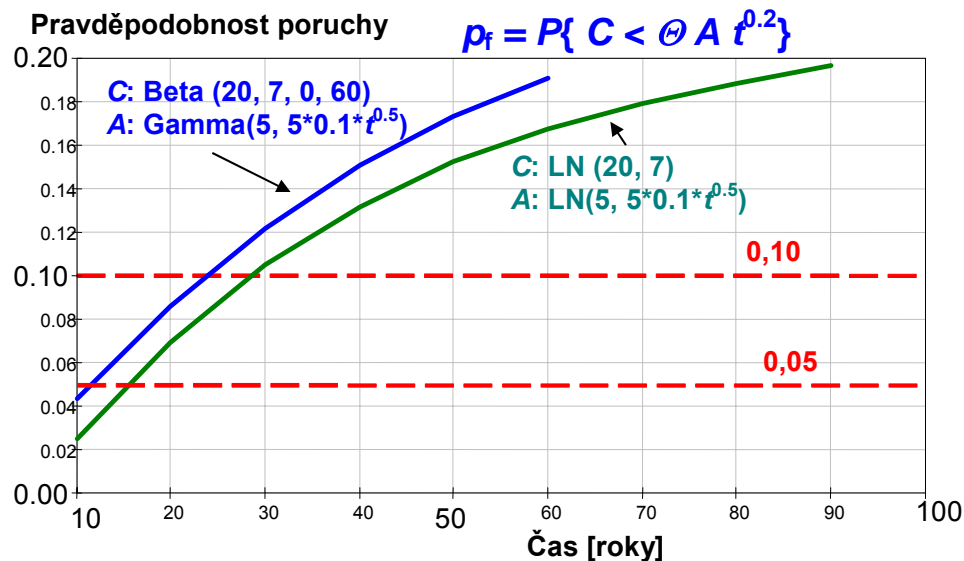
Apriorní rozdělení

Hloubka zkarbonatované vrstvy $D(t)$

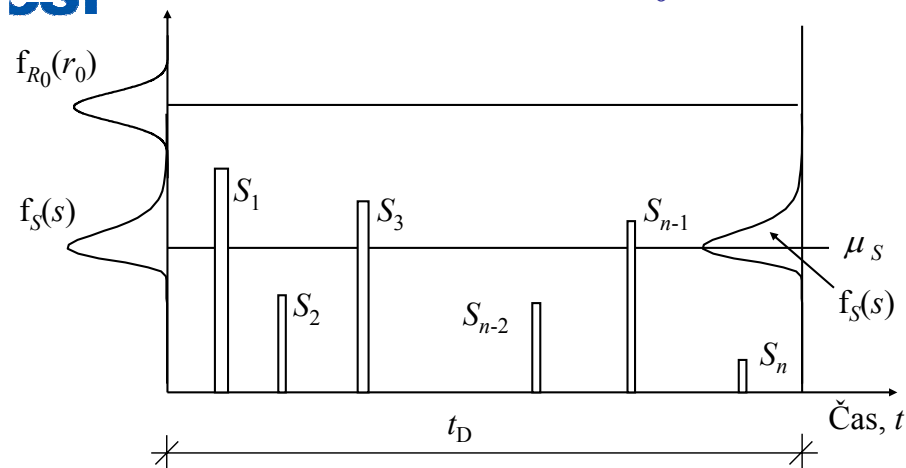
$D(t) = A t^{0.2}$, A : Gamma, LN: $\mu_A \approx 4$ to $6 \text{ mm}/t^{0.2}$
 $V_A \approx 0.1 t^{0.5}$ $\omega_A \approx 0.2 t^{0.5}$

Krycí vrstva C

$R(t) = C$, Beta, LN: $\mu_C \approx C_{\text{nom}}$ (20 to 40 mm)
 $V_C \approx 0.35$ ($\omega_C \approx 0.35$)
 $a = 0$, $b \approx 3 \mu_C$

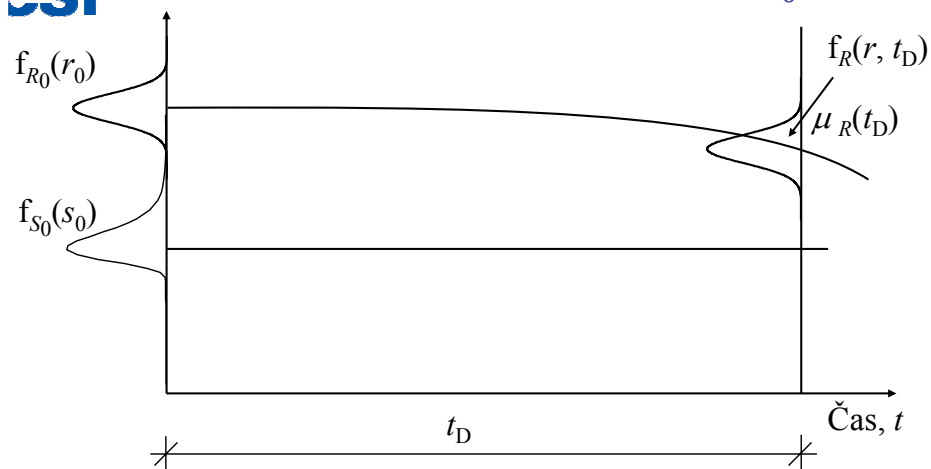


- překročení DLS (karbonatace) → degradace materiálu (koroze) → ověření spolehlivosti (ULS, SLS)
- hodnocení spolehlivosti (zbytkové životnosti) existujících konstrukcí
 - odolnost $R(t)$
 - kombinovaný účinek zatížení $S(t)$



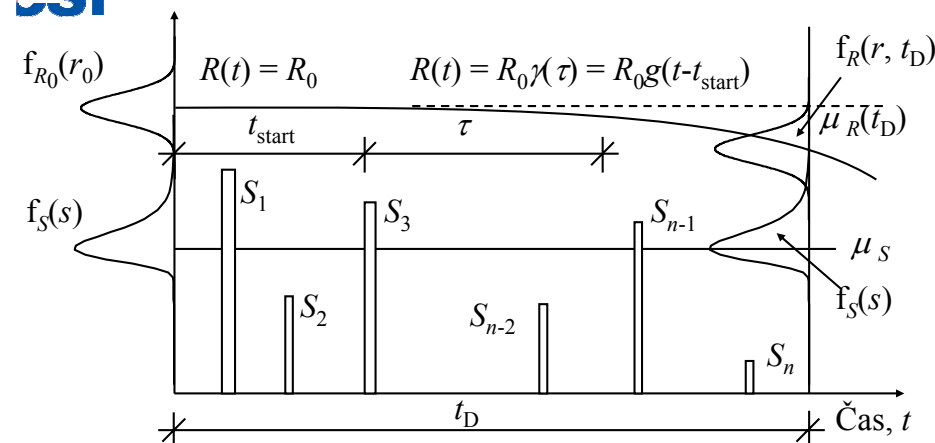
- ISO 2394 General principles on reliability for structures. ISO 1998

Případ: $R(t)$ a $S(t) = S_0$



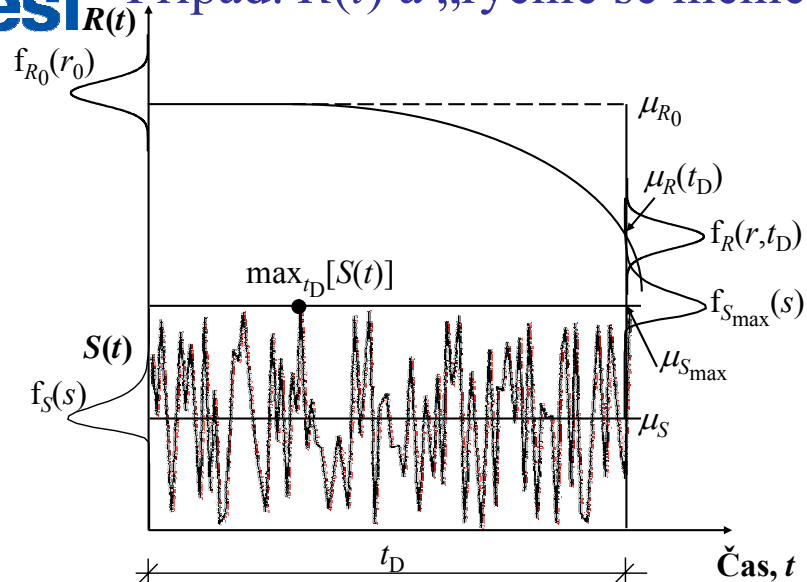
$$P_f(0, t_D) = P\{\min_{t_D}[R(t)] < S_0\} = P[R(t_D) < S_0]$$

Případ: $R(t)$ a $S(t)$



- karbonatace: $(0, t_{\text{start}}) \rightarrow t_{\text{start}}$ náhodná veličina
 $F_{t_{\text{start}}}(t) = P[C < D(t)]$
- koroze: funkce degradace $\gamma(\tau) = R(\tau) / R_0$

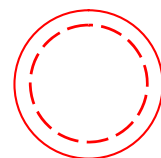
Případ: $R(t)$ a „rychle se měnící“ $S(t)$



$$P_f(0, t_D) < P\{R(t_D) < \max_{t_D}[S(t)]\}$$

- chybí definice „rychle se měnícího“ účinku zatížení

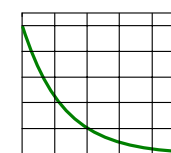
Funkce degradace - modely koroze



obecná koroze



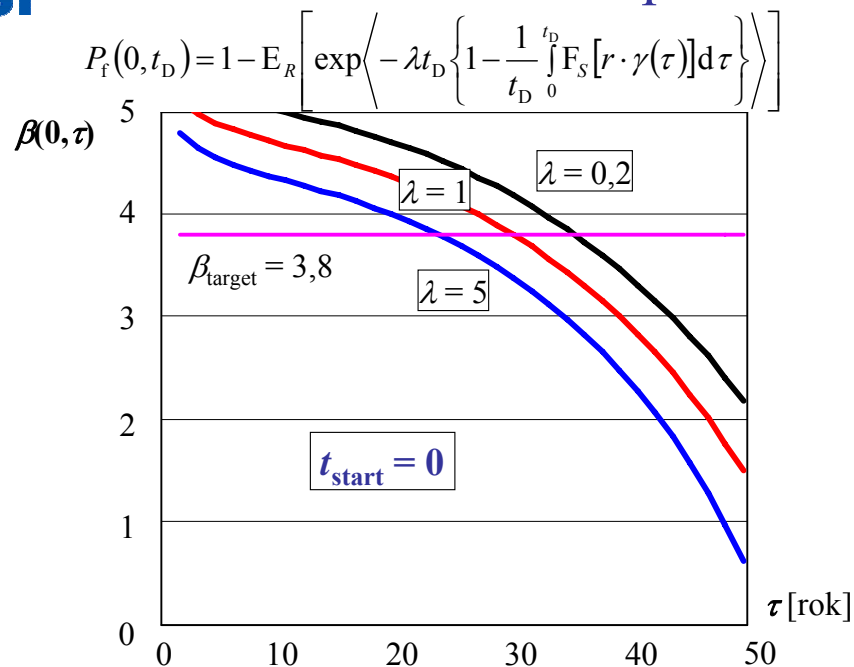
lokální koroze



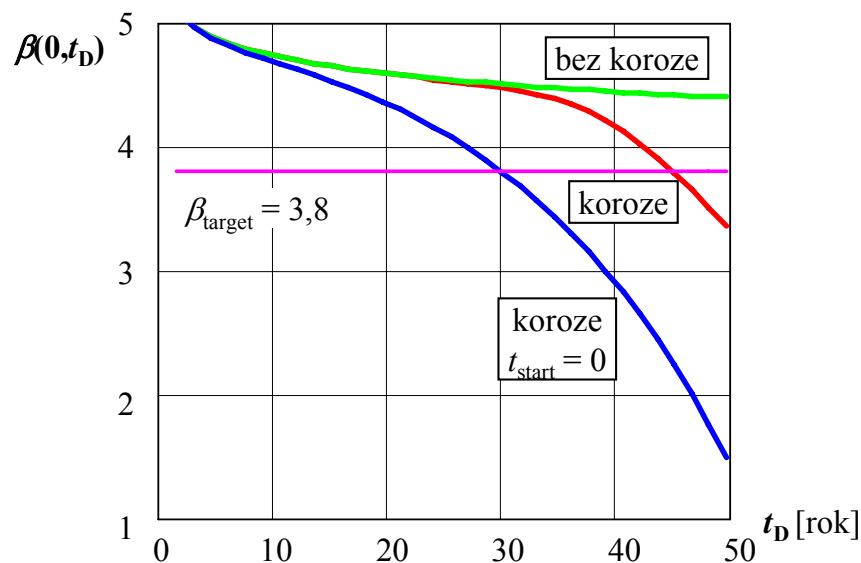
exponenciální funkce

- významný vliv na spolehlivost – stanovení vstupních parametrů

esf Vliv lokální koroze na spolehlivost



esf Spolehlivost s vlivem karbonatce a koroze



esf Závěry – trvanlivost (ISO 13823)

- Při ověřování spolehlivosti se rozlišují mezní stavy
 - trvanlivosti (DLS)
 - použitelnosti (SLS) a
 - únosnosti (ULS).
- ISO 13823 poskytuje metodiku k návrhu (hodnocení) konstrukcí na trvanlivost, avšak neuvádí směrné hodnoty pravděpodobnosti překročení mezního stavu.
- Směrná pravděpodobnost by měla být diferencována s ohledem na charakter mezního stavu, následky jeho překročení a náklady na snížení pravděpodobnosti překročení a nepříznivých následků.
- Metody pravděpodobnostní optimalizace mohou poskytnout důležité podklady pro stanovení směrné pravděpodobnosti.

esf Závěry – časově závislá spolehlivost (ISO 13822)

- Hodnocení časově závislé spolehlivosti existujících konstrukcí vyžaduje četná zjednodušení.
- Příloha E ISO 13822 naznačuje postup pro případ, že odolnost se mění v čase „pomalu“ a celkový účinek zatížení $S(t)$ lze nahradit stupňovitým procesem s krátkými zatěžovacími pulzy. Neřeší však problém kombinace zatížení.
- Numerické příklady naznačují, že spolehlivost významně závisí na modelu koroze. V uvažovaném případě se vliv koroze projevuje přibližně po 30 letech (souvislost s DLS).

- Úroveň spolehlivosti závisí na modelech pro trvanlivost, korozi, odolnost a zatížení → výsledky pouze indikativní. Zobecnění by mělo být založeno na dalších parametrických studiích s využitím zpřesněných modelů.
- Uplatnění nových postupů v praxi je podmíněno dalším výzkumem zaměřeným zvláště na:
 - výstižné fyzikální modely chování materiálů a
 - věrohodné teoretické modely základních veličin.

Děkuji za pozornost.

Prof. Ing. Milan Holický, DrSc. a Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.

**Pravděpodobnostní hodnocení trvanlivosti a
časově závislé spolehlivosti existujících konstrukcí**