

# Spolehlivost konstrukcí

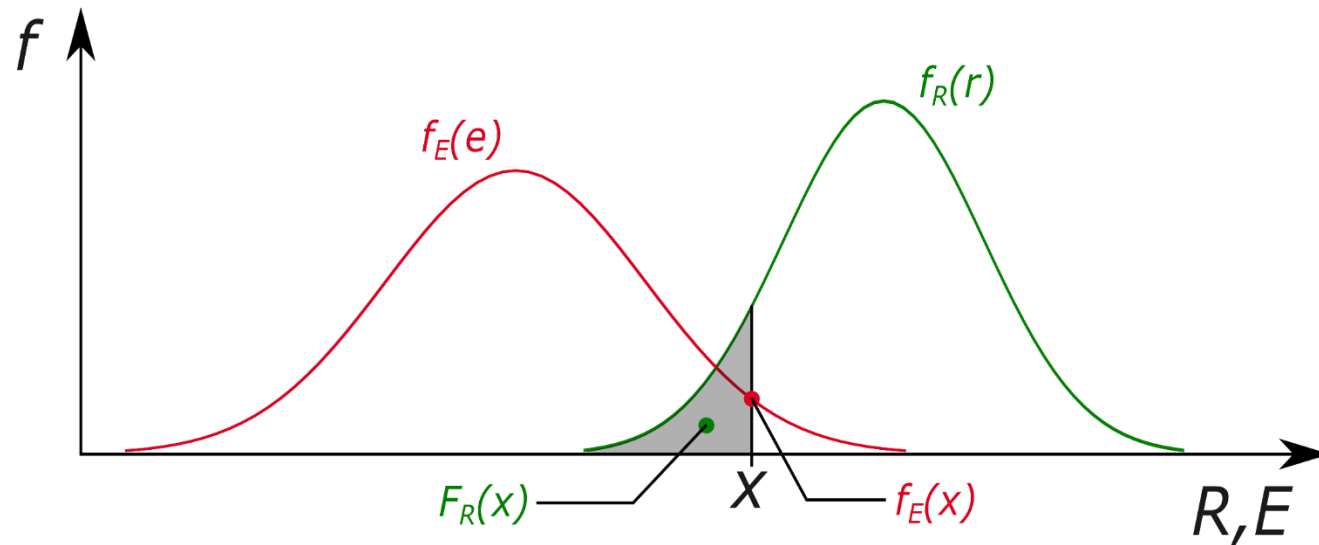
CVIČENÍ 6: SIMULAČNÍ METODA LATIN HYPERCUBE SAMPLING (LHS)



# Stanovení pravděpodobnosti poruchy

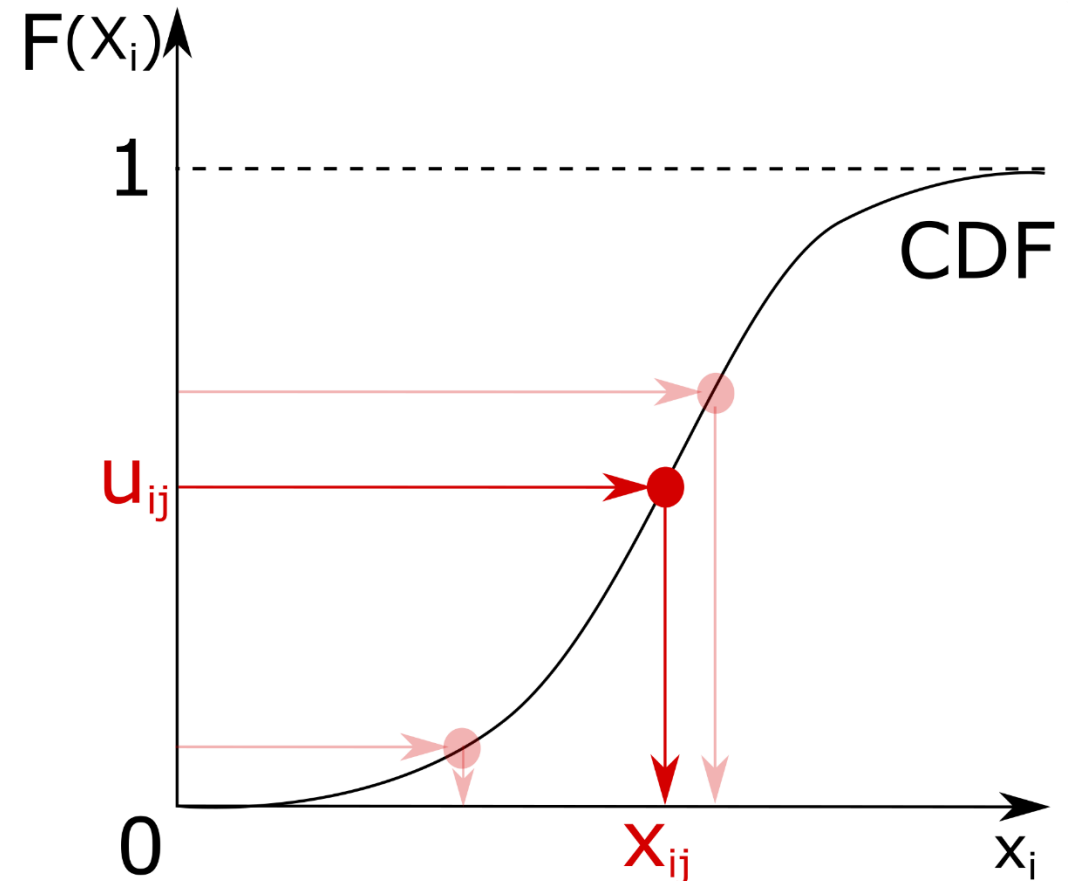
- Analyticky
- Numericky
  - **Simulační metody typu Monte Carlo** (výpočetně velmi náročné)
  - Aproximační metody (zjednodušení výpočtu)

$$P_f = \int_{-\infty}^{\infty} d_{pf} = \int_{-\infty}^{\infty} f_E(x) \cdot F_R(x) dx$$



# Princip metody Monte Carlo

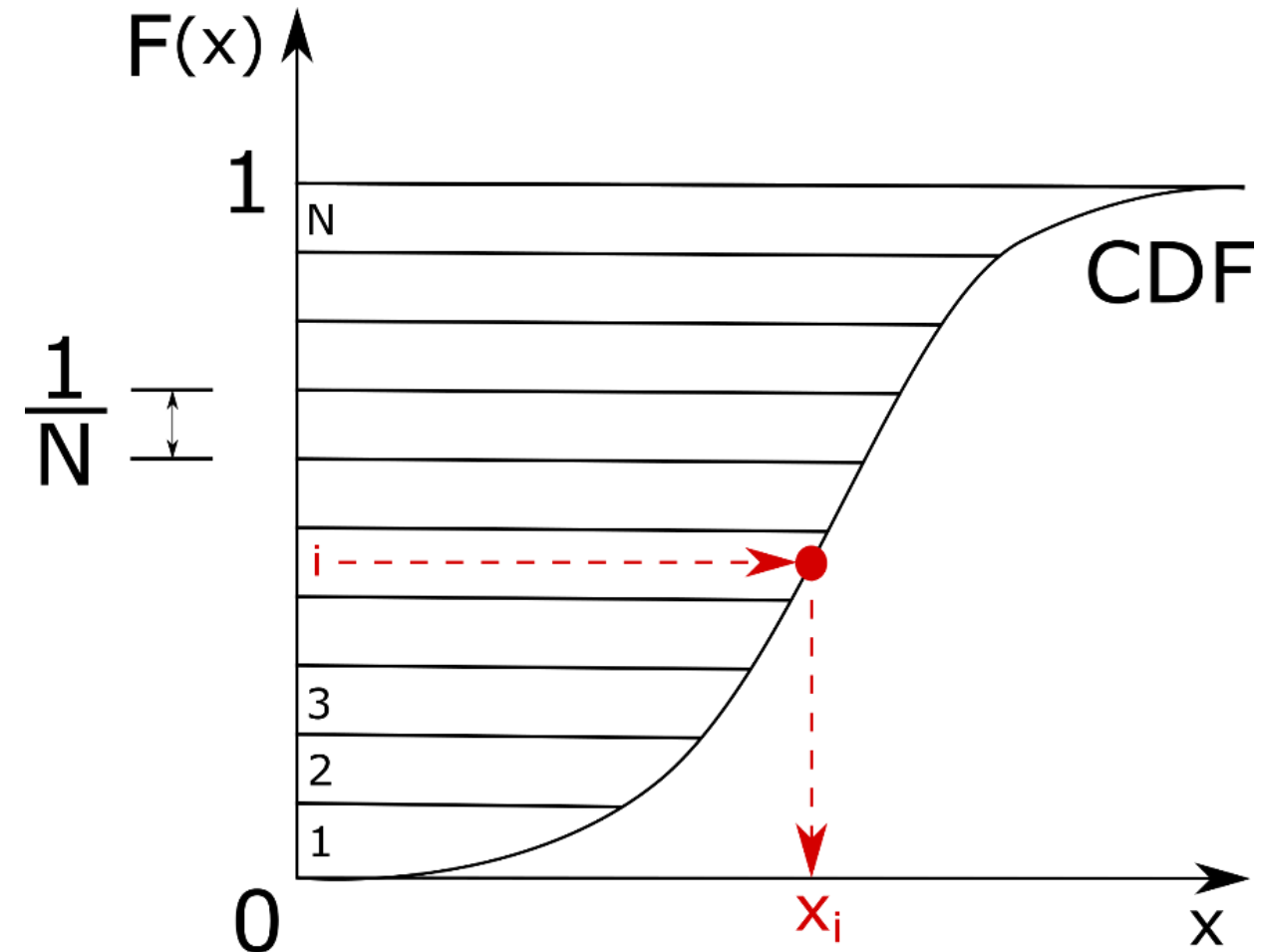
1. Generování  $N$  (pseudo)náhodných čísel  $u_{ij}$  na intervalu  $(0,1)$
2. Pomocí inverzení distribuční funkce stanovení  $N$  jednotlivých realizací  $i$ -té náhodné veličiny  $x_{ij}$
3. Využití realizací pro vyčíslení matematického modelu  $G(\mathbf{X})$
4. Stanovení počtu simulací  $N_f$  pro které došlo k „poruše“ ( $G < 0$ )
5. Odhad pravděpodobnosti poruchy





# Metoda Latin Hypercube Sampling (LHS)

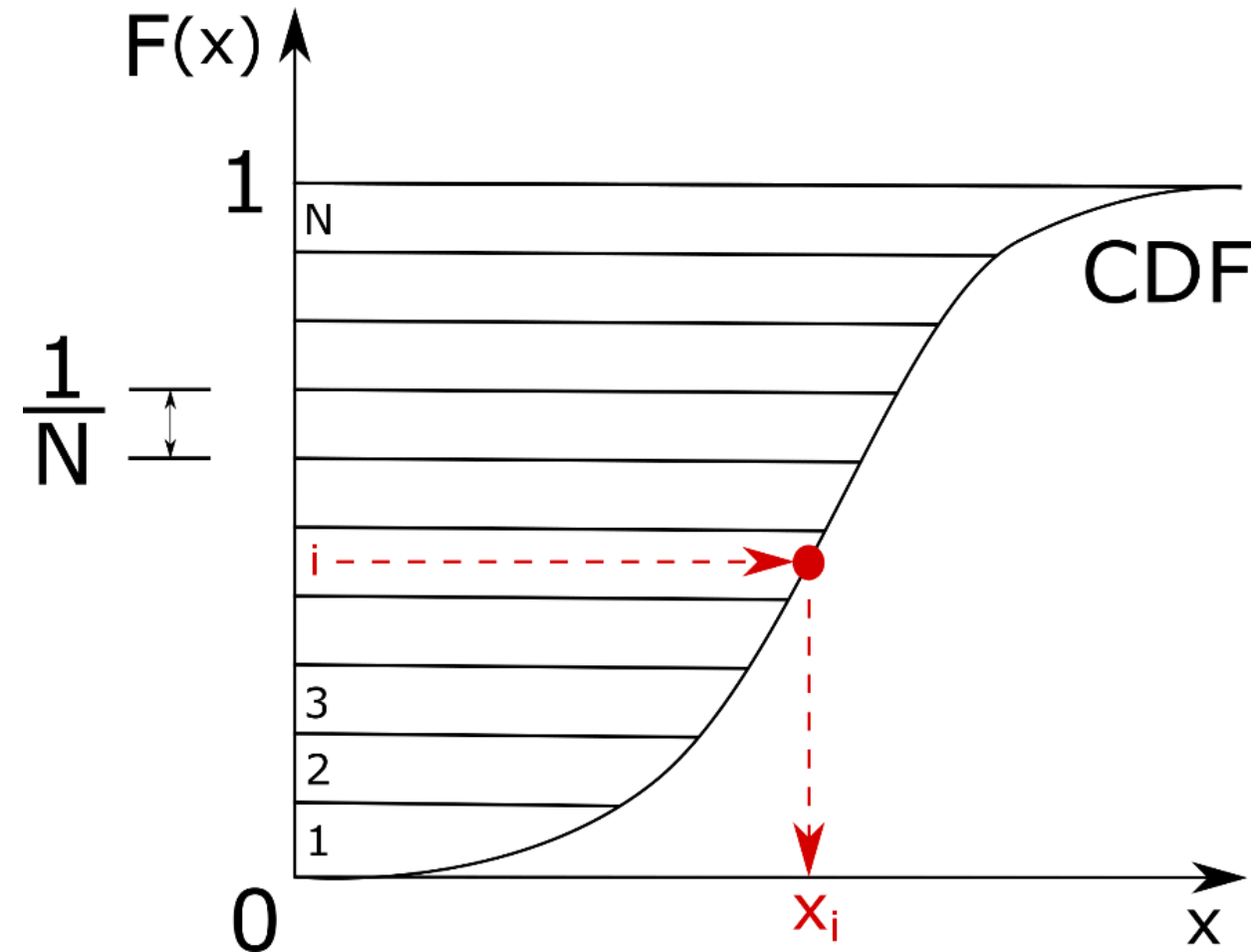
- Metoda typu Monte Carlo
- Realizace nejsou generovány náhodně, ale pomocí tzv. stratifikace (viz obrázek)
- Snížení nutného počtu realizací pro zachování významnosti odhadu statistických parametrů
- Rovnoměrně pokrývá celý návrhový prostor
- Problém s přidáváním dalších realizací
- $P_f$  nelze získat jako  $N_f/N_{tot}$





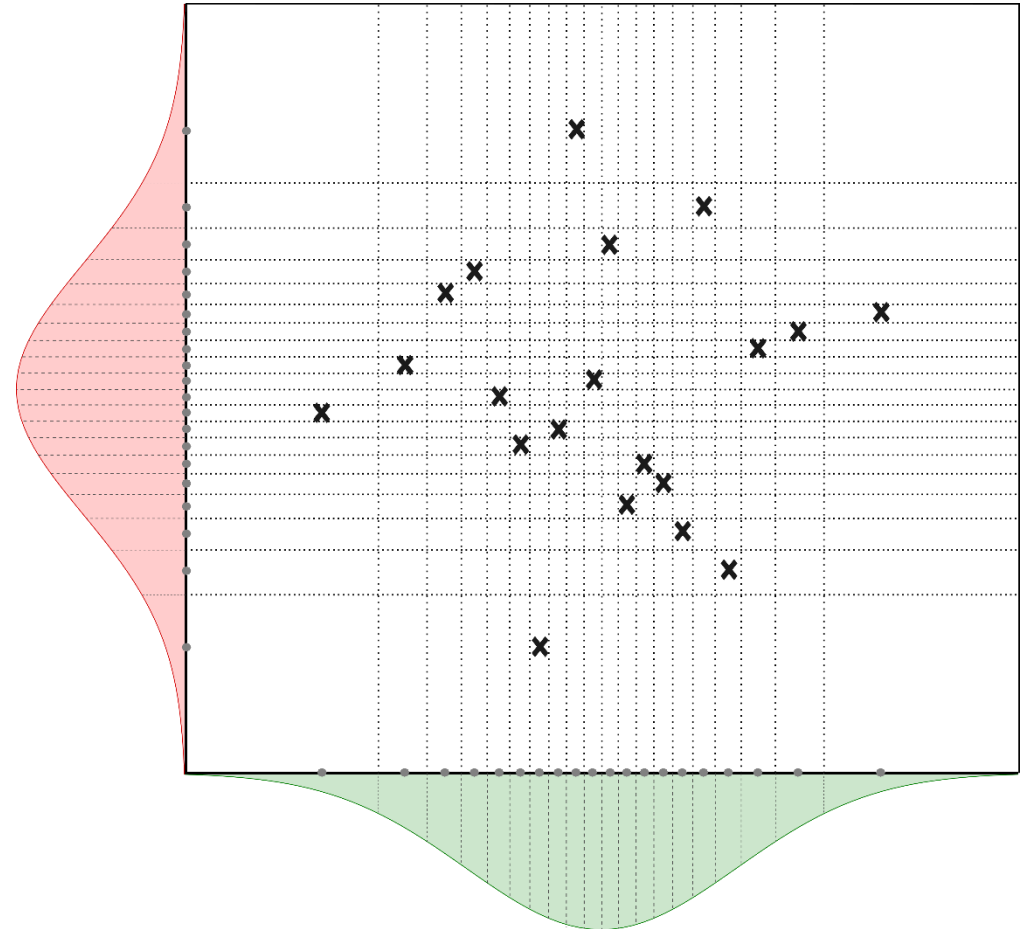
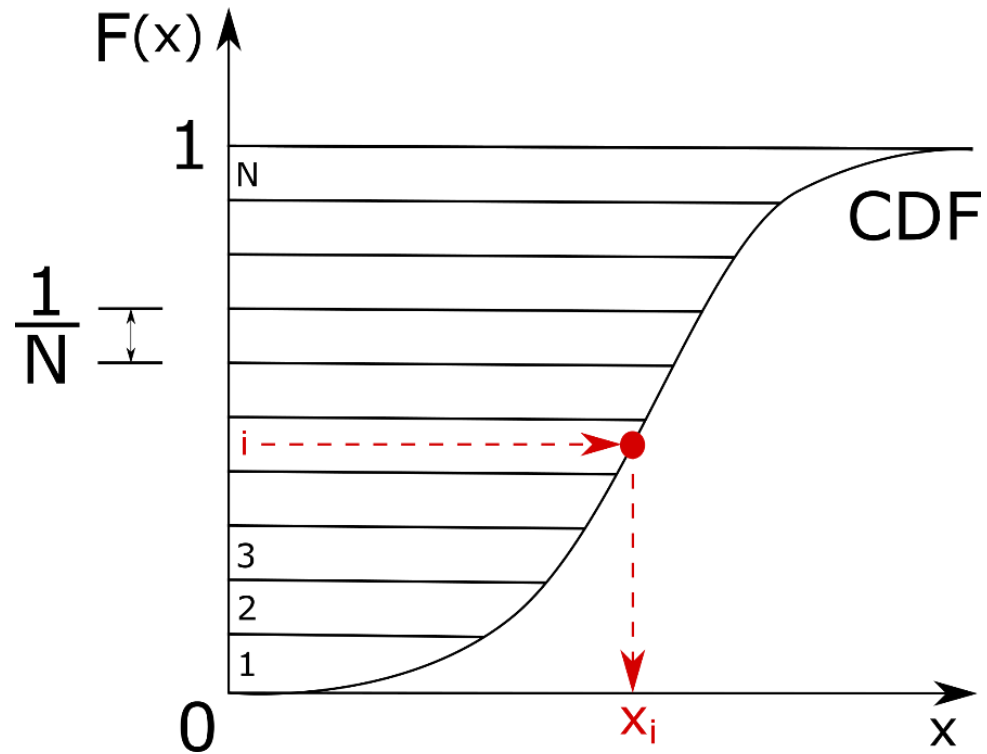
# Algoritmus metody LHS

1. Rozdělení intervalu  $(0,1)$  na  $N$  segmentů ( $N$  je počet realizací)
2. Pomocí inverzení distribuční funkce stanovení  $N$  jednotlivých realizací náhodné veličiny  $x$  (v každém segmentu Mean/Medián/Random)
3. Sestavení matice realizací. Náhodně zaměnit pořadí realizací jednotlivých náhodných veličin (permutace)
4. Využití realizací pro vyčíslení matematického modelu  $G(\mathbf{X})$





# Ilustrace metody LHS

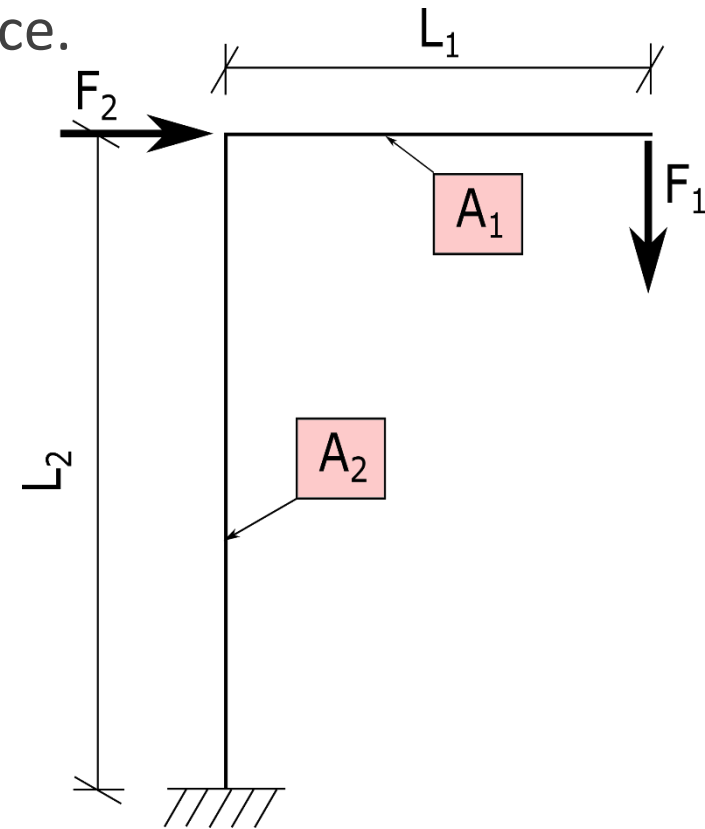




# Příklad 1. Lomený nosník

Stanovte pravděpodobnost poruchy lomeného nosníku dle obrázku pomocí metod LHS a MC. Proveďte citlivostní analýzu jednotlivých vstupních náhodných veličin s normálním rozdělením a stat. parametry uvedenými v tabulce.

Veličina	Rozdělení	$\mu$	$\sigma$	Jednotka
L1	Gaussovo	1	0.01	[m]
L2	Gaussovo	2	0.01	[m]
A1	Gaussovo	0.2	0.01	[m]
A2	Gaussovo	0.4	0.02	[m]
Ft	Gaussovo	124	15	[MPa]
F1	Gaussovo	120	20	[kN]
F2	Gaussovo	400	40	[kN]





# Příklad 1. Lomený nosník

1. Sestavení rovnice rezervy spolehlivosti pro jednotlivé pruty  $Z_1$  a  $Z_2$
2. Generování 1000 simulací pomocí MC (EXCEL) Generování 100 simulací pomocí LHS (EXCEL)
  1. Vytvořit tabulku pořadí realizací jednotlivých náhodných veličin (náhodná permutace)
  2. Generování realizací náhodných veličin dle tabulky pořadí
3. Analýza generovaných realizací (statistické momenty) a citlivostní analýza pomocí korelačních koeficientů mezi vstupní veličinou a rezervou spolehlivosti.
4. Využití realizací pro vyčíslení rezervy spolehlivosti. Odhad  $Pf_1$  a  $Pf_2$  pomocí MC a indexu spolehlivosti dle Cornella.

