

Rizikového inženýrství stavebních systémů

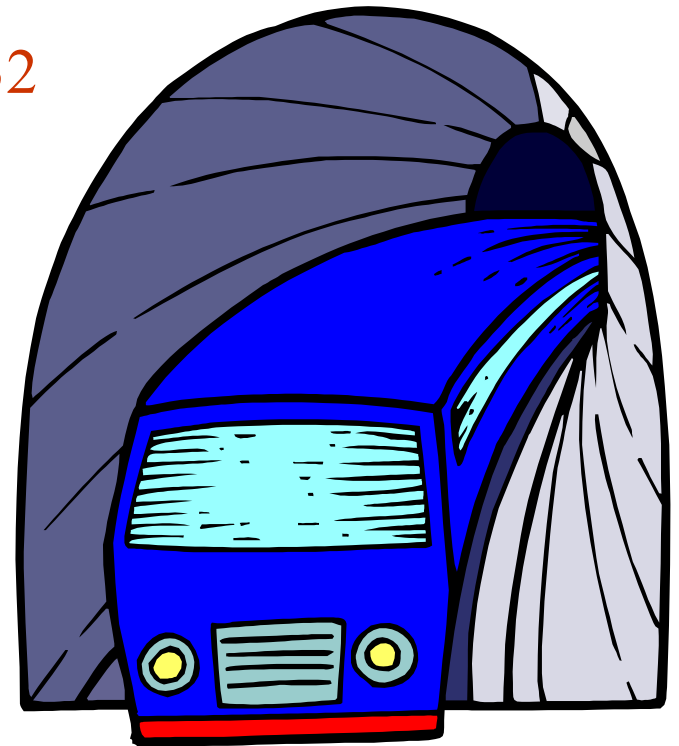
Milan Holický, Kloknerův ústav ČVUT

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

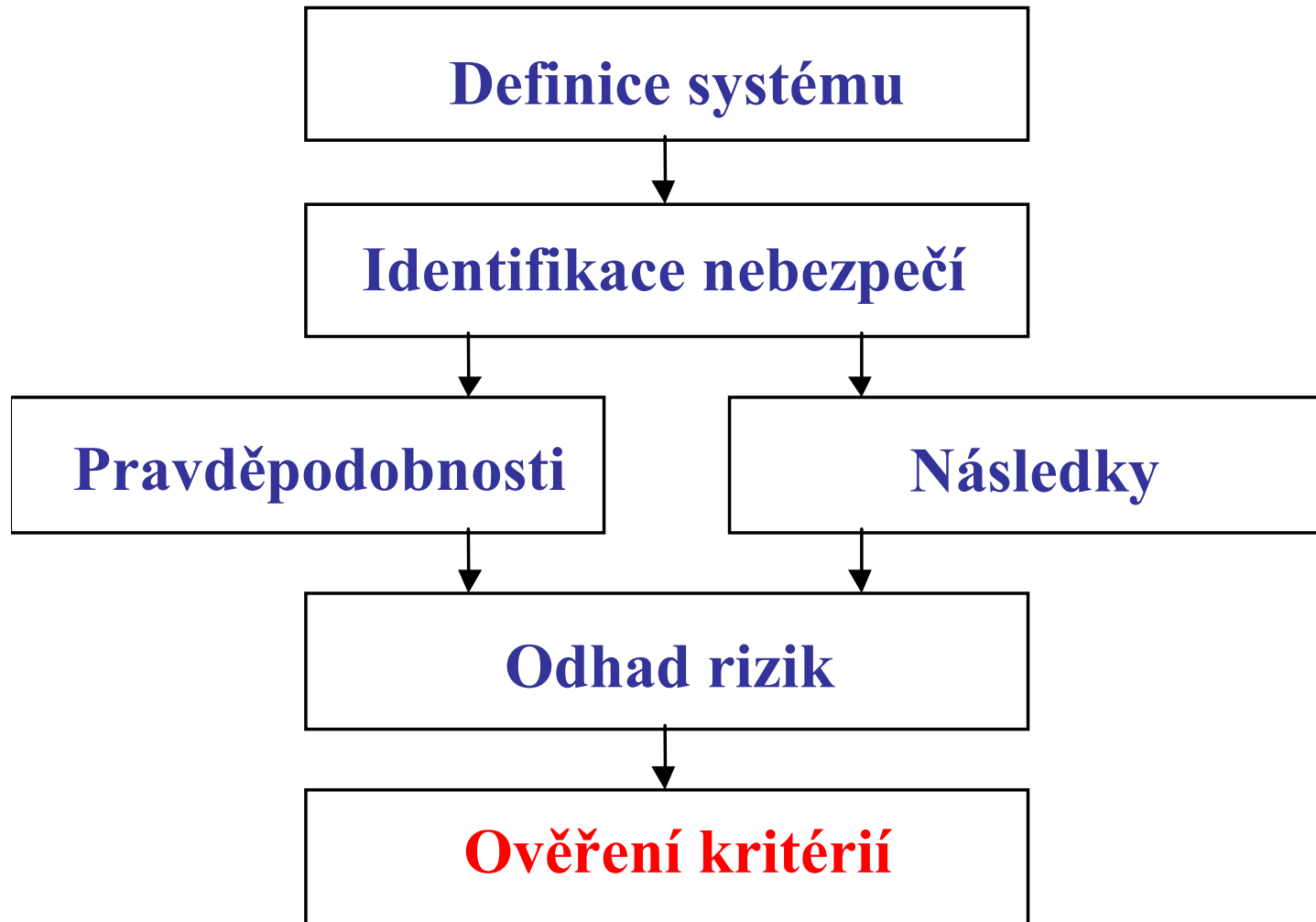
Tel.: 24353842, Fax: 24355232

E-mail: Holicky@vc.cvut.cz

Základní pojmy
Management rizik
Metody analýzy rizik
Přijatelná rizika
Závěrečné poznámky



Obecný postup rizikového inženýrství



Základní pojmy

System - System: Vymezený soubor vzájemně závislých prvků tvořících celek určený k dosažení stanoveného cíle.

Nebezpečí – Hazards: Soubor okolností, které mohou způsobit nežádoucí jevy s nepříznivými následky.

Identifikace nebezpečí - Hazard identification: Stanovení možných nebezpečí a jejich charakteristik.

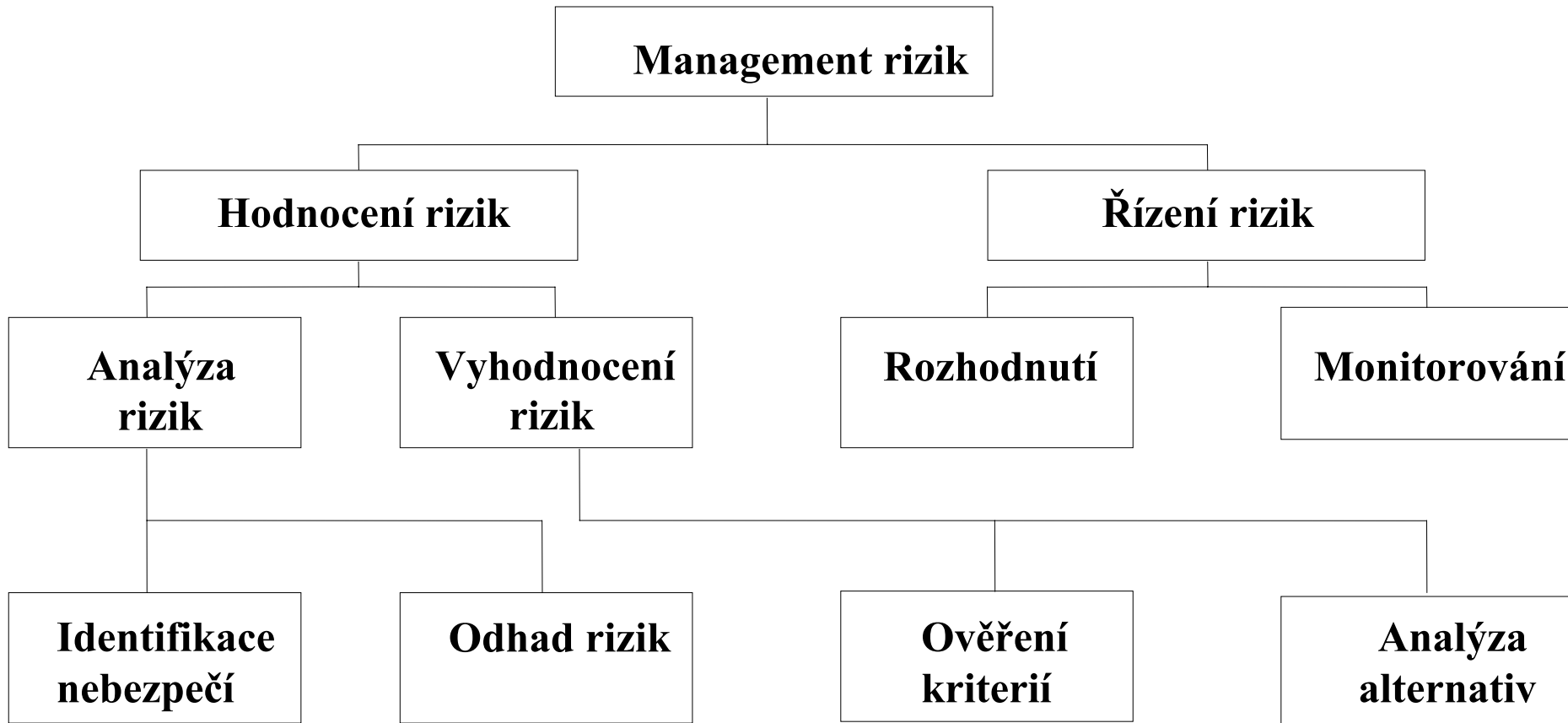
Riziko - Risk: Míra nepříznivých sociálních, ekologických a ekonomických následků, které mohou být vyvolány nežádoucími jevy. Pro jeden nežádoucí jev se riziko R vyjadřuje na základě pravděpodobnosti P vzniku tohoto jevu a následku C , který nastane při uskutečnění tohoto jevu

$$R = P \times C$$

Analýza rizik - Risk analysis: Analýza dostupných informací s cílem odhadnout sociální, ekologická a ekonomická rizika pro daný systém a identifikovaná nebezpečí.

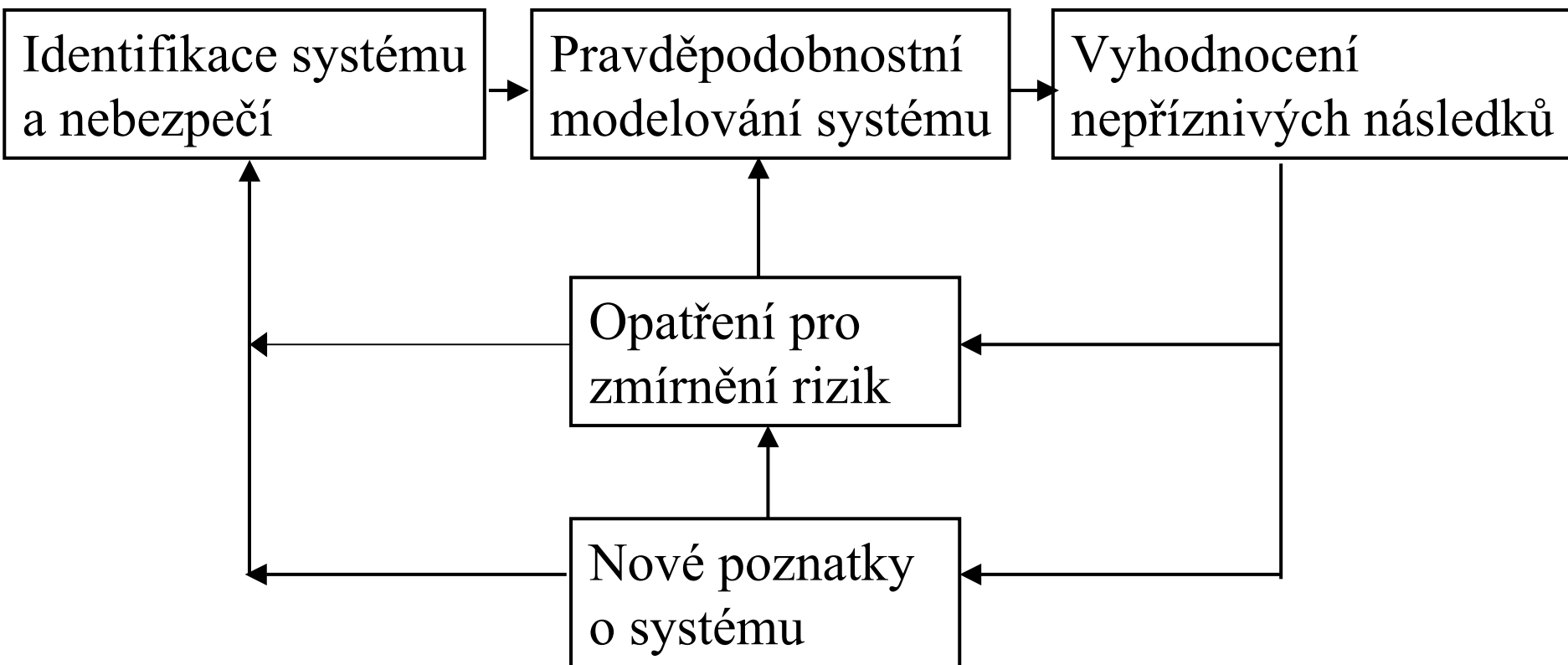
Management rizik

podle CIB W32, 2001

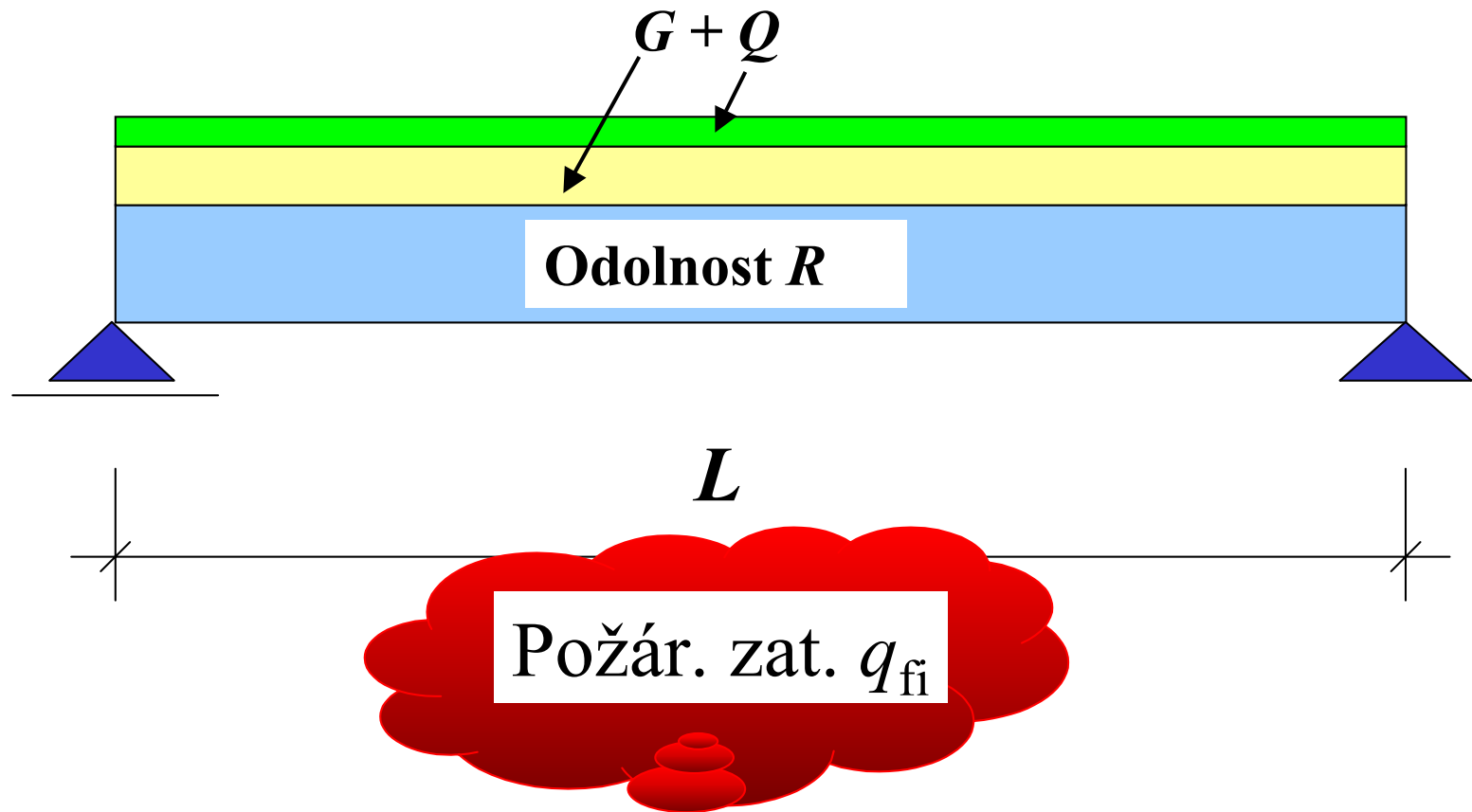


Hodnocení rizik

Zpravidla cyklický proces



Příklad stavebního objektu (tunelu) při požáru

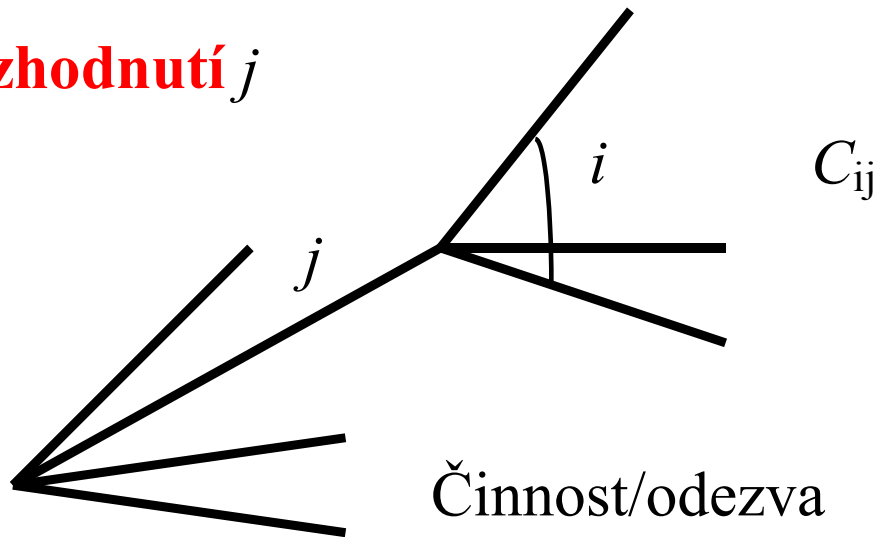


$$t_d > t_{d,regu}, E_d < R_d, \Theta_d > \Theta_{cr,d} \mid \text{požár}$$

Stromkový diagram

Náhodný výstup **Následky/užitek**

Rozhodnutí j



Možné alternativy

$$R_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} \times C_{ij}$$

Stavební systém (tunel) při požáru

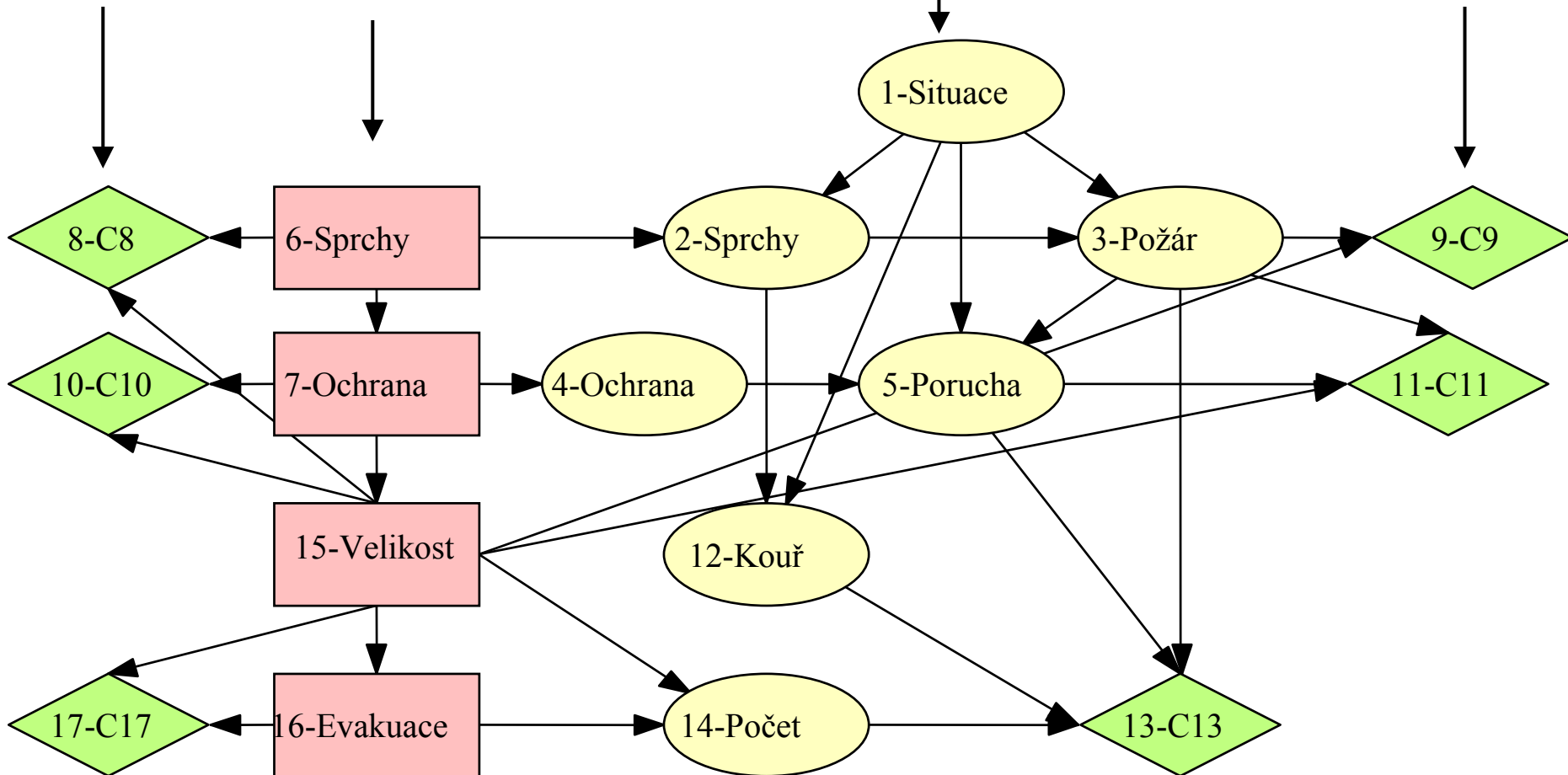
Uzly:

užitkové

rozhodovací

náhodné

užitkové



Základní postup při rozboru rizik

System, prvky, uzly, přičinné vazby

Nebezpečí - disjunktní jevy H_i :

$$\sum_i P(H_i) = 1$$

Dílčí podmíněné pravděpodobnosti poruchy F při výskytu nebezpečné situace H_i

$$P\{F | H_i\} = \int_{g(\mathbf{x}) < 0} f_X(\mathbf{x} | H_i) d\mathbf{x}$$

Celková pravděpodobnost poruchy

$$P_F = \sum_i P(F | H_i) P(H_i)$$

Nepříznivé jevy E_{ij}

Nebezpečná situace H_i může vyvolat nepříznivé jevy E_{ij} . Podmíněnou pravděpodobnost nepříznivého jevu E_{ij} při výskytu nebezpečné situace H_i

$$P\{E_{ij} | H_i\}$$

se stanoví rozbořem nebezpečí H_i . Celková pravděpodobnost výskytu nepříznivého jevu E_j

$$P\{E_j\} = \sum_i P\{E_{ij} | H_i\} P\{H_i\}$$

Stanovení rizika

Riziko jako součin očekávaných nákladů (škod) a $M(C|F)$ pravděpodobnosti poruchy P_F

$$R = M(C|F) P_F = C P_F$$

Riziko jako funkce základních veličin X

$$R = \int R(\mathbf{x}) f_X(\mathbf{x}) d\mathbf{x}$$

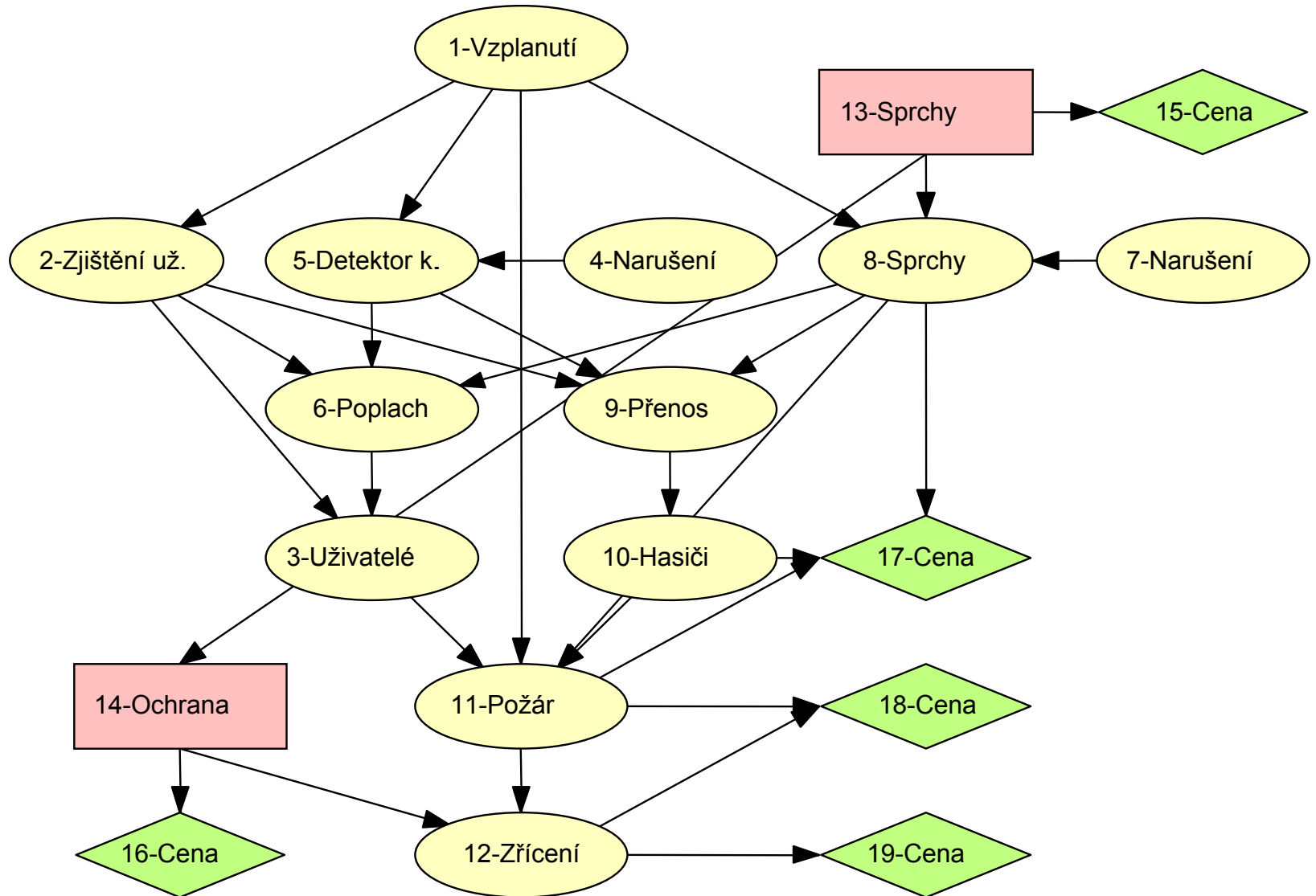
Celkové riziko jako součin dílčích nákladů C_{ij} nepříznivých jevů E_{ij}

$$R = \sum_{ij} C_{ij} P(E_{ij}|H_i) P(H_i)$$

Normální situace a mimořádná situace při požáru

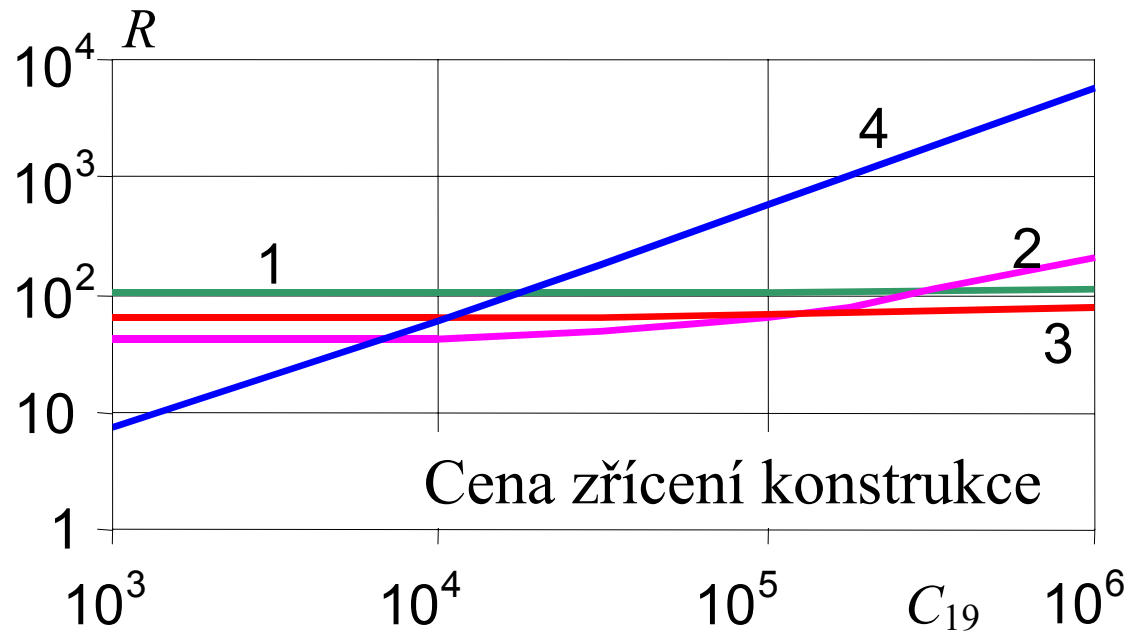
- H_1 - normální situace ∞ $E_{1,1}$ - por. použitelnosti
 ∞ $E_{1,2}$ - porucha konstrukce
- H_2 - mimořádná sit. ∞ $E_{2,1}$ - aktivace sprch
 ∞ $E_{2,2}$ - aktivace hasičů
 ∞ $E_{2,3}$ - rozvinutí požáru
 ∞ $E_{2,4}$ - porucha konstrukce

Bayesovská síť



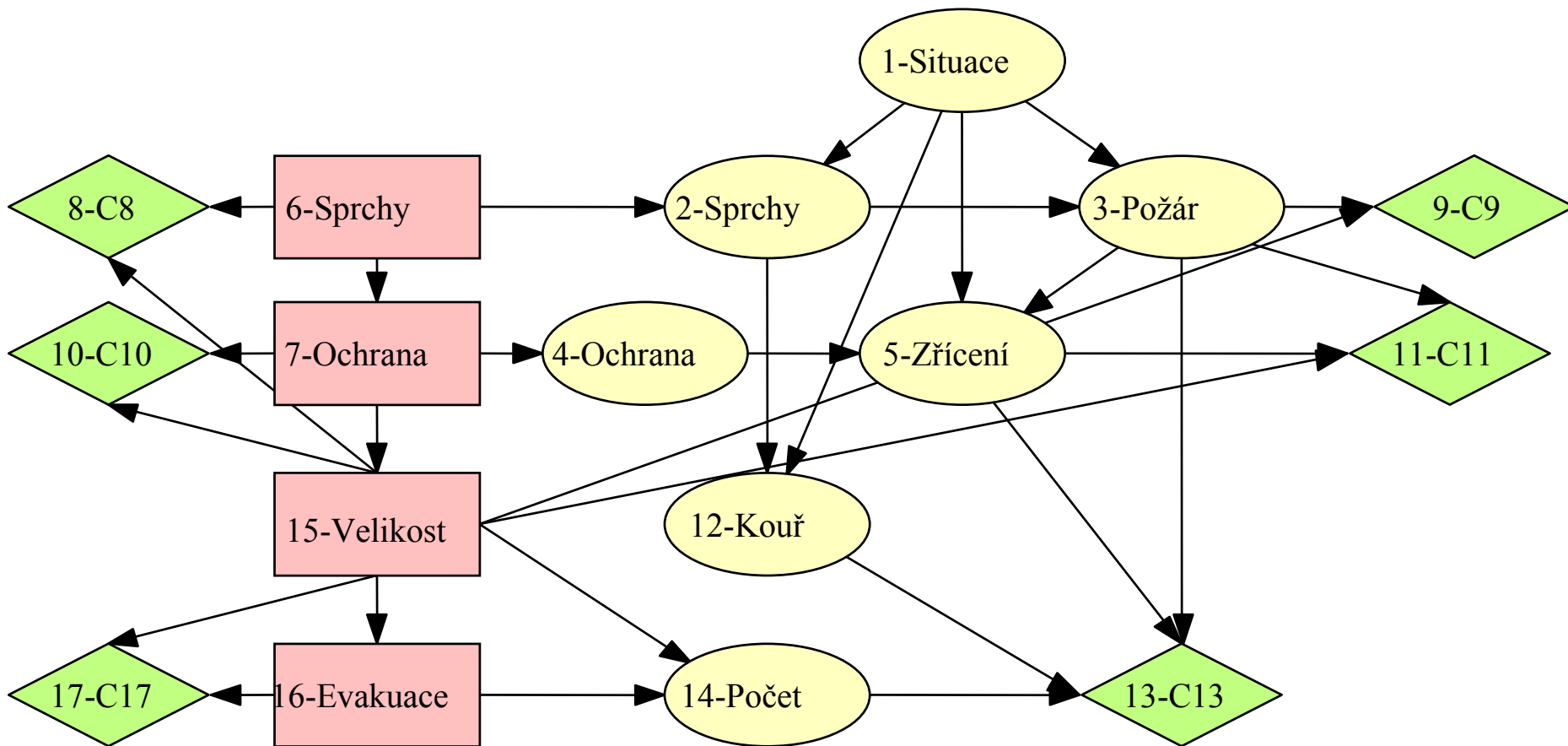
Celkové riziko

$$R = C_{15}(E_{13})P\{E_{13}\} + C_{16}(E_{14})P\{E_{14}\} + C_{17}(E_8, E_{10}, E_{11})P\{E_8, E_{10}, E_{11}\} + \\ + C_{18}(E_{11}, E_{12})P\{E_{11}, E_{12}\} + C_{19}(E_{12})P\{E_{12}\}$$



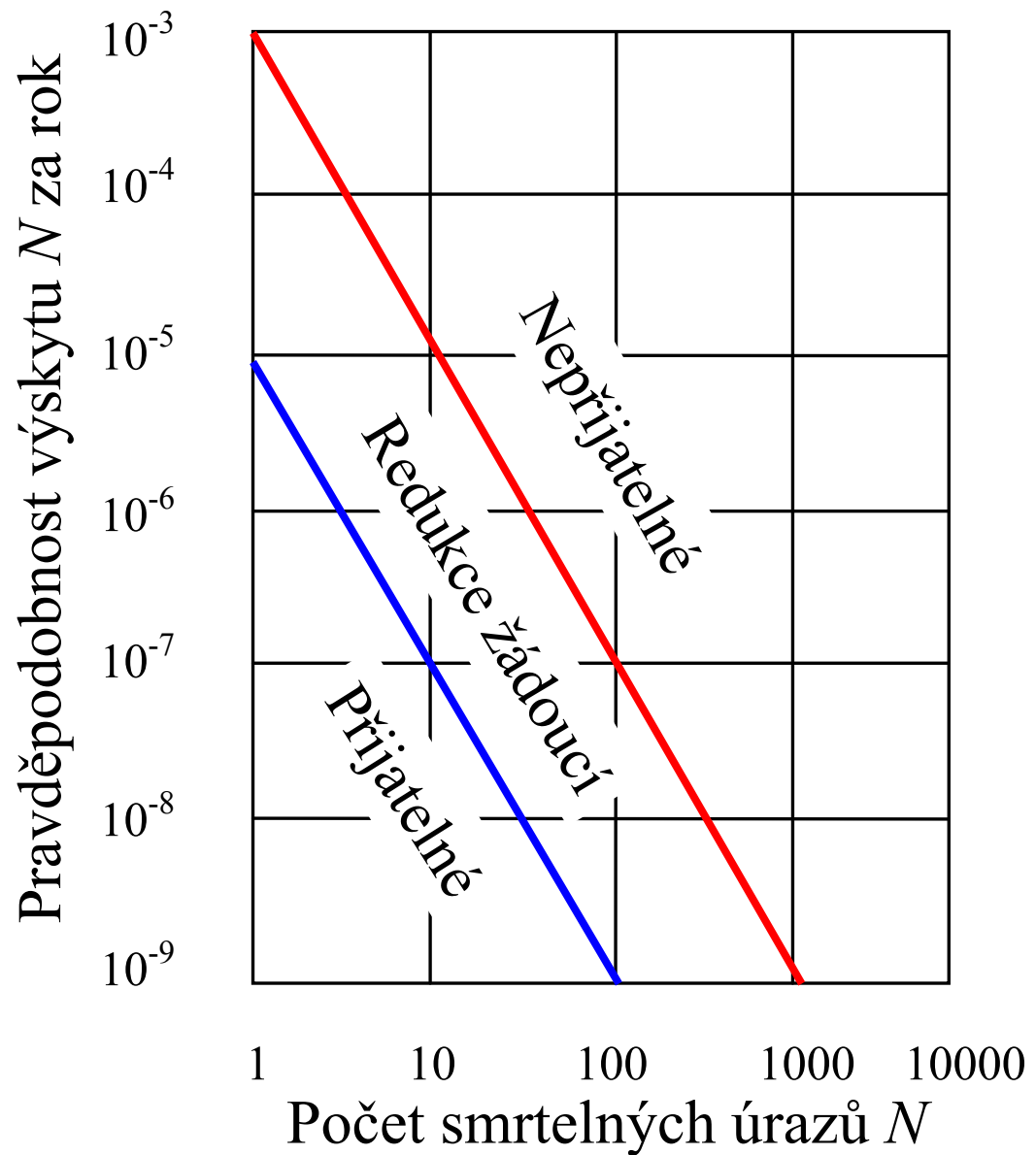
1-sprchy a ochrana, 2-sprchy bez ochrany,
3-ochrana bez sprch, 4-ani sprchy ani ochrana

Hodnocení rizik pro budovy a uživatele



Směrné hodnoty rizik

Směrné hodnoty
sociálního rizika



Pravděpodobnost ztráty života

Za 1 hodinu na 10^8 osob

Činnost	Počet úmrtí
Horolezectví	2700
Letecká doprava	120
Automobilová doprava	56
Stavební činnost	7.7
Tovární výroba	2.0
Zřícení konstrukce	0.002

Závěrečné poznámky

- **Největší předností metod rizikového inženýrství je rozbor a hodnocení nepříznivých následků.**
- **Pravděpodobnostní metody ověřování systémů se proto doplňují o hodnocení rizik.**
- **Uplatnění rizikového inženýrství v praxi vyžaduje:**
 - **metodiku modelování stavebních systémů v nebezpečných situacích,**
 - **metodiku stanovení vstupních hodnot pro náhodné a užitkové uzly,**
 - **údaje o sociálních, ekologických a ekonomických následcích nepříznivých jevů,**
 - **směrné (přijatelné) hodnoty celkových rizik.**