

SPOLEHLIVOST STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.

Ing. Jana Marková, Ph.D.

Ing. Miroslav Sýkora

Kloknerův ústav ČVUT

Tel.: 224353842, Fax: 224355232

E-mail: holicky@klok.cvut.cz

SSK4 - Osnova

Přednášky

1. **Úvod, základní pojmy, historické postupy**
2. **Základy teorie pravděpodobnosti**
3. **Statistické metody zpracování dat**
4. **Pravděpodobnostní modely základních veličin**
5. **Kvantil náhodné veličiny**
6. **Charakteristické a návrhové hodnoty**
7. **Základní případy rozboru spolehlivosti**
8. **Zjednodušené metody ověřování spolehlivosti**
9. **Metoda dílčích součinitelů spolehlivosti**
10. **Časově závislá spolehlivost konstrukcí**
11. **Navrhování na základě zkoušek**
12. **Ověřování spolehlivosti existujících konstrukcí**
13. **Metody rizikového inženýrství**
14. **Příklady rozboru spolehlivosti a rizik**

Cvičení

1. **Zpracování numerického souboru**
2. **Stanovení charakteristické hodnoty**
3. **Spolehlivost ocelového táhla**
4. **Spolehlivost železobetonové desky**
5. **Rozbor časově závislého vlivu karbonatace**
6. **Metody navrhování**

Prameny

- Skripta: M. Holický, Zásady ověřování spolehlivosti a životnosti staveb
- EN 1990, EN 1991-1-1, ENV1991-x-x
- Podkladové materiály Background documents
- IABSE Kolokvium 1996
- Stavební obzor a další časopisy
- Semináře o Eurokódech
- Výuka

Nejistoty - spolehlivost

■ Nejistoty

- Neznalosti - nové materiály a podmínky
- Náhodnosti - přirozená proměnlivost
- Statistické nejistoty - nedostatek dat
- Neurčitosti - nepřesnosti definic
- Hrubé chyby - lidský činitel

■ Nástroje

- teorie pravděpodobnosti a fuzzy množin
- matematická statistika

Některé nejistoty je obtížné kvantifikovat

Metody ověřování spolehlivosti

- Historické a empirické metody
- Dovolená namáhání
- Stupeň bezpečnosti
- Metoda dílčích součinitelů
- Pravděpodobnostní metody
- Rizikové inženýrství

Zvyšuje se náročnost výpočtu

Základní pojmy a definice - 1

- **Spolehlivost** - vlastnost (pravděpodobnost) konstrukce plnit předpokládané funkce během stanovené doby životnosti za určitých podmínek.
 - spolehlivost - pravděpodobnost poruchy p_f
 - funkce - požadavky
 - doba životnosti T
 - určité podmínky
- **Pravděpodobnost poruchy p_f je**
nejdůležitější a objektivní míra spolehlivosti konstrukce

Základní pojmy a definice - 2

- **Mezní stavy** - stavy při jejichž překročení ztrácí konstrukce schopnost plnit funkční požadavky
- **Mezní stavy únosnosti**
 - ztráta rovnováhy konstrukce jako tuhého tělesa
 - porušení, zřícení ztráta stability
 - porušení únavou
- **Mezní stavy použitelnosti**
 - provozuschopnost částí konstrukce
 - pohodlí uživatelů
 - vzhled

Základní pojmy a definice - 3

■ **Návrhové situace**

- **Trvalá - normální provoz**
- **Přechodná - výstavba, přestavba**
- **Mimořádná - výbuch, náraz**
- **Seizmická - zemětřesení**

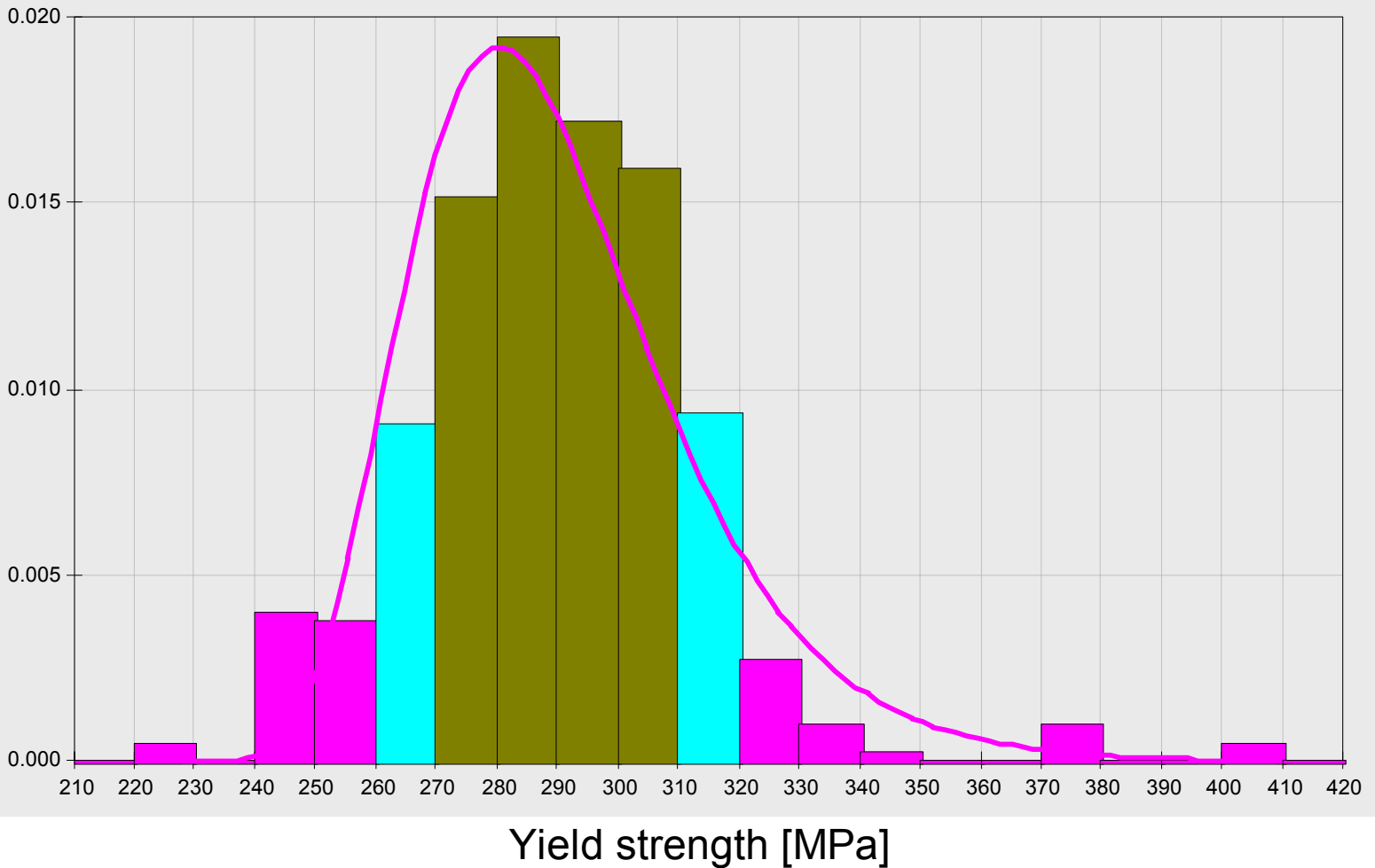
■ **Návrhová doba životnosti**

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| – Vyměnitelné součásti | 1 až 5 let |
| – Dočasné konstrukce | 25 let |
| – Budovy | 50 let |
| – Mosty, památníky | 100 let |

Mez průtažnosti

Relative frequency

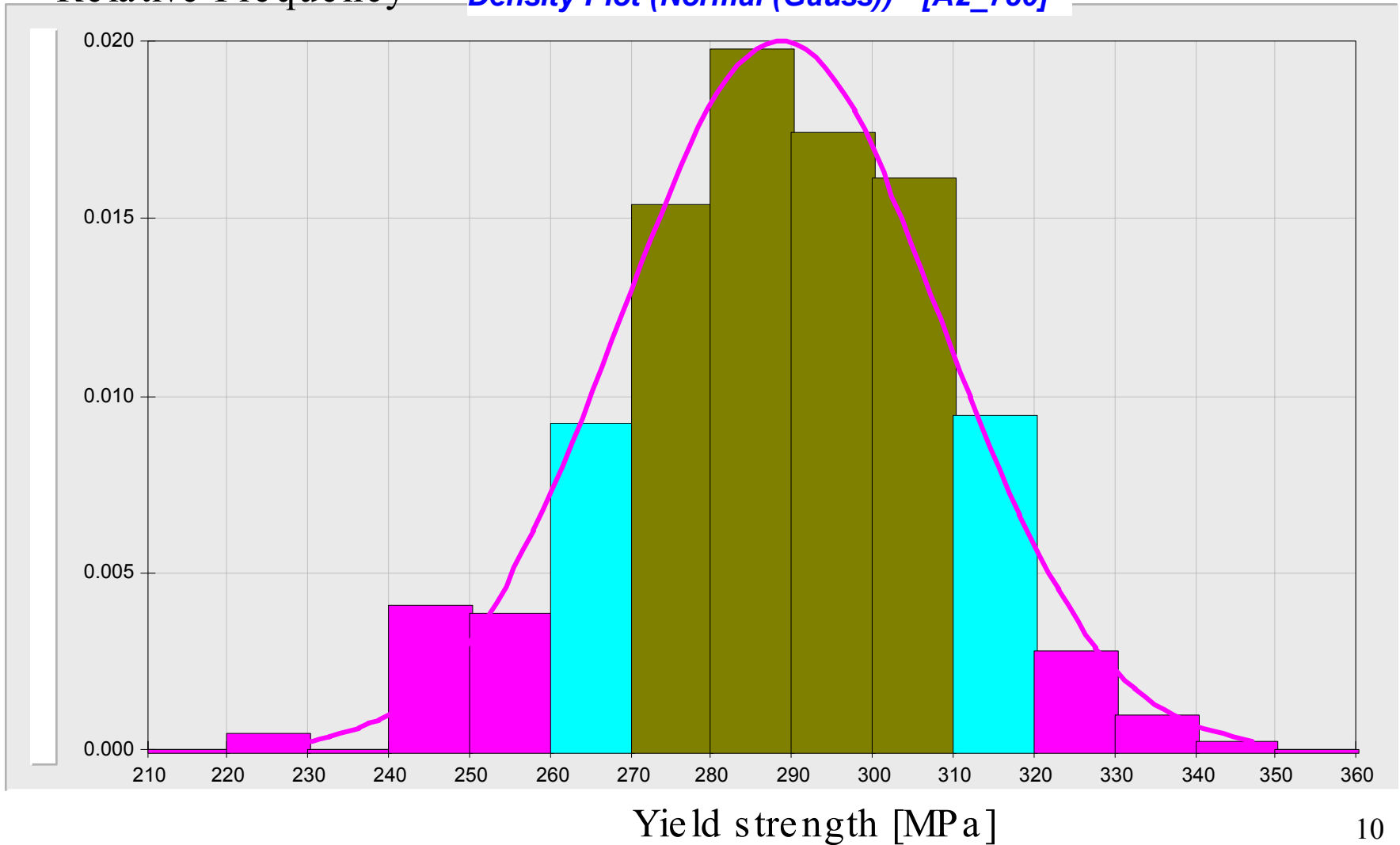
Density Plot (Shifted Lognormal) - [A1_792]



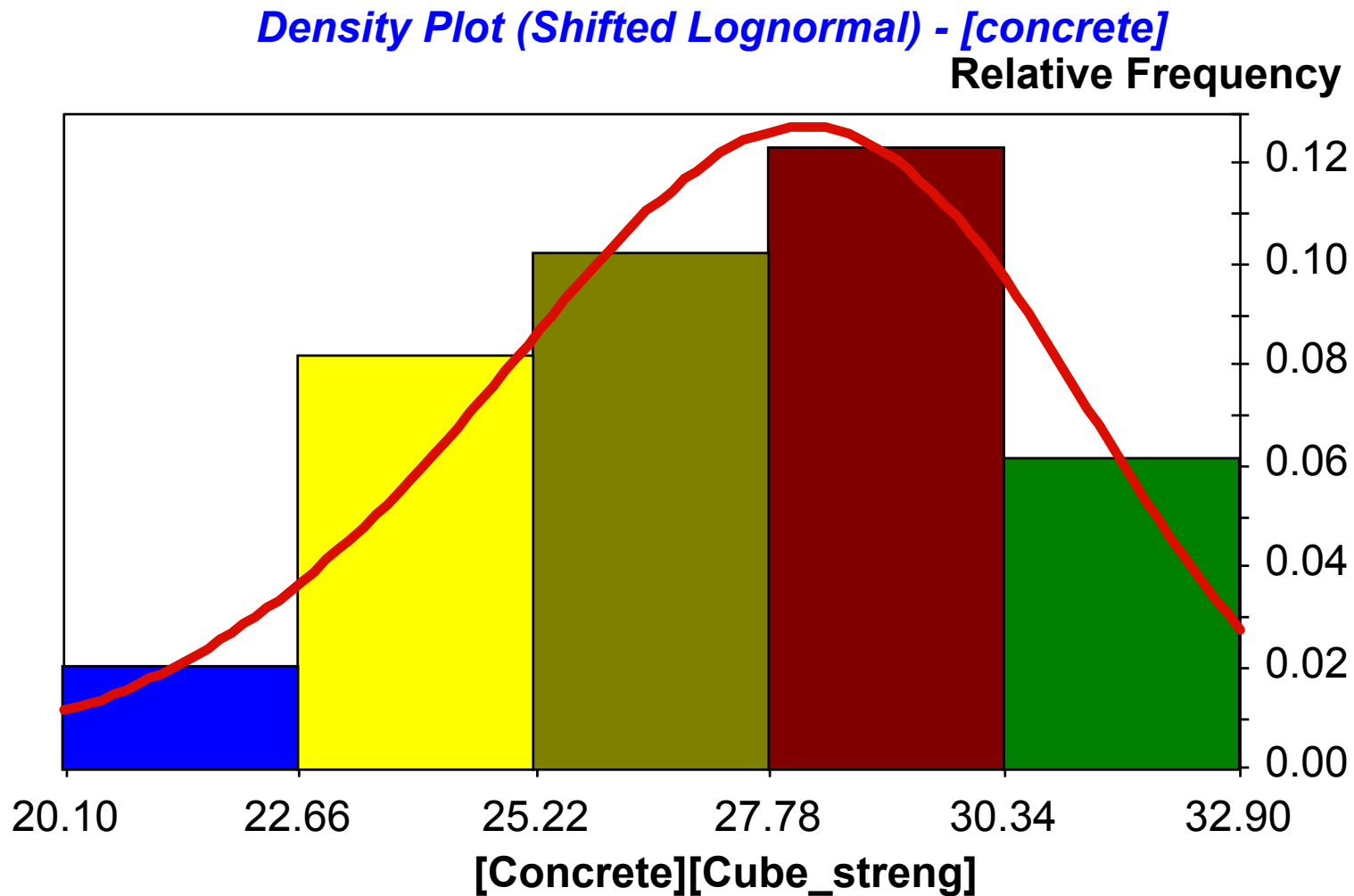
Mez průtažnosti

Relative Frequency

Density Plot (Normal (Gauss)) - [A2_780]



Concrete C16/20 - 19 cubes



Příčiny poruch

NÁVRH	PROVÁD.	PROVOZ	OSTATNÍ
20 %	50 %	15 %	15 %
LIDSKÉ CHYBY		ZATÍŽENÍ	
80 %		20 %	

Návrhová pravděpodobnost

Pro návrhovou dobu 50 let

$$p_d \sim 10^{-4}, \beta \sim 3,8$$

Počet úmrtí za

Činnost/příčina	1 h. a 10^8 o.,	50 let a 1 o.
Horolezectví	2700	(>1,0)
Letecká doprava	120	0,5
Automobilová doprava	56	0,25
Výstavba	7,7	0,033
Průmyslová výroba	2,0	0,0088
Zřícení konstrukce	0,002	0,000009

NEJSTARŠÍ STAVEBNÍ ZÁKON

Zákony Hammourabiho, Babylon, 2200 BC



Stavitel nedostatečně pevného domu,
který se zřítil a zabil majitele,
- bude připraven o život.



Základní a výsledné veličiny

- Základní veličiny:
 - zatížení F
 - materiálové vlastnosti f
 - rozměry a
- Výsledné veličiny
 - odolnosti konstrukce R
 - účinku zatížení E

Dovolená namáhání

- Zatížení - charakteristické
- Rozměry F_k - nominální
- Materiálové vlastnosti a_k σ_{dov} - dovolené

$$\sigma_{extr}(F_k, a_k) < \sigma_{dov} = R / k$$

- **Nedostatky**
 - lokální podmínky
 - jediný ukazatel spolehlivosti k
 - nevyrovnaná pravděpodobnost poruchy pro různé konstrukční prvky a materiály

Stupeň bezpečnosti

- Zatížení F_k - charakteristické
- Rozměry a_k - nominální
- Materiálové vlastnosti f_k - charakteristické

$$E_k (F_k, f_k, a_k) < R_k / s$$

Nedostatky

- jediný ukazatel spolehlivosti s
- nevyrovnaná pravděpodobnost poruchy pro různé konstrukční prvky a materiály

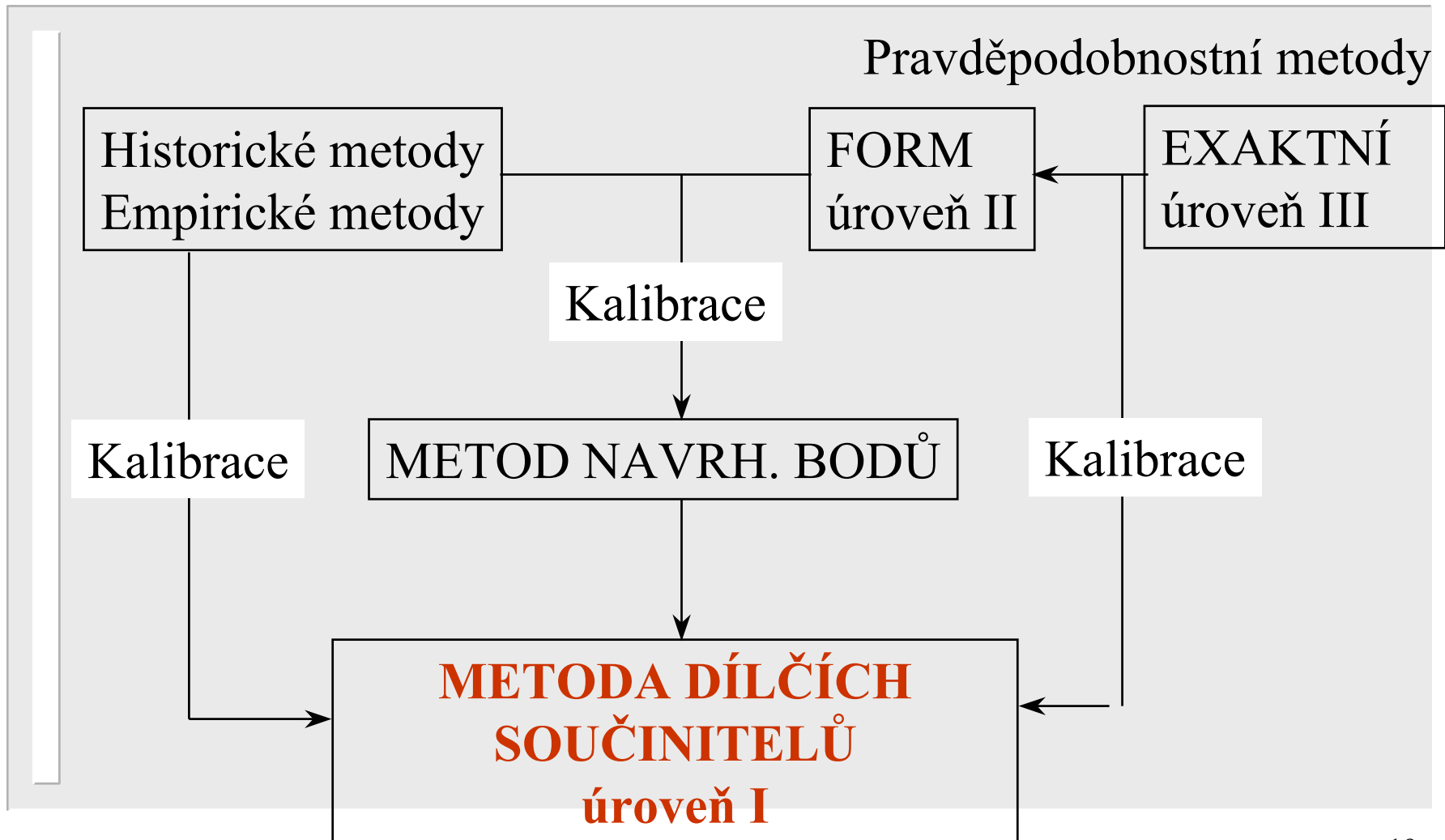
Metoda dílčích součinitelů

- Zatížení návrhové $F_d = \gamma_F F_k$
- Materiálové vlastnosti návrhové $f_d = f_k / \gamma_f$
- Rozměry návrhové $a_d = a_k \pm \Delta a$

$$E_d(F_d, f_d, a_d) < R_d(F_d, f_d, a_d)$$

- **Nedostatky**
 - nevyrovnaná pravděpodobnost poruchy pro různé konstrukční prvky a materiály

Přehled metod ověřování spolehlivosti



Závěry

- Metoda dílčích součinitelů je nejdokonalejší
- Pravděpodobnostní metody vytvářejí předpoklady pro porovnávání a zobecnění
- Dosud je spolehlivost značně nevyrovnaná
- Je třeba další kalibrace součinitelů
- Ve zvláštních případech je možno aplikovat pravděpodobnostní postupy