

PŘI PŘÍPRAVĚ PŘEDNÁŠKY BYLY VYUŽITY VÝSTUPY PROJEKTU:
A/CZ0046/2/0013 ASSESSMENT OF HISTORICAL IMMOVABLES
WWW.HERITAGE.CVUT.CZ

Fond na podporu výzkumu, 1. Evropské kulturní dědictví, 1.1 Ochrana historických nemovitostí se zaměřením na průmyslové dědictví s lidovou architekturou

Hodnocení vlastností materiálů podle ČSN EN 1990, přílohy D

Milan Holický, Kloknerův ústav ČVUT v Praze

1. Úvod
2. Kvantil náhodné veličiny
3. Hodnocení jedné veličiny
4. Hodnocení modelu
5. Příklady - pomůcky EXCEL



Obsah přílohy D

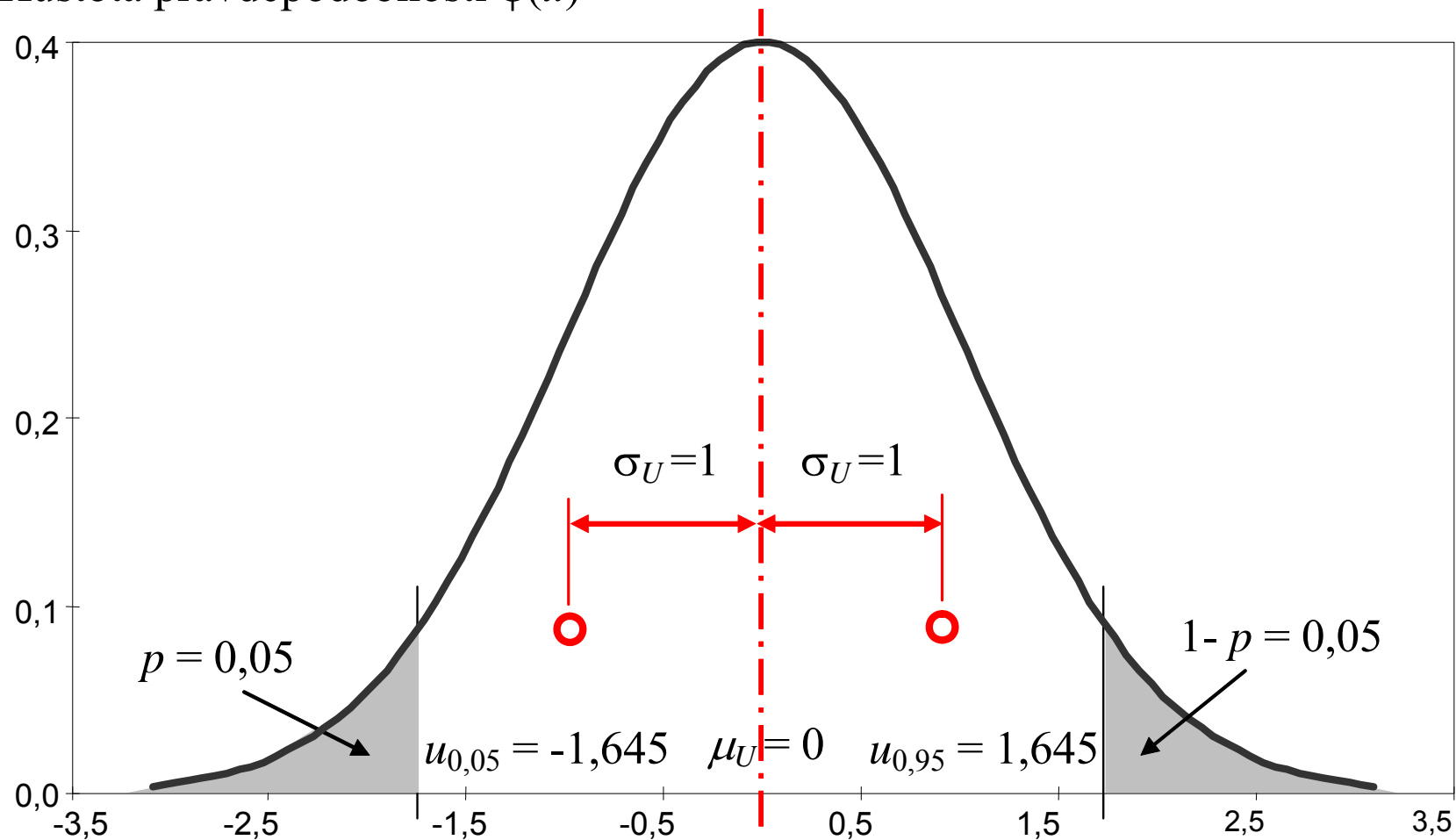
- D.1 Rozsah platnosti
- D.2 Značky
- D.3 Druhy zkoušek
- D.4 Plánování zkoušek
- D.5 Odvození návrhových hodnot
- D.6 Obecné zásady statistického hodnocení
- D.7 Stanovení jedné nezávislé vlastnosti (pevnosti)
- D.8 Stanovení modelů odolnosti (zkoušky prvků)

Obecné zásady statistického hodnocení

- Zkoušky jedné nezávislá vlastnost, např. pevnosti, modulu pružnosti:
 - velmi malý počet zkoušek (méně než 6) - statistické postupy se obtížně aplikují je možné využít předchozí informace (např. o variabilitě) – **postupuje se podle D.7, nebo se využijí Bayesovské postupy podle ISO 2394.**
 - větší počet zkoušek (6 a více) – běžné statistické postupy popřípadě doplněné předchozími informacemi (např. o variabilitě) – **postupuje se podle D.7.**
- Zkoušky celého prvku (např. nosníku, sloupu, styčníku), pro který je k dispozici teoretický model – **postupuje se podle oddílu D.8.**

Dolní a horní kvantil teoretického modelu

Hustota pravděpodobnosti $\varphi(u)$



Normovaná náhodná veličina $U = (X - \mu_X) / \sigma_X$ s normálním rozdělením

Kvantil teoretického modelu

$$x_p = \mu + u_p \sigma = \mu (1 + u_p V)$$

Kvantil u_p normované náhodné veličiny s normálním rozdělením.

p	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	0,001	0,010	0,050	0,100	0,200	0,500
u_p	-5,199	-4,753	-4,265	-3,719	-3,091	-2,327	-1,645	-1,282	-0,841	0,000

Kvantil u_p normované náhodné veličiny s lognormální rozdělení.

α	Pravděpodobnosti p												
	10^{-4}	10^{-3}	0,01	0,05	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,99	$1-10^{-3}$	$1-10^{-4}$
-1,0	-6,40	-4,70	-3,03	-1,85	-1,32	-0,74	0,15	0,84	1,13	1,34	1,68	1,99	2,19
0,0	-3,72	-3,09	-2,33	-1,65	-1,28	-0,84	0,00	0,84	1,28	1,65	2,33	3,09	3,72
1,0	-2,19	-1,99	-1,68	-1,34	-1,13	-0,84	-0,15	0,74	1,32	1,85	3,03	4,70	6,40

Kvantil lognormálního rozdělení

$$x_p = \frac{\mu}{\sqrt{1+V^2}} \exp\left(u_p \sqrt{\ln(1+V^2)}\right)$$

$$x_p \cong \mu \exp(u_p \times V)$$

Kvantil gumbelova rozdělení

$$x_p = x_{\text{mod}} - \frac{1}{c} \ln(-\ln(p)) \cong \mu - (0,45 + 0,78 \ln(-\ln(p))) \sigma$$

Návrhové hodnoty ze souboru $x_i, i=1, n$

- $m_X = (\sum x_i) / n$, $s_X = (\sum x_i - m_X) / n$, $V_X = s_X / m_X$
- Stanoví se charakteristická hodnota $X_{k(n)}$ a ta se dělí dílčím součinitelem, popřípadě násobí převodním součinitelem (D.7 a D.8 ČSN EN 1990);

$$X_{k(n)} = \eta_d m_X \{1 - k_n V_X\}$$

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_X \{1 - k_n V_X\}$$

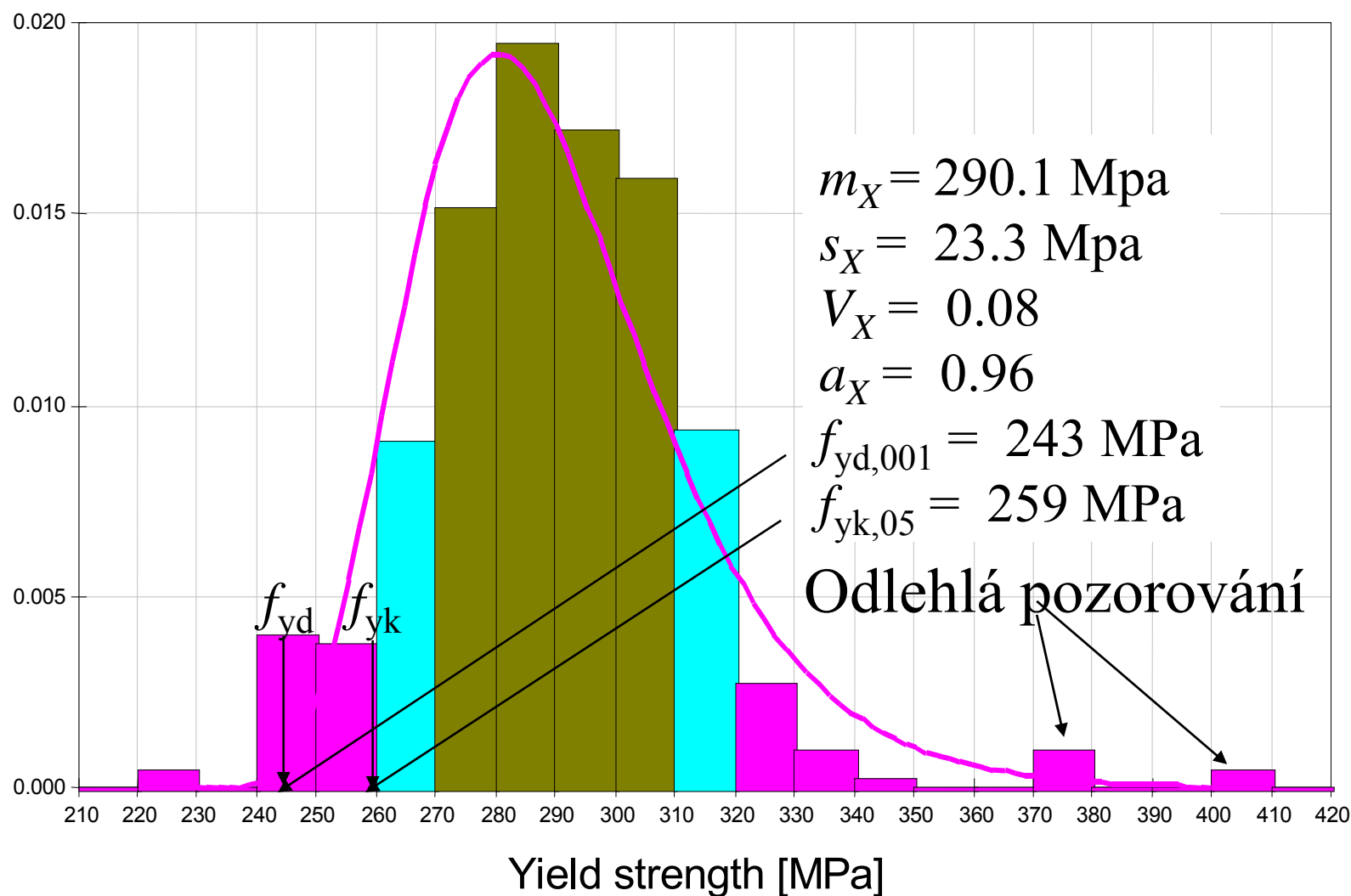
- Návrhová hodnota se stanoví přímo, s implicitním nebo explicitním uvážením konverze výsledků a celkové požadované spolehlivosti (D.7 a D.8 ČSN EN 1990).

$$X_d = \eta_d m_X (1 - k_{d,n} V_X)$$

Mez kluzu pro S 235 – 792 měření

Relative frequency

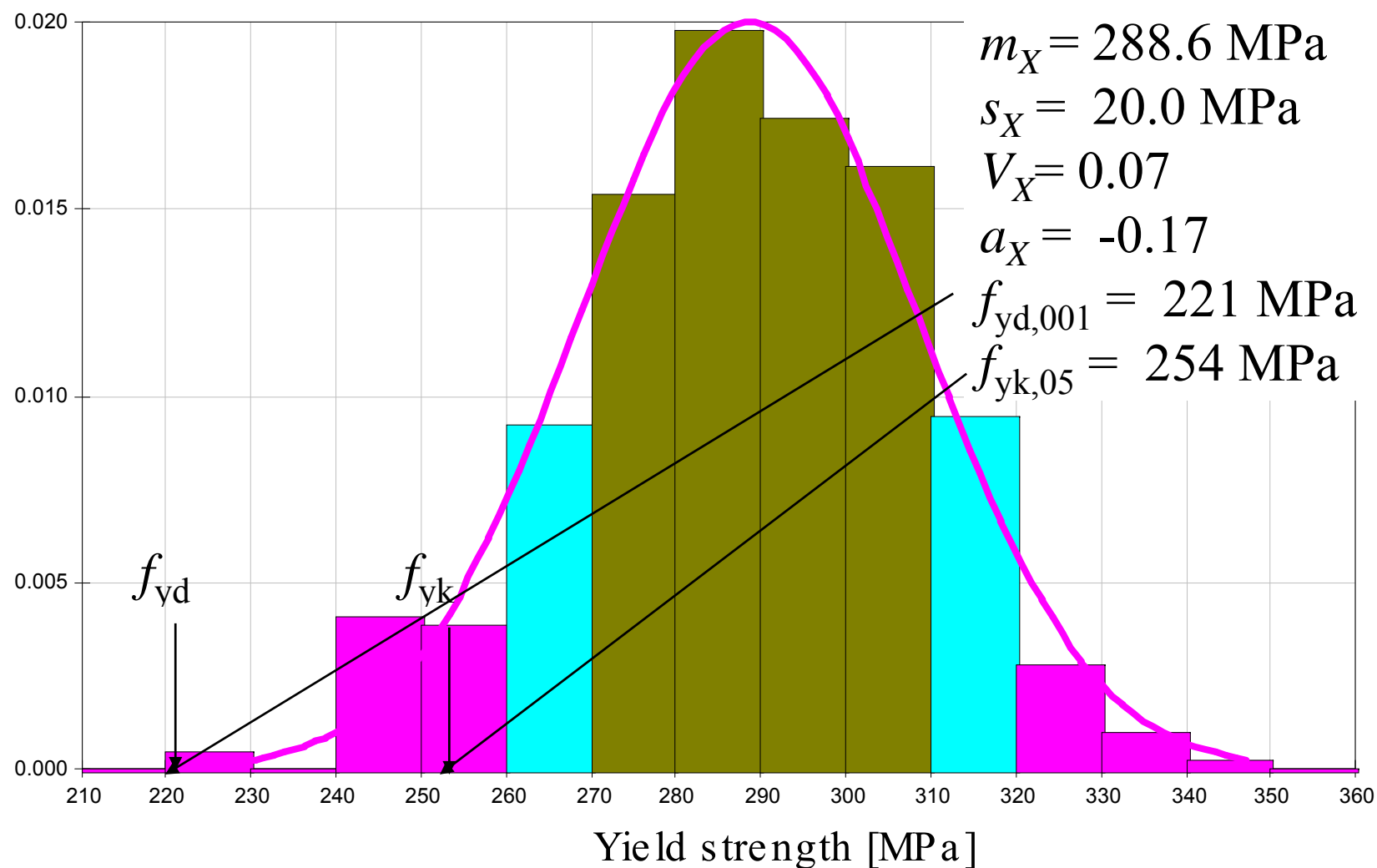
Density Plot (Shifted Lognormal) - [A1_792]



Mez kluzu pro S 235 – 780 měření

Relative Frequency

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



Odhad kvantilu ze souboru

Základní metody

Pokryvná metoda: $x_{p,\text{cover}}$ - confidence level γ :

$$P\{x_{p,\text{cover}} < x_p\} = \gamma$$

Předpovědní metoda: $x_{p,\text{pred}}$ - pravděpodobnost p výskytu příští hodnoty x_{n+1} :

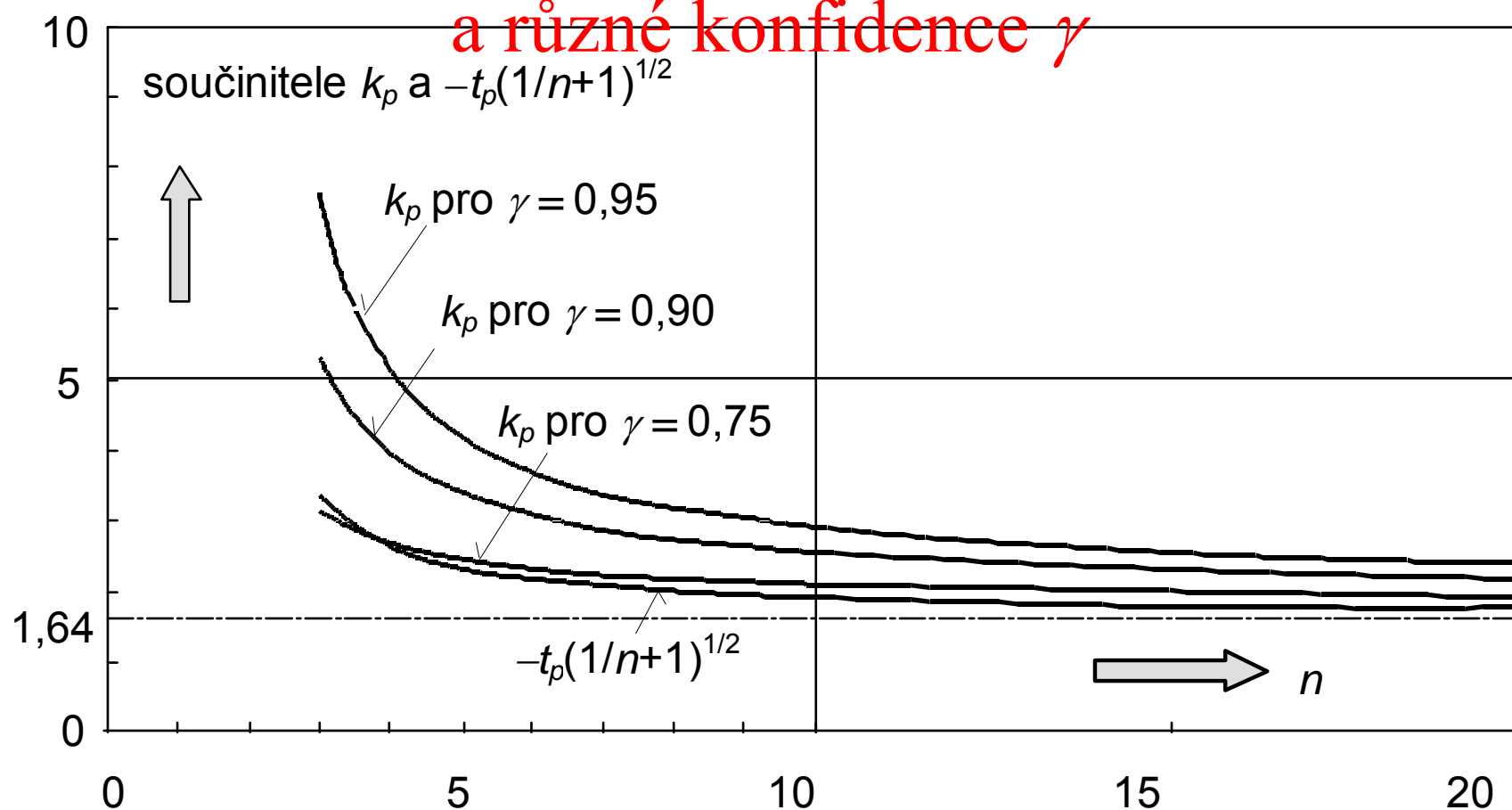
$$P\{x_{n+1} < x_{p,\text{pred}}\} = p$$

Bayesovský přístup: kombinace pozorovaných dat (s průměrem m a směrodatnou odchylkou s) a předchozích dat (m', s') pro kterou se stanoví výsledné charakteristiky (m'', s'') - pak se aplikuje **pokryvná nebo předpovědní metoda**

Vliv konfidence

Součinitele k_p a $-t_p(1/n+1)^{1/2}$ pro normální
rozdělení

a různé konfidence γ



Předpovědní metoda

Soubor: $x_i, n, m, s, (\sigma)$

$$P(x_{n+1} < x_{p, \text{pred}}) = p$$

Známe σ

$$x_{p, \text{pred}} = m + u_p (1/n + 1)^{1/2} \sigma$$

Neznáme σ - uvažuje se odhad s

$$x_{p, \text{pred}} = m + t_p (1/n + 1)^{1/2} s$$

Odhad kvantilů podle Eurokódů

Odpovídá přibližně konfidenci $\gamma = 0,75$

Součinitele k_n pro 5% charakteristickou hodnotu .

Součinitel	Rozsah souboru n										
	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
$-u_p(1/n+1)^{1/2}, \sigma \text{ známé}$	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$-t_p(1/n+1)^{1/2}, \sigma \text{ neznámé}$	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

. Součinitele k_n pro návrhovou hodnotu x_d dominantní veličiny, $P(X < x_d) = 0,001$.

Součinitel	Rozsah souboru n										
	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
$-u_p(1/n+1)^{1/2}, \sigma \text{ známé}$	4,36	3,77	3,56	3,44	3,37	3,33	3,27	3,23	3,16	3,13	3,09
$-t_p(1/n+1)^{1/2}, \sigma \text{ neznámé}$	-	-	-	11,4	7,85	6,36	5,07	4,51	3,64	3,44	3,09

Příklad odhadu kvantilu

BETON: $n = 5$, $m = 29,2$ MPa, $s = 4,6$ MPa

Pokryvná metoda

Pro $\gamma = 0,75$: $x_{p,\text{cover}} = 29,2 - 2,46 \times 4,6 = 17,9$ MPa

Pro $\gamma = 0,95$: $x_{p,\text{cover}} = 29,2 - 4,20 \times 4,6 = 9,9$ MPa

Předpovědní metoda

$$x_{p,\text{pred}} = 29,2 - 2,33 \times 4,6 = 18,5 \text{ MPa}$$

Navrhování pomocí zkoušek

Stanovení charakteristické a návrhové hodnoty podle ČSN EN 1990, článků D7.2 a D7.3

Pole vstupních dat (re v řádcích 6 až 51) d = 1 m = 1,5 Gener. soub. X= 30 VX= 0,167

Pole výstupních dat (LN(re) v řádcích 6 až 51)

Normální rozdělení		Lognormální rozdělení		Příklad
--------------------	--	-----------------------	--	---------

re	Ln(re)	Statistické char.	kn	kd,n	Xk	Xd z Xk	Xd přímo	Xk	Xd z Xk	Xd přímo	Gen.soub.
----	--------	-------------------	----	------	----	---------	----------	----	---------	----------	-----------

34,02	3,53	n= 24	Součinitele a hodnoty veličiny X pro neznámé VX								22,04
29,76	3,39	mX= 30,80	1,749	3,5568	21,56	14,37	12,01	22,46	14,97	16,45	24,87
29,55	3,39	sX= 5,28	Součinitele a hodnoty veličiny X pro známé VX								28,85
26,50	3,28	VX= 0,17	1,679	3,154	21,93	14,62	14,14	22,74	15,16	17,63	24,59
35,25	3,56	mY= 3,41									28,10
32,70	3,49	sY= 0,17									27,50
29,49	3,38	Šikmost souboru									31,11
30,22	3,41	X= 0,47151									25,17
29,39	3,38										25,40
21,71	3,08										34,00
32,61	3,48										25,43
32,73	3,49										30,13
32,79	3,49										34,42
33,30	3,51										22,93
23,18	3,14										28,74
45,78	3,82										31,50
33,45	3,51										25,95
22,25	3,10										23,81
33,83	3,52										32,26
24,15	3,18										35,31
33,97	3,53										24,05
25,85	3,25										26,96
30,26	3,41										32,96
36,44	3,60										23,15

EN 1990 uvádí pro kd,n nepatrně nižší hodnoty

Model odolnosti - Stanovení modelu odolnosti podle ČSN EN 1990, článků D8.2 a D8.3

Pole vstupních dat

Odchylka

Pole výstupních dat

Re/(b*Rt)

rt

rt	re	X	V(X)	n	j	rt*rt	rt*re	δ	LN(δ)	V(X) ² +1	Součet Σ rt*rt=	249362,62
103,90	114,34	X1	0,06	24	2	10796	11881	0,92	-0,08	1,0036	Součet Σ rt*re=	297579,72
115,80	135,29	X2	0,12			13410	15667	0,98	-0,02	1,0144	Směrnice	b= 1,19
98,74	119,17	X3				9750	11768	1,01	0,01			
104,66	118,61					10953	12413	0,95	-0,05		Sm. odch. Lnδ	s(D)= 0,05
93,65	112,31					8771	10518	1,00	0,00		Var. koef. δ	Vδ= 0,05
100,12	129,62					10025	12978	1,08	0,08		Var. koef. Rt	Vrt= 0,13
85,95	102,42					7388	8803	1,00	0,00		Var. koef. r	Vr= 0,14
82,86	98,00					6866	8120	0,99	-0,01		Odmovnina rt	Qrt= 0,13
112,29	126,39					12609	14192	0,94	-0,06		Odmocnina δ	Qδ= 0,05
95,12	120,64					9048	11476	1,06	0,06		Odmnocnina r	Q= 0,14
101,13	115,98					10227	11729	0,96	-0,04		Souč.citliv.Qrt	art= 0,95
84,87	107,50					7203	9124	1,06	0,06		Souč.citliv. Qδ	aδ= 0,32
99,79	118,64					9957	11839	1,00	0,00		Součinitel char.h.	kn= 1,74
114,56	143,70					13123	16462	1,05	0,05		Součinitel návr.h.	kdn= 3,54
100,46	117,09					10092	11763	0,98	-0,02		Průměr teor. modelu	rm= 30,00
118,46	143,44					14034	16993	1,01	0,01		Součinitel ch.h.	fk= 0,78
91,59	116,55					8389	10675	1,07	0,06		Charakt.odolnost	rk= 23,52
107,20	119,77					11491	12839	0,94	-0,07		Součinitel náv.h.	fd= 0,64
94,46	113,24					8923	10697	1,00	0,00		Návrh. Odolnost	rd= 19,18
114,94	145,61					13212	16737	1,06	0,06		Dílčí součinitel	γm= 1,23
102,25	115,07					10455	11766	0,94	-0,06			
105,99	127,81					11234	13547	1,01	0,01			
92,01	111,63					8466	10271	1,02	0,02			
113,76	134,70					12942	15324	0,99	-0,01			

Závěrečné poznámky

- Při hodnocení zkoušek nejdříve ověřit výsledky na základě grafické znázornění, např. histogramu
- Vyloučit chyby a odlehlá pozorování
- Materiálové vlastnosti se zpravidla popisují normálním nebo lognormálním rozdělením (při variabilitě větší než $\sim 0,15$)
- Kombinovat kritický postup nepřímého (prostřednictvím charakteristické hodnoty) a přímého stanovení návrhové hodnoty
- Provéřit předchozí informace (např. variabilitu, rozdělení) a využívat je obezřetně
- Bayesovský postup aplikovat po kritickém ověření apriorních informací

PŘI PŘÍPRAVĚ PŘEDNÁŠKY BYLY VYUŽITY VÝSTUPY PROJEKTU:
A/CZ0046/2/0013 ASSESSMENT OF HISTORICAL IMMOVABLES
WWW.HERITAGE.CVUT.CZ

Fond na podporu výzkumu

1. Evropské kulturní dědictví

1.1 Ochrana historických nemovitostí se zaměřením na průmyslové dědictví s lidovou architekturou

Děkuji za pozornost.

Milan Holický
Kloknerův ústav ČVUT v Praze

