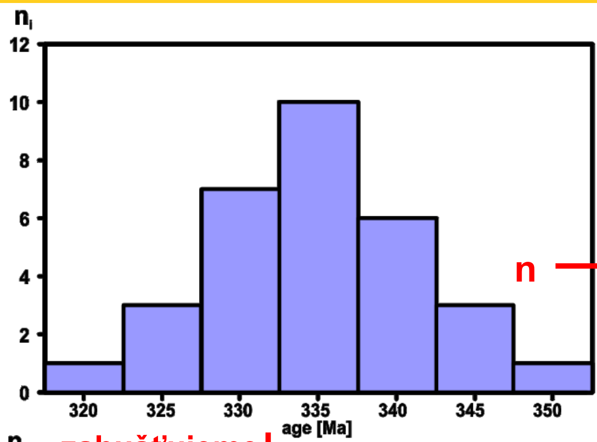
Základy zpracování geologických dat

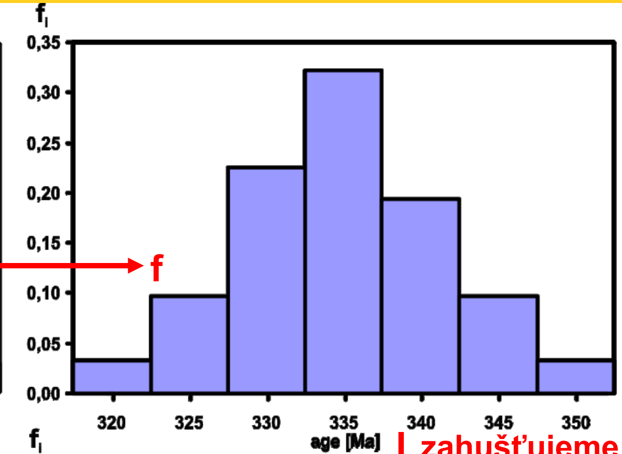
Normální rozdělení

R. Čopjaková

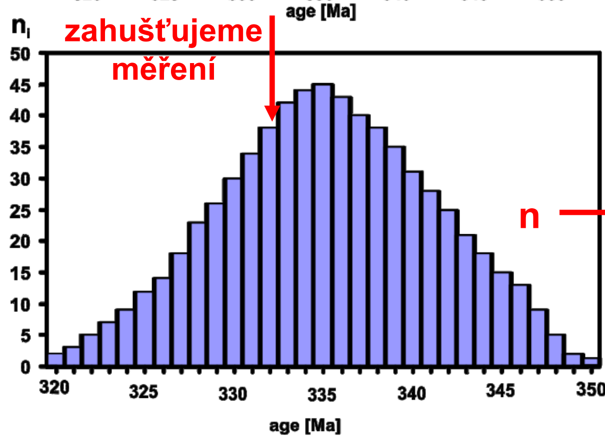
Od četnosti k pravděpodobnosti

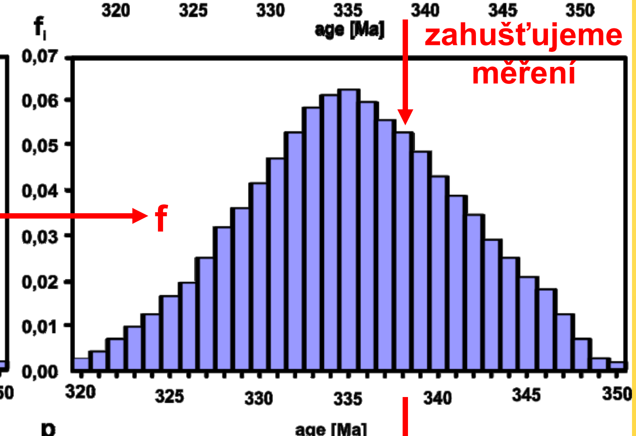
střed int	n_i	f_i
320	1	0,03
325	3	0,10
330	7	0,23
335	10	0,32
340	6	0,19
345	3	0,10
350	1	0,03
suma	31	1

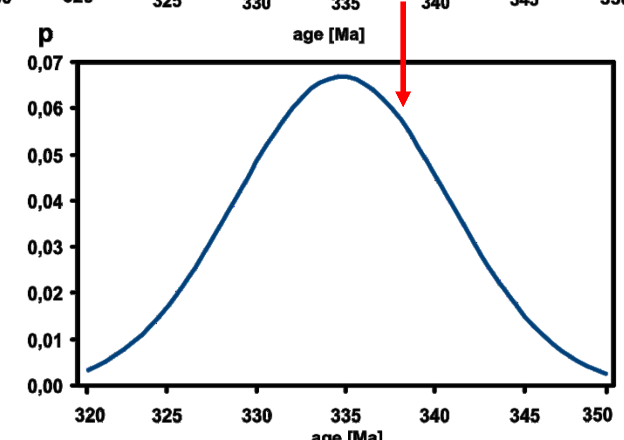




střed int	n_i	f_i
320	2	0,00
321	3	0,00
322	5	0,01
323	7	0,01
324	9	0,01
325	12	0,02
326	14	0,02
327	18	0,03
328	23	0,03
329	26	0,04
330	30	0,04
331	34	0,05
332	38	0,06
333	42	0,06
334	44	0,07
335	45	0,07
336	43	0,06
337	40	0,06
338	38	0,06
339	35	0,05
340	31	0,05
341	28	0,04
342	25	0,04
343	21	0,03
344	18	0,03
345	15	0,02
346	13	0,02
347	9	0,01
348	5	0,01
349	2	0,00
350	1	0,00
suma	676	1







Hustota rozdělení pravděpodobností
frekvenční funkce
pravděpodobnostní funkce

Normální rozdělení N (μ, σ^2) (spojité)

Frekvenční funkce normálního rozdělení

- Normální rozdělení pravděpodobnosti s parametry μ a σ^2 je definováno hustotou pravděpodobnosti ve tvaru
  - kde μ = (Ex) je střední hodnota normálního rozdělení (**μ** by se měla blížit aritmetickému průměru naměřených hodnot)
  - a **σ^2** je rozptyl, (**σ** je směrodatná odchylka)
  - základní soubor výběrový s

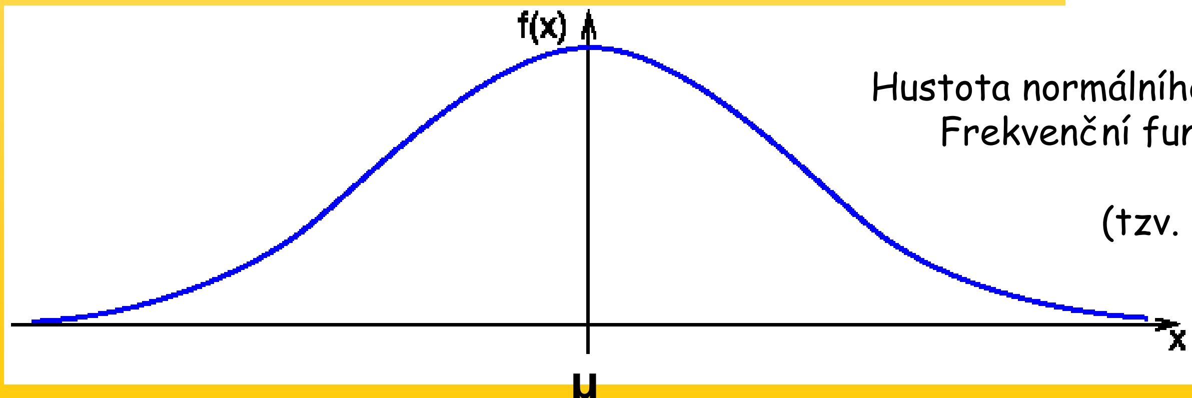
$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(x_j - \bar{x})^2$$

μ → $\bar{\mathbf{x}}$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum^{n} x_i$$

σ^2 → S_x^2

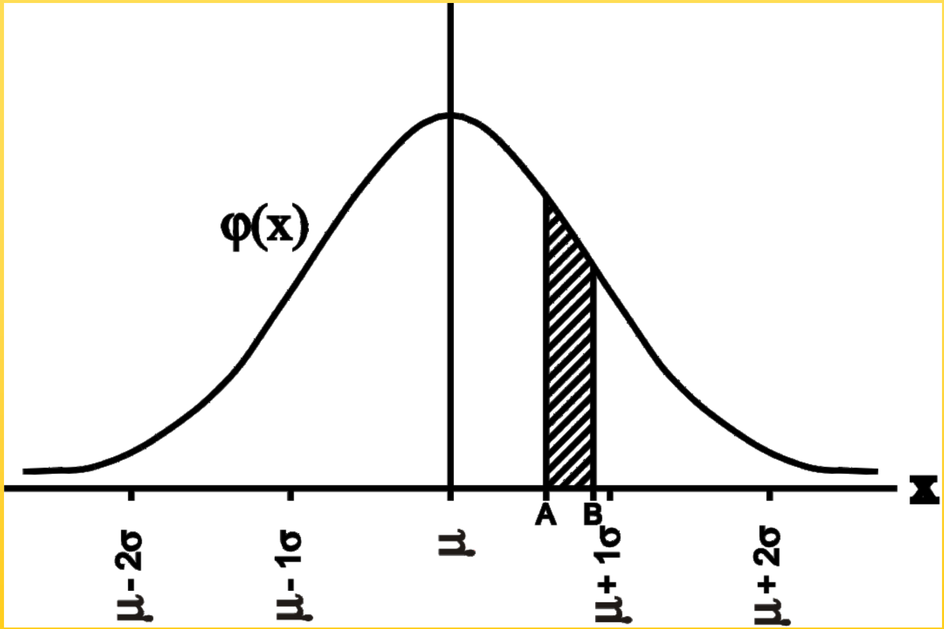
$$s_x^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n}(x_j - \bar{x})^2$$



Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti
Frekvenční funkce normálního rozdělení
=
(tzv. Gaussova křivka)

Normální rozdělení

- Plocha pod křivkou hustoty má velikost 1.
- Protože hustota je symetrická kolem μ, znamená to, že μ dělí plochu pod křivkou na dvě stejné části - každá z nich má tedy velikost plochy 1/2.
- Ve vzdálenosti jedné směrodatné odchylky se nacházejí **inflexní body** funkce
- Pravděpodobnost P, že náhodná veličina bude mít hodnotu padnoucí do intervalu <A;B> je rovna ploše vyšrafované v grafu.



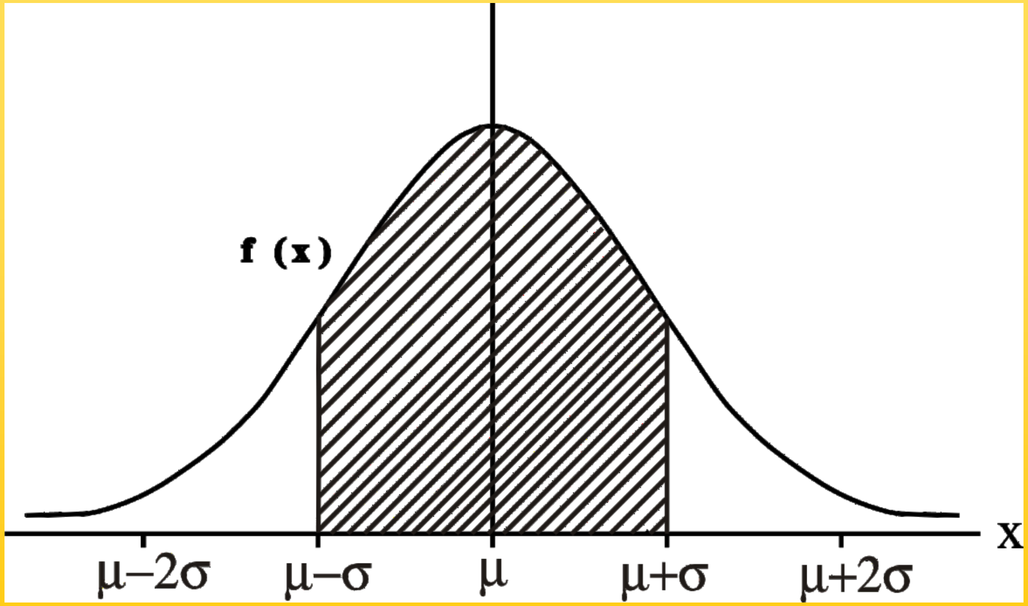
Frekvenční křivka normálního rozdělení

rozptyl $s_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(x_j - \bar{x})^2$ směrodatná odchylka $s_x = \sqrt{s_x^2}$

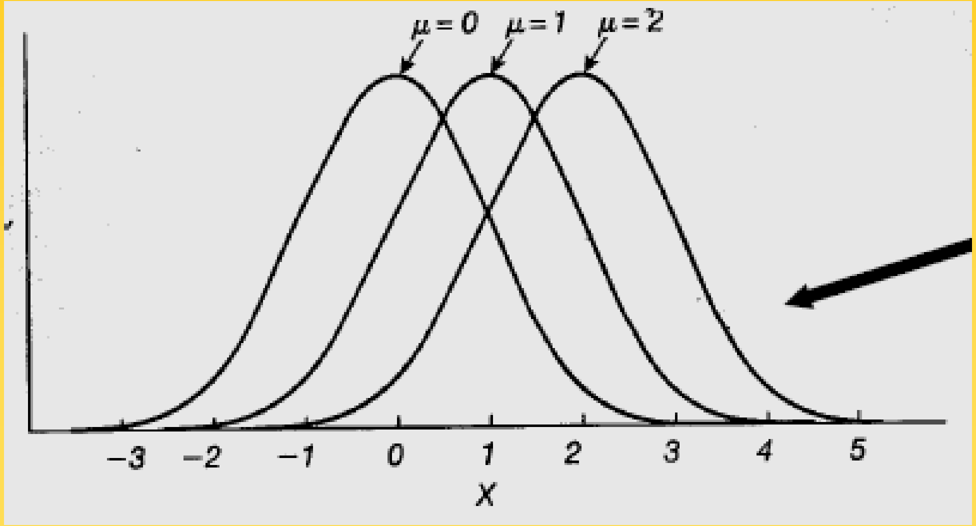
Rozptyl Sx^2 určuje průměrnou čtvercovou odchylku od aritmetického průměru

Směrodatná odchylka Sx nám umožňuje odhadnout interval, ve kterém očekáváme naměřenou hodnotu

A	B	P
$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	0,682
$\mu - 2\sigma$	$\mu + 2\sigma$	0,954
$\mu - 3\sigma$	$\mu + 3\sigma$	0,997
$\mu - \infty$	$\mu + \infty$	1,000



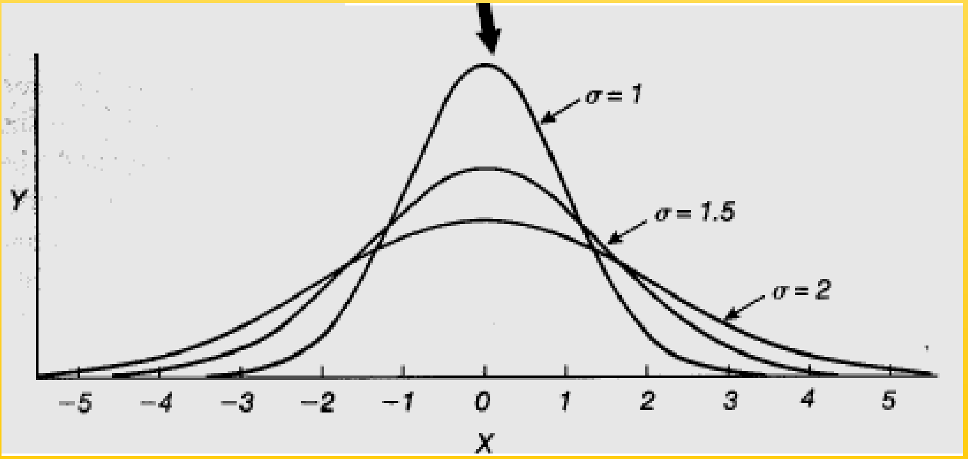
Normální rozdělení



Hustota rozdělení pravděpodobností

a) Pro stejné σ a různé μ

b) Pro různé σ a stejné μ



- Normální rozdělení má zásadní význam v teorii pravděpodobnosti a matematické statistice a řídí se jím (alespoň "přibližně") mnoho náhodných veličin. Nejběžnějším typem takových veličin jsou **náhodné chyby (chyby měření)**. Proto se normálnímu rozdělení někdy říká **rozdělení chyb**.

- Rovněž mnohé náhodné veličiny v geologii se řídí tímto rozdělením nebo jejich rozdělení jím může být velmi dobře aproximováno.

- Někdy se rovněž můžeme setkat s označením **Gaussova křivka** pro označení hustoty normálního rozdělení, podle jednoho z *praotců* tohoto rozdělení.

- Normální rozdělení je **jednovrcholové** rozdělení **symetrické** okolo střední hodnoty, kterou budeme značit μ. Hustota pravděpodobnosti má ***zvonovitý* tvar** - maxima dosahuje ve střední hodnotě.

- "Konce" tohoto rozdělení vypadají, jako by se již dotýkaly osy x, nikdy se jí však nedotknou, i když jsou jí tím blíže, čím více se vzdalujeme od střední hodnoty μ - ať již doleva či doprava.

- Normální rozdělení je jednoznačně **určeno střední hodnotou a rozptylem**, jež jsou jeho parametry. Pokud tedy tyto dvě charakteristiky známe, můžeme určit lehce již vše ostatní - to je tvar celého rozdělení.

- Dobře aproximuje řadu jiných (i diskrétních) pravděpodobnostních rozdělení.

- Při řešení pravděpodobnostních úloh se často předpokládá, že sledovaná náhodná veličina má normální rozdělení, ačkoliv její skutečné rozdělení má jen podobný tvar, tzn. je jednovrcholové a přibližně symetrické. Tento postup je samozřejmě teoreticky podložen, jak dále uvidíme, a je velmi výhodný, neboť usnadňuje teoretické řešení mnoha problémů i praktické výpočty.

V geologii mají normální rozdělení např. tyto náhodné veličiny

- topografický reliéf
- hustota hornin
- obsah hlavních oxidů v horninách a minerálech
- stanovení stáří hornin

Koeficient šikmosti

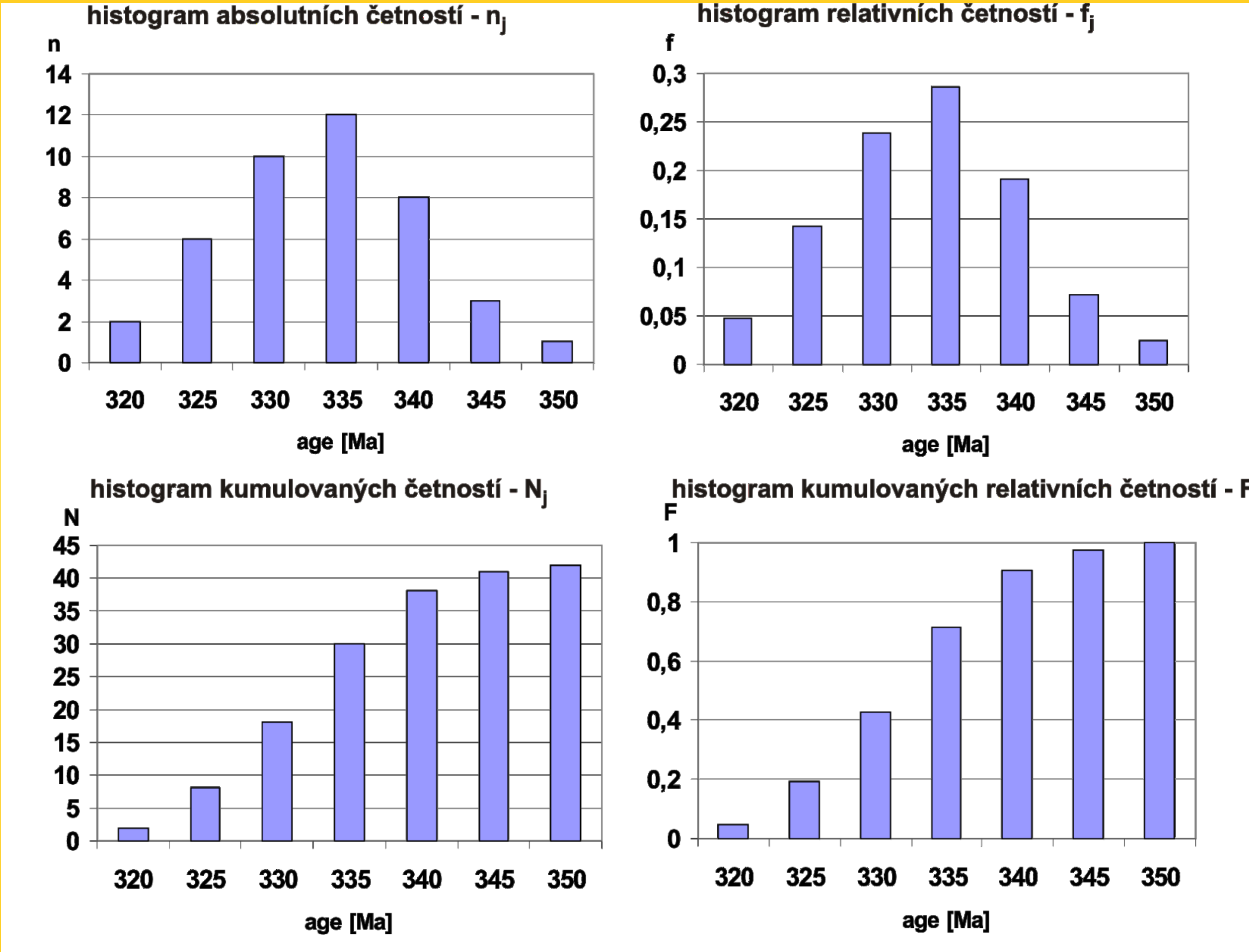
- **Koeficient šikmosti** je charakteristika rozdělení náhodné veličiny, která popisuje jeho nesymetrii
- *Šikmost* označuje stupeň asymetričnosti rozdělení veličiny kolem střední hodnoty
- Nulová šikmost - hodnoty náhodné veličiny jsou rovnoměrně rozděleny vlevo a vpravo od střední hodnoty – symetrické rozdělení
- Soubor dat s normálním rozdělením má koeficient šikmosti blízký nule.
- Výběrový koeficient šikmosti je definován vzorcem

$$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)}\sum\left(\frac{x_i-\bar{x}}{s}\right)^3$$

v excelu funkce SKEW

- **>0 pozitivně šikmé** **<0 negativně šikmé**

Vztah mezi frekvenční a distribuční funkcí



f(x)

F(x)

pro distribuční fci diskrétní náhodné veličiny platí F(x) = P(X ≤ x) a tedy

$$F(x) = \sum_{x_i \le x} p(x_i)$$

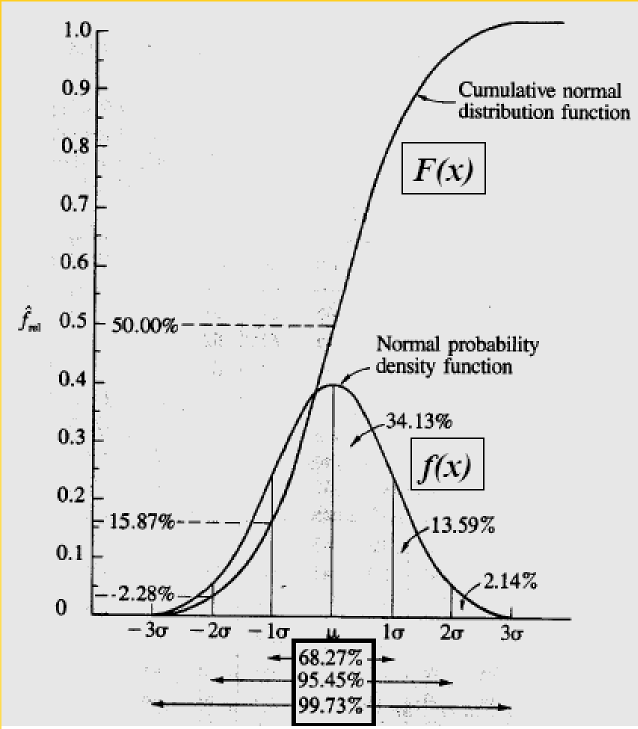
Normální rozdělení

- Distribuční funkce normálního rozdělení – spojitá funkce

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \mathrm{e}^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}\ \mathrm{d}t$$

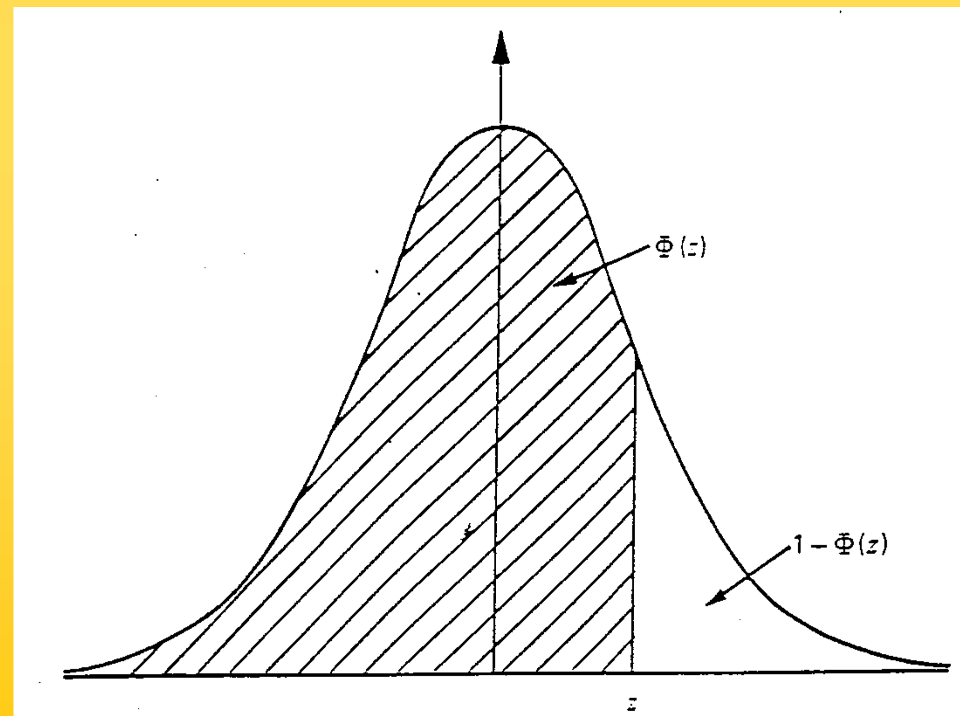
- Plocha pod křivkou hustoty má velikost 1. Jinými slovy, integrál z hustoty pravděpodobnosti normálního rozdělení přes celý definiční obor náhodné veličiny je roven jedné.

Vztah mezi frekvenční a distribuční funkcí spojité náhodné veličiny



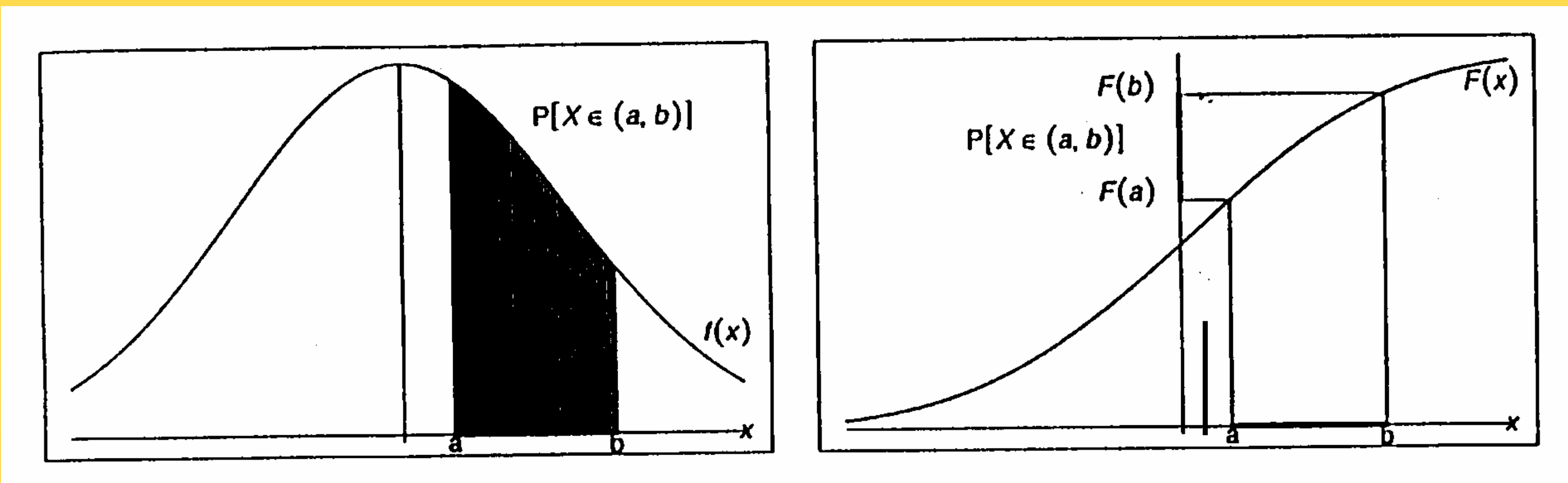
Pro případ normálního rozdělení

distribuční funkce $F(x)$ se dá vyjádřit pomocí integrálu: $F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(t)\,\mathrm{d}t$



Velikost vybarvené plochy pod frekvenční funkcí odpovídá hodnotě distribuční funkce *F* v bodě z

Pravděpodobnost P, že náhodná veličina bude mít hodnotu padnoucí do intervalu <A;B> je rovna ploše vyšrafované v grafu frekvenční funkce nebo úseku na ose y pro x z intervalu <A;B> v grafu distribuční funkce.



Statistické funkce v excelu

- **NORM.DIST** – pro stanovení frekvenční i distribuční funkce náhodné veličiny s normálním rozdělením pravděpodobností
  - Zadat x, pro které chci stanovit hodnotu frekv. či distr. fce
  - Zadat parametry norm. rozd. – průměr a směrodatnou odchylku
  - Volba distribuční/frekvenční funkce – pravda(1)/nepravda(0)

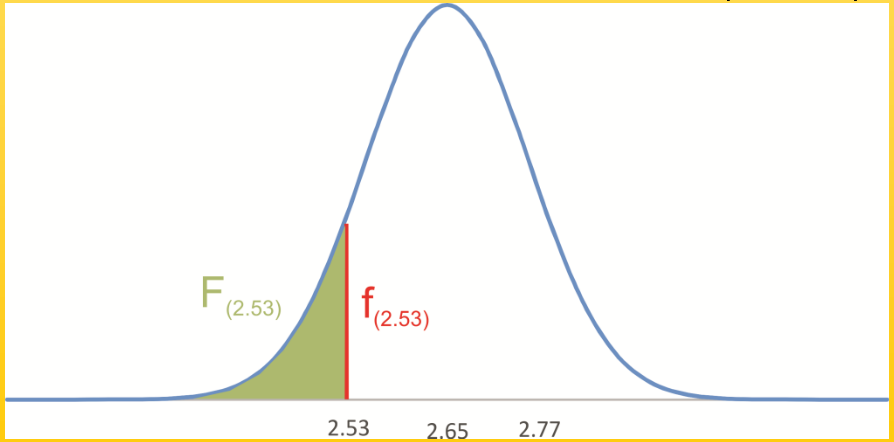
  - Úkol: Průměrná hustota granitoidů melechovského masivu je 2,65 g/cm^3 a směrodatná odchylka 0,12 g/cm^3. Soubor dat má přibližně normální rozdělení. Spočti podíl hornin s hustotou v intervalu aritmetický průměr ± Sx.

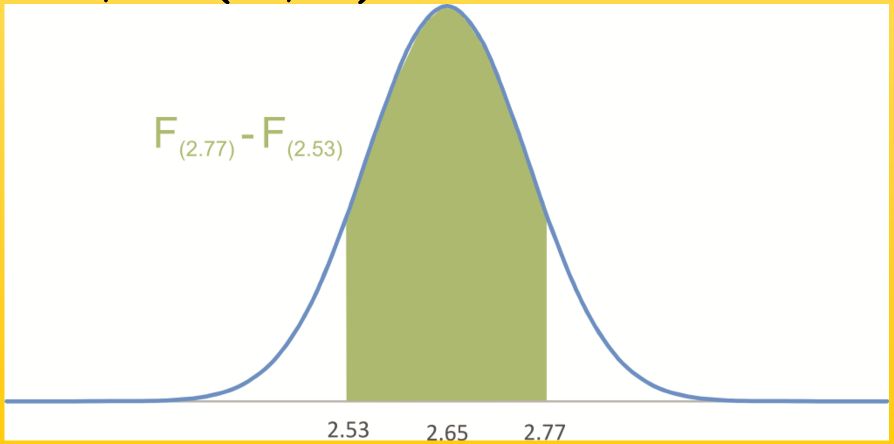
  Stanovím hodnotu distribuční funkce v bodech x1 = 2,65-0,12 a x2 = 2,65+0,12

  Fx1 = NORM.DIST(2,53; 2,65; 0,12; 1) = 0,159

  Fx2 = NORM.DIST(2,77; 2,65; 0,12; 1) = 0,841

  P = Fx2 – Fx1 = 0,841-0,159 = 0,683 (68,3%)





Transformace normálního rozdělení na standardizované normální rozdělení

- Frekvenční funkce normálního rozdělení

- Náhodnou veličinu X s normálním rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$ transformuji pomocí tzv. Z-transformace na veličinu se standardním normálním rozdělením, tedy s $\mu = 0$ a $\sigma^2 = 1$

  Z-transformace

- Normované (nebo standardizované) normální rozdělení má tedy hustotu pravděpodobnosti

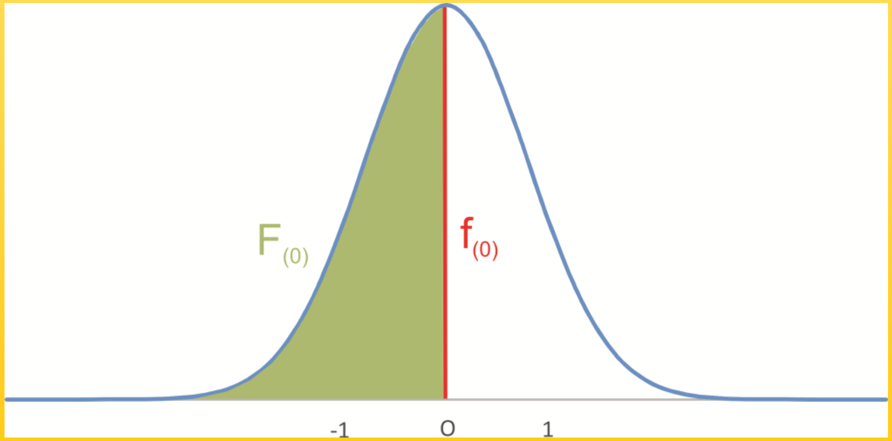
- Standardizované normální rozdělení se značí N(O, 1)
- Využívá se často při práci s vícerozměrnými soubory dat

Statistické funkce v excelu

- **NORM.S.DIST** - pro stanovení frekvenční i distribuční funkce náhodné veličiny se standardním normálním rozdělením pravděpodobností
  - Zadat x, pro které chci stanovit hodnotu frekv. či distr. fce
  - Volba distribuční/frekvenční funkce – pravda/nepravda
  - Střední hodnotu a směrodatnou odchylku nezadávám, jsou stálé N(0;1)

Úkol: Stanovte hodnotu distribuční funkce pro střední hodnotu standartního normálního rozdělení

Fx1 = NORM.S.DIST(0; 1) = 0,5



Děkuji za pozornost