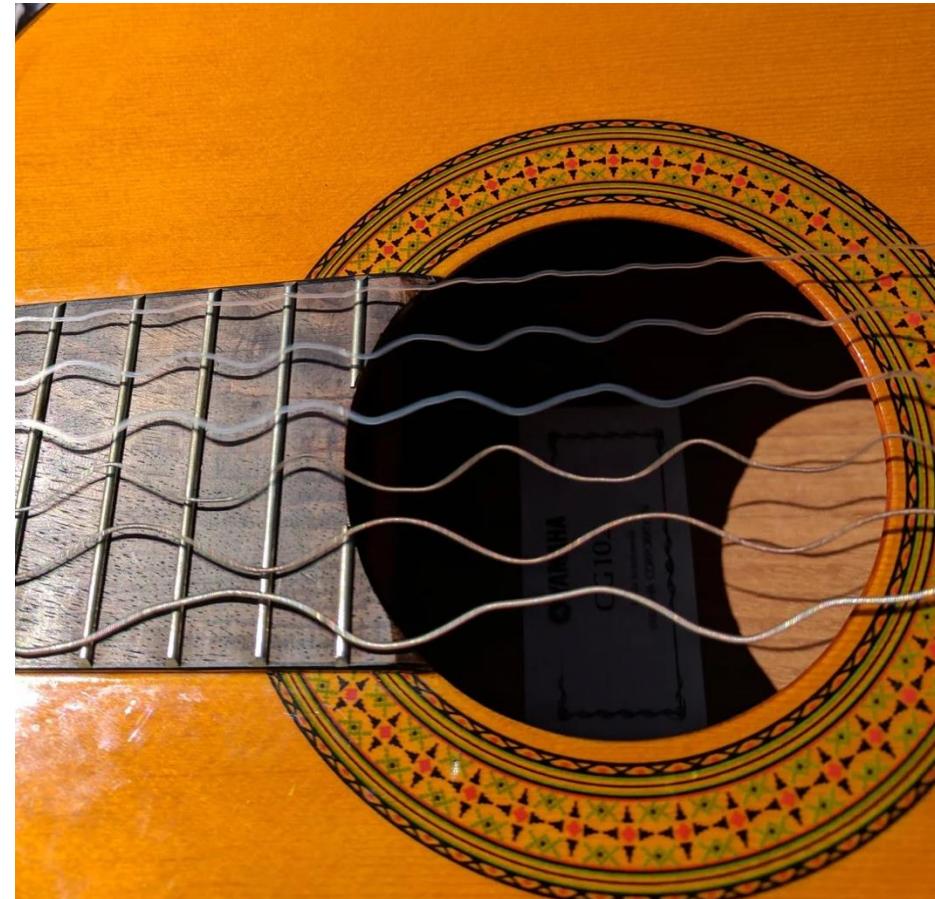


# Obraz jako matici

Strojové vidění a zpracování obrazu  
BI-SVZ

# Obsah dnešní přednášky

- Digitalizace obrazu
  - Vzorkování
  - Kvantizace
- Aliasing
  - Nyquistův-Shannonův teorém
- Obraz
  - Převod barevného na jasový
  - Barevné soustavy
- Komprese obrazu
  - Ztrátová
  - Beztrátová
  - RLE, Huffmanovo kódování



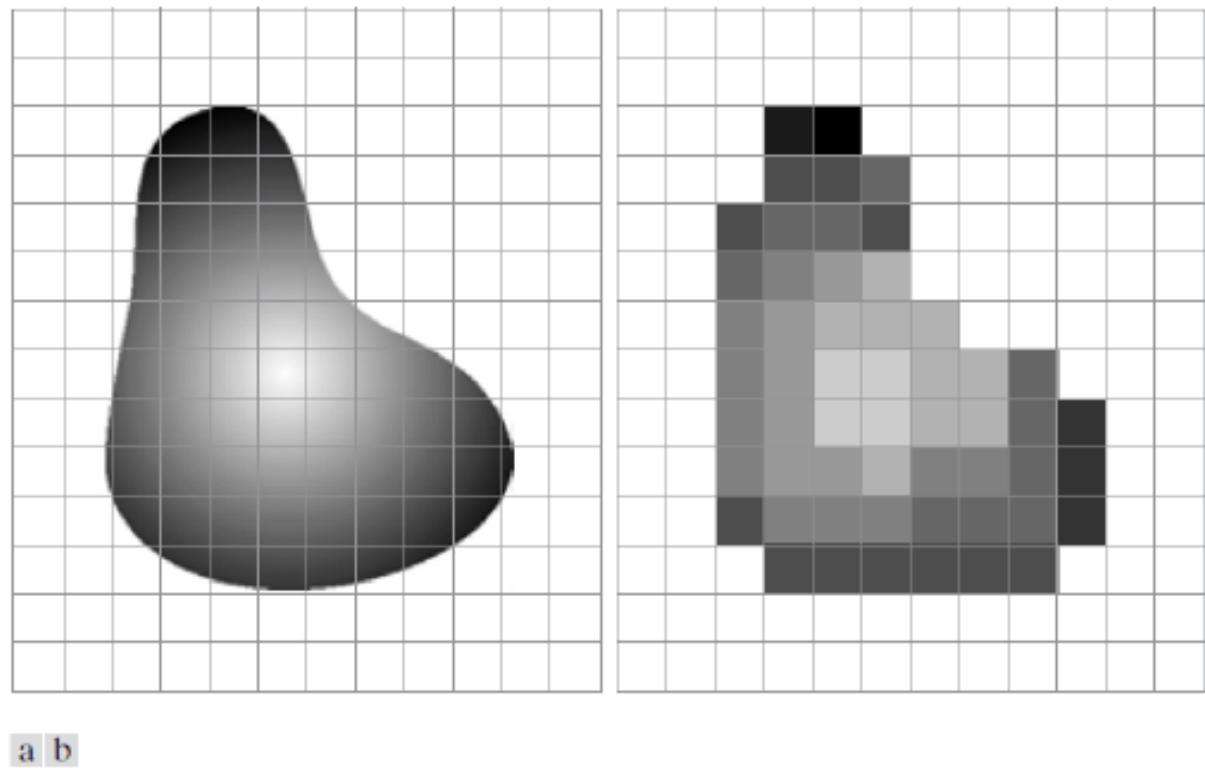
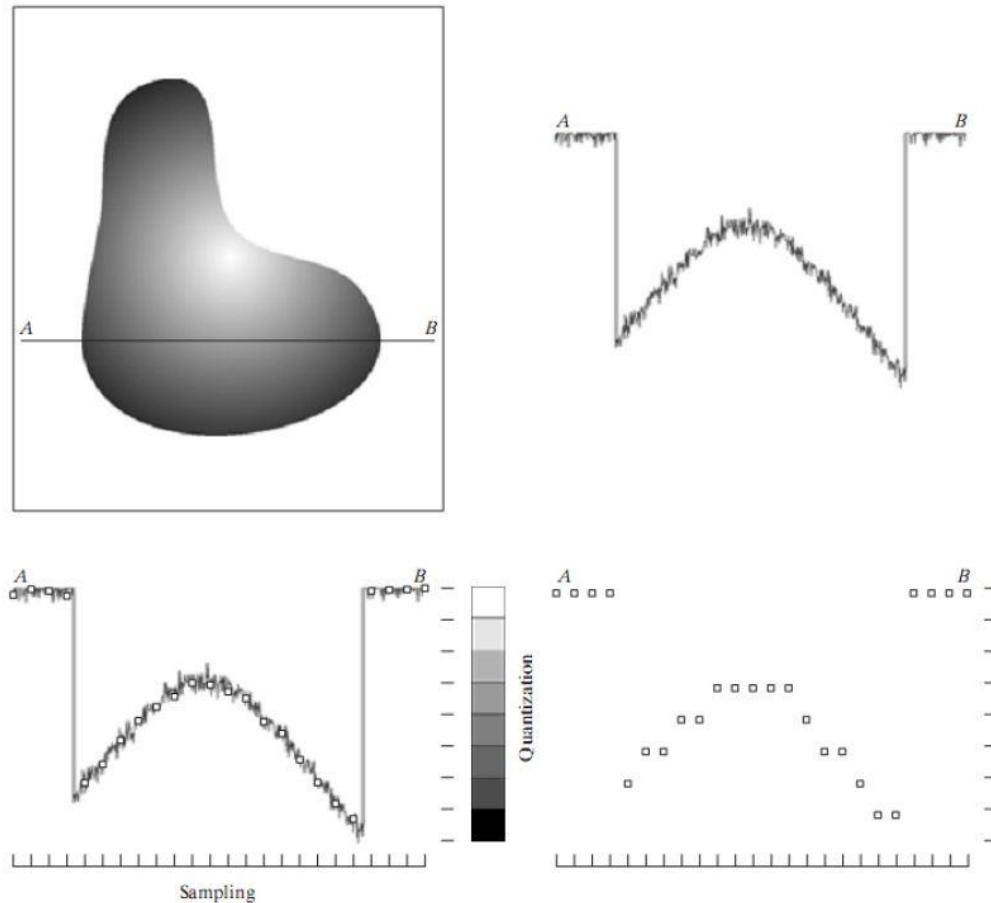
# Snímaní obrazu

*„Digitalizace obrazu probíhá ve dvou rocích:  
kvantování a vzorkování.“*

Digitalizace rastrového obrazu. *Grafika* [online]. 2008 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/xgrafika/digitalizace-rastroveho-obrazu>

# Snímání obrazu – digitalizace

- Převod analogového signálu na digitální (spojitého na diskrétní)



# Snímání obrazu – digitalizace



Photo credit: Photo Jeff/Flickr (CC BY-NC 2.0)

# Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



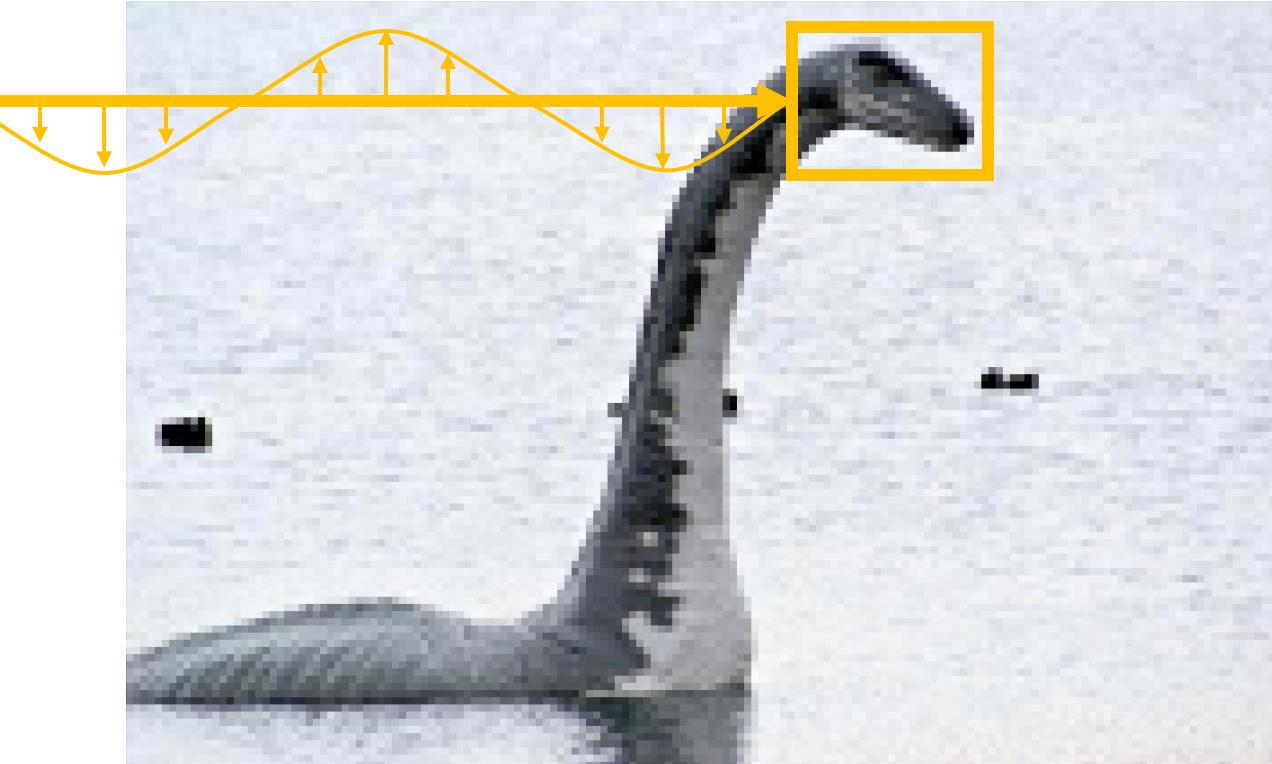
# Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky

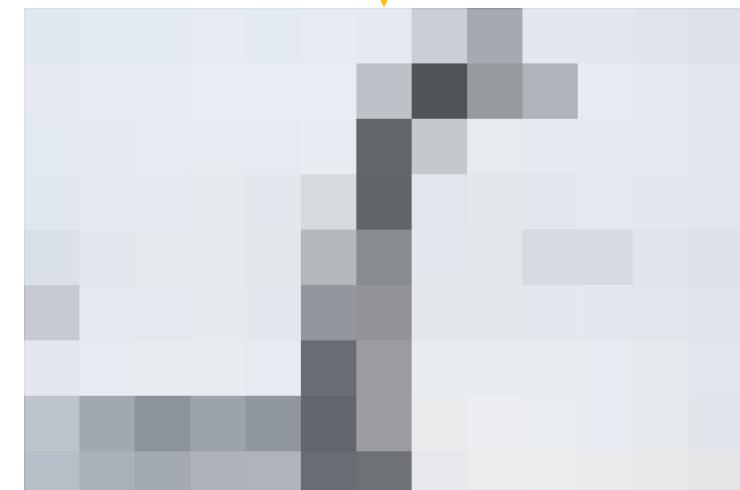


# Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



# Digitalizace – vzorkování

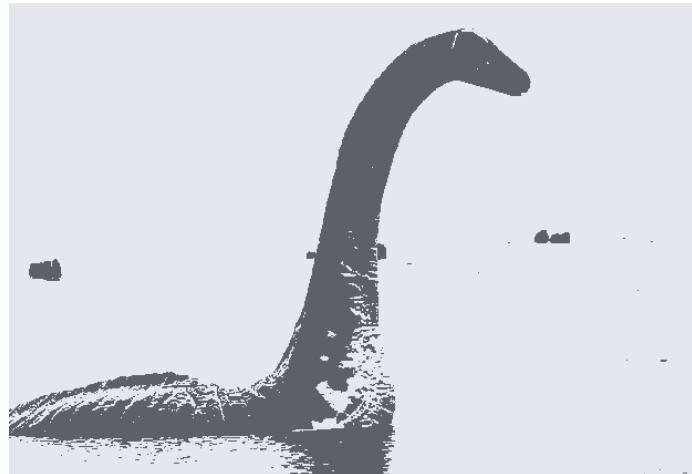
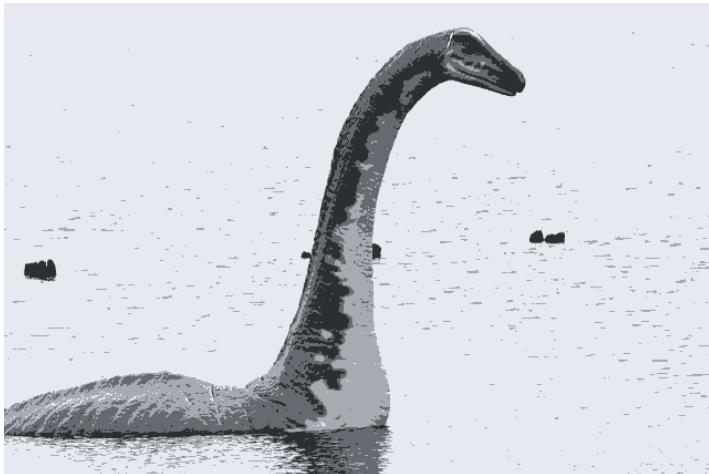
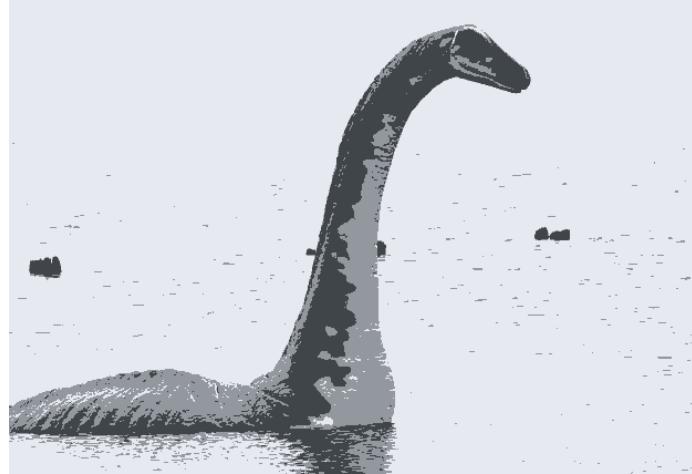


# Digitalizace – kvantování

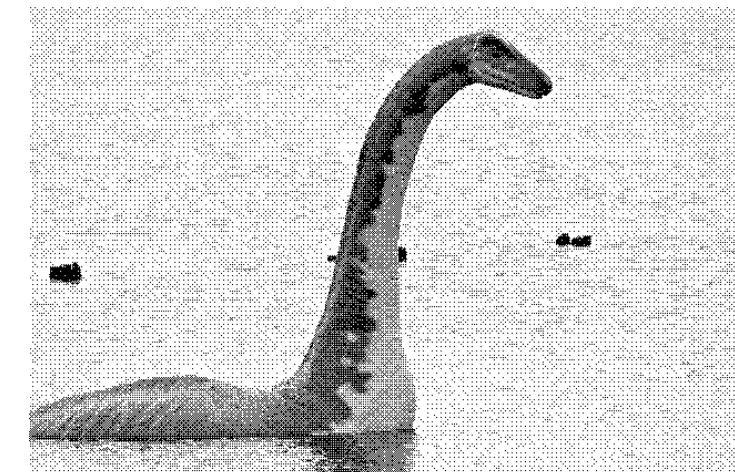
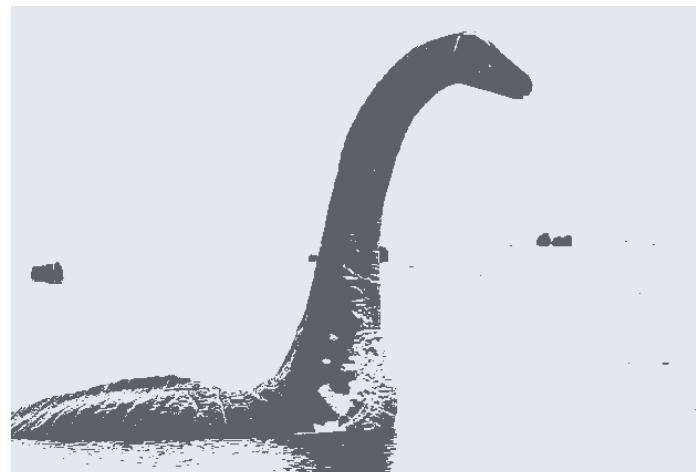
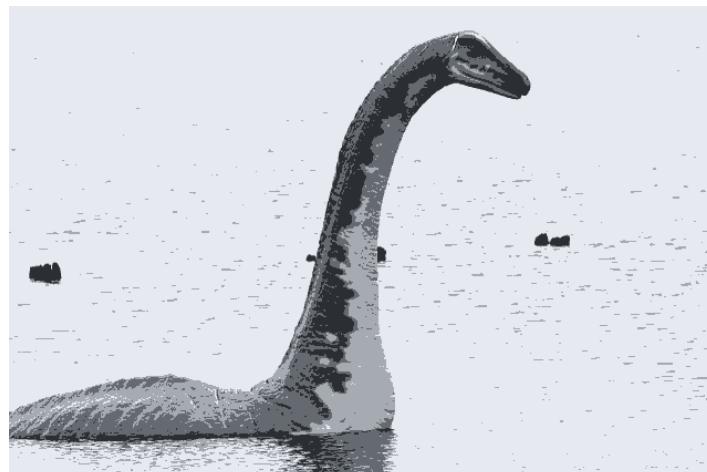
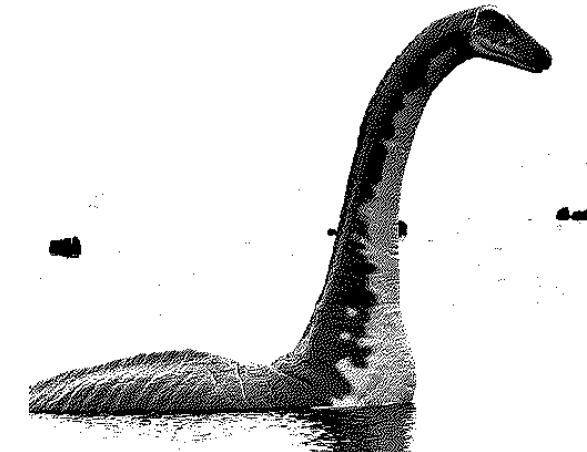
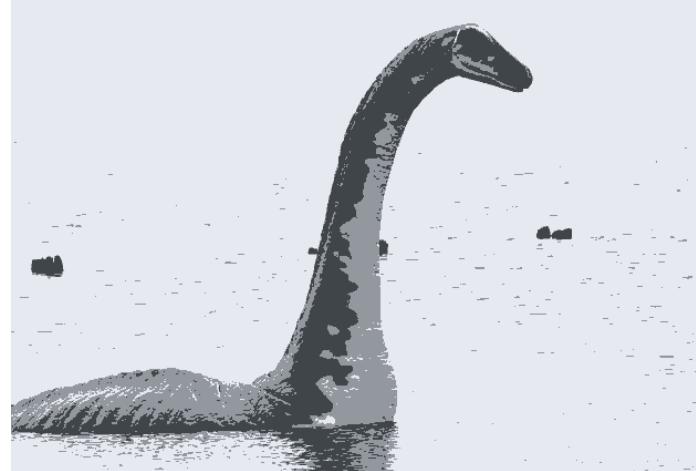
- Využití jasových (barevných) úrovní



# Digitalizace – kvantování



# Digitalizace – kvantování

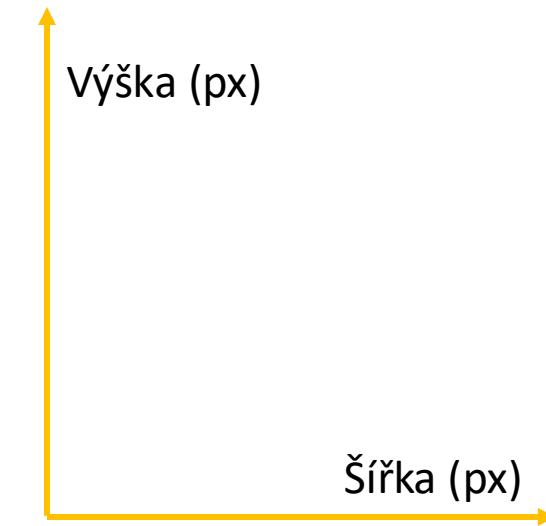


# Popis obrazu

- Matice pixelů

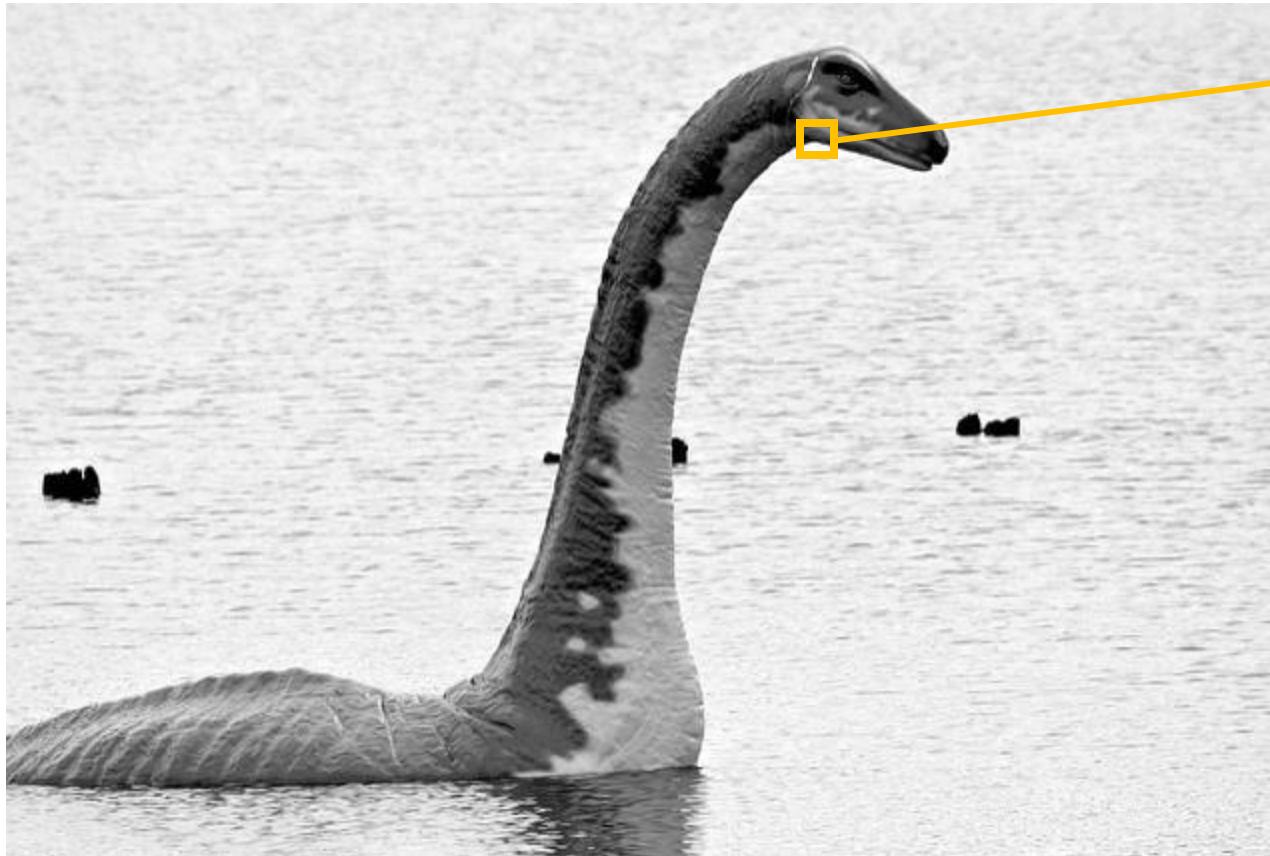


$$\begin{bmatrix} 34 & 68 & 89 \\ 5 & 2 & 12 \\ 240 & 210 & 202 \end{bmatrix}$$



# Popis obrazu – rozlišení

- Matice pixelů



$$\begin{bmatrix} 34 & 68 & 89 \\ 5 & 2 & 12 \\ 240 & 210 & 202 \end{bmatrix}$$

Výška (px)

Šířka (px)

$$\text{Rozlišení} = v \times š \text{ (px)}$$

Displej

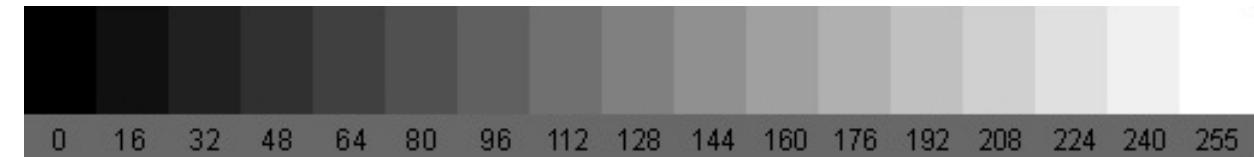
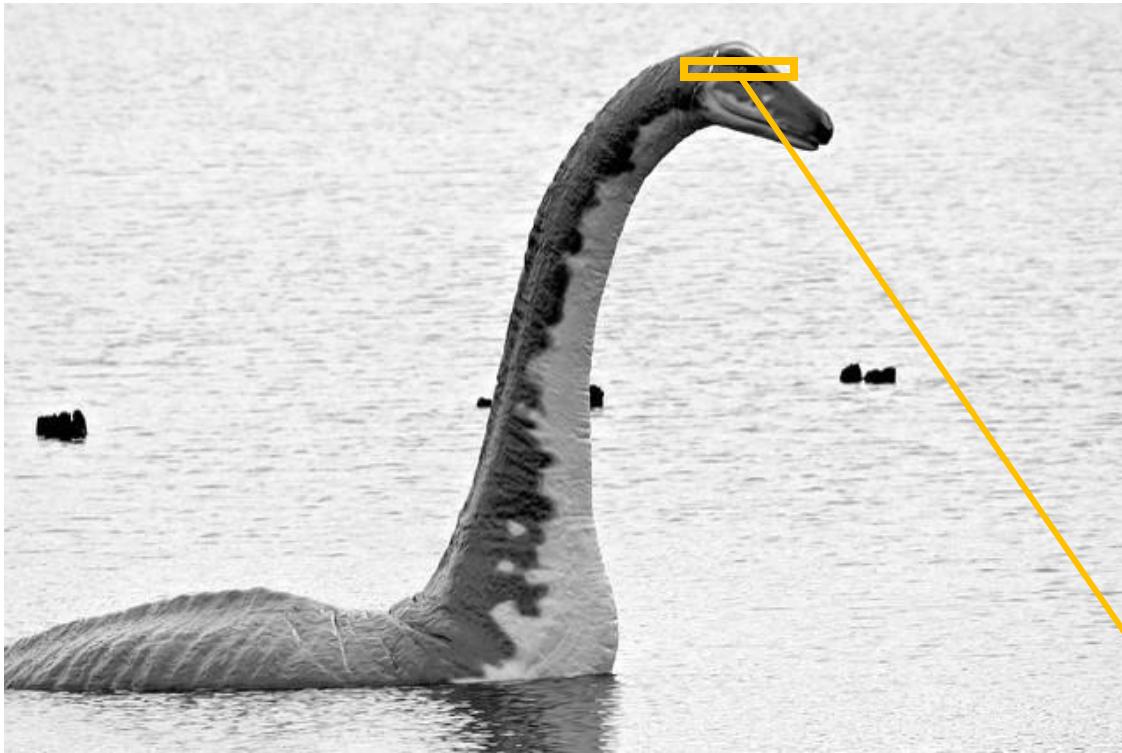
VGA	$640 \times 480$
HD	$1280 \times 720$
HD+	$1366 \times 768$
Full HD	$1920 \times 1080$
2K QHD	$2560 \times 1440$
4K UHD	$3840 \times 2160$

Obrázek

4 MP	...
12 MP	...
13 MP	$4128 \times 3096$

# Popis obrazu – bitová hloubka

- Jasové úrovně (256)

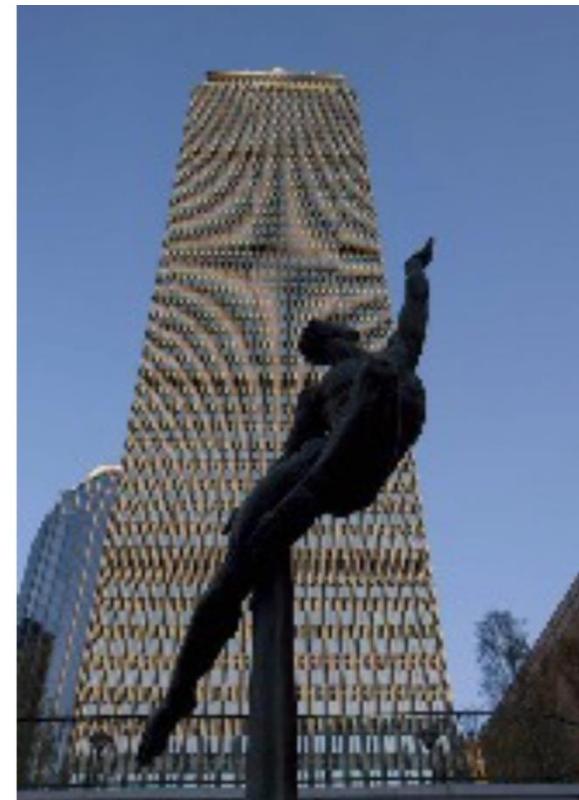
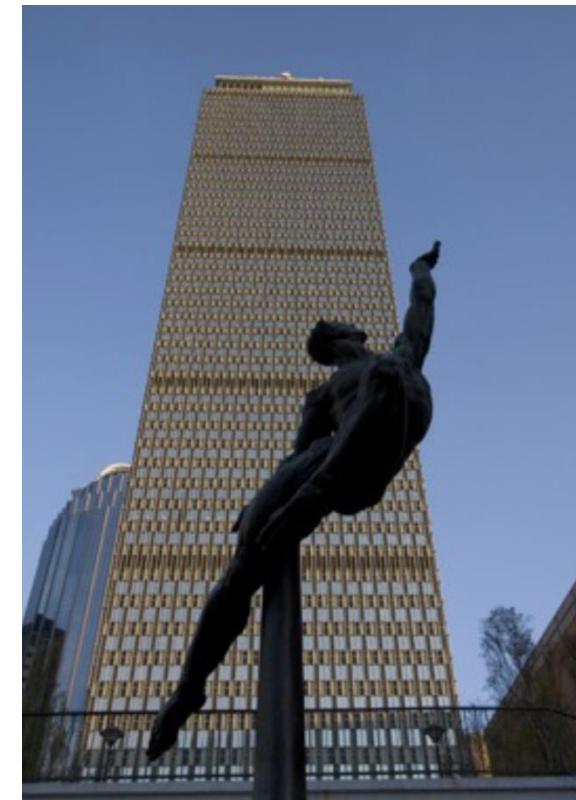


$\langle 0 ; 255 \rangle \sim 8 \text{ bit}$

111 112 107 105 99 103 89 96 100 86 121 117 134 137 125 123 127 112 85 65 218 238 64 88 86 71 83 94 90 84 81 82 81 67 53 97 1 46 101 57 12 0 20 0 7 0 0 13 31 64 115 99 138 139 95 88 148 211 235 240 241 237 240 253 252 244 247 247 243

# Aliasing (falšování)

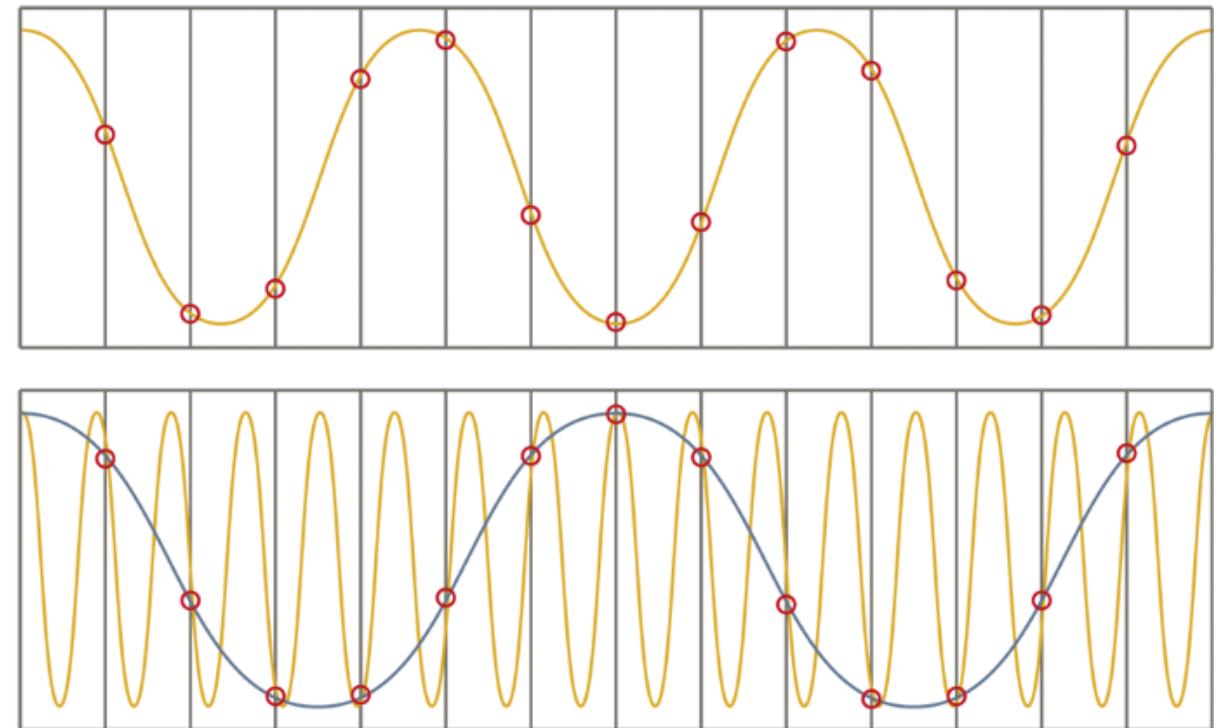
- Jev vznikající při nedostatečném navzorkovaní signálu
- Signál vypadá jinak než ve skutečnosti
- V čase (jedna osa)
- V prostoru (dvě osy)



# Aliasing – Nyquistův teorém (Shannonův)

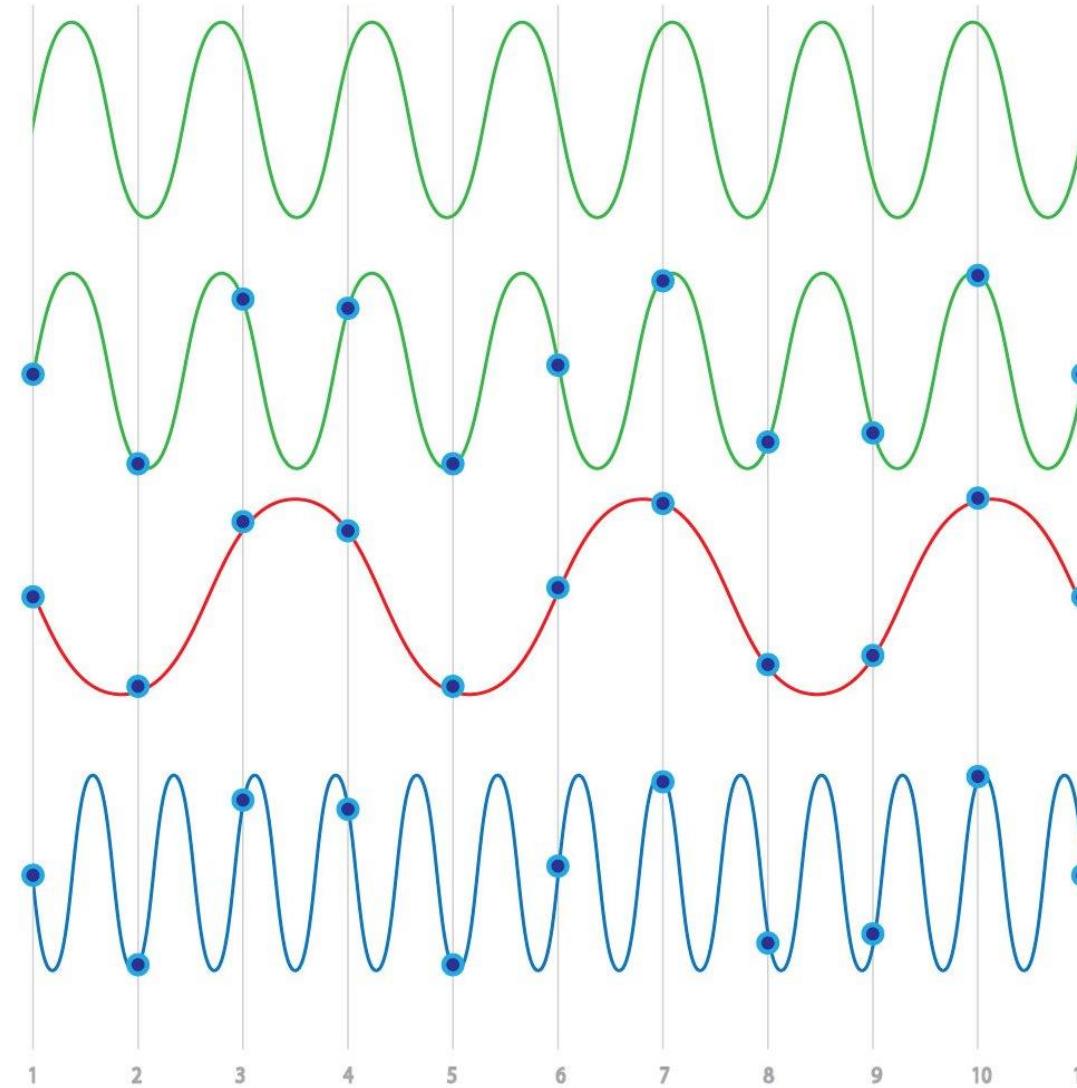
- Velikost vzorkovací frekvence musí být minimálně dvakrát vyšší než nejvyšší frekvence signálu

$$f_v \geq 2f_{\max} [\text{s}^{-1}]$$



# Aliasing – v čase (1D)

- Signál
- Vzorkovací frekvence 11 vzorků na 10 kHz
- Červená „falešná“ funkce se svojí frekvencí
- Modrá „falešná“ funkce se svojí frekvencí

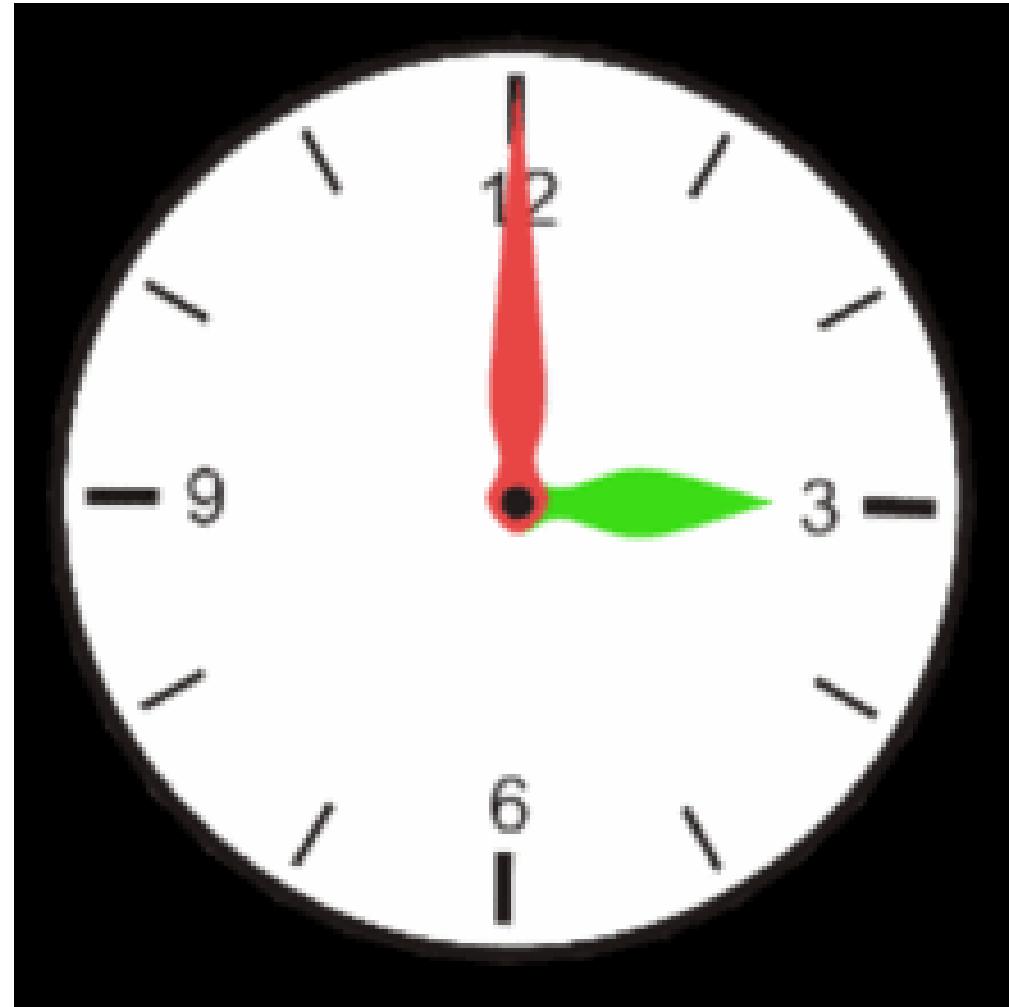


# Aliasing – v obrazu (2D, moiré)



Jak se to může stát v obrazě?

# Aliasing – v čase (video)



# Aliasing – v čase (video)



# Rastrová vs. vektorová grafika



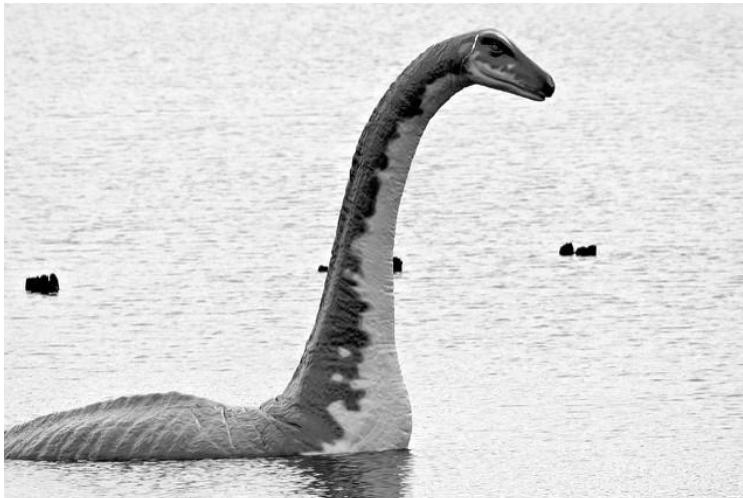
# Rastrová vs. vektorová grafika



# Popis obrazu – dělení

## Jasový (šedotónový)

- 1D matice
- 8 bit
- $v \times s \times 1 (B)$



## Barevný

- 3D matice
- 24 bit
- $v \times s \times 3 (B)$



## Binární

- 1D matice
- 1 bit
- $v \times s \times 1 (B)$



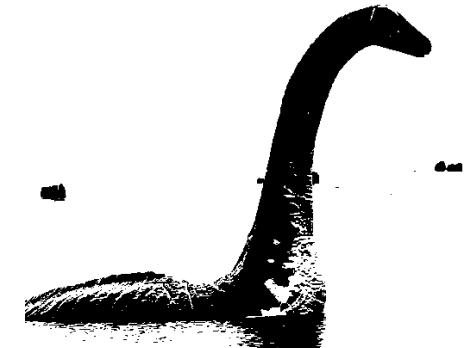
# Popis obrazu – převod



Průměrování /  
Váhování složek



Prahování



# Převod barevného obrazu na jasový



průměrování



$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

# Převod barevného obrazu na jasový



průměrování



$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

váhování



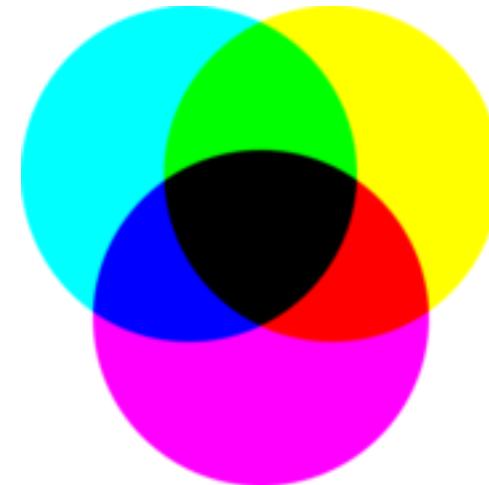
$$I = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

# Transparentní obraz

# Barevné soustavy

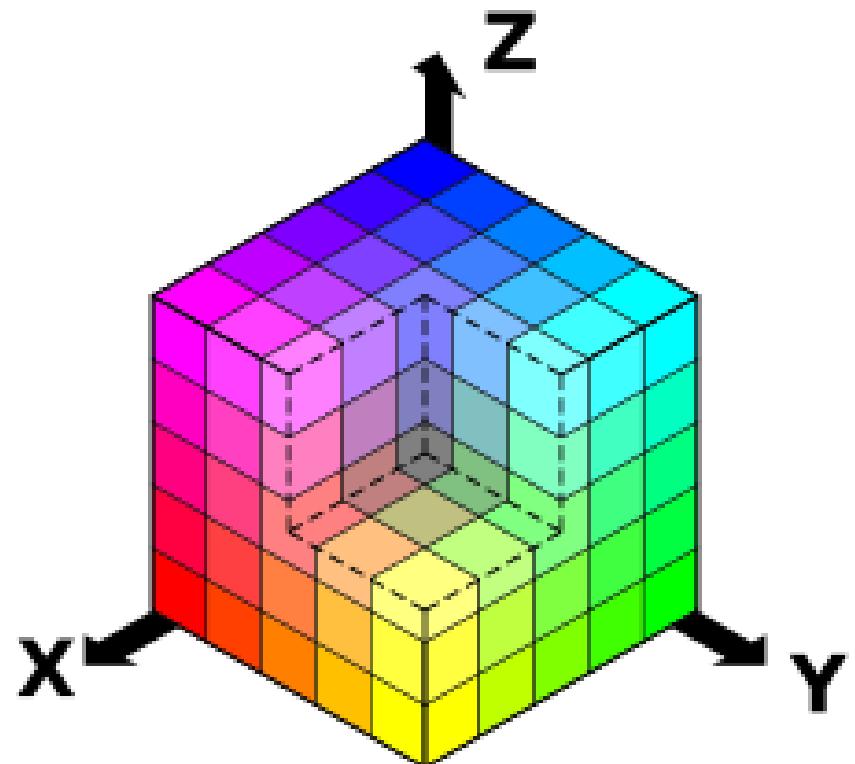


RGB  
vs.  
CMY(K)



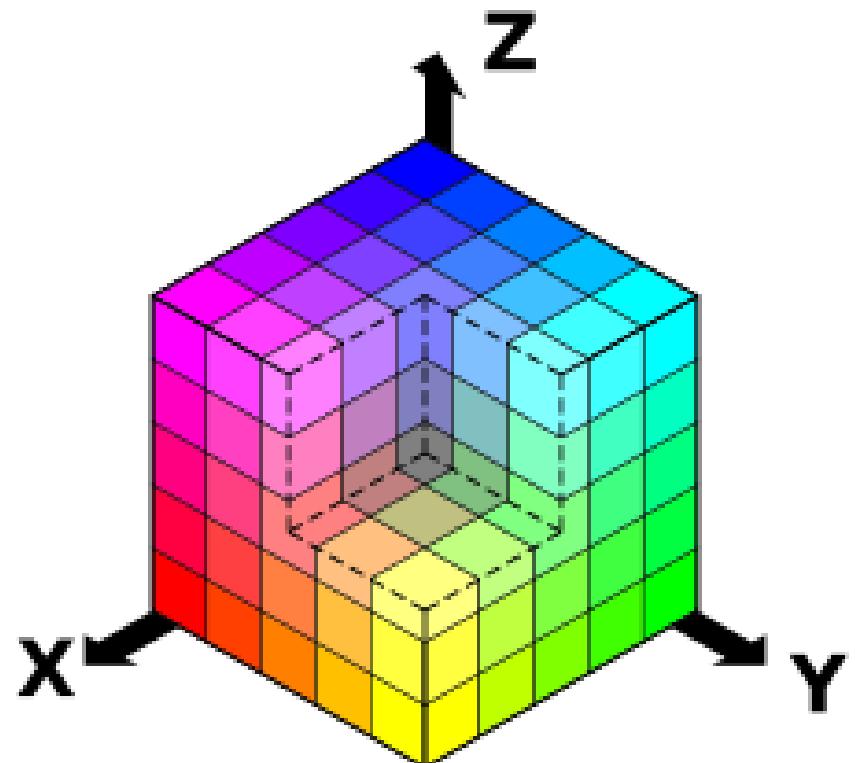
# Barevné soustavy – RGB

- Vyjádření barvy pomocí 24 bit ( $3 \times 8$  bit)
- 3 základní + 3 doplňkové
- Notace
  - R [255 ; 0 ; 0]
  - G [0 ; 255 ; 0]
  - B [0 ; 0 ; 255]
  - C [? ; ? ; ?]
  - M [? ; ? ; ?]
  - Y [? ; ? ; ?]
  - K [? ; ? ; ?]



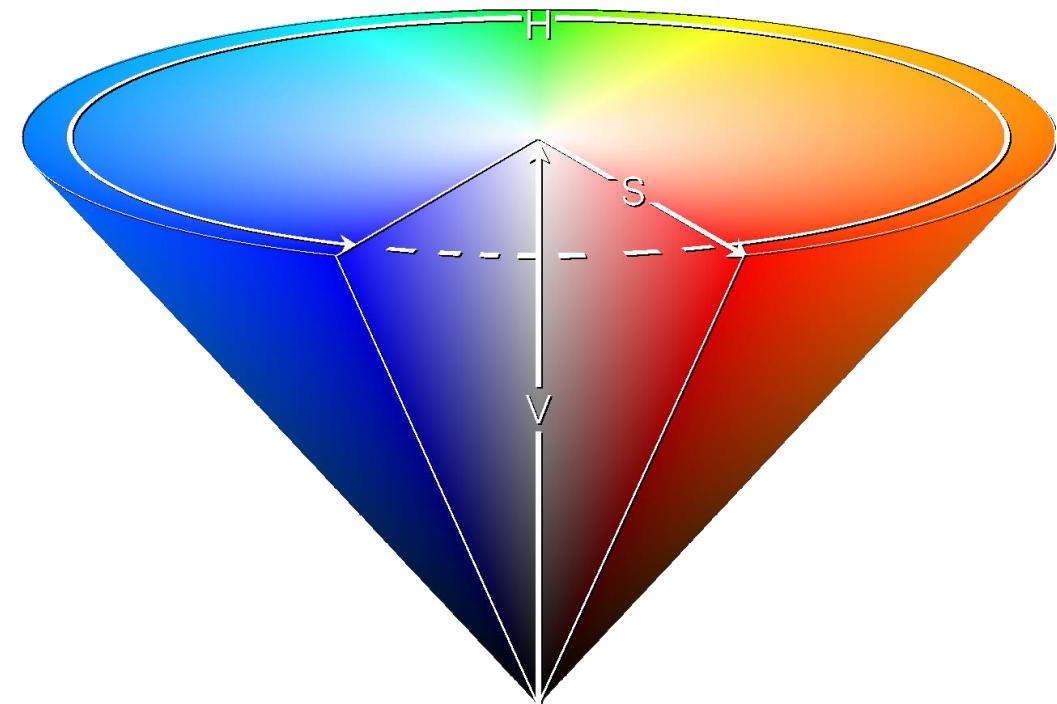
# Barevné soustavy – RGB

- Vyjádření barvy pomocí 24 bit ( $3 \times 8$  bit)
- 3 základní + 3 doplňkové
- Notace
  - R [255 ; 0 ; 0]
  - G [0 ; 255 ; 0]
  - B [0 ; 0 ; 255]
  - C [0 ; 255 ; 255]
  - M [255 ; 0 ; 255]
  - Y [255 ; 255 ; 0]
  - K [0 ; 0 ; 0]



# Barevné soustavy – HSV (HSB)

- HUE – barva
- SATURATION – sytost
- VALUE (BRIGHTNESS) – jas

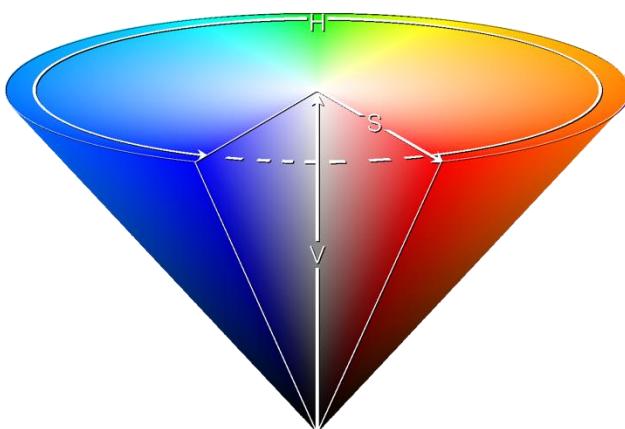


# Barevné soustavy – HSV (HSB)



- HUE
  - barva
- SATURATION
  - sytost
- VALUE (BRIGHTNESS)
  - jas

$$R' = \frac{R}{255} \quad G' = \frac{G}{255} \quad B' = \frac{B}{255}$$
$$C_{\min} = \min(R', G', B') \quad C_{\max} = \max(R', G', B')$$
$$\Delta = C_{\min} - C_{\max}$$



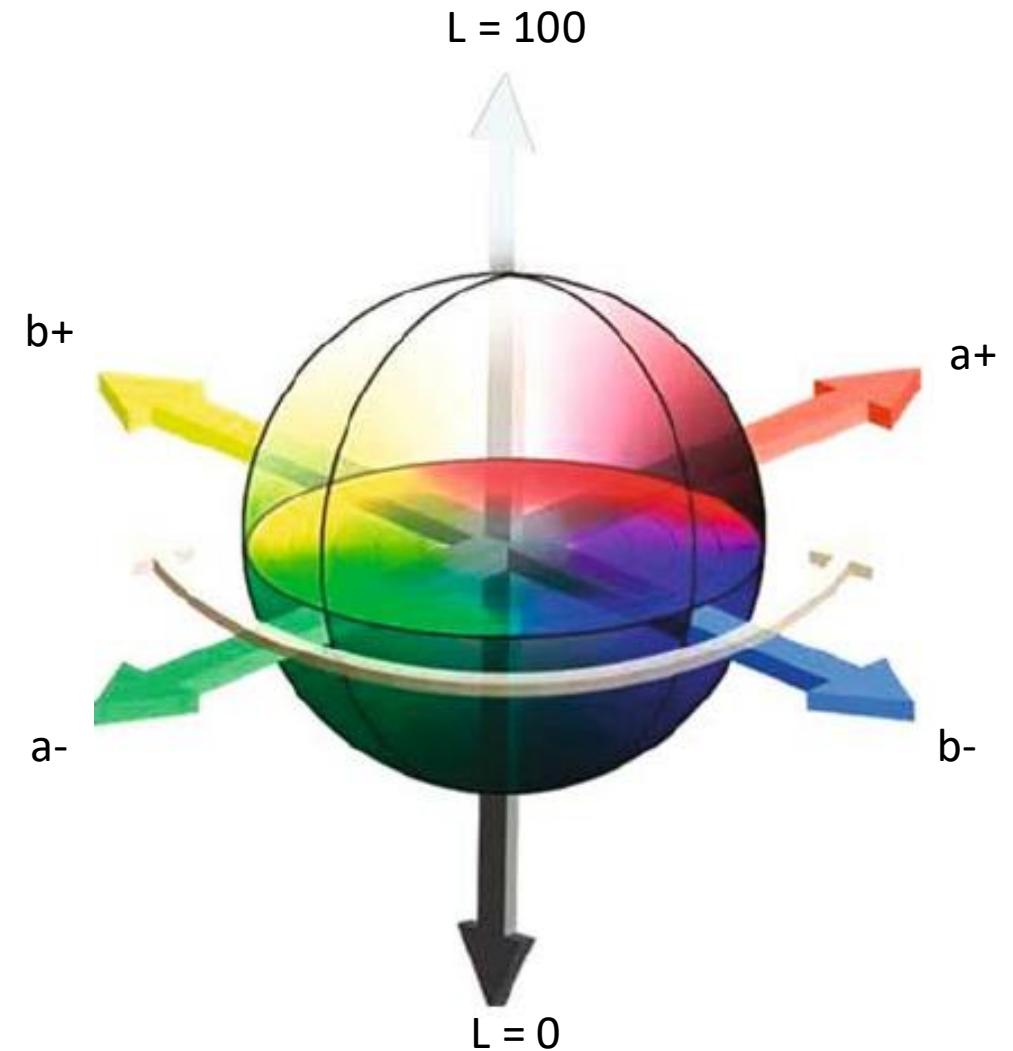
$$H = \begin{cases} 0^\circ, & \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left( \frac{G' - B'}{\Delta} + 6 \right), & C_{\max} = R' \\ 60^\circ \times \left( \frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), & C_{\max} = G' \\ 60^\circ \times \left( \frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), & C_{\max} = B' \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, & C_{\max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{\max}}, & C_{\max} \neq 0 \end{cases}$$

$$V = C_{\max}$$

# Barevné soustavy – Lab (CIELAB)

- Lightness – jas
- $a^*$  – červeno-zelená
- $b^*$  – modro-žlutá
- úměrné z hlediska lidského vnímání barev



# Komprese obrazu

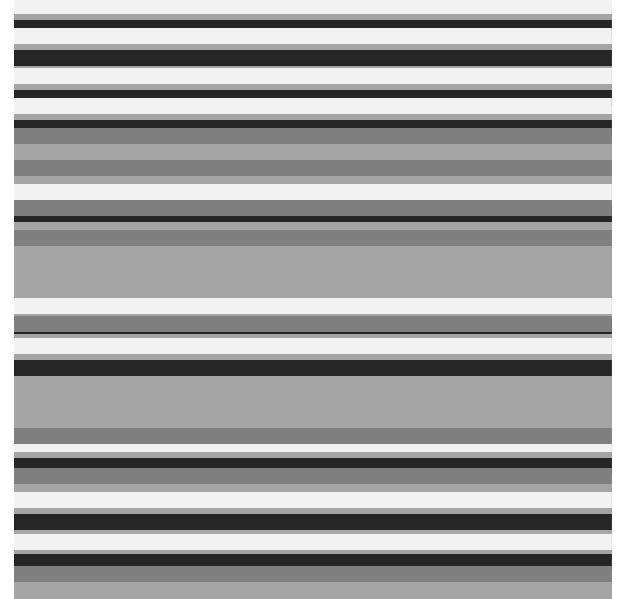
- Výpočet

# Komprese obrazu

- Výpočet
  - $1000 \times 1000 \times 24 \times 30 \times 60 \times 120 = \text{hodně moc (bit)}$

# Komprese obrazu

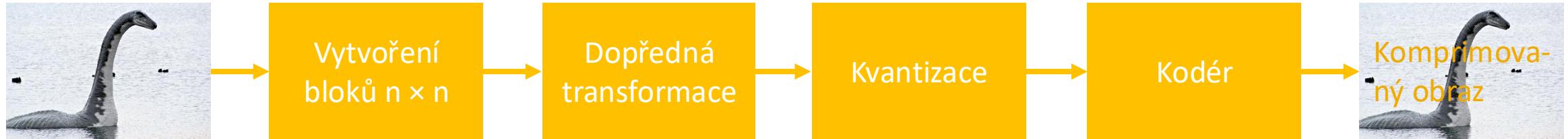
- Výpočet
  - $1000 \times 1000 \times 24 \times 30 \times 60 \times 120 = \text{hodně moc (bit)}$
- Všechny pixely nejsou stejně důležité (RLE)



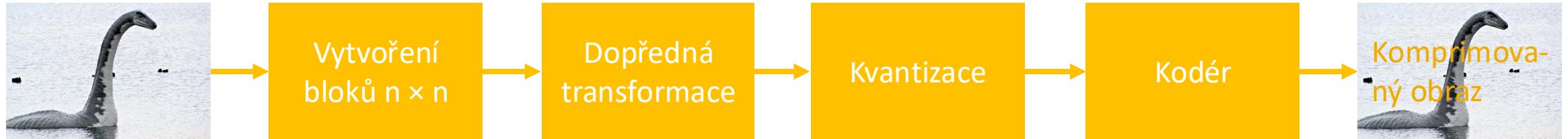
# Komprese obrazu



# Komprese obrazu – JPEG (standard)



# Komprese obrazu – JPEG (standard)



$8 \times 8$   
bloky

DCT

$$\left\lfloor \frac{17}{2} \right\rfloor \cdot 2 = 16$$

Huffman



Huffman

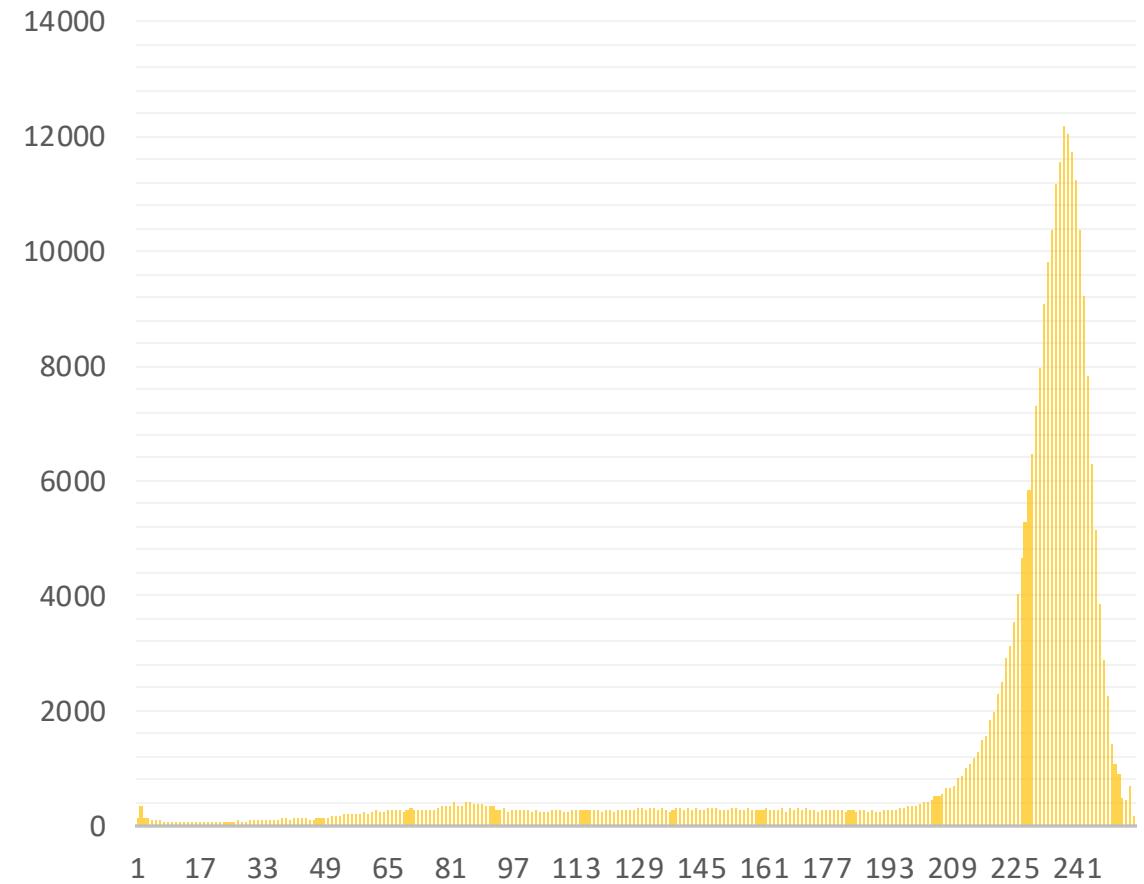
IDCT

$8 \times 8$   
bloky

# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování



Histogram obrazu



# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Hodnota jasu	Pravděpodobnost	Kód 1	Počet bitů	Kód 2	Počet bitů
87	0,25	01010111	8	01	2
128	0,47	10000000	8	1	1
186	0,25	11000100	8	000	3
255	0,03	11111111	8	001	3
ostatní	0	-	8	-	0

- Bezztrátová komprese

# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Hodnota jasu	Pravděpodobnost	Kód 1	Počet bitů	Kód 2	Počet bitů
87	0,25	01010111	8	01	2
128	0,47	10000000	8	1	1
186	0,25	11000100	8	000	3
255	0,03	11111111	8	001	3
ostatní	0	-	8	-	0

$$0,25 \cdot 2 + 0,47 \cdot 1 + 0,25 \cdot 3 + 0,03 \cdot 3 = 1,81$$



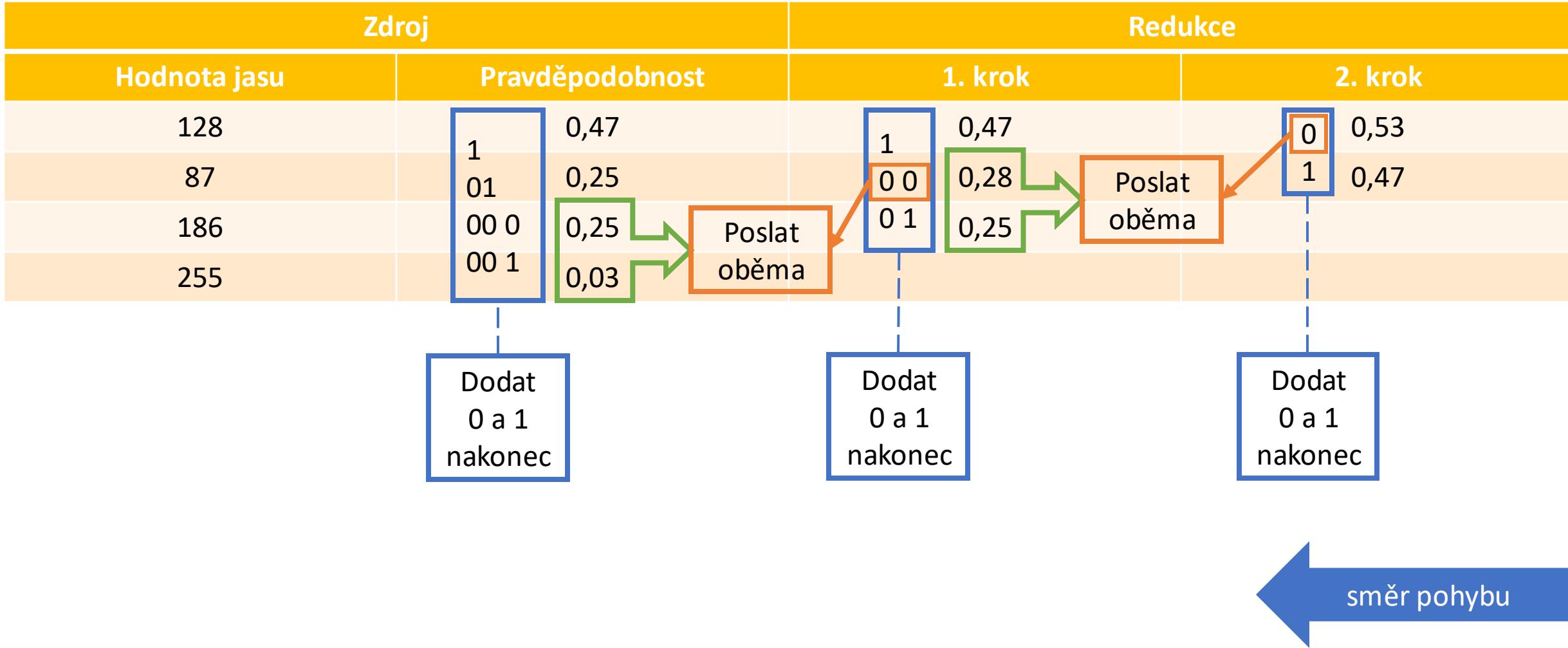
4x lepší!

# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Zdroj		Redukce	
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok
128	0,47		
87	0,25		
186	0,25 0,03	Sečíst a seřadit	Sečíst a seřadit
255		0,47 0,28 0,25	0,53 0,47

směr pohybu

# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování



# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Zdroj		Redukce		
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok	
128	1	0,47	0,47	0,53
87	01	0,25	0,28	0,47
186	00 1	0,25	0,25	
255	00 0	0,03		

Výsledné kódování  
– příklady

0011001010110001  
1001000111010011

# Komprese obrazu – Huffmannovo kódování

Zdroj		Redukce		
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok	
128	1	0,47	0,47	0,53
87	01	0,25	0,28	0,47
186	00 1	0,25	0,25	
255	00 0	0,03		

Výsledné kódování  
– příklady

0011001010110001  
1001000111010011

186 128 186 87 87 128 255 128  
128 186 255 128 128 128 87 186 128

# Datové formáty

JPEG

BMP

FLIF

SVG

PNG

EPS

GIF

TIFF

RAW

PDF