

# Obraz jako matice

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



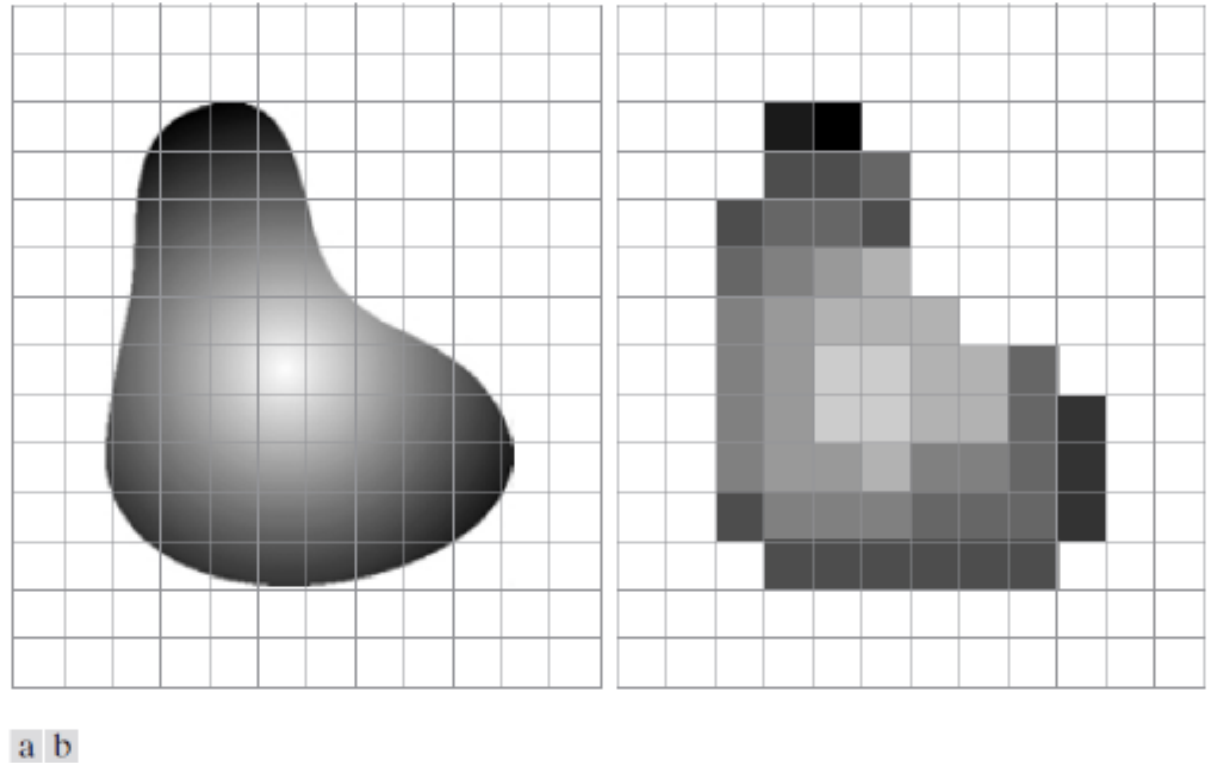
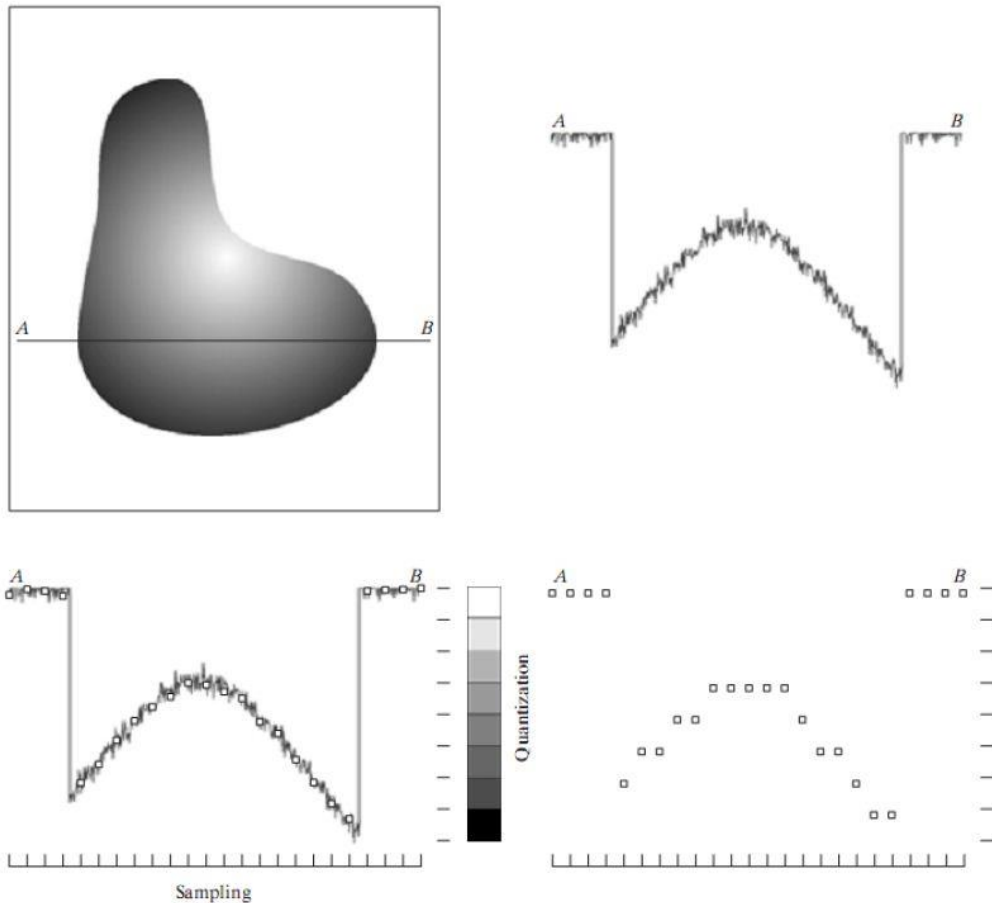
# Snímání obrazu

*„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

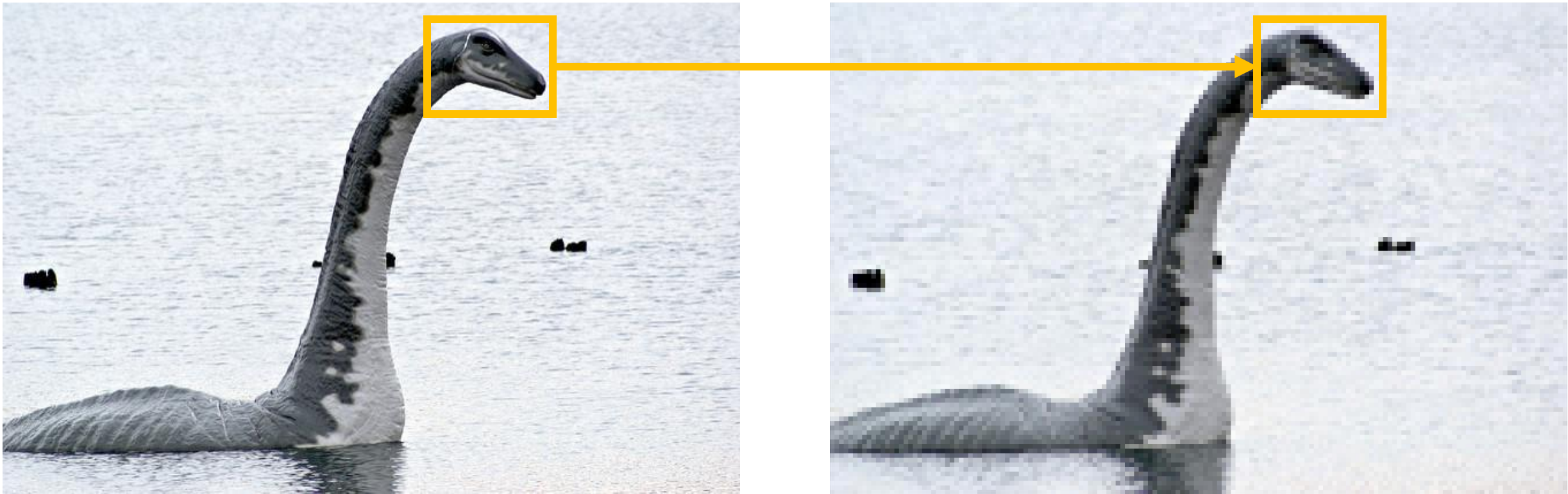
- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky





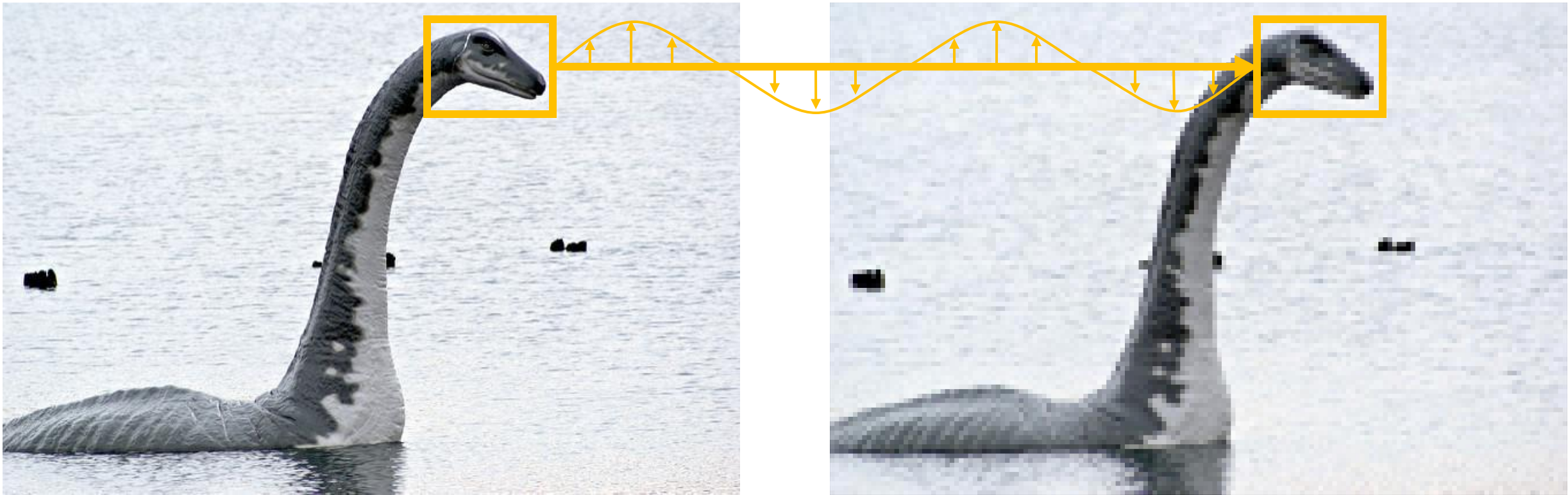
# Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky



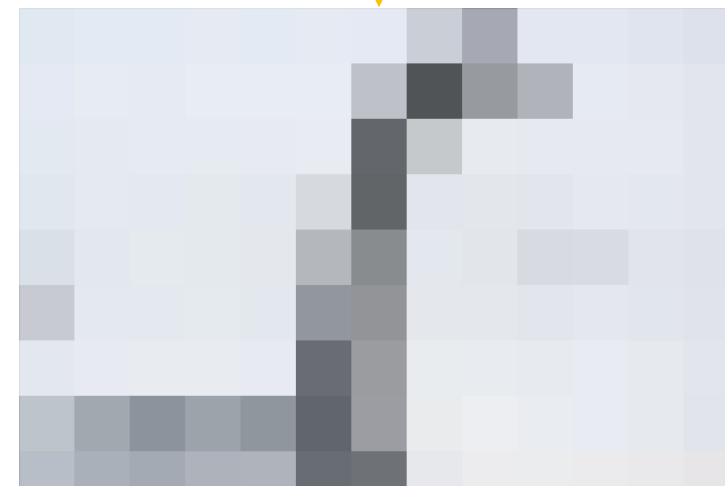
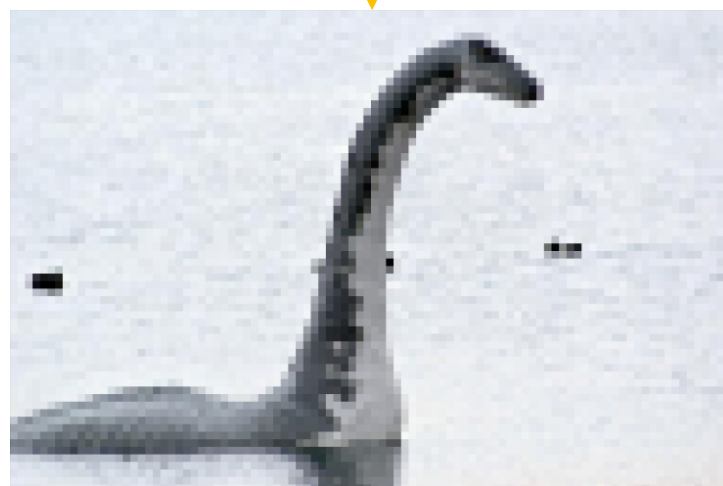
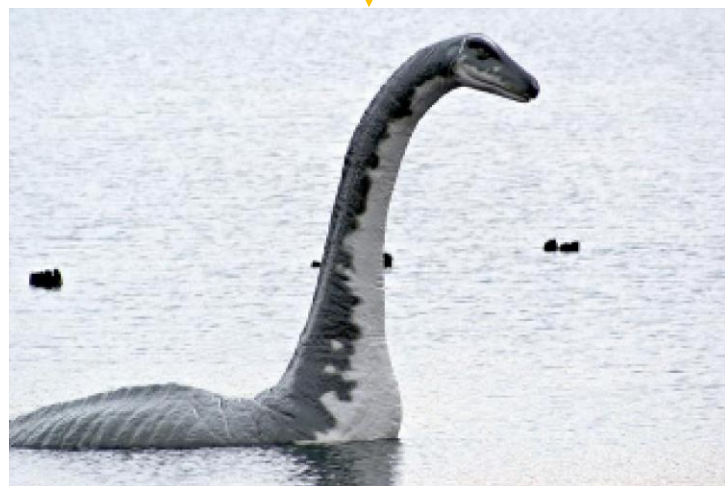
# Digitalizace – vzorkování

- Umístění spojitého kontextu do čtvercové mřížky





# Digitalizace – vzorkování

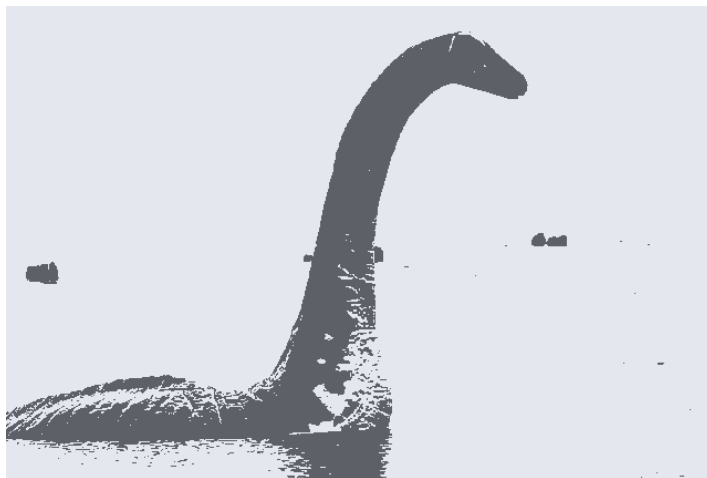
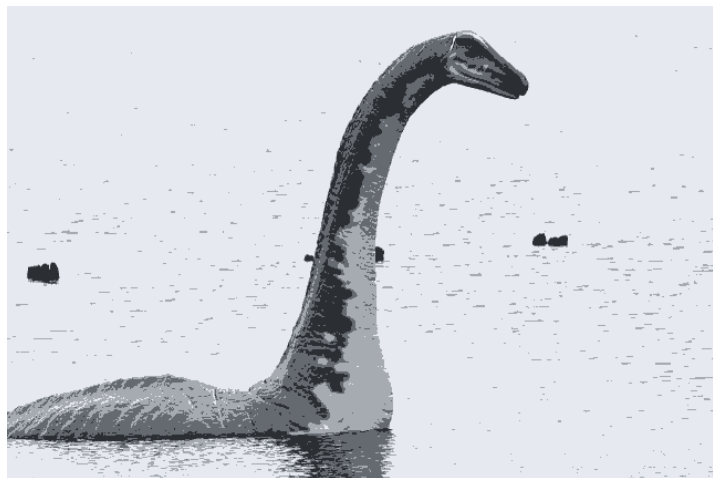


# Digitalizace – kvantování

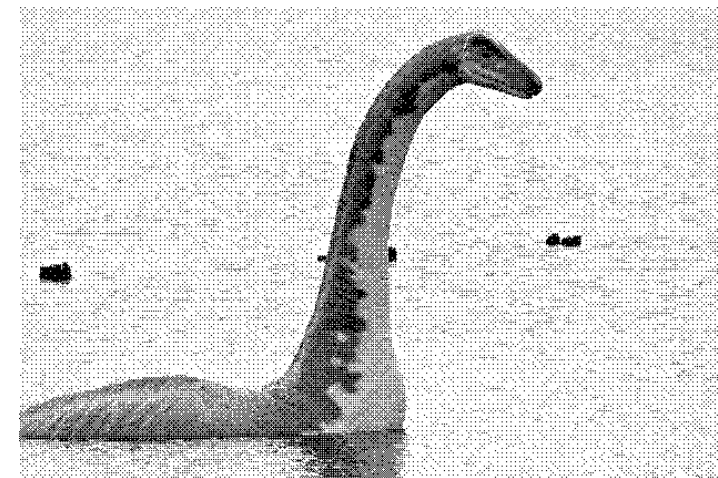
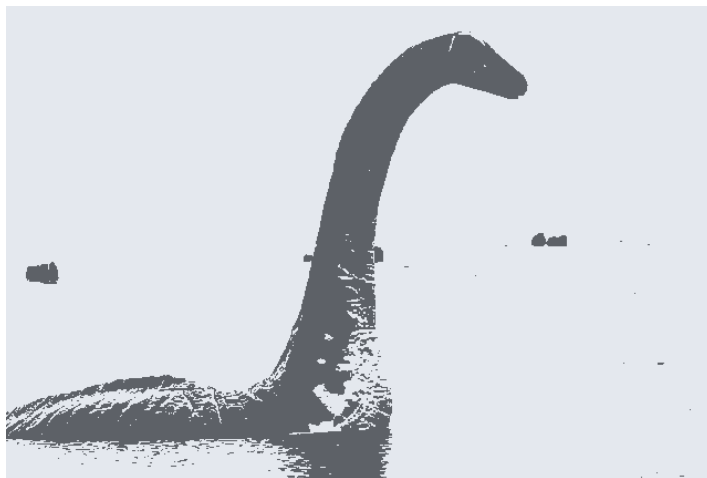
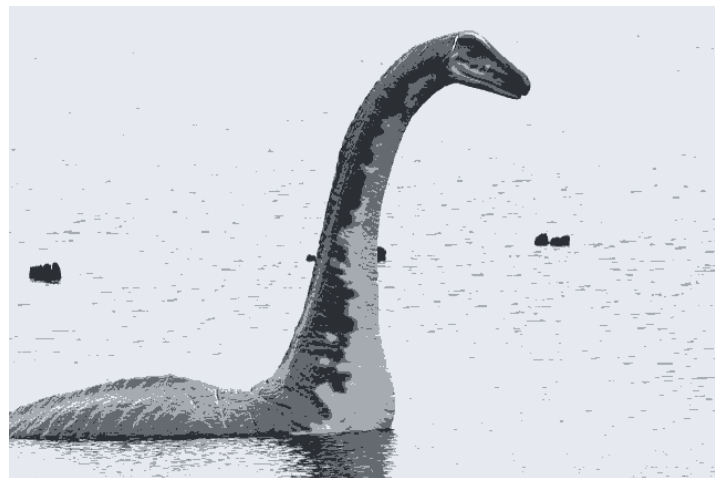
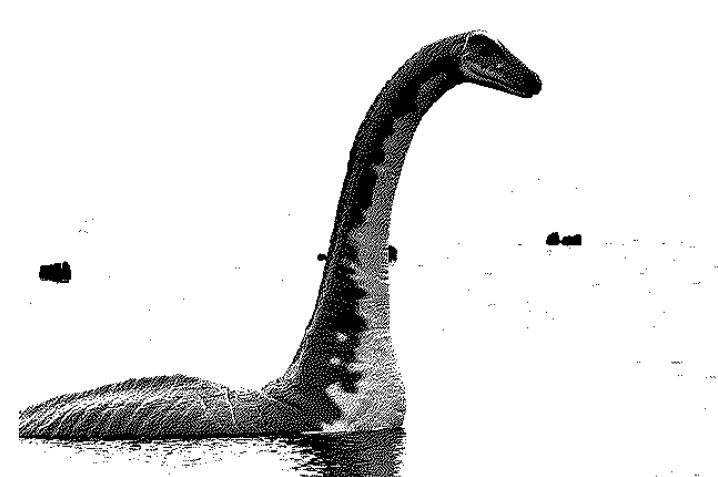
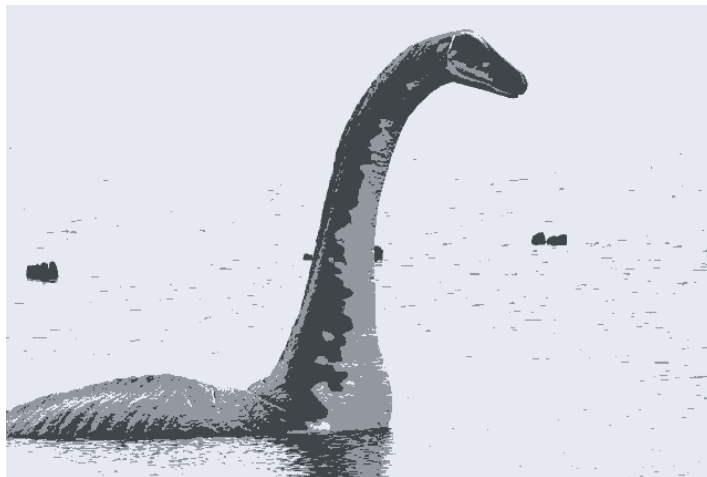
- Využití jasových (barevných) úrovní



# Digitalizace – kvantování

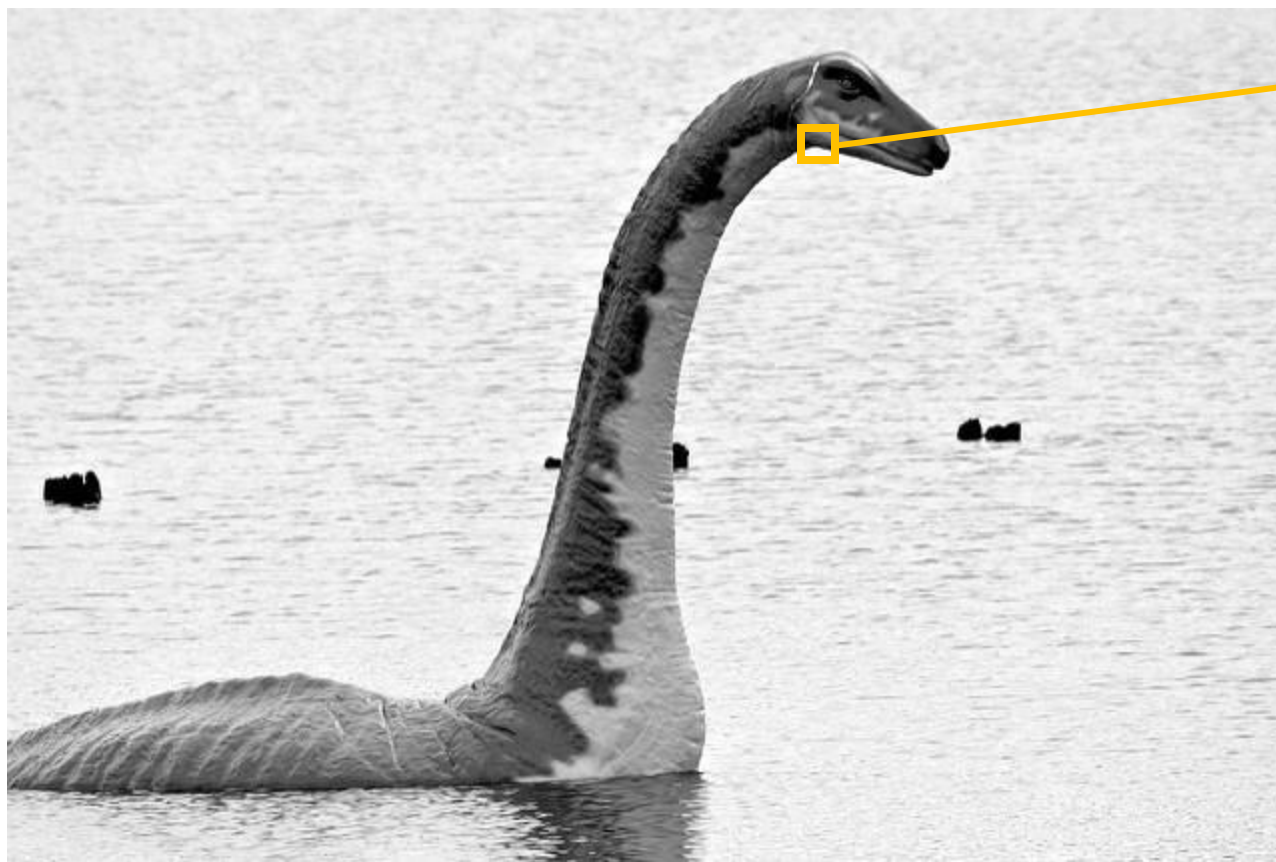


# Digitalizace – kvantování



# Popis obrazu

- Matice pixelů


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

Výška (px)

Šířka (px)



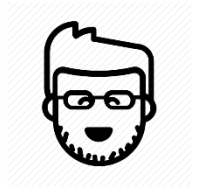
# Popis obrazu – rozlišení

- Matice pixelů


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

Výška (px)

Šířka (px)



Rozlišení =  $v \times š$  (px)

## Displej

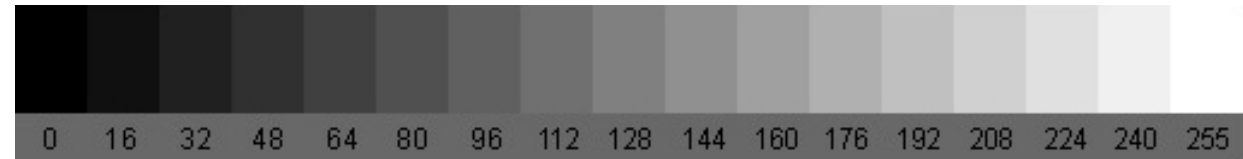
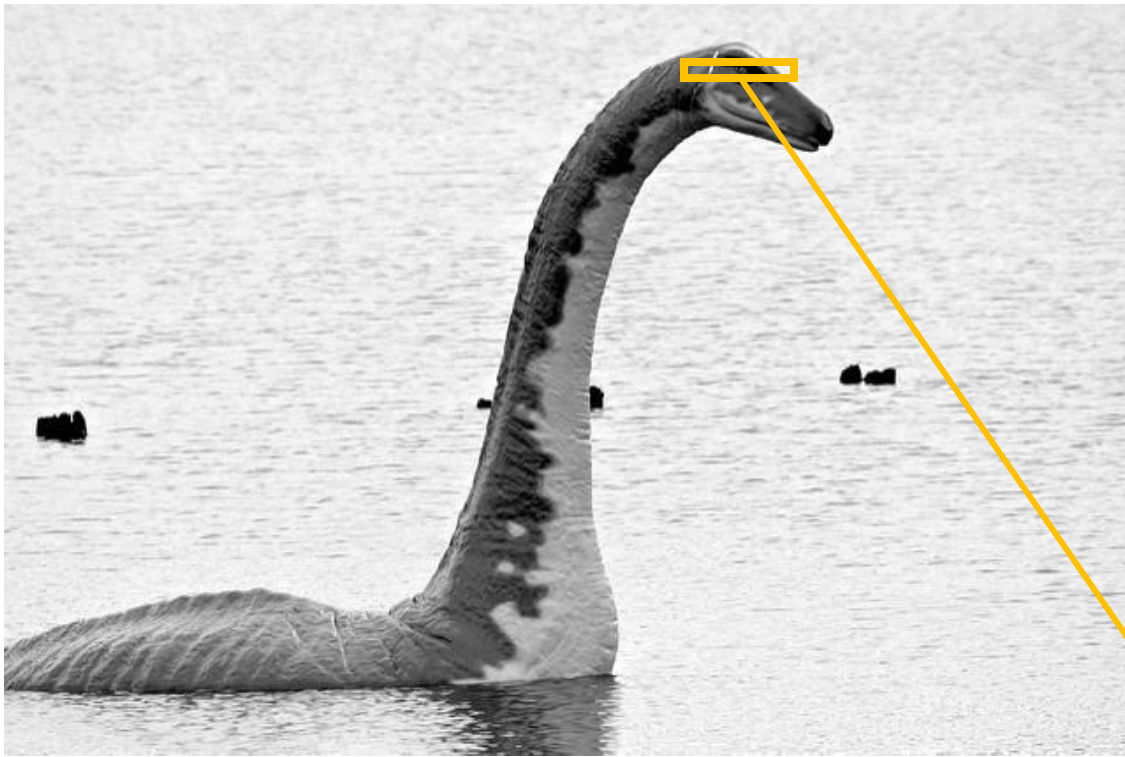
VGA	640 × 480
HD	1280 × 720
HD+	1366 × 768
Full HD	1920 × 1080
2K QHD	2560 × 1440
4K UHD	3840 × 2160

## Obrázek

4 MP	...
12 MP	...
13 MP	4128 × 3096

# Popis obrazu – bitová hloubka

- Jasové úrovně (256)

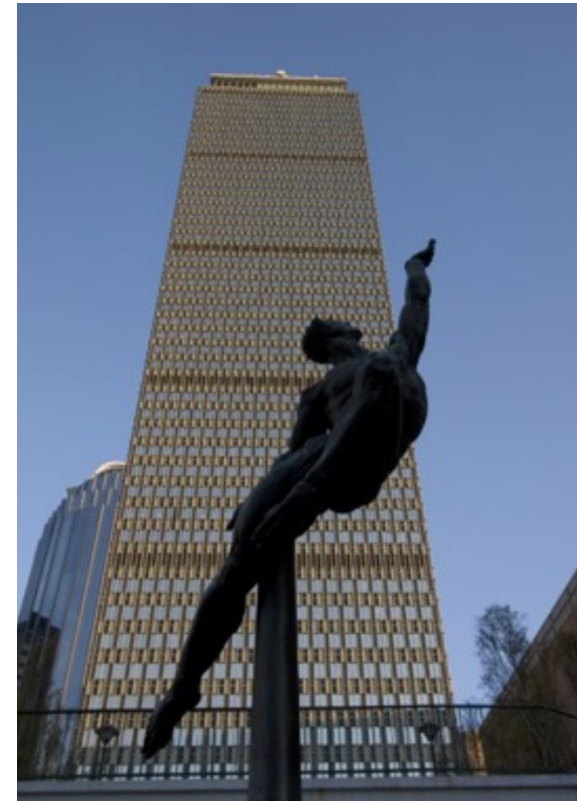


$\langle 0 ; 255 \rangle \sim 8 \text{ bit}$



# Aliasing (falšování)

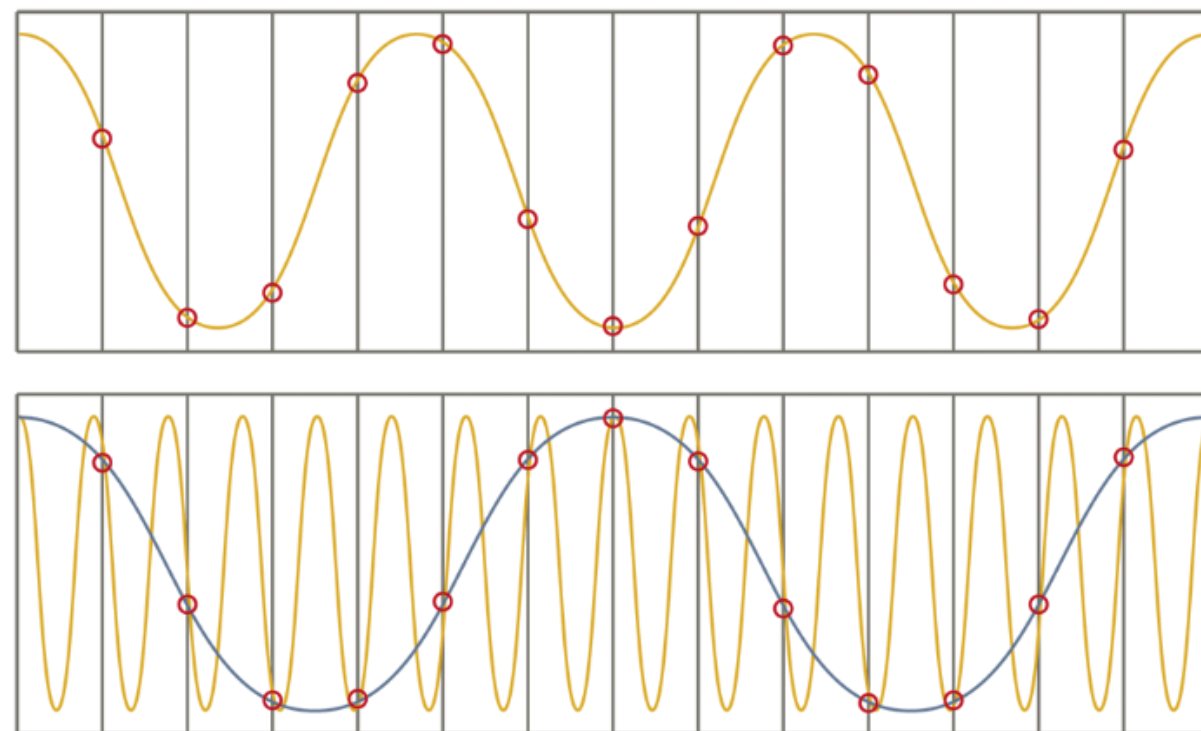
- Jev vznikající při nedostatečném navzorkování signálu
- Signál vypadá jinak než ve skutečnosti
- V čase (jedna osa)
- V prostoru (dvě osy)



# Aliasing – Nyquistův teorém (Shannonův)

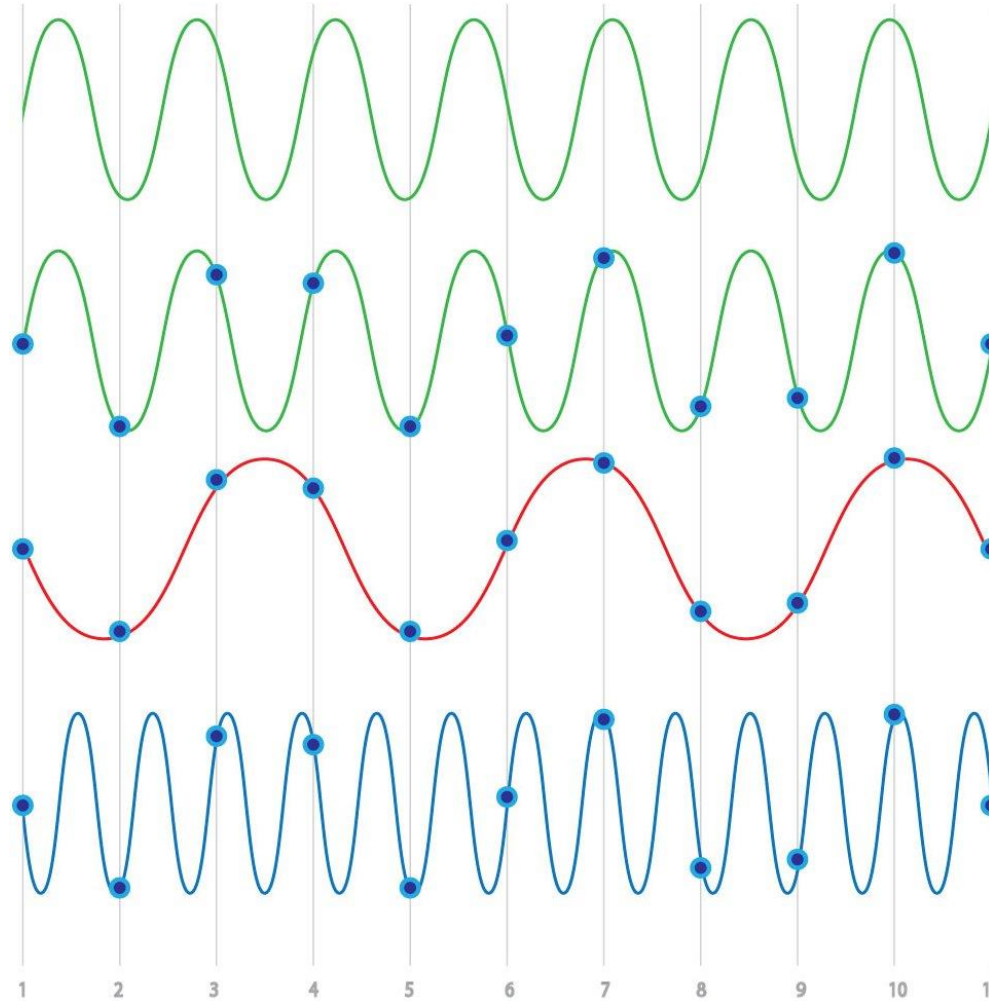
- Velikost vzorkovací frekvence musí být minimálně dvakrát vyšší než nejvyšší frekvence signálu

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



# 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 obraze (2D, moiré)



Jak se to může stát v obraze?

# 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
- $v \times š \times 1$  (B)



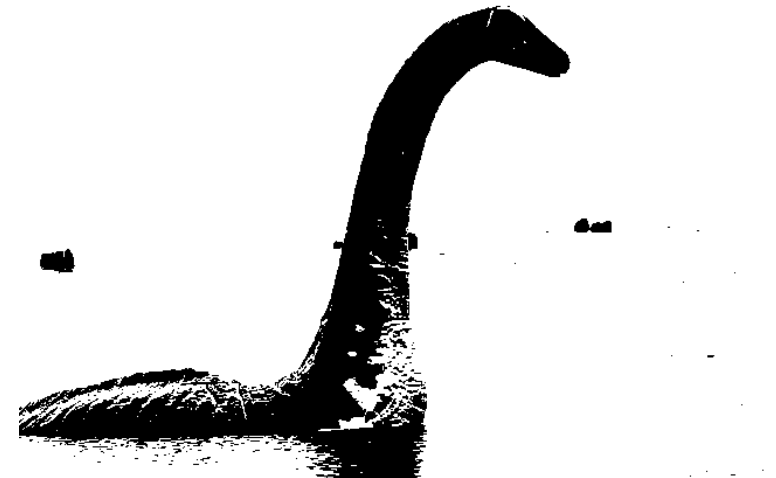
## Barevný

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



## Binární

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



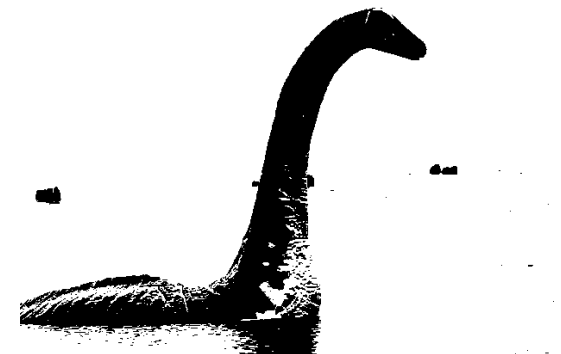
# Popis obrazu – převod



Průměrování /  
Váhování složek



Prahování



# Převod barevného obrazu na jasový



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

# Převod barevného obrazu na jasový



průměrování



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

váhování



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

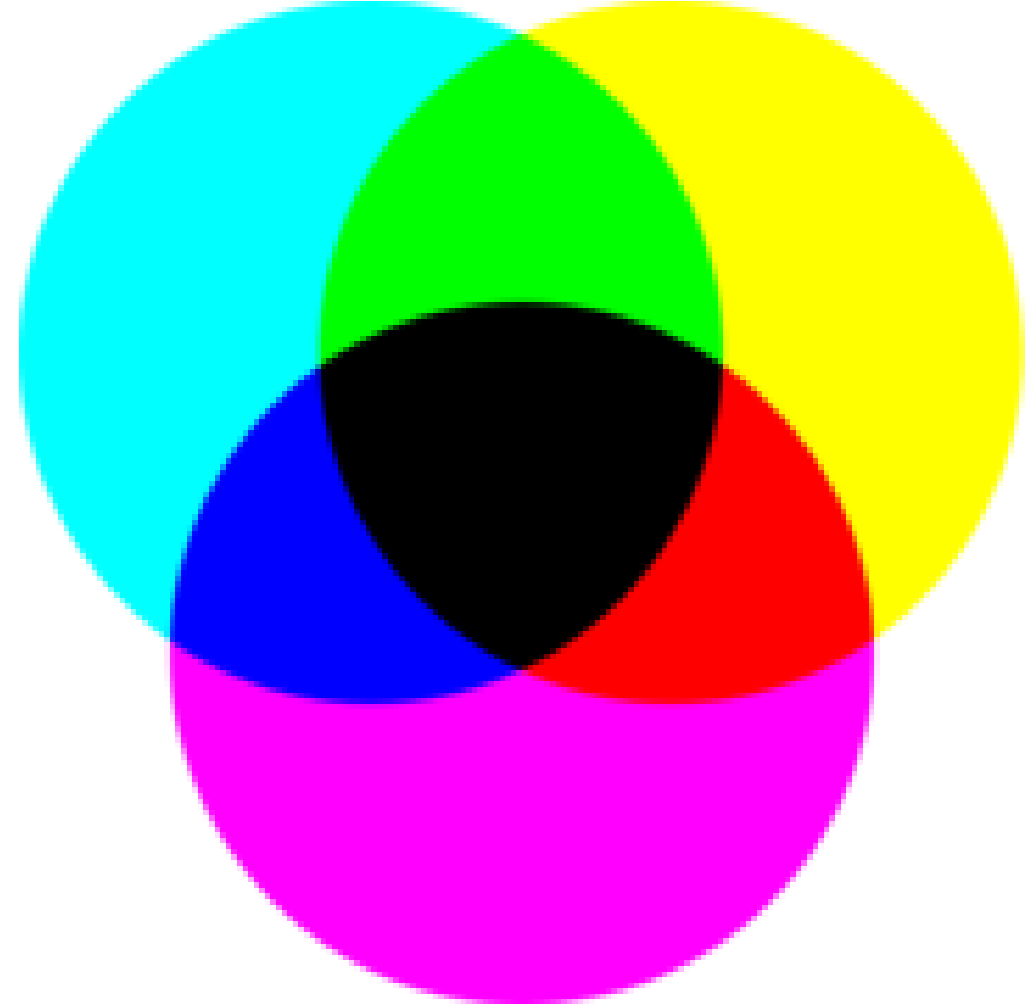
# Transparentní obraz



# Barevné soustavy



RGB  
vs.  
CMY(K)

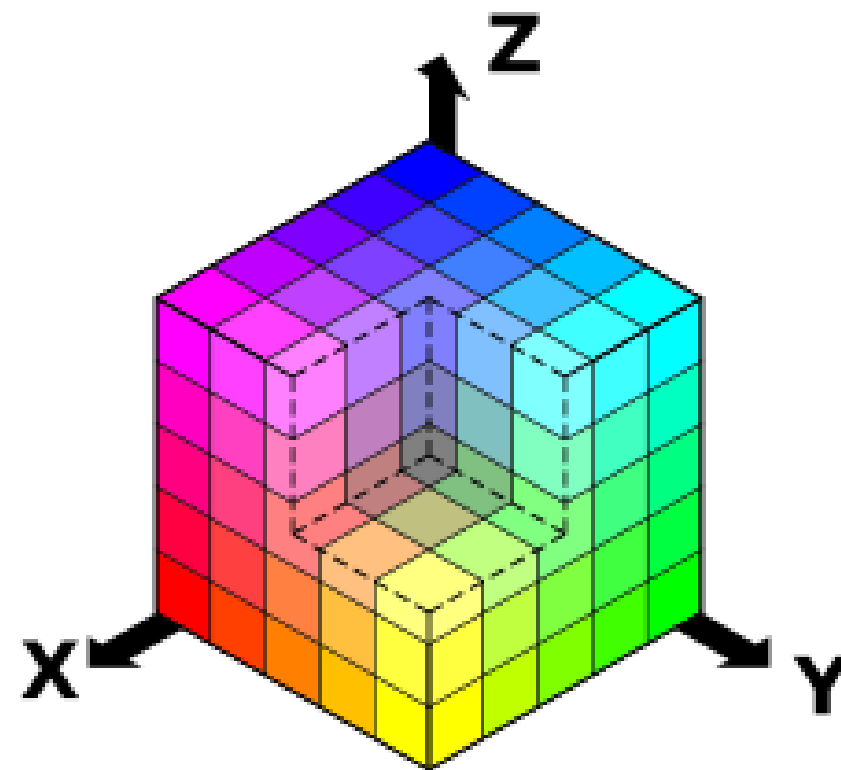


# Barevné soustavy – RGB

- 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 [? ; ? ; ?]

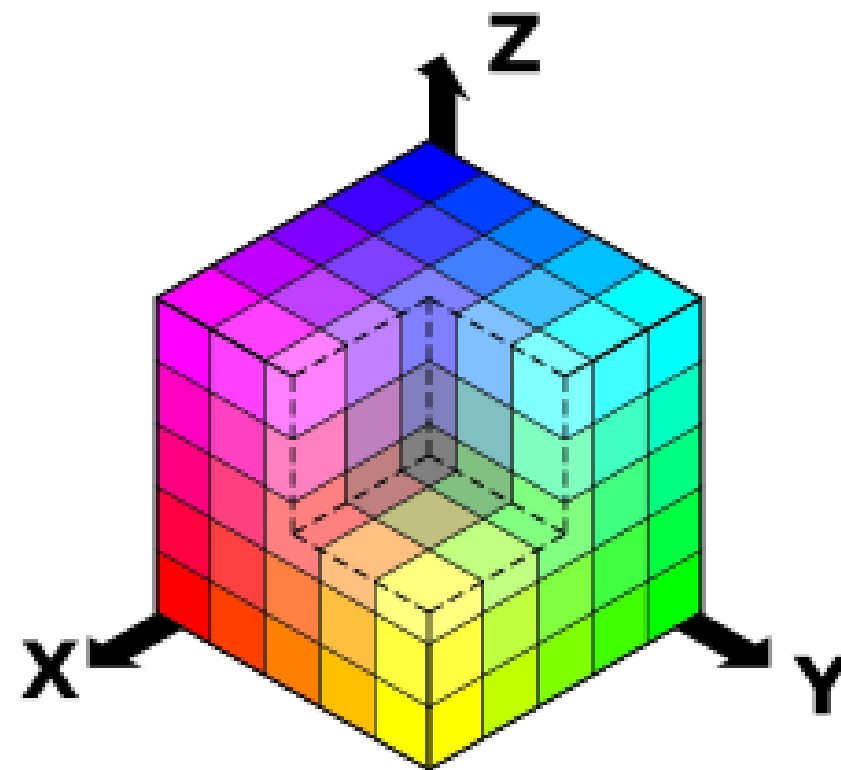


# Barevné soustavy – RGB

- Vyjádření barvy pomocí 24 bit ( $3 \times 8$  bit)
- 3 základní + 3 doplňkové

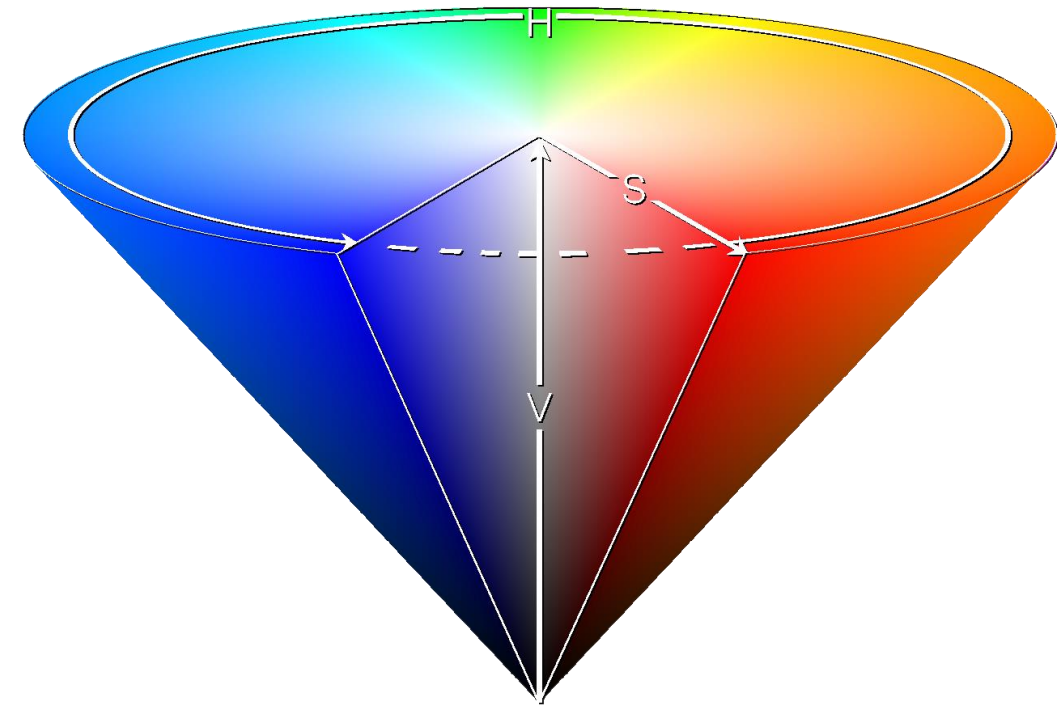
- Notace

- 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)

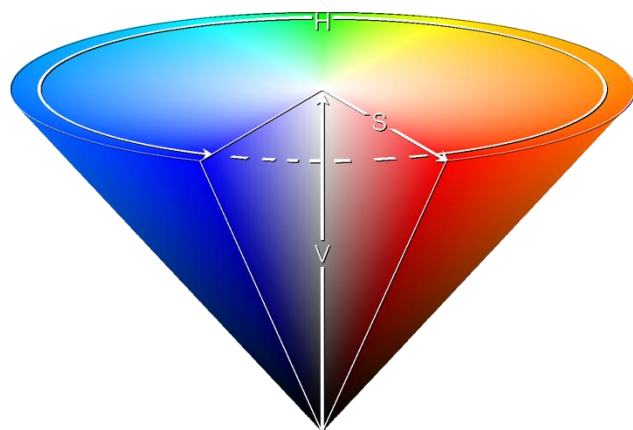


- HUE – barva
- SATURATION – sytost
- VALUE (BRIGHTNESS) – jas

$$R' = \frac{R}{255} \quad G' = \frac{G}{255} \quad B' = \frac{B}{255}$$

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

$$\Delta = C_{\min} - C_{\max}$$



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

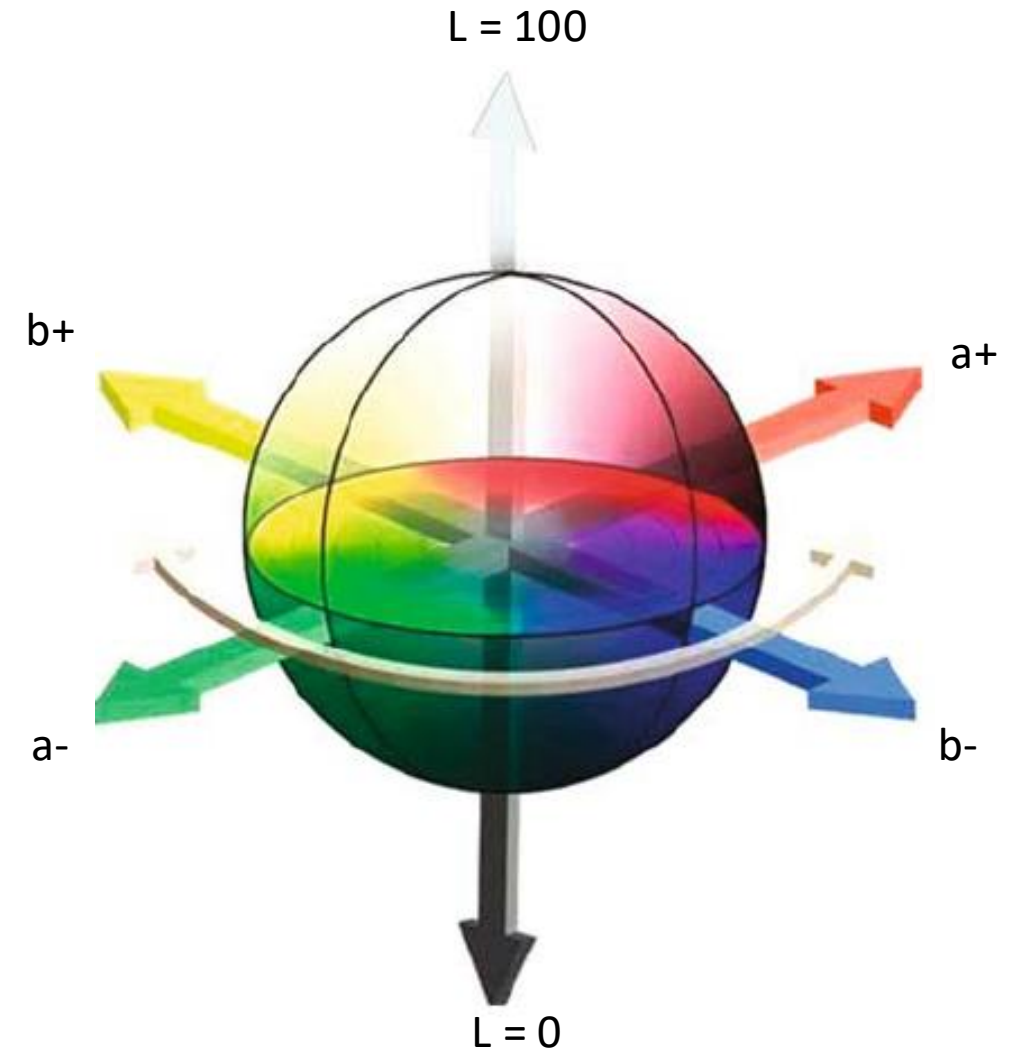
$$S = \begin{cases} 0, & C_{\max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{\max}}, & C_{\max} \neq 0 \end{cases}$$

$$V = C_{\max}$$



# Barevné soustavy – Lab (CIELAB)

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



# Komprese obrazu

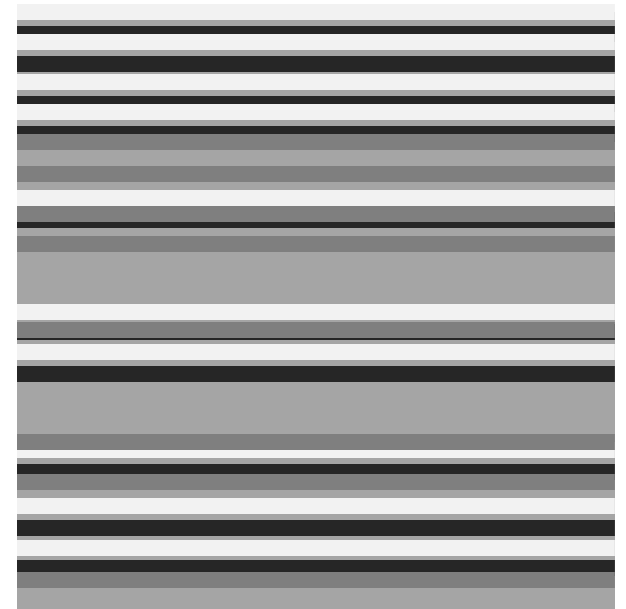
- Výpočet

# Komprese obrazu

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

# Kompresce obrazu

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



# Kompresce obrazu



Mapování

Kvantizace

Kódování  
symbolů

Komprimovaná data  
pro uložení a přenos

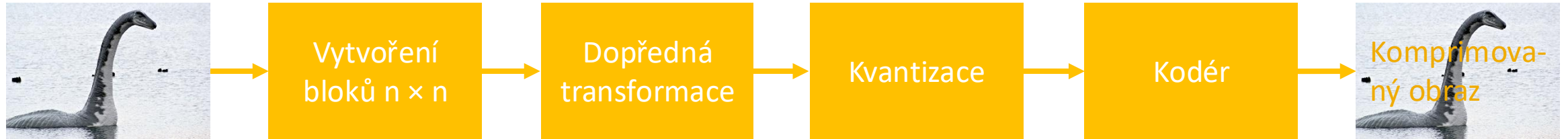
Dekódování  
symbolů

Inverzní  
mapování

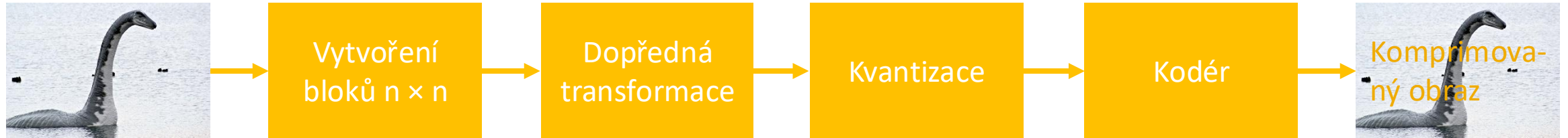




# Kompresa obrazu – JPEG (standard)



# Kompresce obrazu – JPEG (standard)



$8 \times 8$   
bloky

DCT

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

Huffman



Huffman

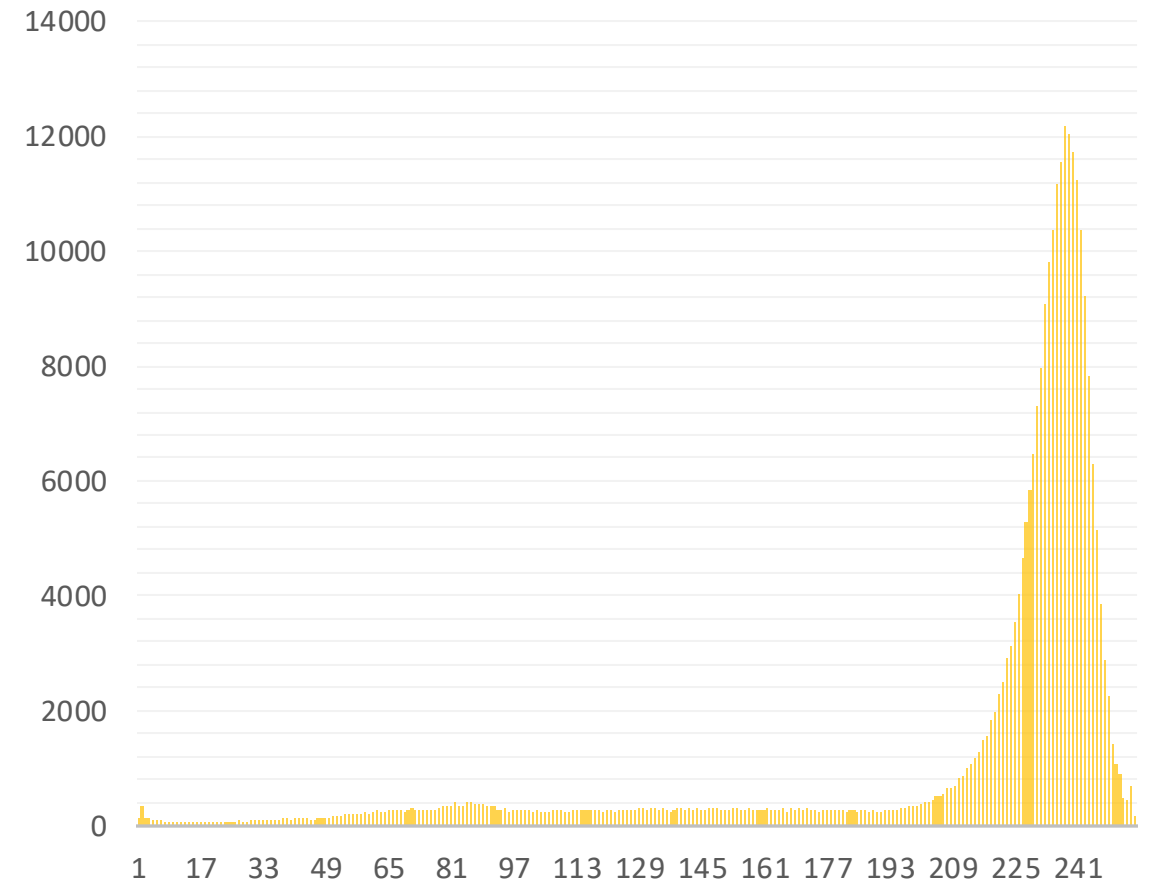
IDCT

$8 \times 8$   
bloky

# Kompresa obrazu – Huffmanmannovo kódování



Histogram obrazu



# Kompresa obrazu – Huffmanovo 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

# Kompresce obrazu – Huffmanново 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

$$0,25 \cdot 2 + 0,47 \cdot 1 + 0,25 \cdot 3 + 0,03 \cdot 3 = 1,81 \quad \longrightarrow \quad 4x \text{ lepší!}$$



# Kompresce obrazu – Huffmanovo kódování

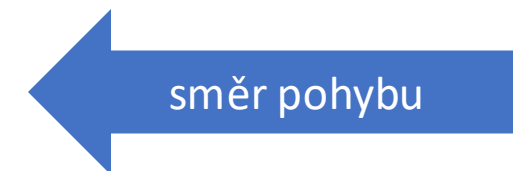
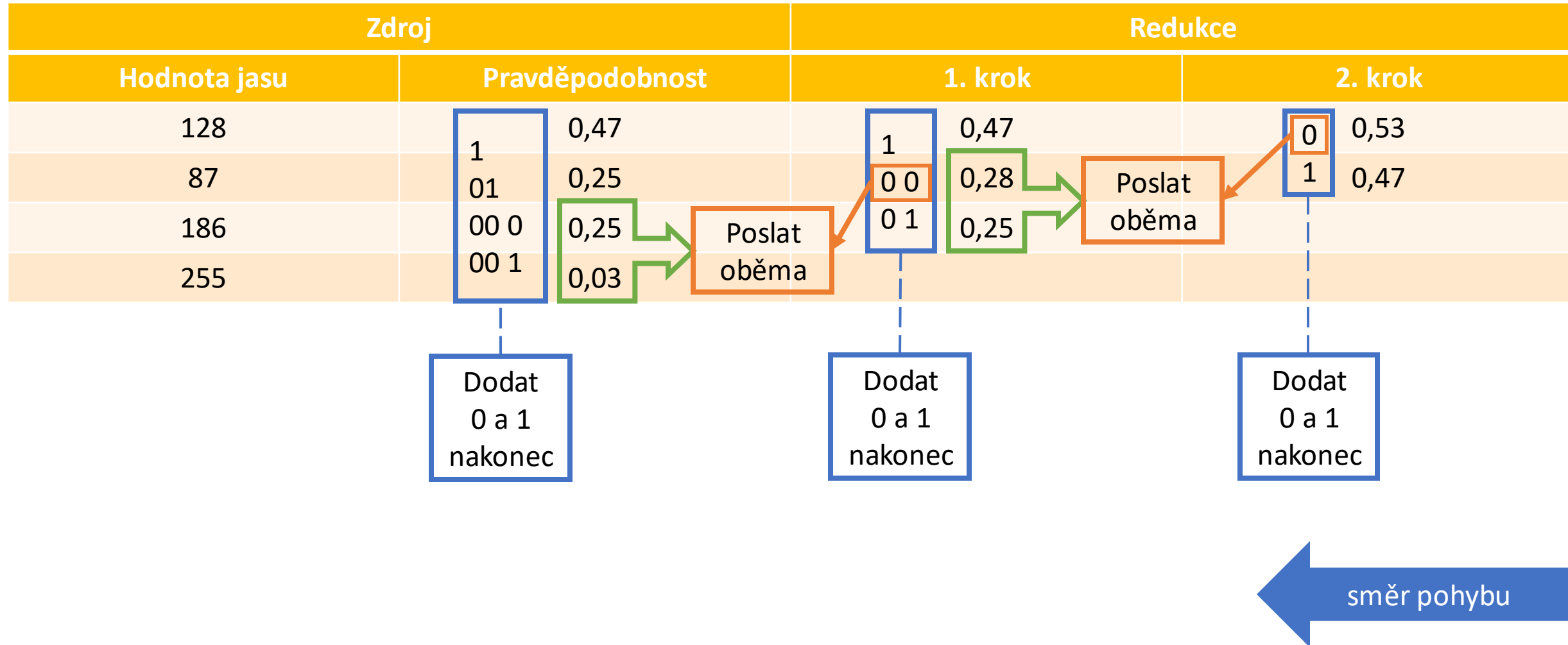
Zdroj		Redukce	
Hodnota jasu	Pravděpodobnost	1. krok	2. krok
128	0,47	0,47	0,53
87	0,25	0,28	0,47
186	0,25	0,25	
255	0,03		

Diagram illustrating the Huffman reduction process:

- Source (Zdroj):** A table with pixel values (Hodnota jasu) and their probabilities (Pravděpodobnost).
- Reduction (Redukce):** A process of repeatedly combining the two smallest probabilities into a new node until only one node remains.
- 1. krok (Step 1):** The two smallest probabilities (0,25 and 0,03) are summed to form a new node with probability 0,28. The next two smallest probabilities (0,25 and 0,28) are summed to form a new node with probability 0,53.
- 2. krok (Step 2):** The two smallest probabilities (0,28 and 0,25) are summed to form a new node with probability 0,53. The next two smallest probabilities (0,47 and 0,53) are summed to form a new node with probability 1,00.

směr pohybu

# Kompresce obrazu – Huffmanovo kódování



# Kompresce obrazu – Huffmanovo 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 – Huffmanovo kódování

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

Výsledné kódování  
– příklady

0011001010110001  
1001000111010011

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

# Datové formáty

BMP

FLIF

JPEG

PNG

SVG

EPS

GIF

TIFF

PDF

RAW