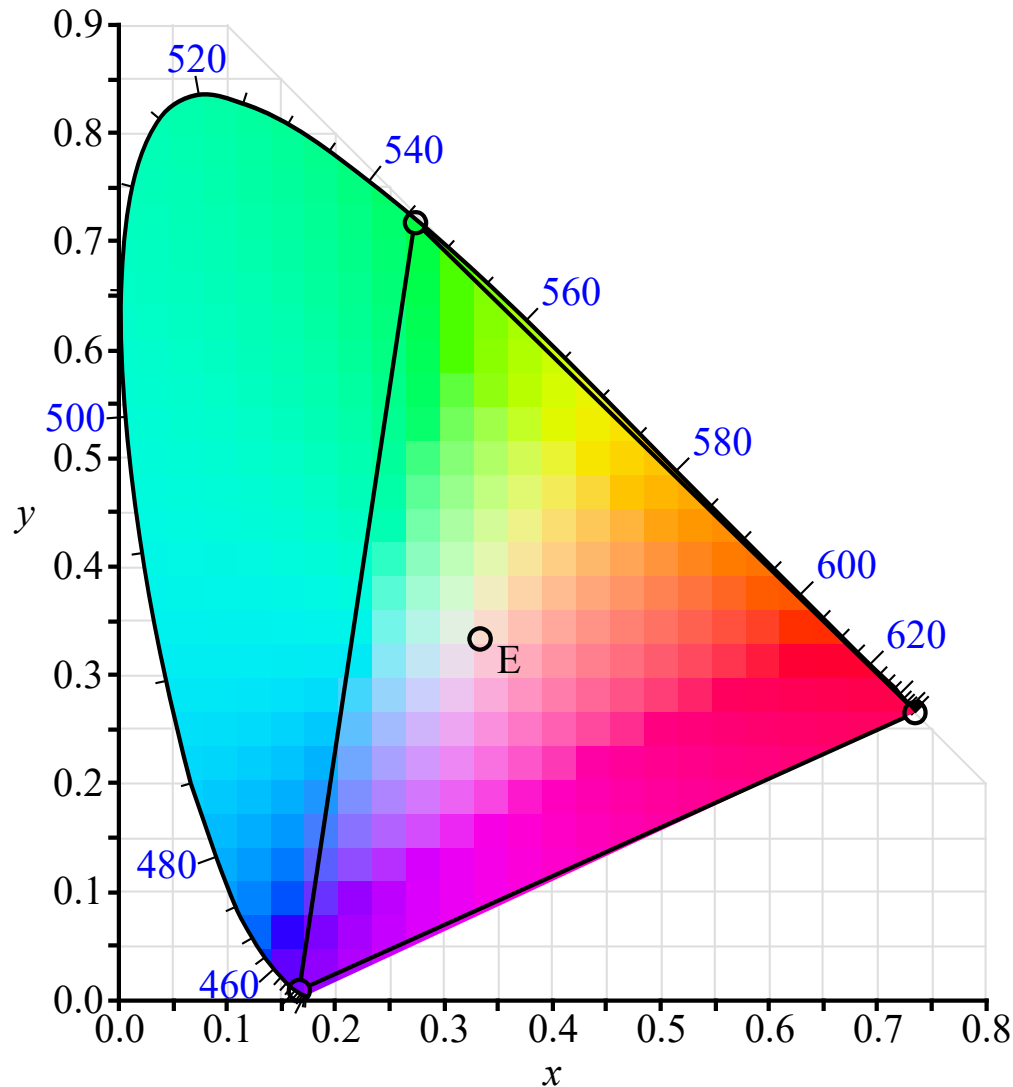


Barevné systémy

© 1995-2019 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz
<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>

Viditelné barvy



CIE RGB primitiva:

700 nm

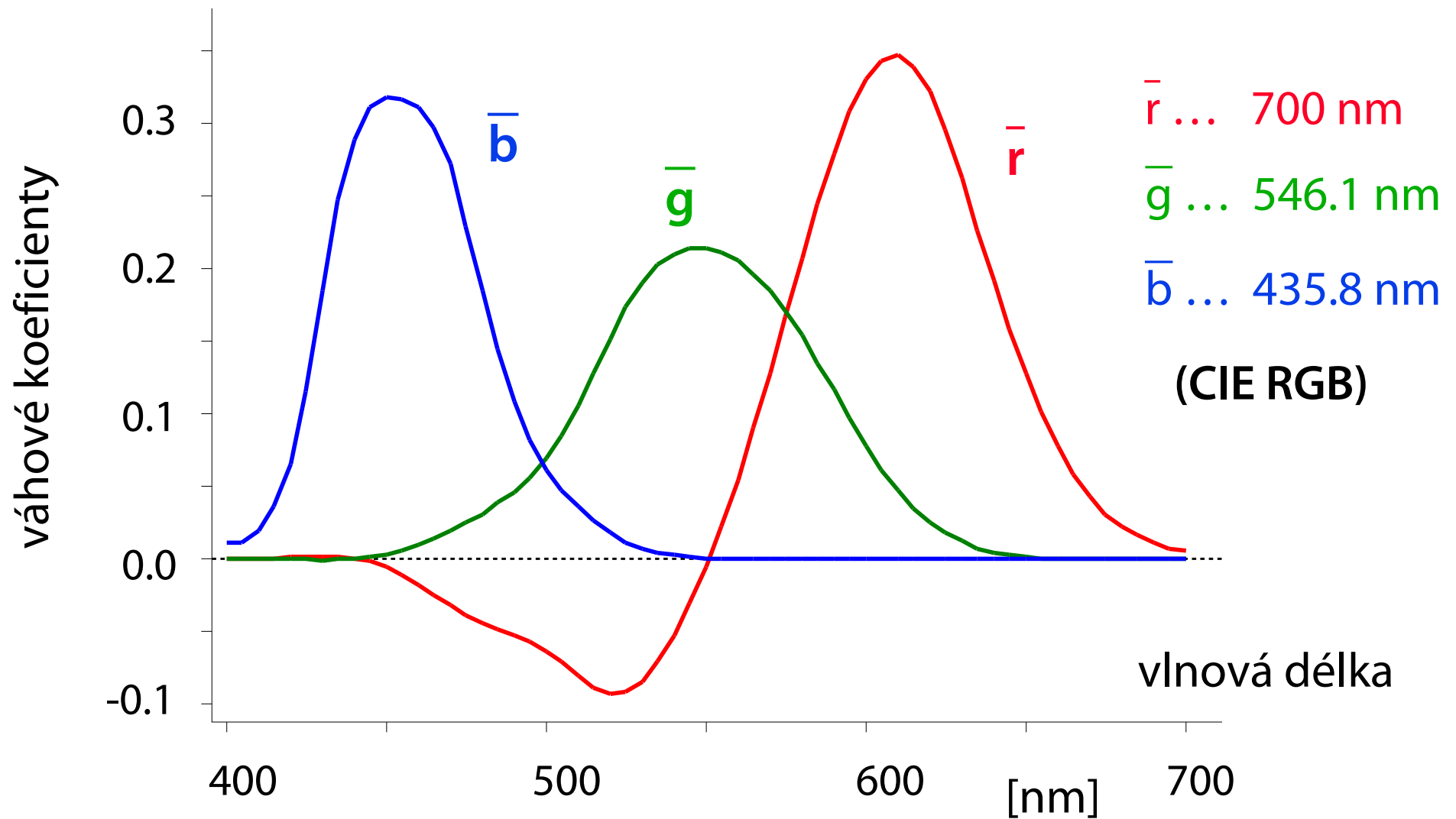
546.1 nm

435.8 nm

© BenRG, Wiki



Rozklad spektrálních barev





Virtuální barevná primitiva X,Y,Z

Commision Internationale de l'Éclairge (CIE) v roce 1931 definovala tři virtuální barvy X, Y, Z, jejichž konvexní kombinací již vytvoříme libovolnou viditelnou barvu

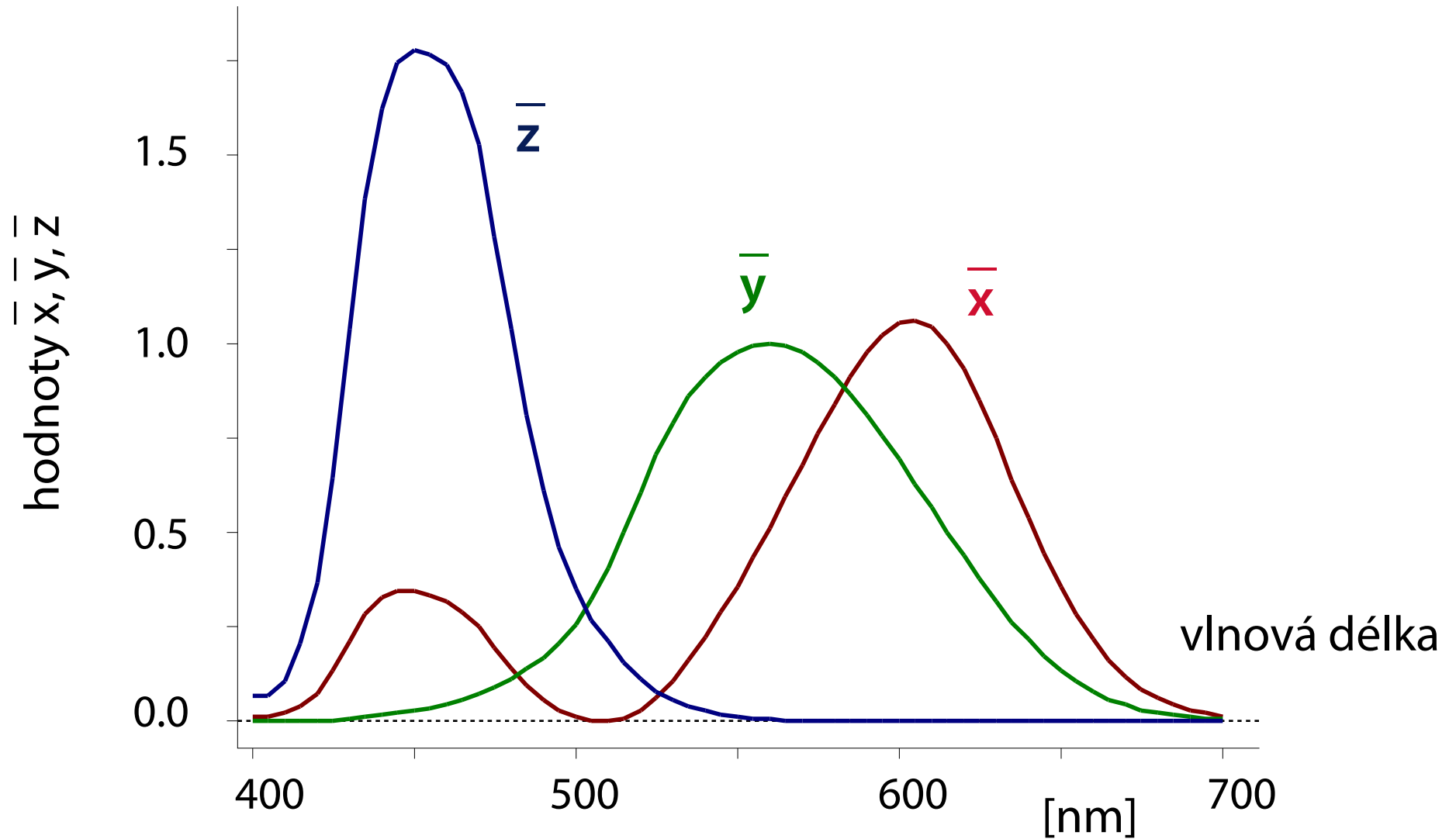
- \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} jsou definovány pomocí svých spektrálních charakteristik \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} (tabelovaných po 1nm)
- Y ... jas
- Z ~ modrý stimulus („S“ čípky)
- X ... pozitivita

Závislost mezi složkami R,G,B a X,Y,Z je **lineární**

- převodní matice 3×3



Srovnávací funkce CIE





Barevný prostor CIE-xyY

Normalizované barevné složky x , y , z

- $x = X/(X+Y+Z)$, $y = Y/(X+Y+Z)$, $z = Z/(X+Y+Z)$
- x , y , z nesou informace o odstínu a sytosti (barva) i jasu, složka Y byla navržena jako měřítko jasu

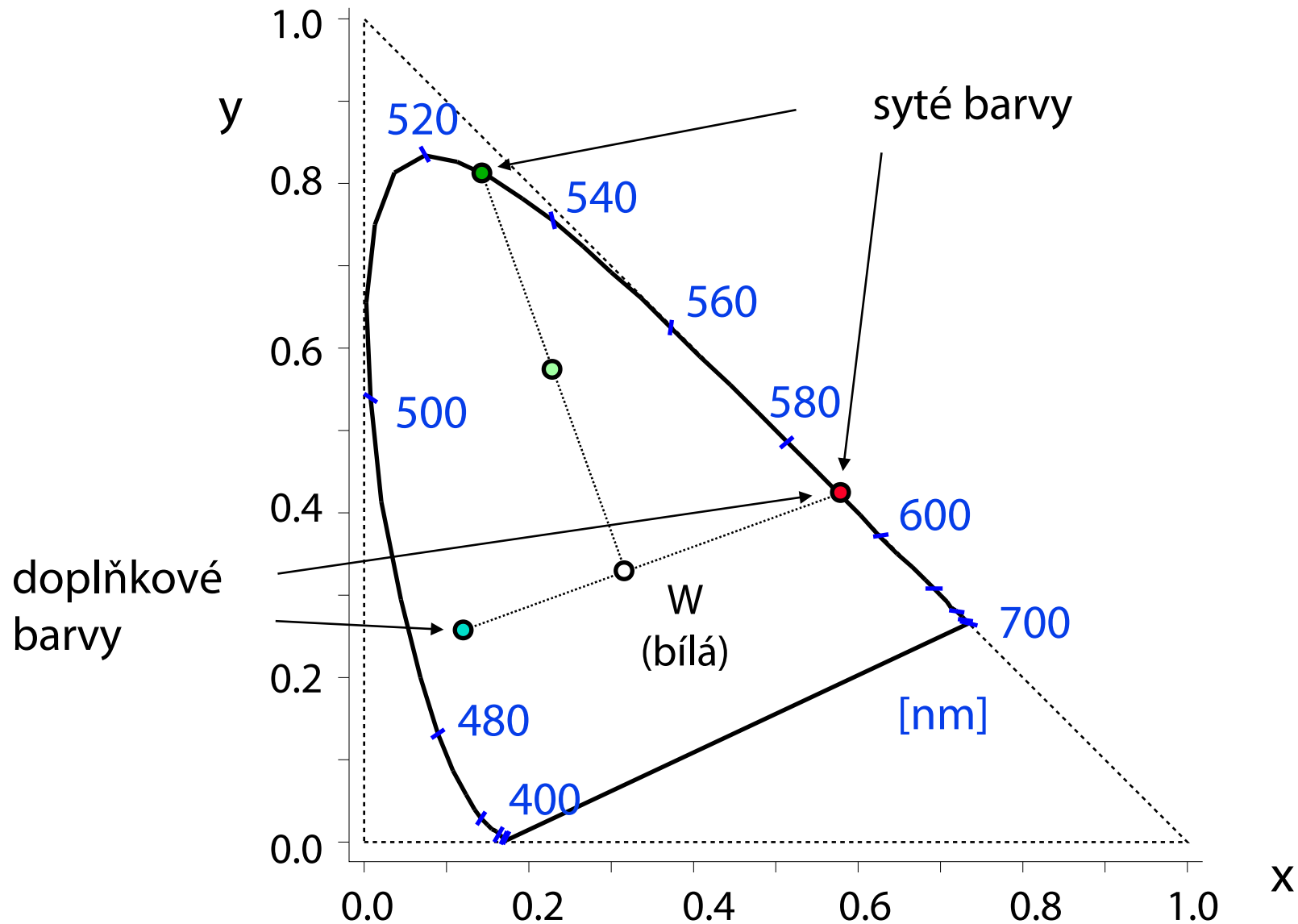
Barevný diagram CIE-xyY nepoužívá složku z

- je závislá na předchozích dvou ($z = 1 - x - y$)

System **CIE-xyY** nezohledňuje **subjektivní citlivost** na barevné rozdíly (k tomu slouží CIE-uv)



Barevný diagram CIE-xy





Barevná primitiva RGB

Odpovídají poloze **tří typů barevných luminoforů**

$$R = [0.628, 0.346]$$

$$G = [0.268, 0.588]$$

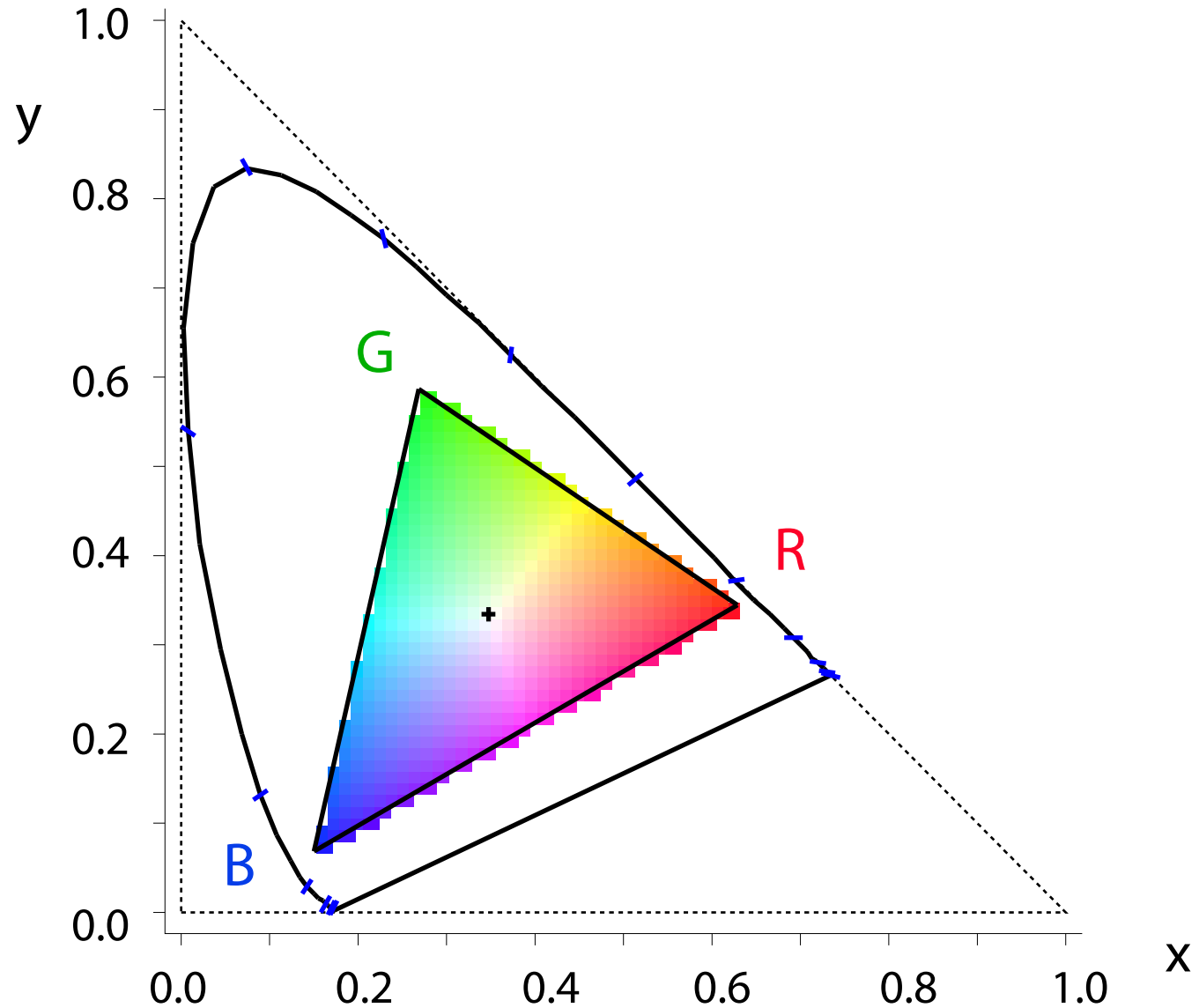
$$B = [0.150, 0.070]$$

– bílá (Planck) $W(D_{6500}) = [0.313, 0.329]$

Izoenergetická bílá W má souřadnice $[1/3, 1/3]$

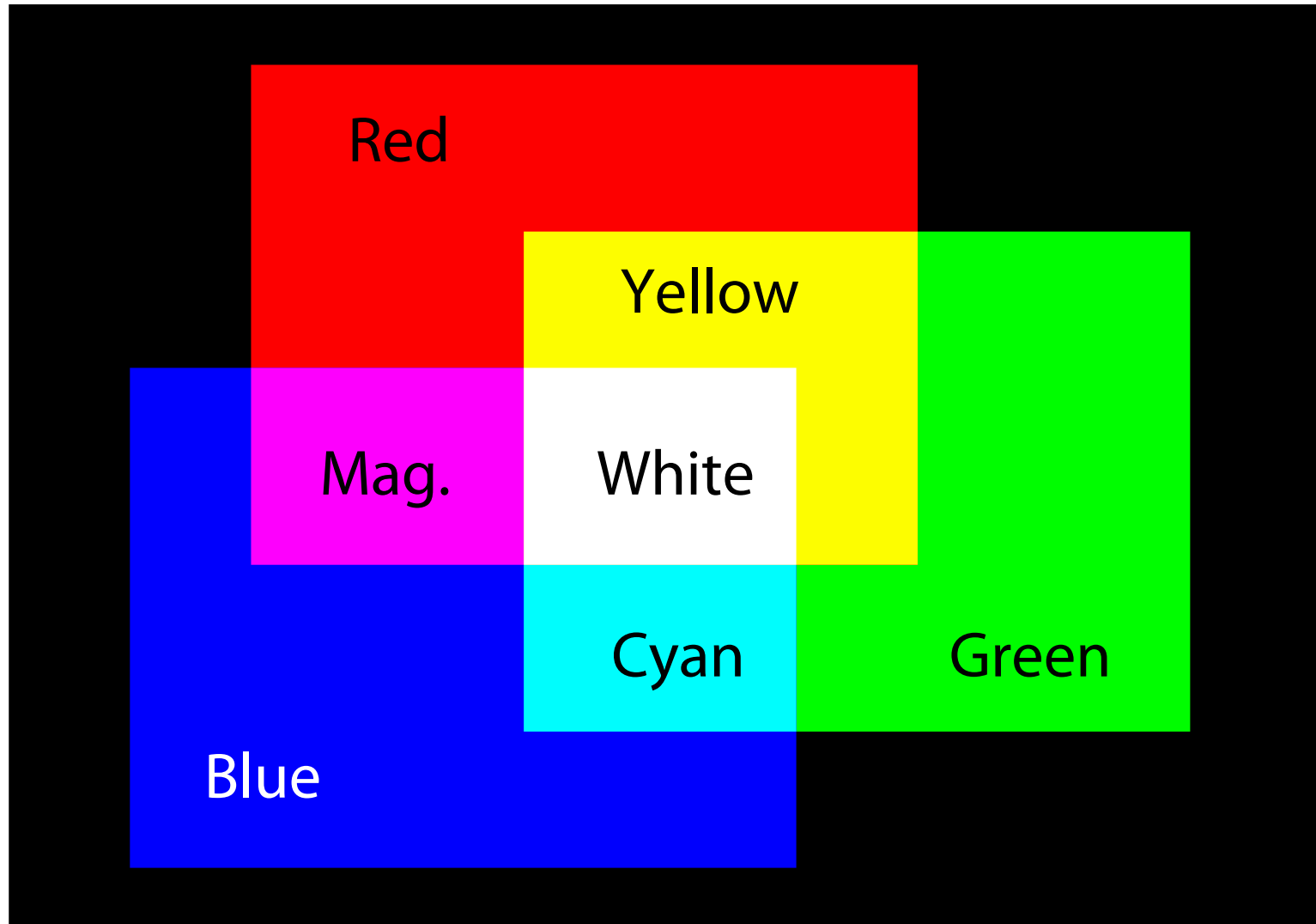
Bílá R podle televizní NTSC normy $[0.31, 0.316]$

Gamut konkrétního monitoru v CIE-xy





Aditivní skládání barev (RGB)





Barevný systém CMY(K)

Používá se při **tisku** a ve fotografii

- tam, kde barevný dojem vzniká **pohlcením** některých složek bílého světla

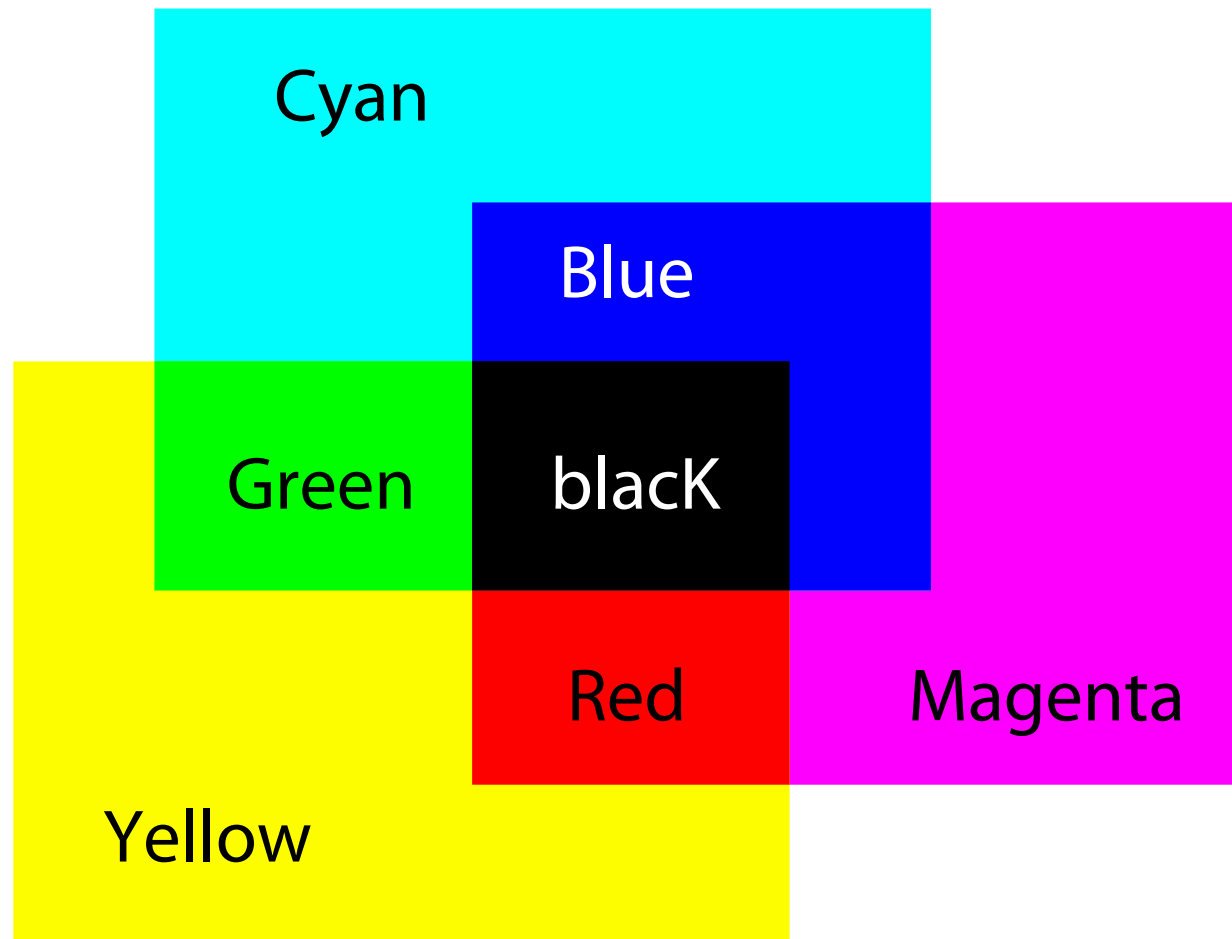
Barvy se skládají **subtraktivně**

Základní barevná primitiva **C** (cyan), **M** (magenta), **Y** (yellow) odpovídají tiskařským barvám

- **C, M, Y** jsou doplňkové k **R, G, B**



Subtraktivní skládání barev (CMY)





Barevný systém CMY(K)

Převody mezi CMY a RGB

- $C = 1 - R$, $M = 1 - G$, $Y = 1 - B$

Ke třem složkám **C**, **M**, **Y** se ještě často přidává černá **K**:

- černá barva složená z C, M a Y není dostatečně kvalitní
- černý inkoust (toner) je mnohem levnější než barevný

$$K' \approx \min(C, M, Y)$$

$$C' \approx C - K, \quad M' \approx M - K, \quad Y' \approx Y - K$$



Barevný systém YIQ

Používá se při **barevném televizním vysílání**

- zaveden komisí **NTSC** v roce 1953
- kompatibilita s černobílými TV přijímači

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Barevné rozdílové složky (**I**, **Q**) jsou pro lidské oko méně důležité

- menší rozlišení nebo užší přenosové pásmo



Barevný systém HSV

Orientovaný na **uživatele**

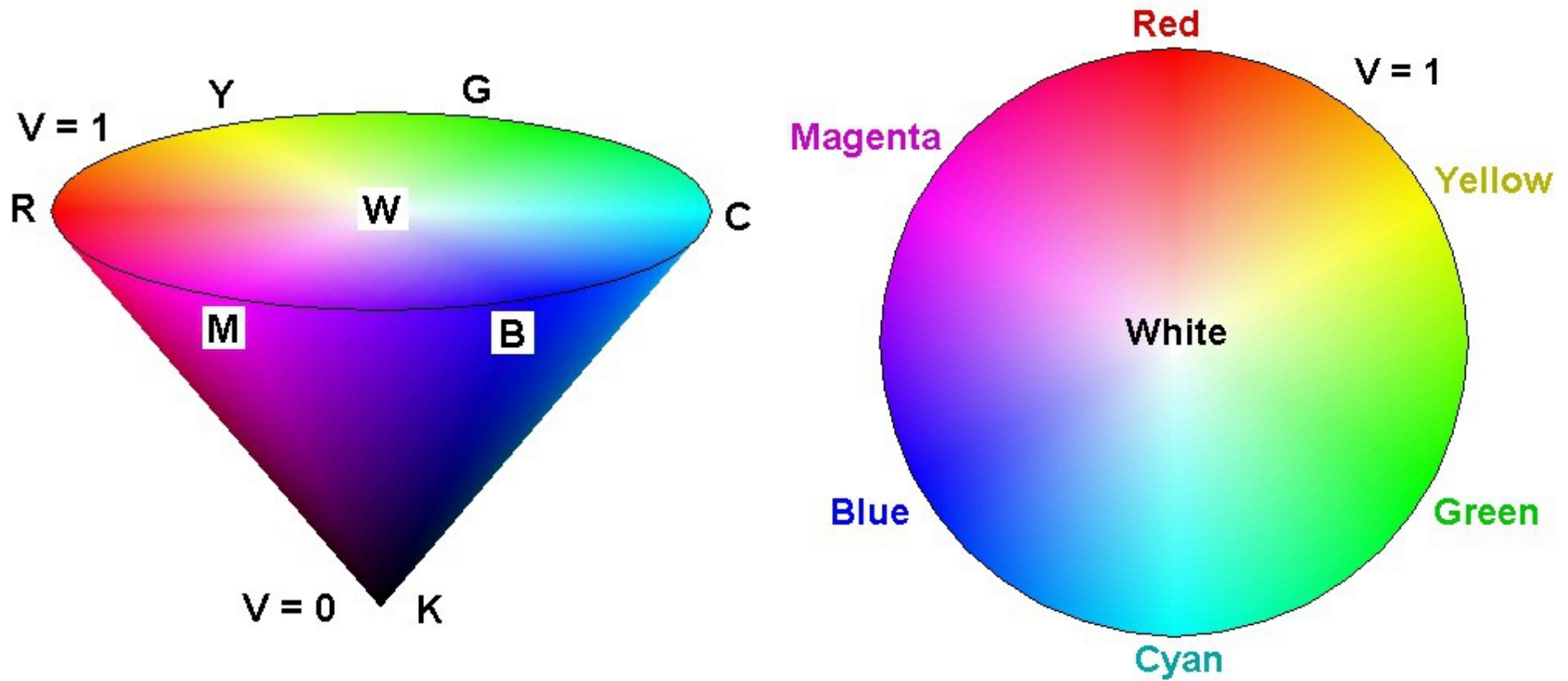
- intuitivní veličiny: **barevný odstín** („hue“), **syťost** („saturation“) a **jas** („value“)

Význam jednotlivých složek

- **H**: základní spektrální barva (dominantní vlnová délka) – rozsah **0° až 360°**
- **S**: syťost, čistota barvy (poměr čisté barvy a bílé) – rozsah **0** (bílá) až **1** (spektrální barva)
- **V**: jas, intenzita – rozsah **0** (černá) až **1**



Barevný kruh





Převod RGB → HSV

```
procedure RGB2HSV ( R,G,B : real; var H,S,V : real );
var min, max, delta : real;
begin
  min := minimum(R,G,B); max := maximum(R,G,B);
  V := max; delta := max - min;
  if max <> 0.0 then S := delta/max
    else S := 0.0;
  if delta <> 0.0 then
    begin
      { chromatický případ }
      if R = max then H := (G - B)/delta else
      if G = max then H := 2 + (B - R)/delta
        else H := 4 + (R - G)/delta;
      H := H * 60.0; { převod na stupně }
      if H < 0.0 then H := H + 360.0;
    end;
end;
```



Převod HSV → RGB

```
procedure HSV2RGB ( H,S,V : real; var R,G,B : real );
var i, f, p, q, t: real;
begin
  if s = 0.0 then
    begin                                     { achromatický případ }
      R := V; G := V; B := V;
    end
  else
    begin                                     { chromatický případ }
      if H = 360.0 then H := 0.0;
      H := H/60.0;           { 0 <= H < 6 }
      i := trunc(H);       { číslo výseče: 0 <= i <= 5 }
      f := H-i;           { 0 <= f < 1 }
      p := V * (1.0 - S);
      q := V * (1.0 - S*f);
      t := V * (1.0 - S*(1.0 - f));

      ...
    end
  end
end;
```



Převod HSV → RGB

...

```
case i of                                     { šest výsečí: }
  0: (R,G,B) := (V,t,p);
  1: (R,G,B) := (q,V,p);
  2: (R,G,B) := (p,V,t);
  3: (R,G,B) := (p,q,V);
  4: (R,G,B) := (t,p,V);
  5: (R,G,B) := (V,p,q);
end;
end;                                           { chromatický případ }
end;
```



Další barevné systémy

HLS („hue“, „lightness“, „saturation“)

- podobný jako **HSV**, dvojitý kužel

Firemní systémy

- např. **TekHVC** (Tektronix)

Vzorníky a katalogy barev

- **PANTONE**[®] (Pantone Inc.)
- **Munsellův systém** (tiskařství) - klasifikace barev „odstín jas/sytost“ (např. žlutá barva „5Y 7/4“)
- **Ostwaldův systém** (1931)



Literatura

G. Murch: *Human Factors of Color Displays*, in Advances in Computer Graphics II, Springer, 1986, 1-27

J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes: *Computer Graphics, Principles and Practice*, 579-599

V. Skala: *Algoritmy počítačové grafiky III*, skriptum ZČU, 1992, 23-65



Literatura

Další informace:

Jiří Žára a kol.: *Počítačová grafika, principy a algoritmy*, 316-328

Přednáška A. Wilkie: *Introduction to Colour Science* (NPGR025)