

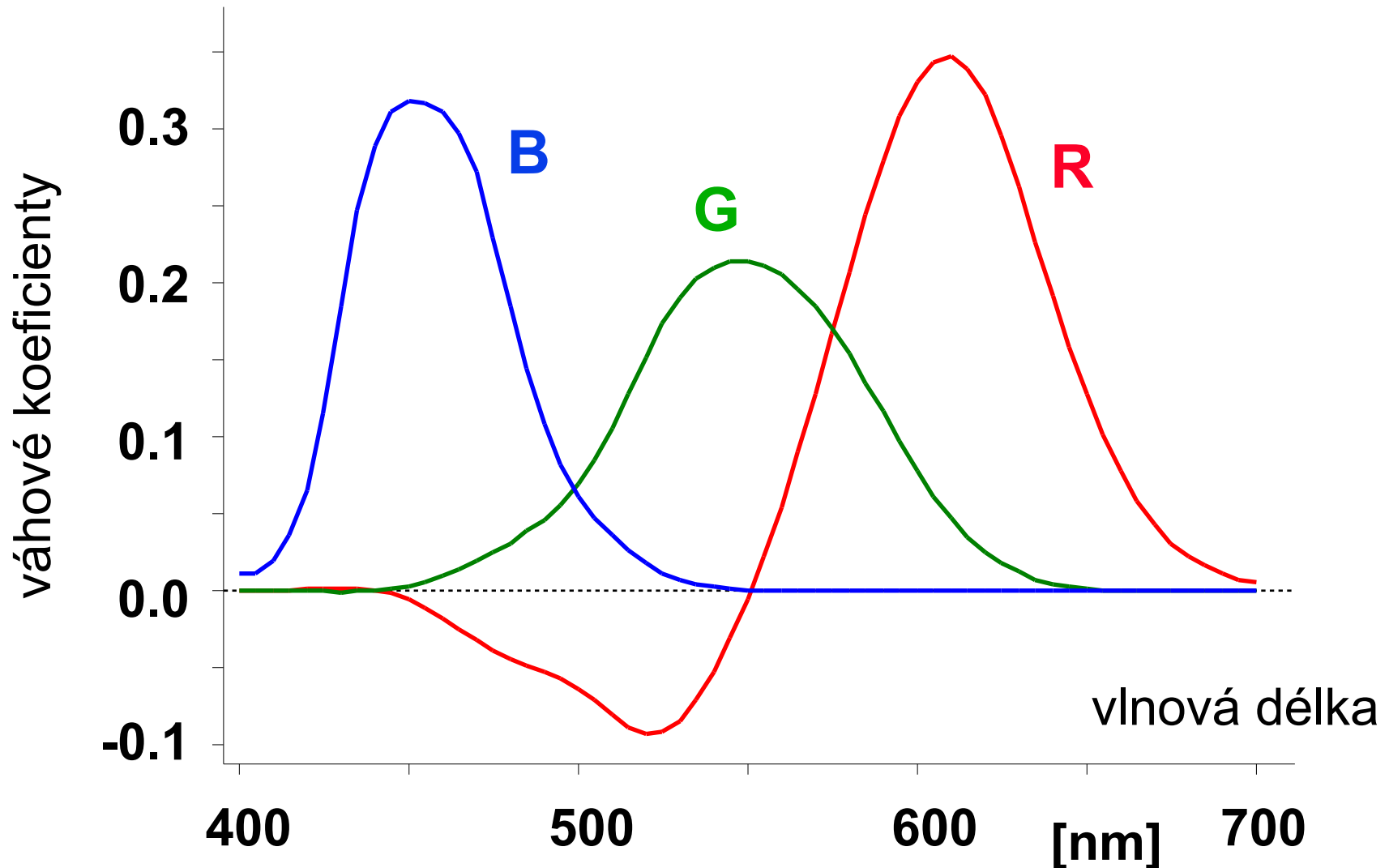
Barevné systémy

© 1995-2010 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz

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

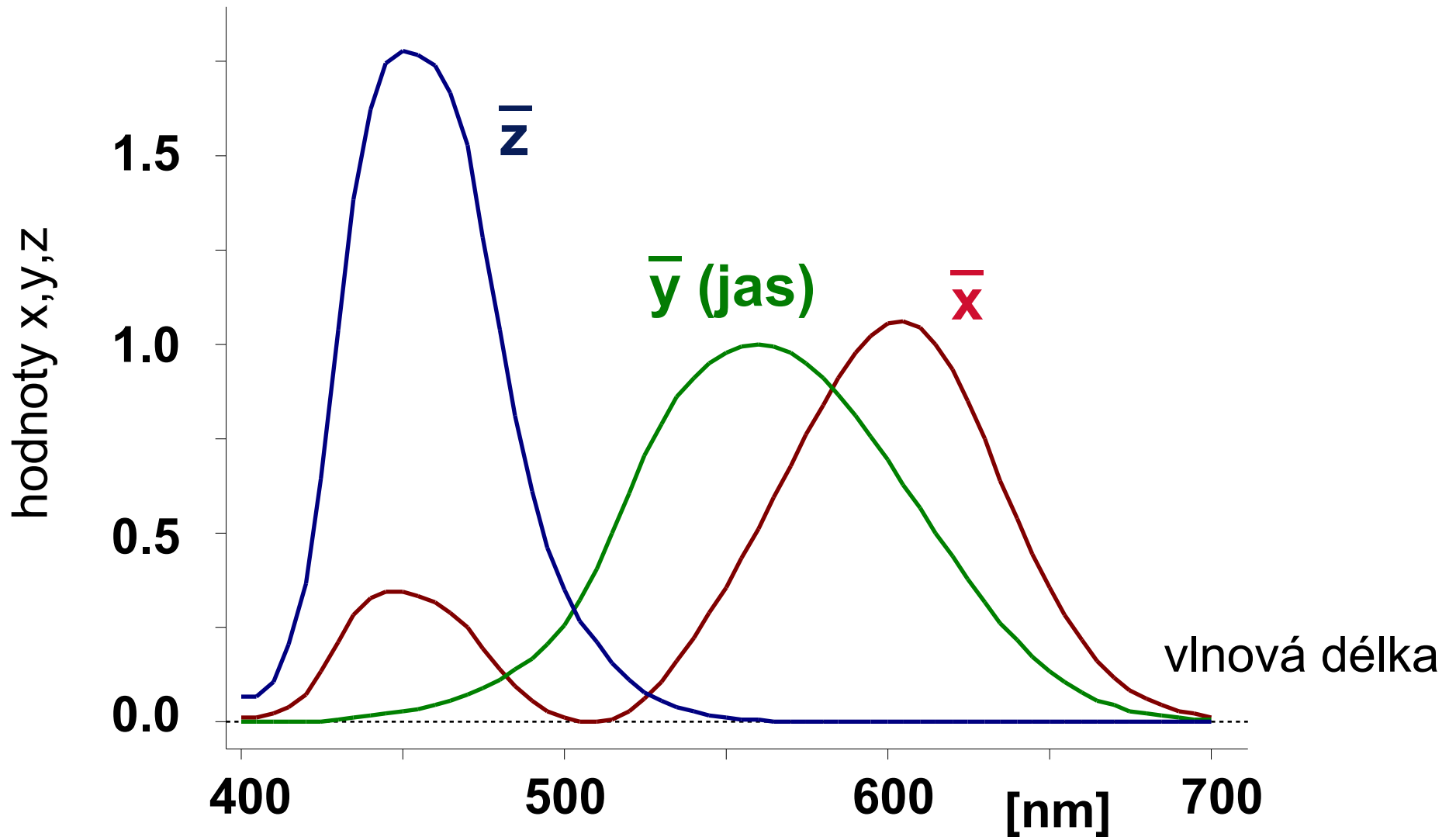
Rozklad spektrálních barev



Virtuální barevná primitiva X, Y, Z

- ❖ *Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)* v roce 1931 definovala tři virtuální barvy **X, Y, Z**, jejichž **konvexní kombinací** již vytvoříme libovolnou viditelnou barvu
 - X, Y, Z jsou definovány pomocí svých spektrálních charakteristik **x, y, z** (tabelovaných po 1nm)
- ❖ závislost mezi složkami R, G, B a X, Y, Z je **lineární**
 - převodní matice 3×3

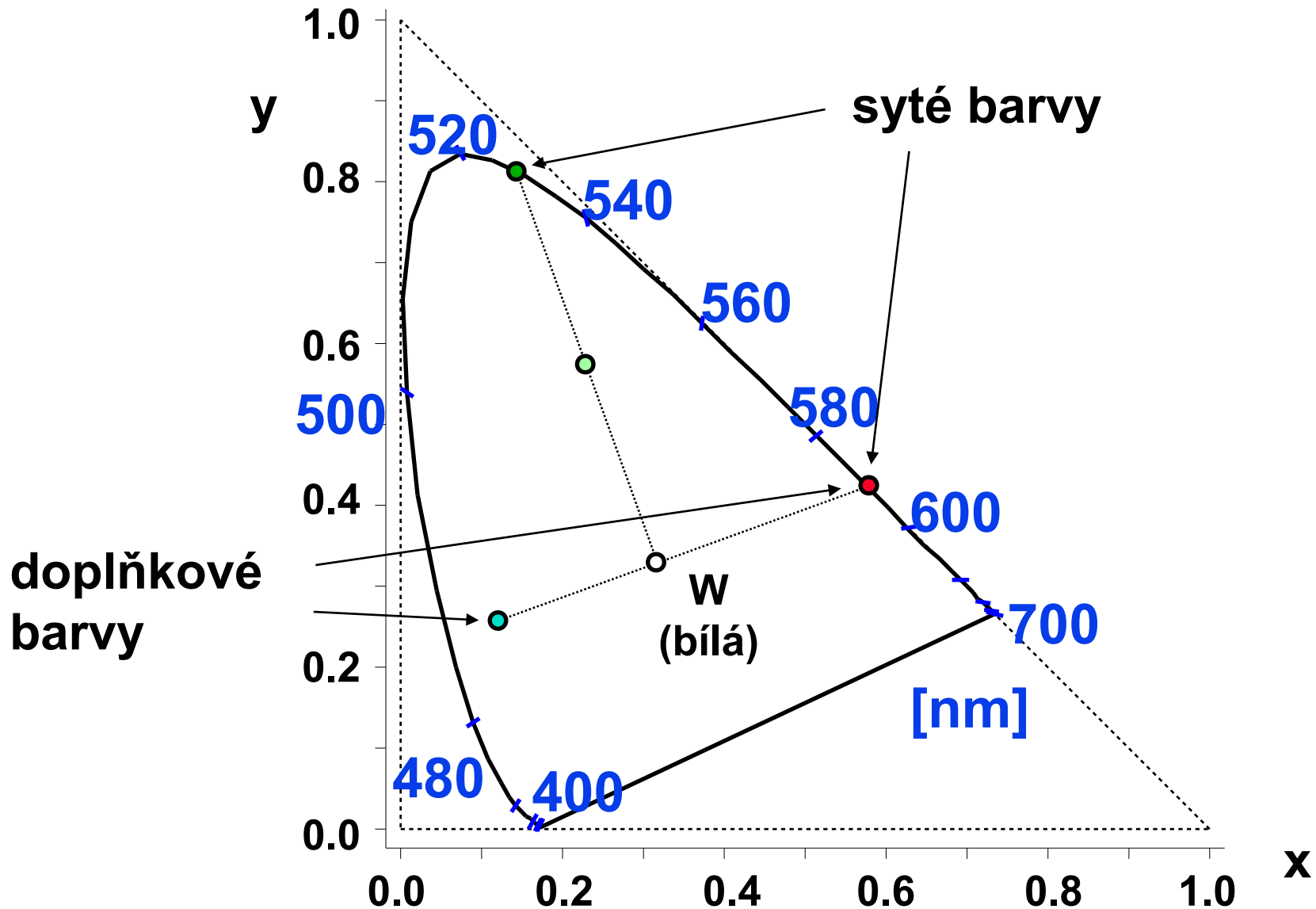
Srovnávací funkce CIE



Barevný prostor CIE-xy

- **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 pouze informace o odstínu a sytosti, jas chybí
- **barevný diagram CIE-xy nepoužívá složku z**
 - je závislá na předchozích dvou ($z = 1 - x - y$)
- **system CIE-xy nezohledňuje subjektivní citlivost na barevné rozdíly (uniformní CIE-uv)**

Barevný diagram CIE-xy



Barevná primitiva RGB

- odpovídají poloze **tří typů barevných luminoforů**:

$$\mathbf{R} = [0.628, 0.346]$$

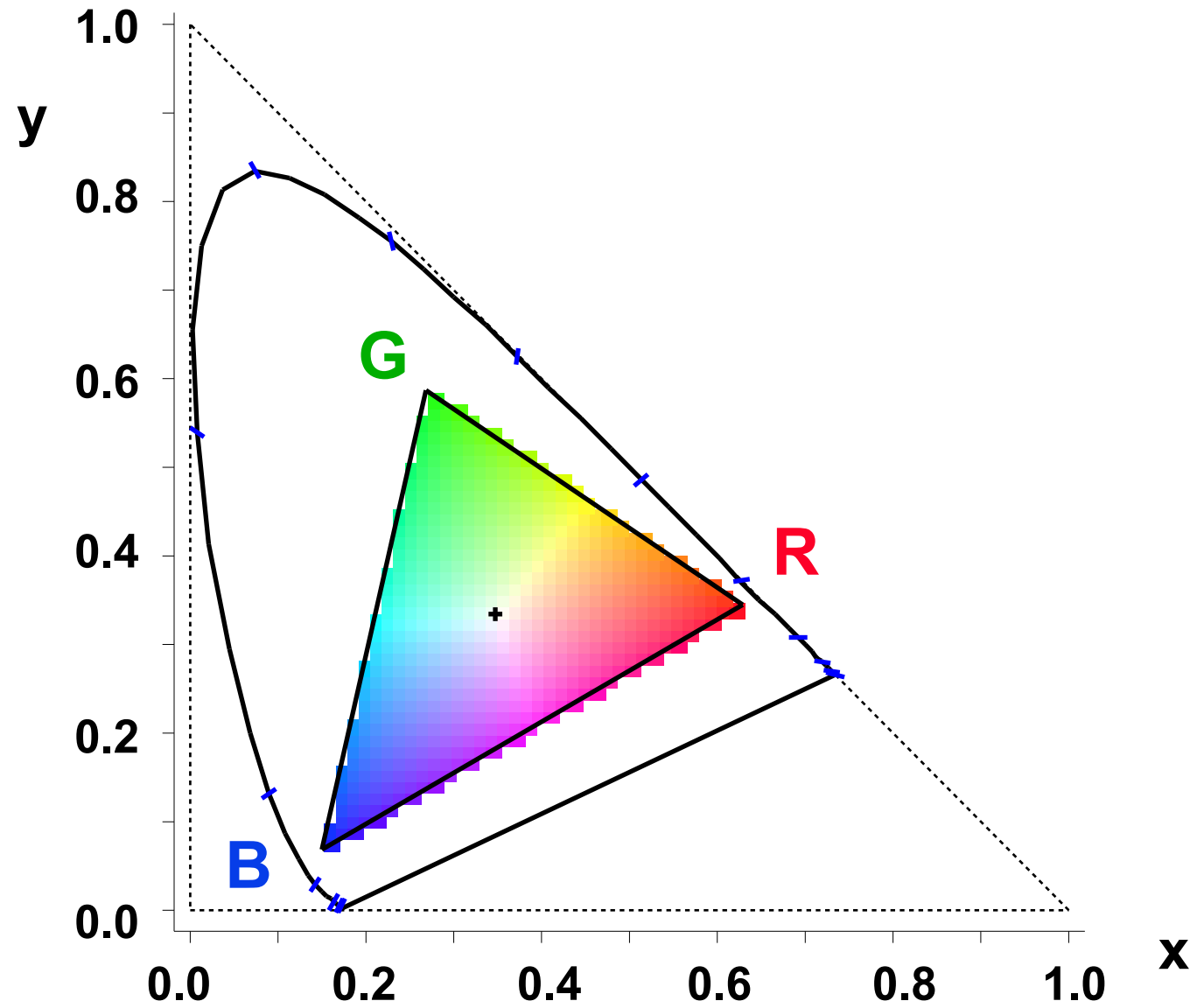
$$\mathbf{G} = [0.268, 0.588]$$

$$\mathbf{B} = [0.150, 0.070]$$

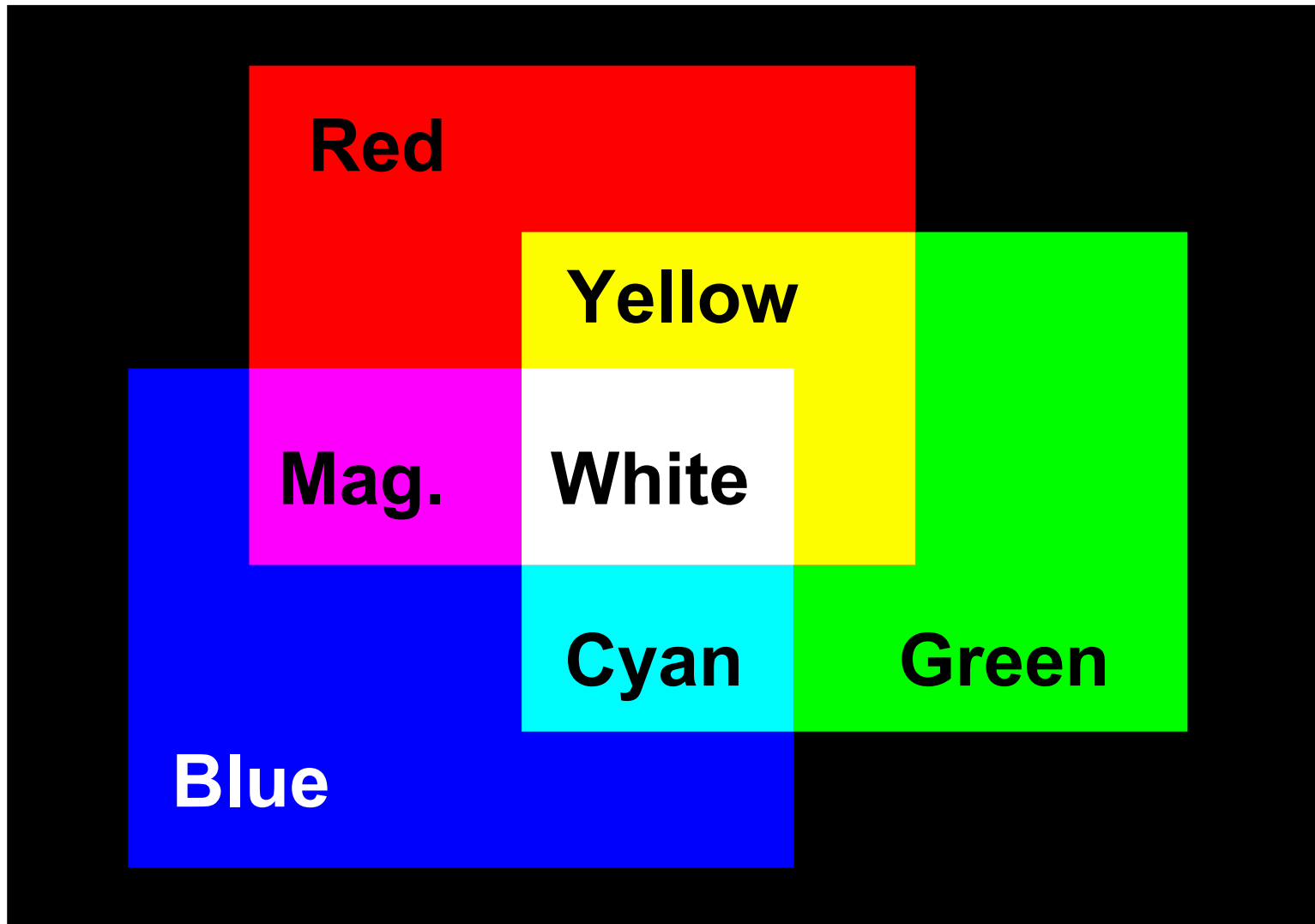
– bílá $\mathbf{W}(D_{6500}) = [0.313, 0.329]$

- izoenergetická bílá \mathbf{W} má souřadnice $[1/3, 1/3]$
- bílá \mathbf{R} podle televizní **NTSC** normy $[0.31, 0.316]$

Gamut monitoru v CIE-xy



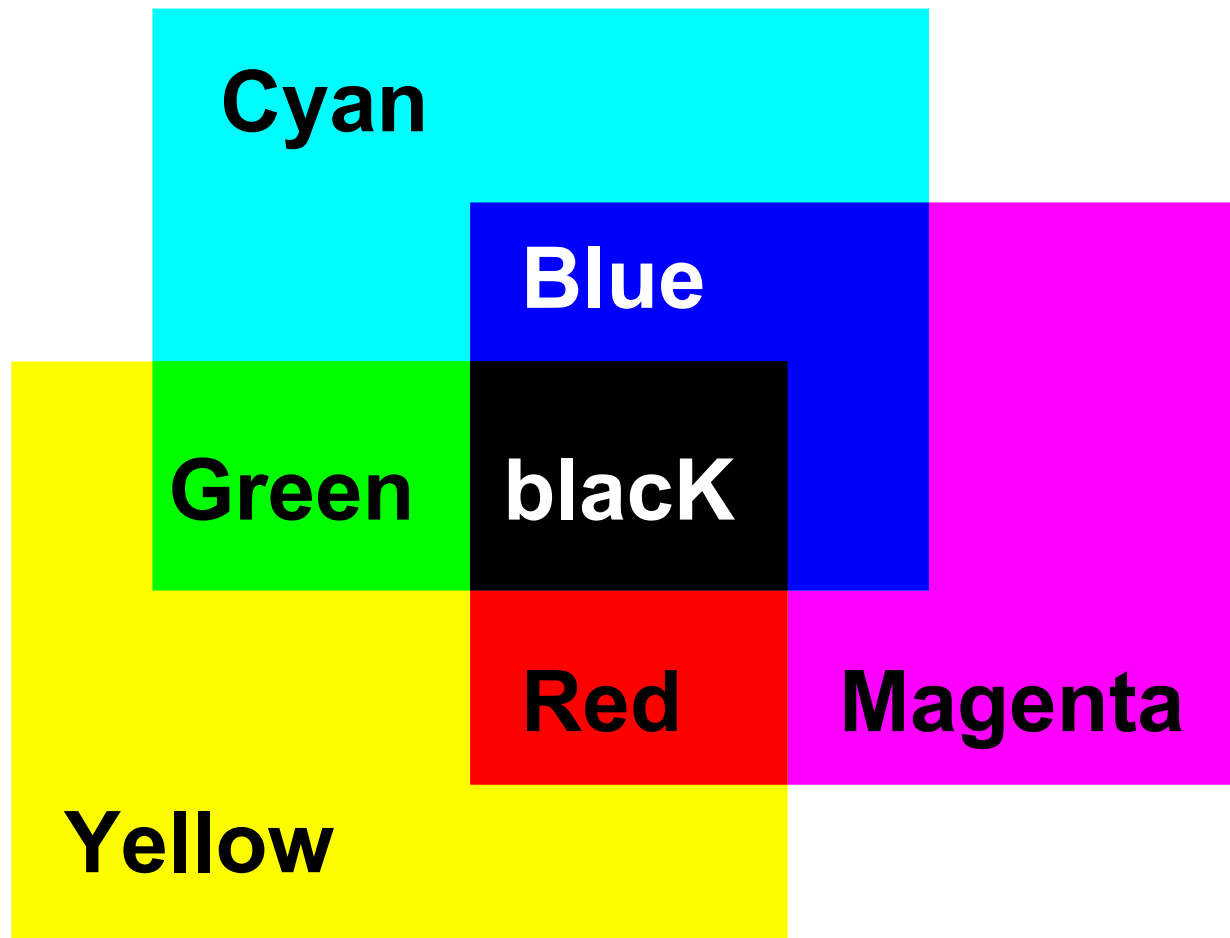
Aditivní skládání barev (RGB)



Barevný systém CMY(K)

- používá se při **tisku** a ve fotografii
 - tam, kde barevný dojem vzniká **pohlčením** 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

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

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”), **sytnost** („saturation”) a **jas** („value”)

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

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));
      ...

```


Převod HSV → RGB

```

...
case i of                                { šest výsečí: }
  0: (R,G,B) := (V,t,p); { zkratka za 3x " := " }
  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

Další informace:

- Jiří Žára a kol.: *Počítačová grafika*, principy a algoritmy, 316-328
- ➔ přednáška A. Wilkie: *Introduction to Colour Science*