



Vliv spektrálních vlastností světelných zdrojů na viditelnost v nočním dopravním prostoru



prof. Ing. Michal Vik, Ph.D.
doc. Ing. Martina Viková, Ph.D.

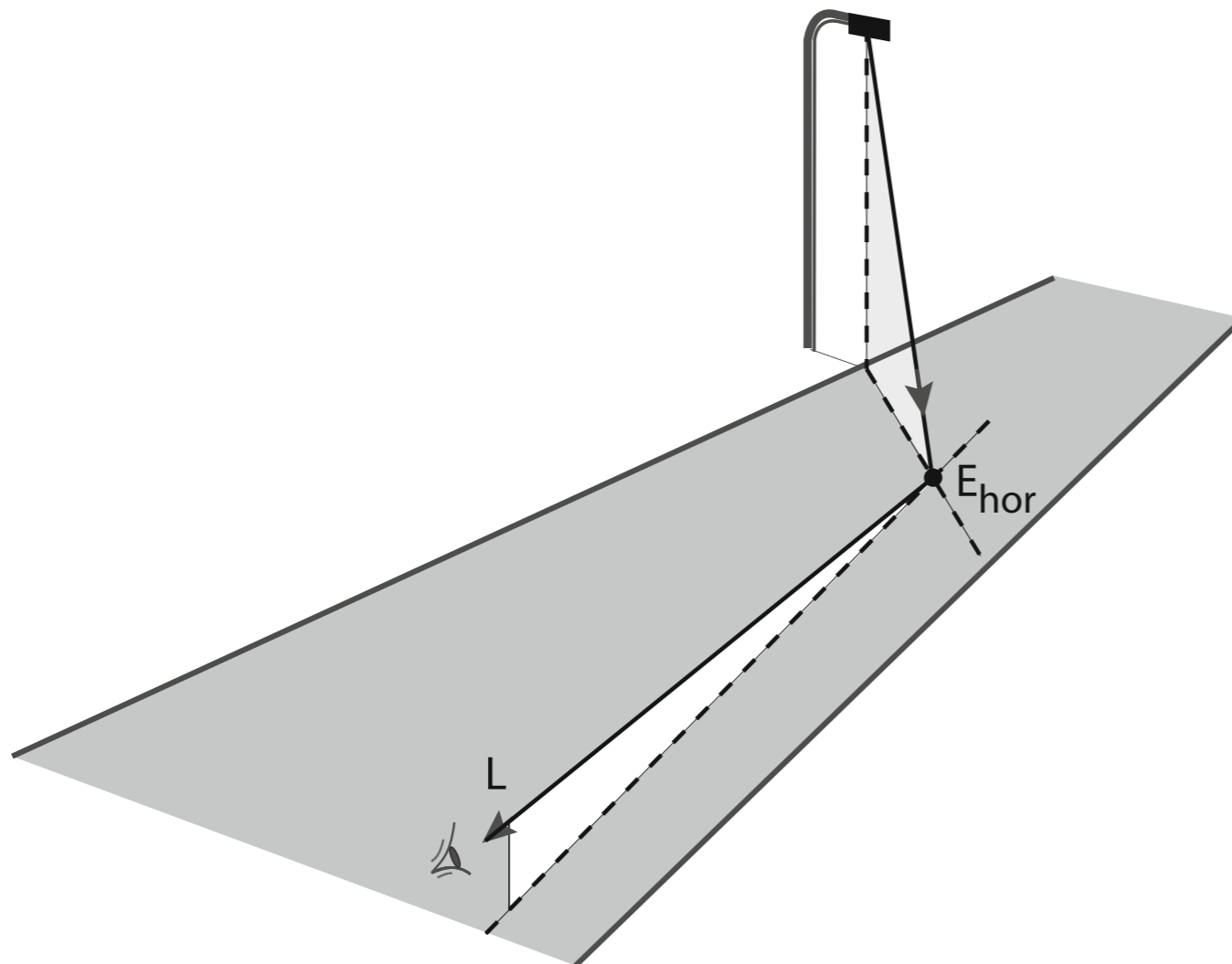


VIDITELNOST - JAK JI ZVÝŠIT?



převzato z materiálů firmy SIMON

ZÁKLADNÍ POJMY



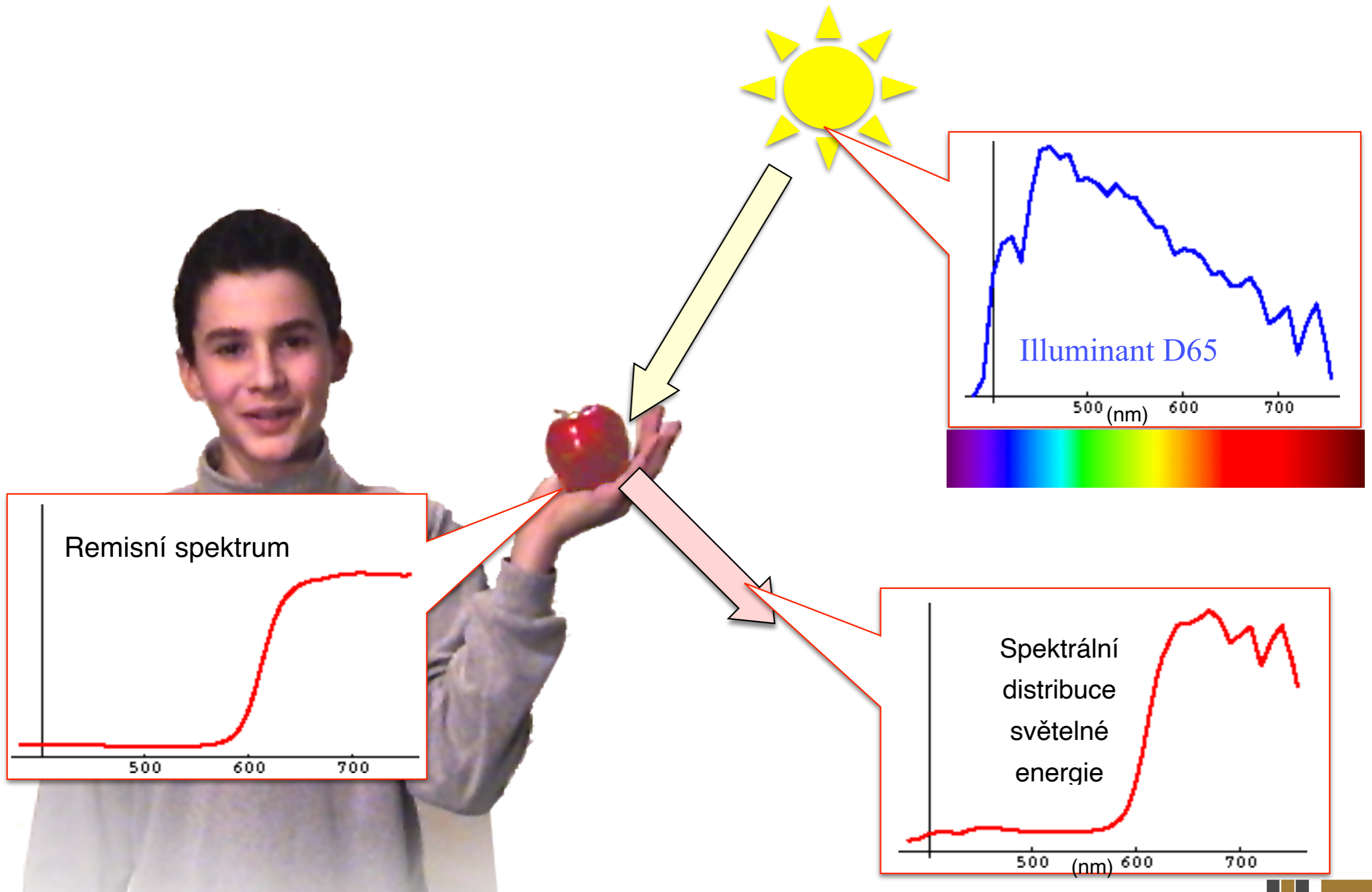
$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{d\Phi}{dS_n}$$

kde $d\Phi$ je světelný tok, dS_n ploška kolmá ke směru paprsku.

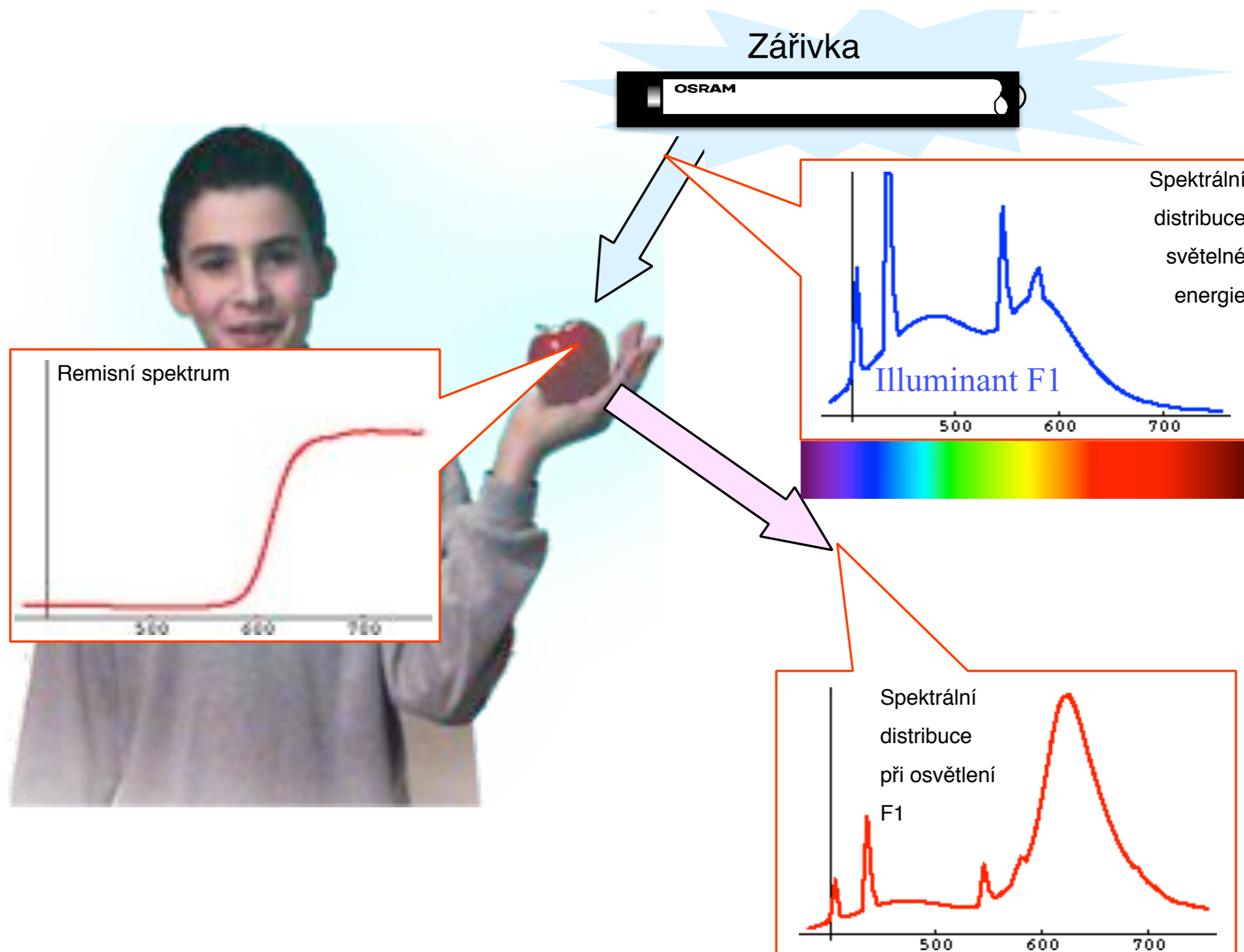
$$L = \frac{I}{S_p} = \frac{dI}{dS \cdot \cos \vartheta}$$

kde I je svítivost a S_p je viděná svítící plocha.

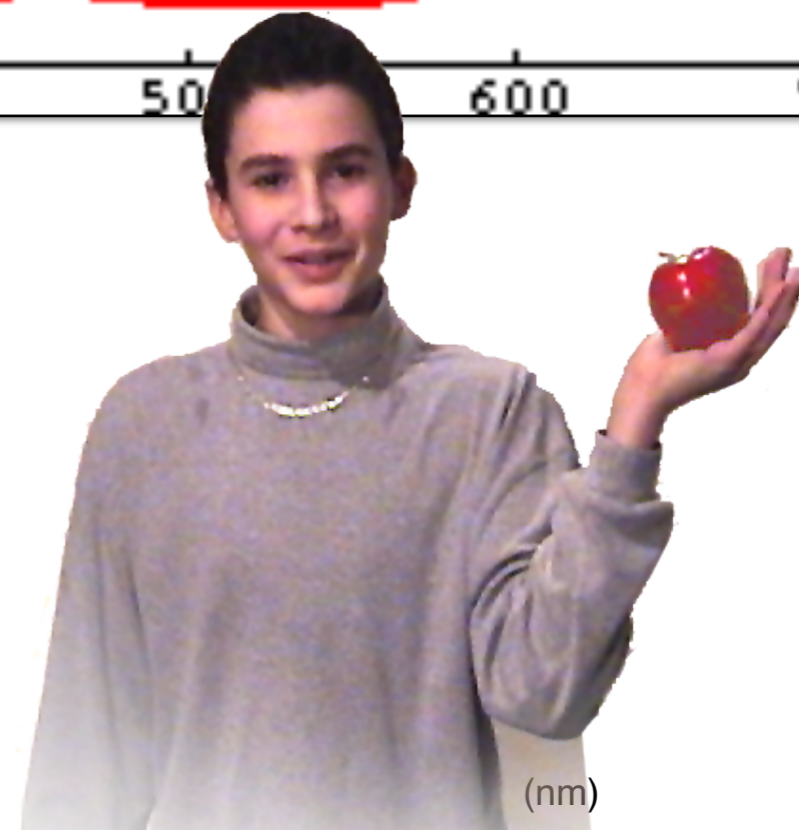
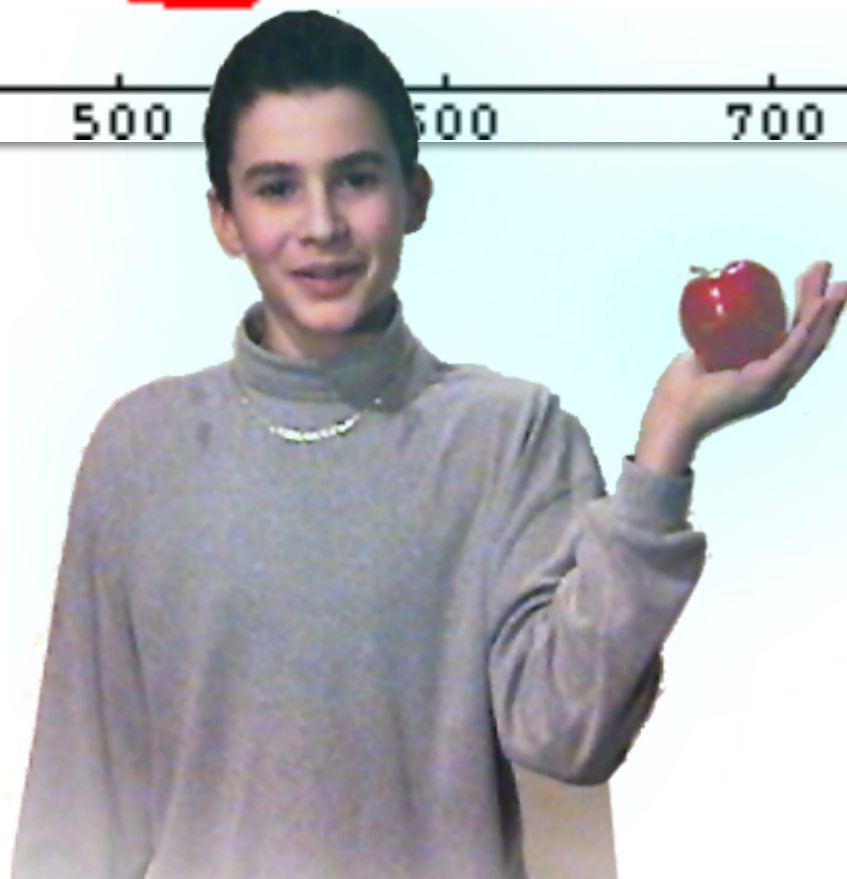
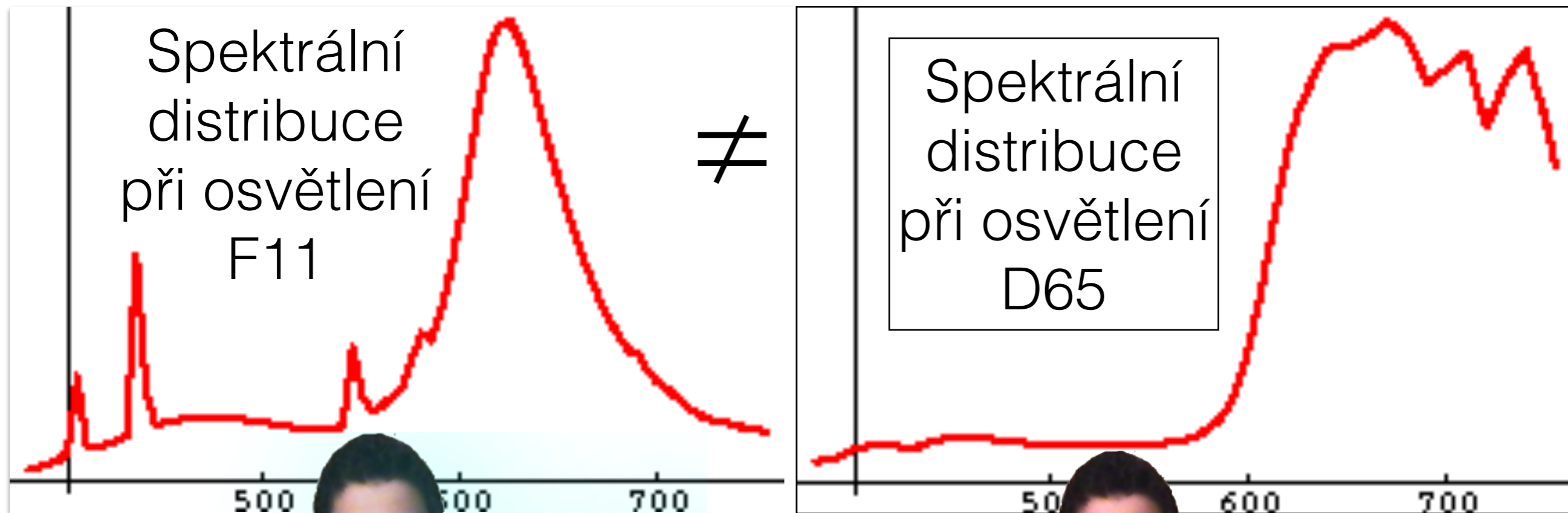
ZÁKLADNÍ POJMY



ZÁKLADNÍ POJMY



ZÁKLADNÍ POJMY

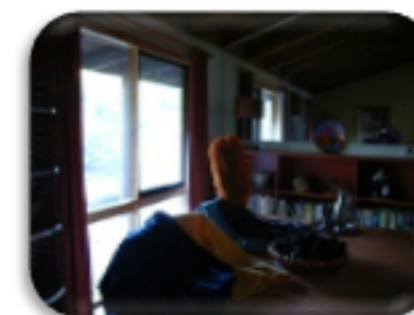
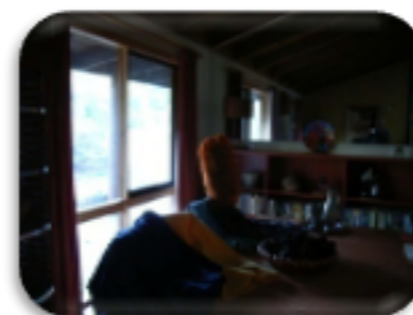
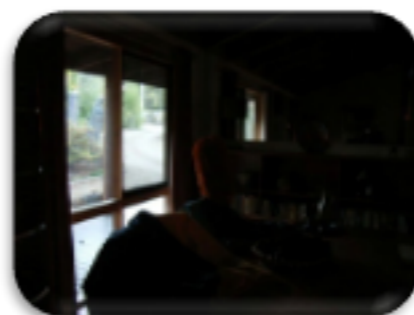


REAKČNÍ ČAS (RČ)

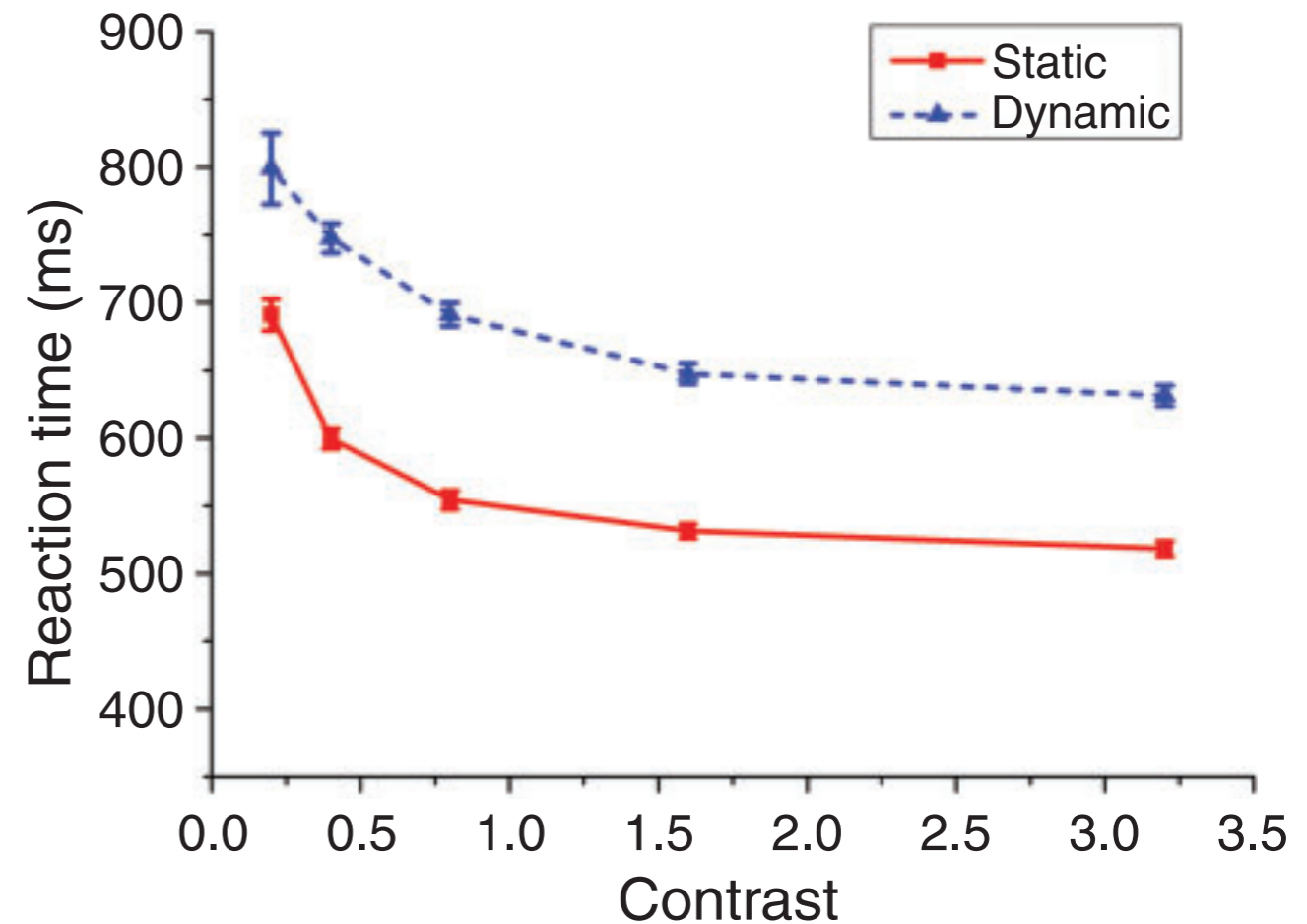
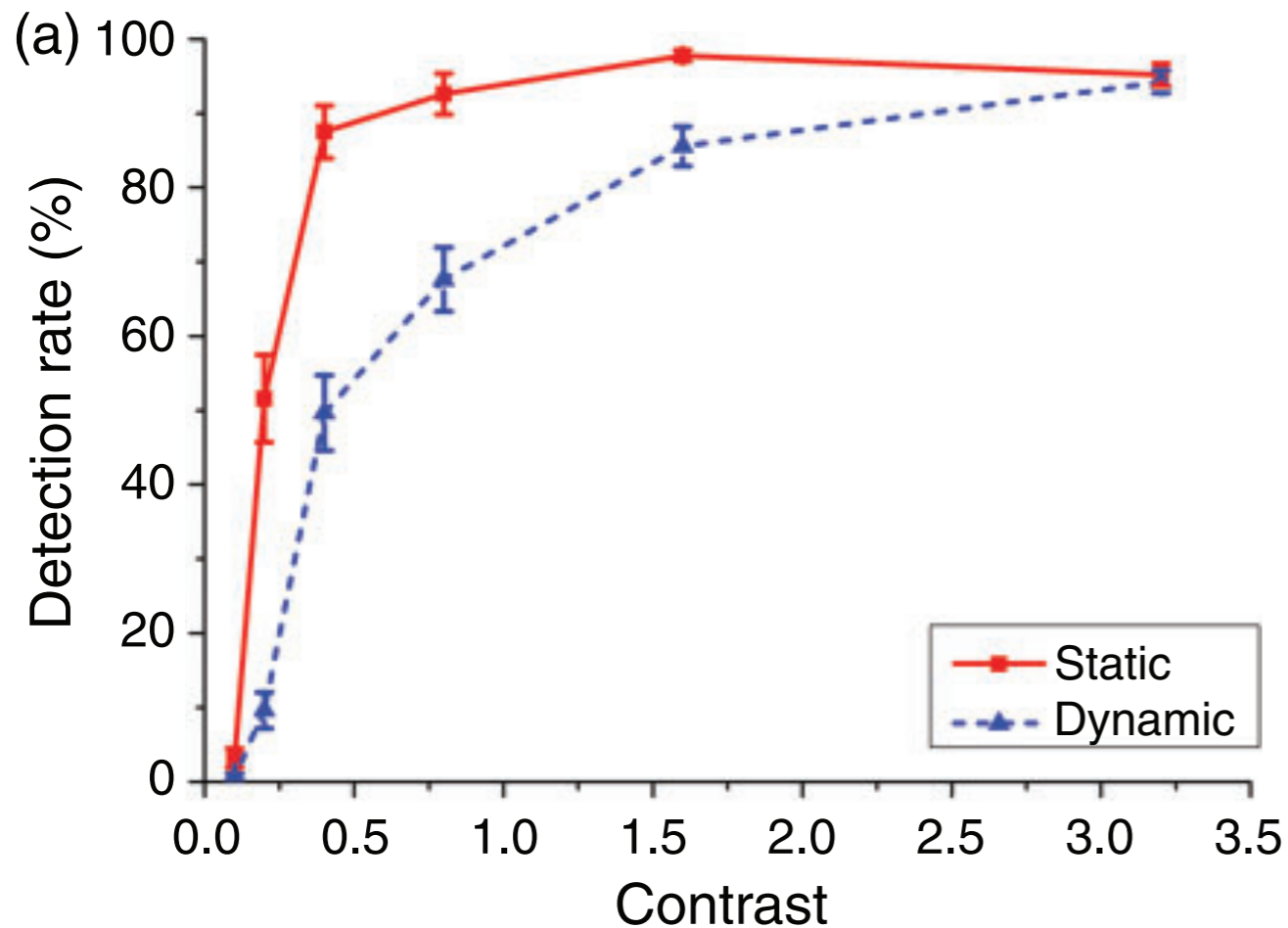
- ❖ RČ se zkracuje s nárůstem plochy podnětu (A)
(Bonnet a další 1992, Medina-Ruiz a další 2009)



- ❖ RČ se zkracuje s nárůstem intenzity podnětu (I)
(Luce 1986)



RČ - STATICKÁ VS DYNAMICKÁ SCÉNA



Řidič v jedoucím vozidle potřebuje pro identifikaci překážky vyšší kontrast !

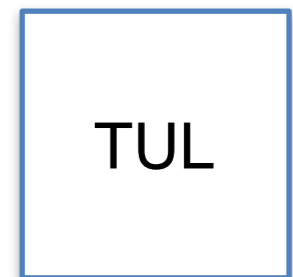
KONTRAST

- ❖ Rozlišujeme dva základní typy kontrastu:
 - ❖ **Weberův kontrast** je definován jako rozdíl mezi jasem pozadí (L_p) a podnětem (L_s), dělený jasem pozadí:

$$K_W = (L_s - L_p) / (L_p) \quad \langle -1; \infty \rangle$$

- ❖ **Michelsonův kontrast** (viditelnost) je dán poměrem rozdílu mezi nejvyšším (L_{\max}) a nejnižším (L_{\min}) jasem ku jejich součtu:

$$K_M = (L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min}) \quad \langle -1; 1 \rangle$$

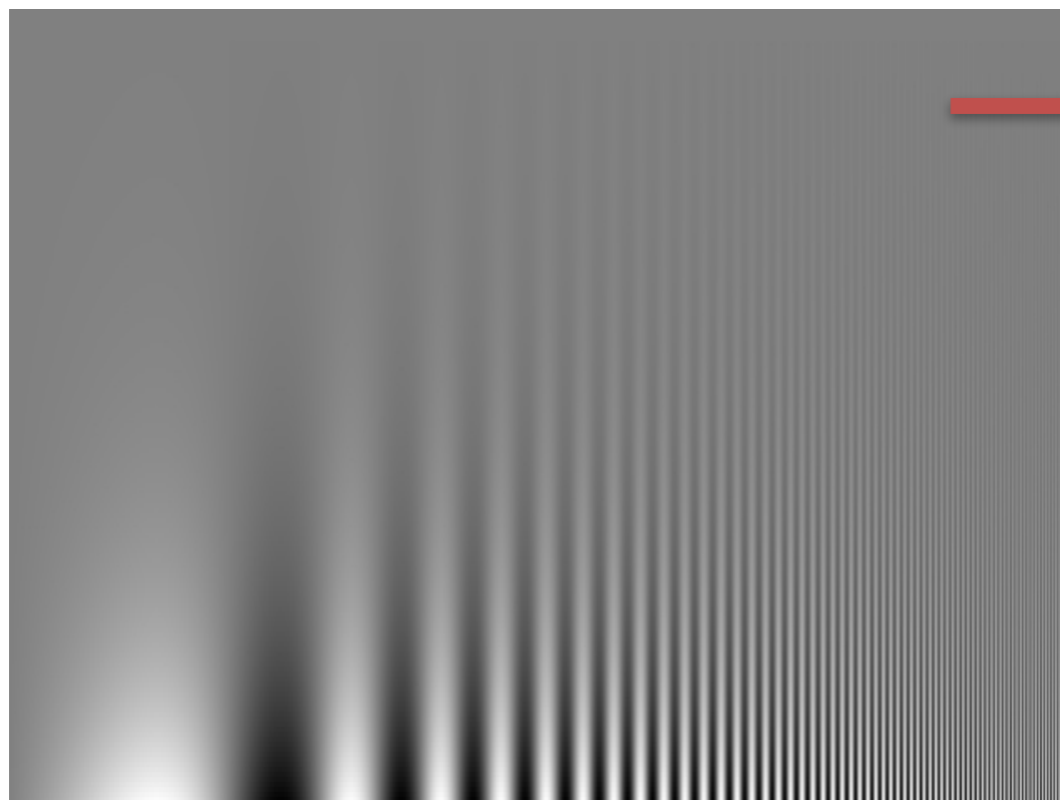


KONTRAST

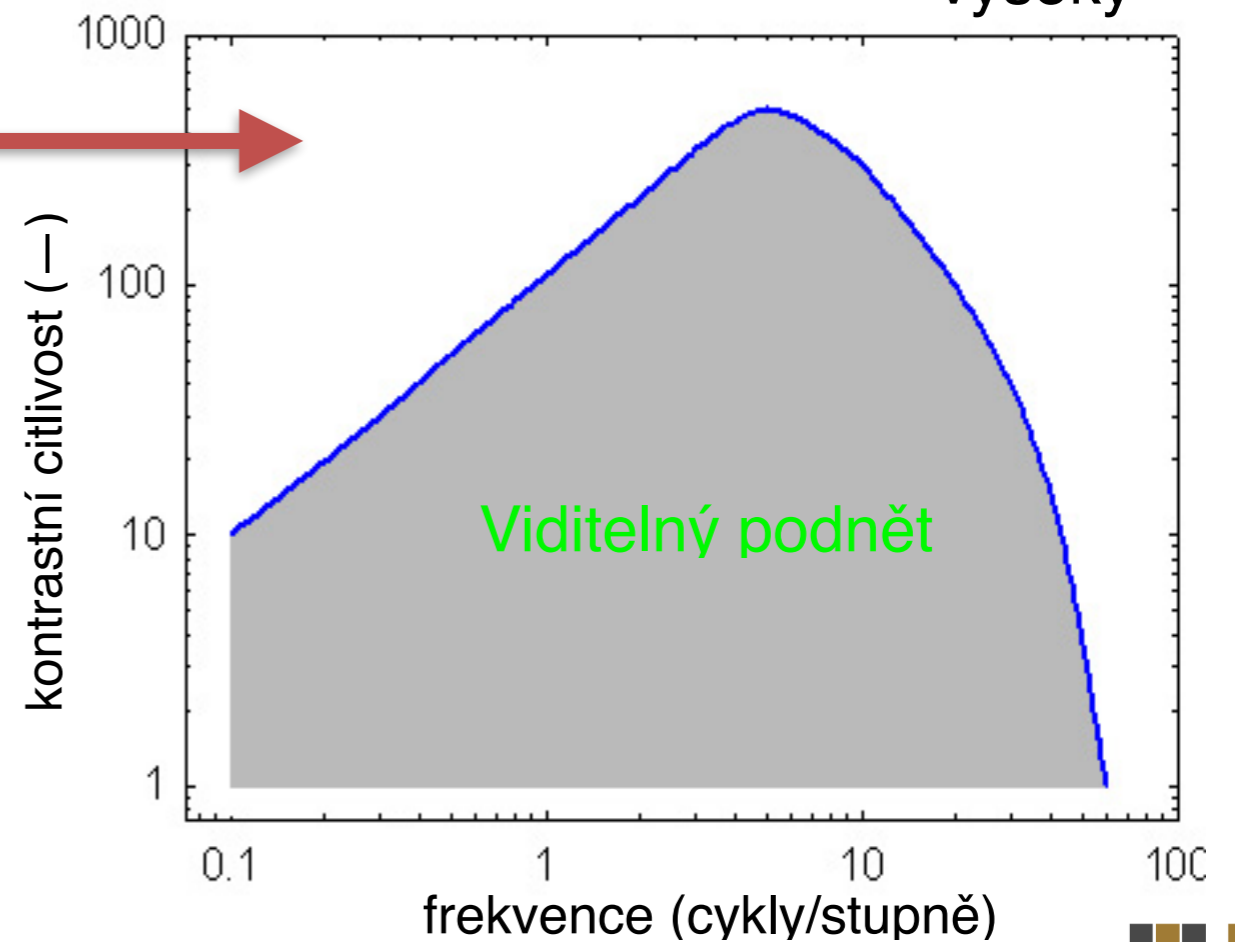


nízký

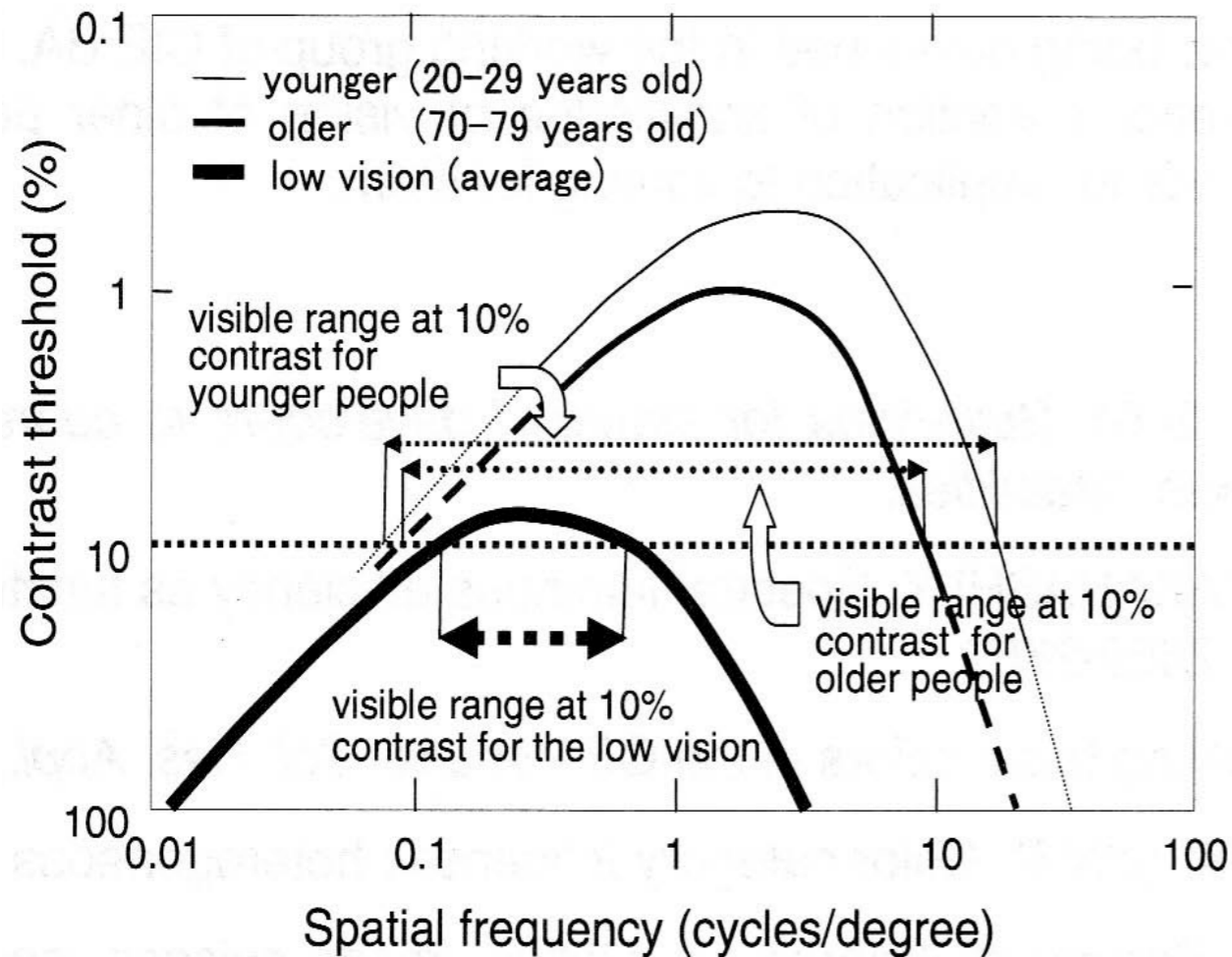
vysoký



Cambell Robson

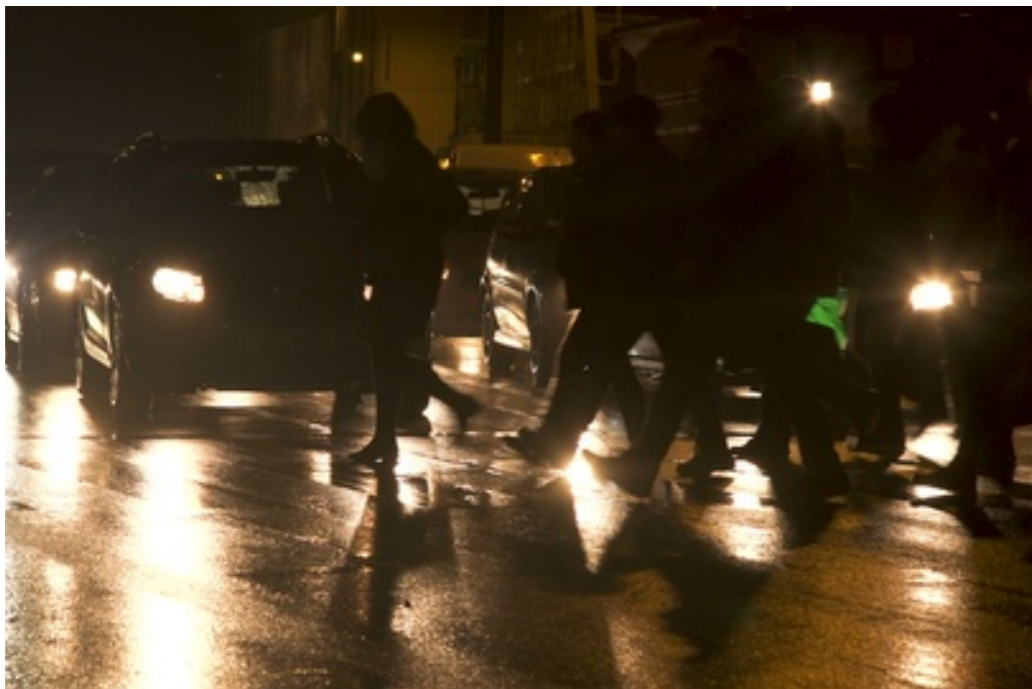


KONTRAST - VLIV VĚKU A VELIKOSTI PODNĚTU



Zhoršená světelná propustnost optického aparátu oka vede na prodloužení RČ !!!

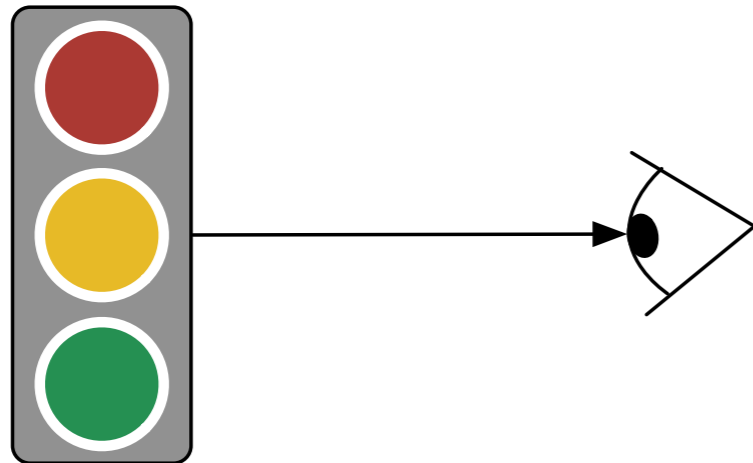
VIDITELNOST VS ZJEVNOST



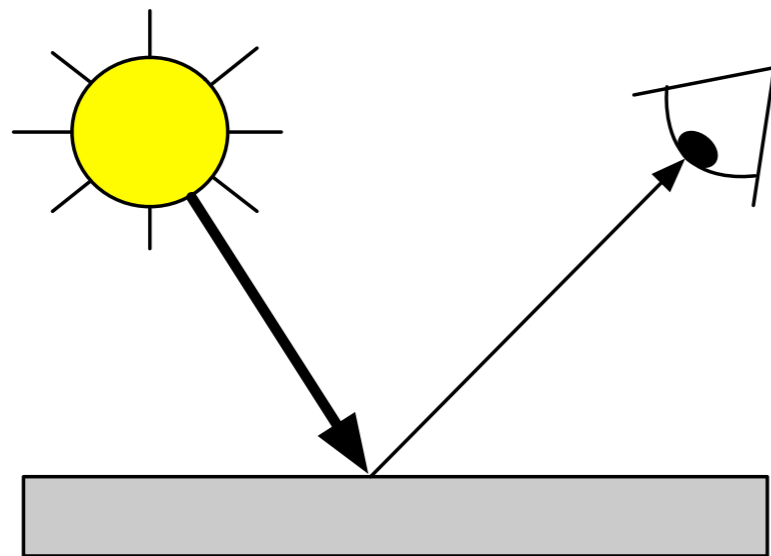
JAKÝ JE PŘÍSPĚVEK BARVY?



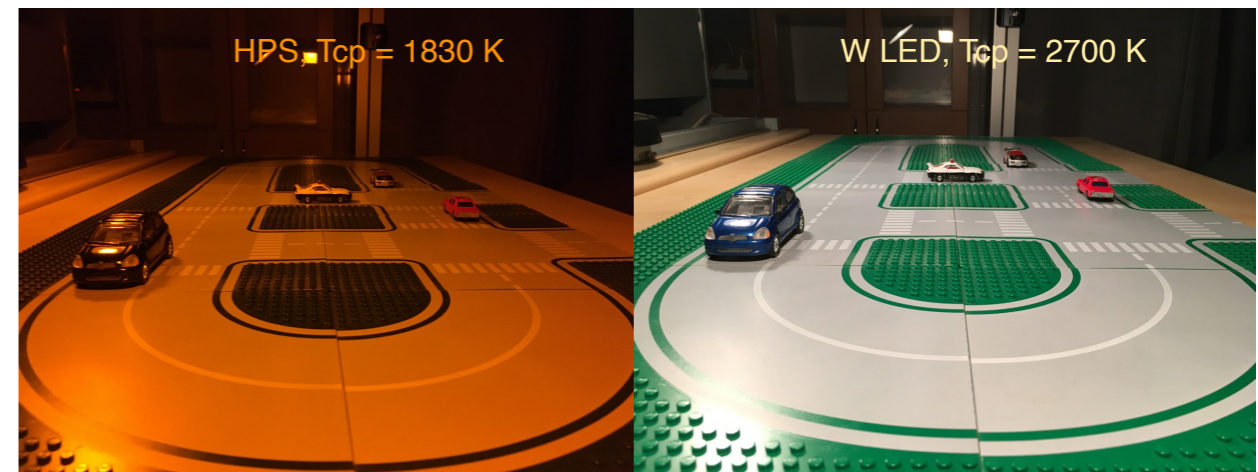
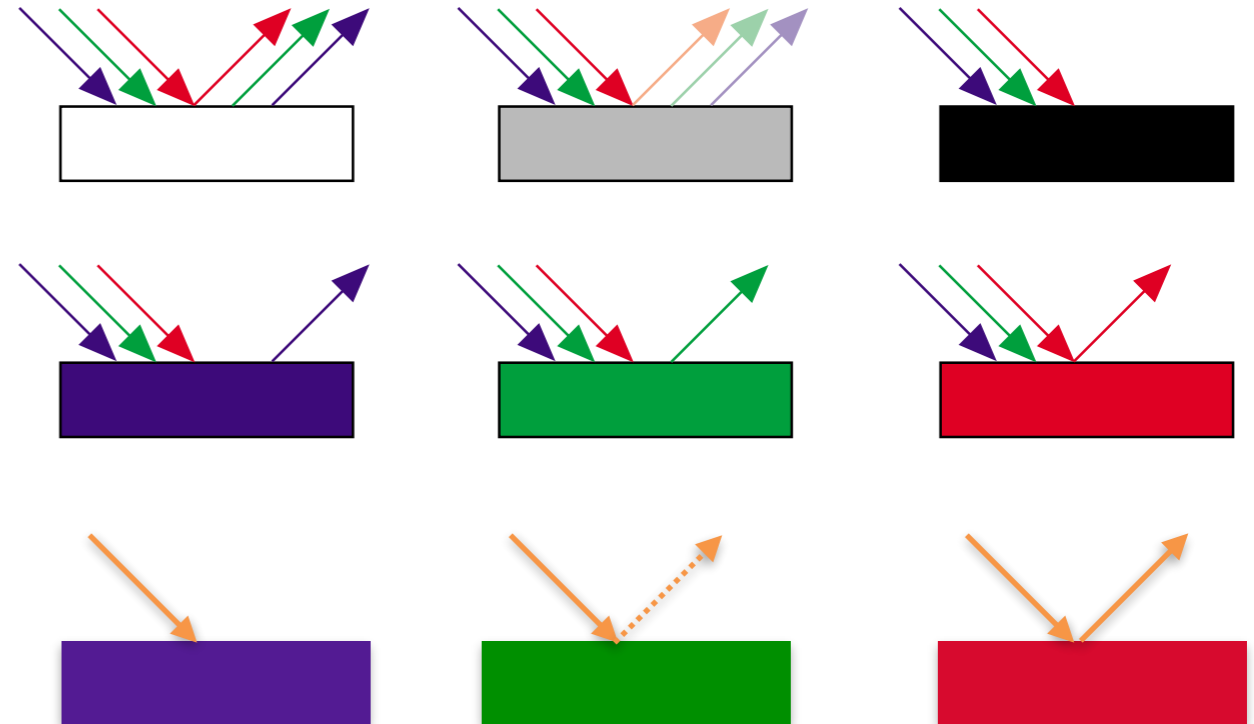
KONTRAST VS. SEKUNDÁRNÍ ZÁŘIČE



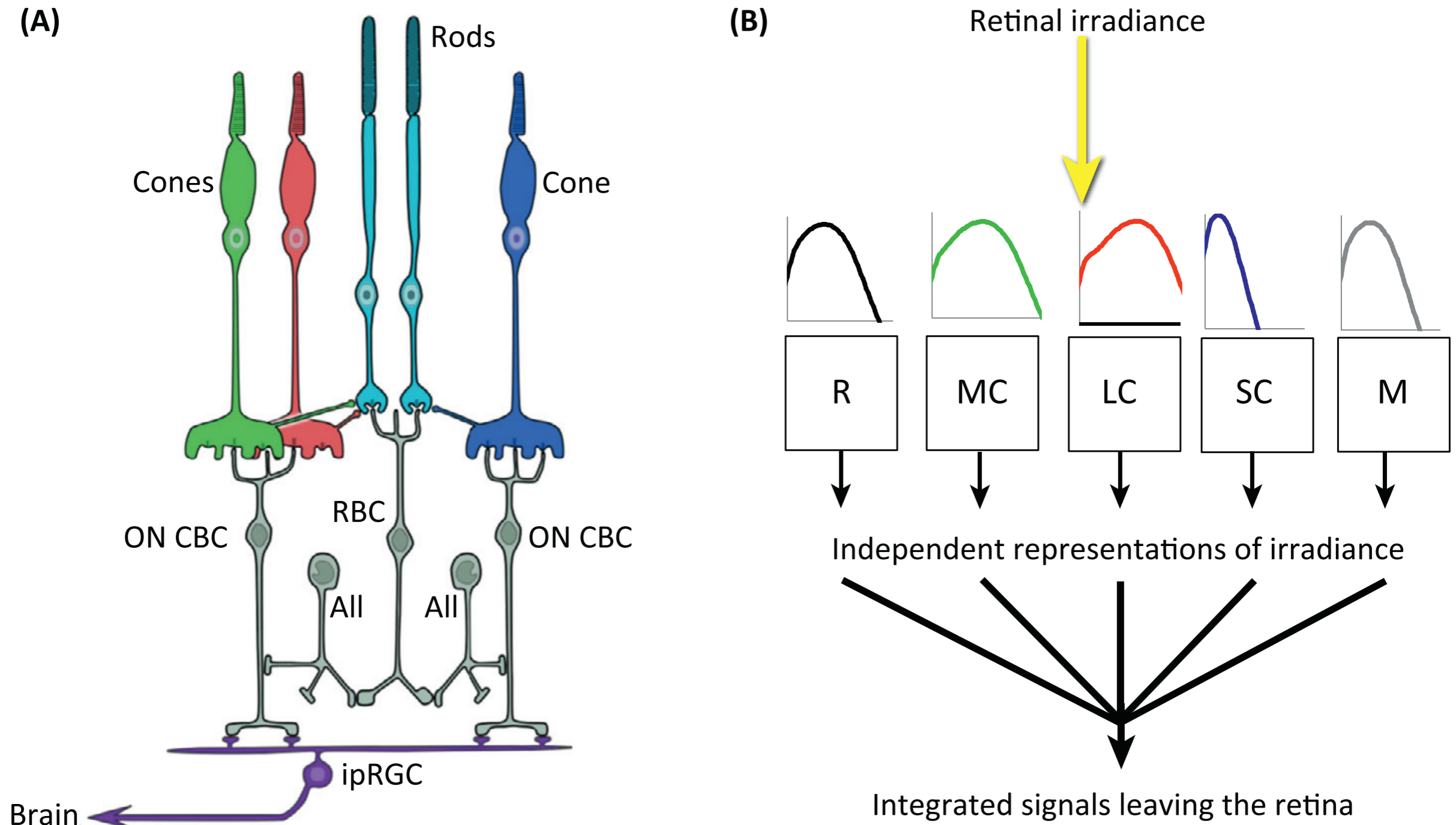
a)



b)

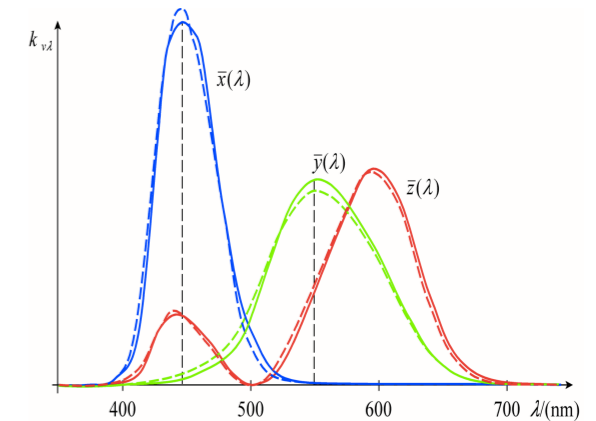
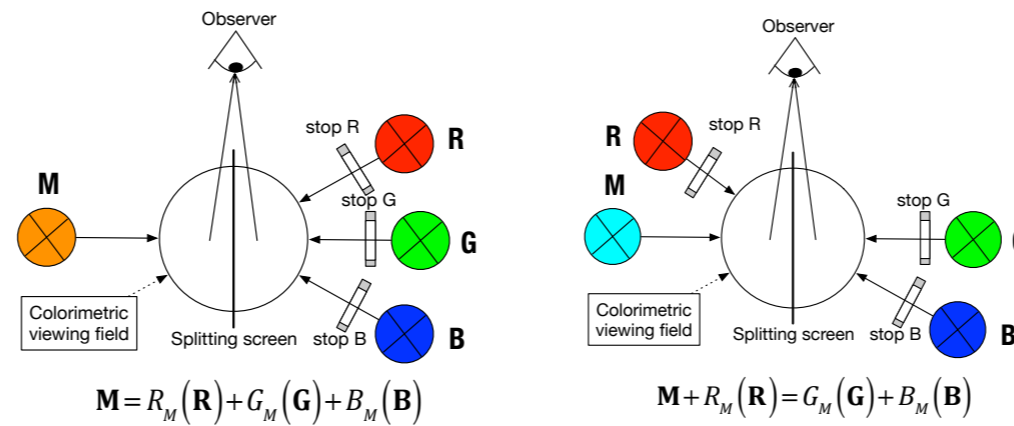
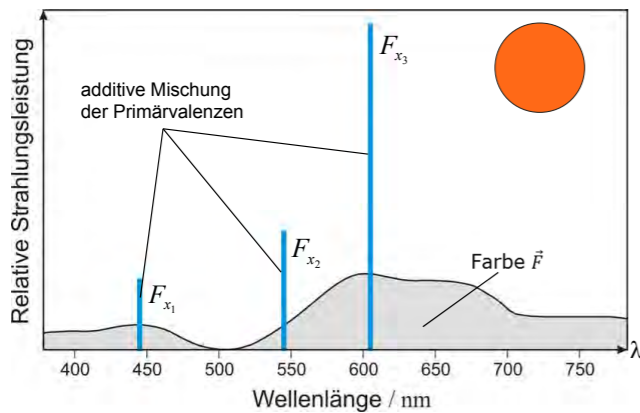


SÍTNICE



převzato z: Lucas, R. J. et al. Measuring and Using Light in the Melanopsin Age. *Trends Neurosci.* 2014, 37 (1), 1–9.

KOLORIMETRICKÁ SOUSTAVA CIE XYZ



$$\varphi_\lambda = S_\lambda \cdot \beta(\lambda)$$

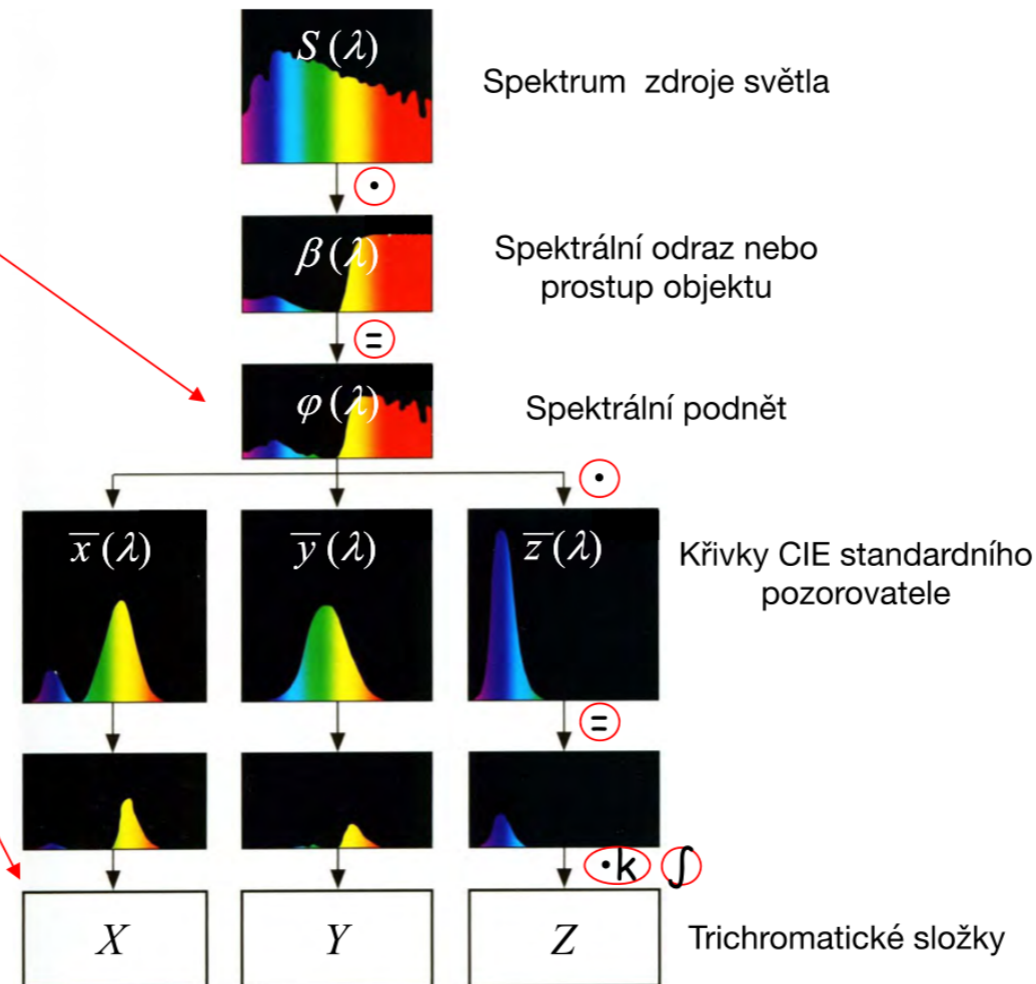
$$X = k \cdot \int_{380nm}^{780nm} \varphi_\lambda \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda;$$

$$Y = k \cdot \int_{380nm}^{780nm} \varphi_\lambda \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda;$$

$$Z = k \cdot \int_{380nm}^{780nm} \varphi_\lambda \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

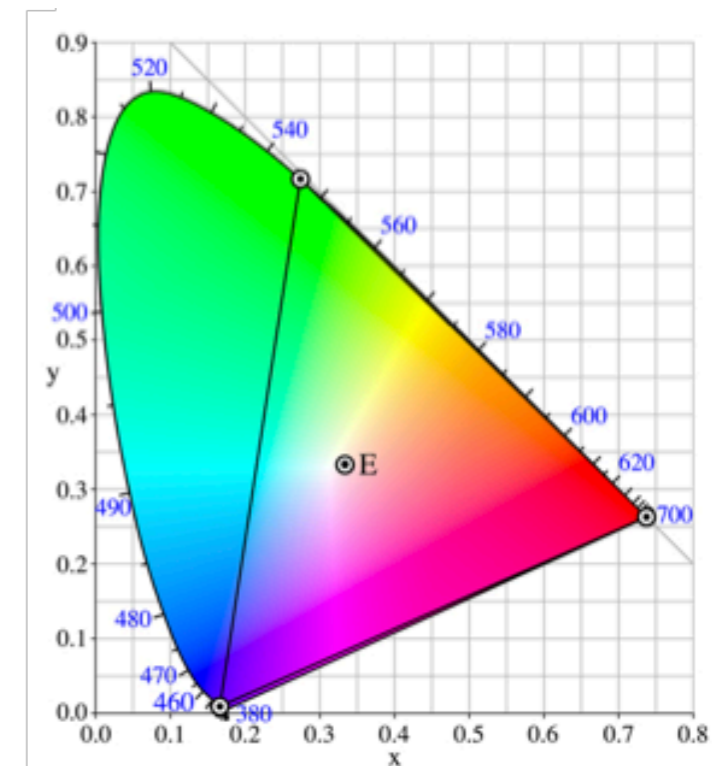
$$k = 683,599 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$k = \frac{100}{\int_{380}^{780} S_\lambda \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

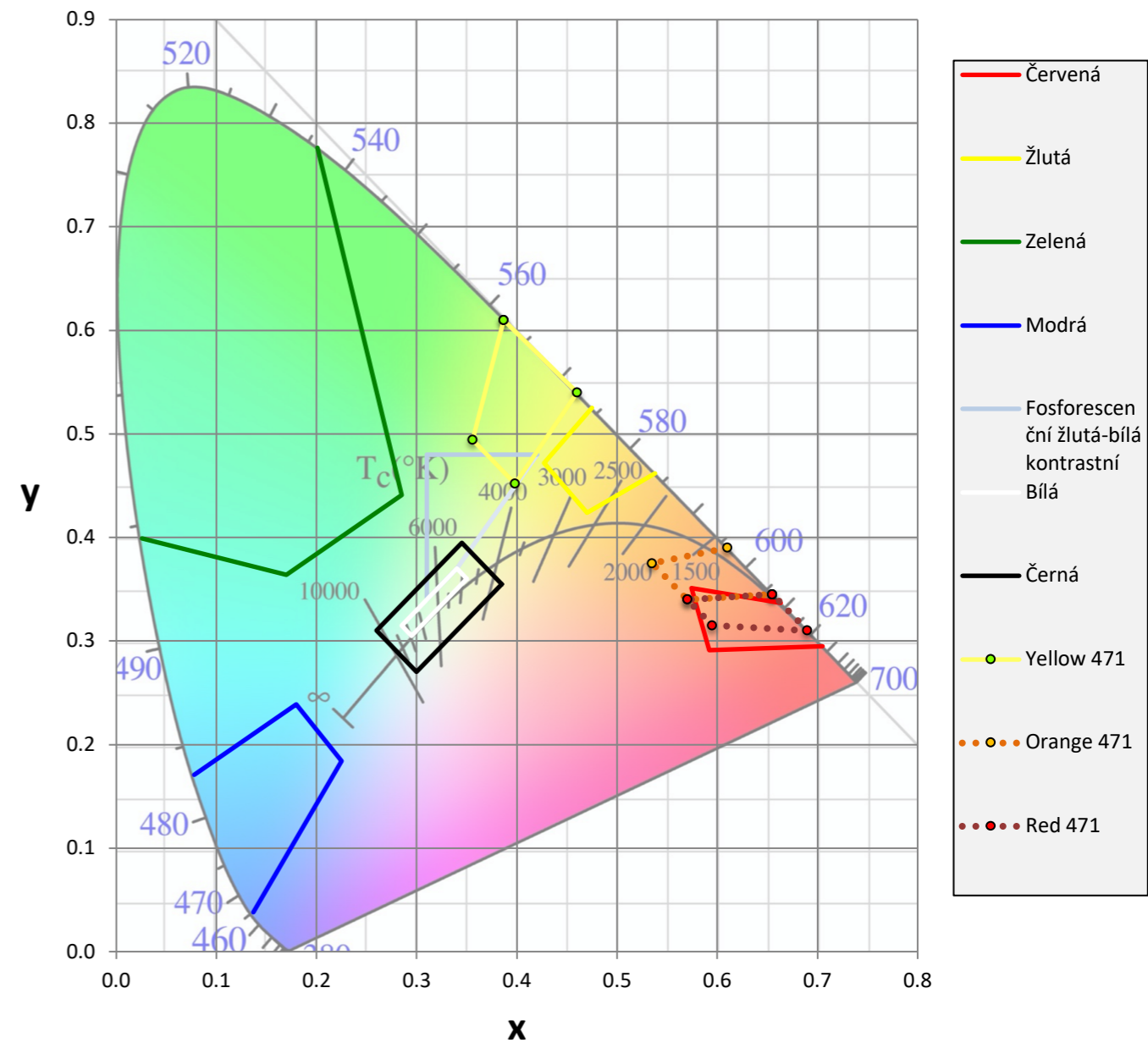
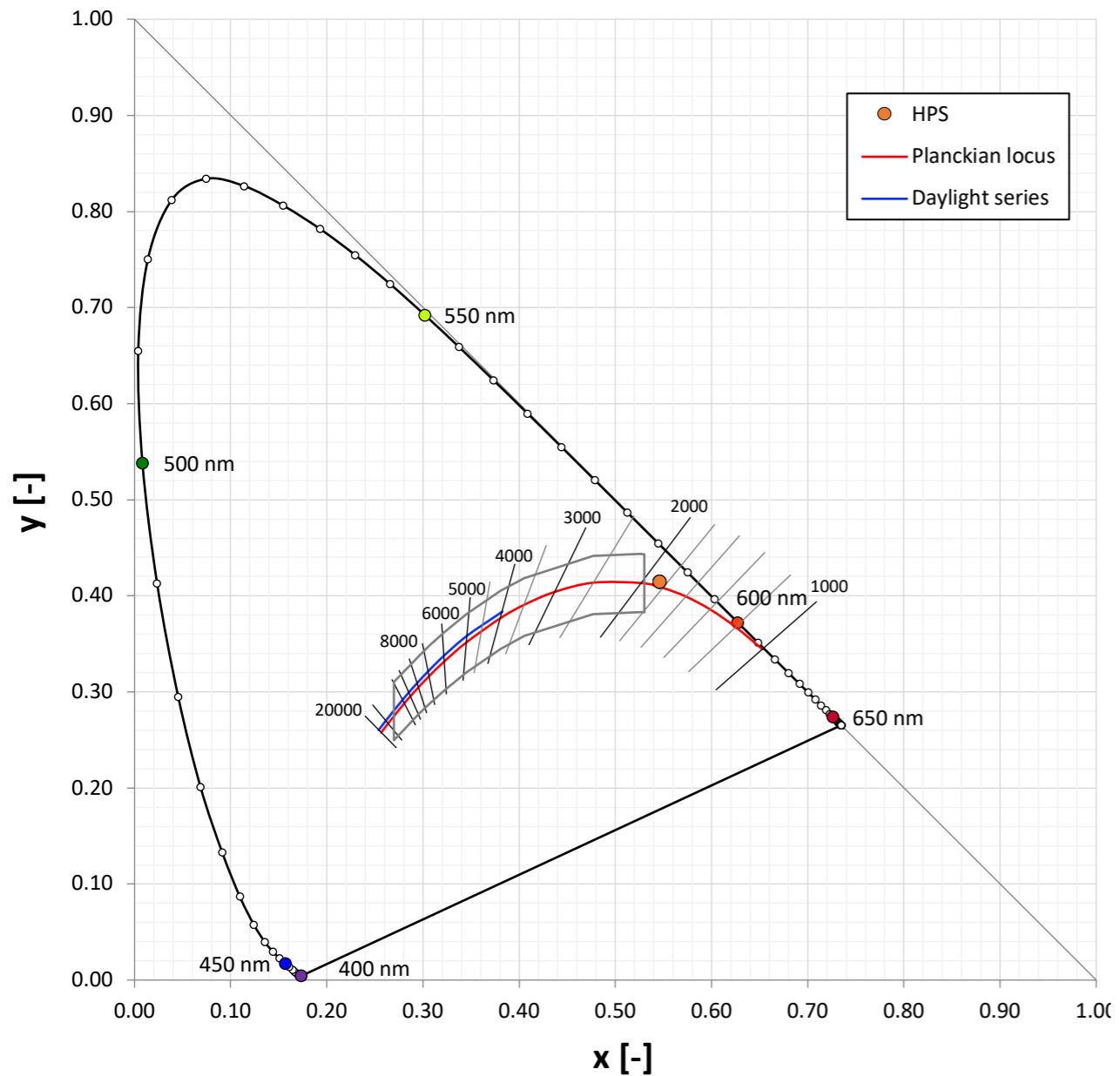


$$x = X / (X + Y + Z)$$

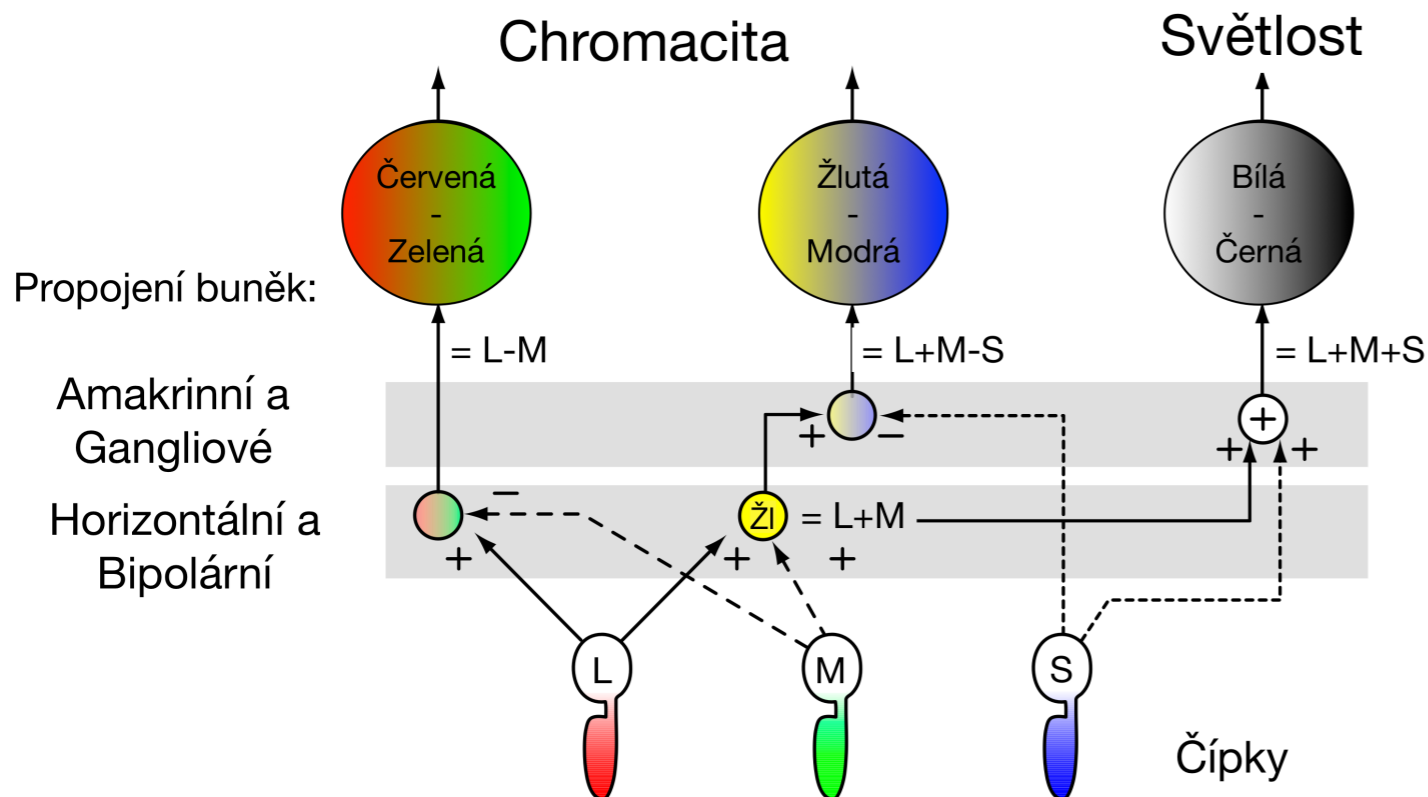
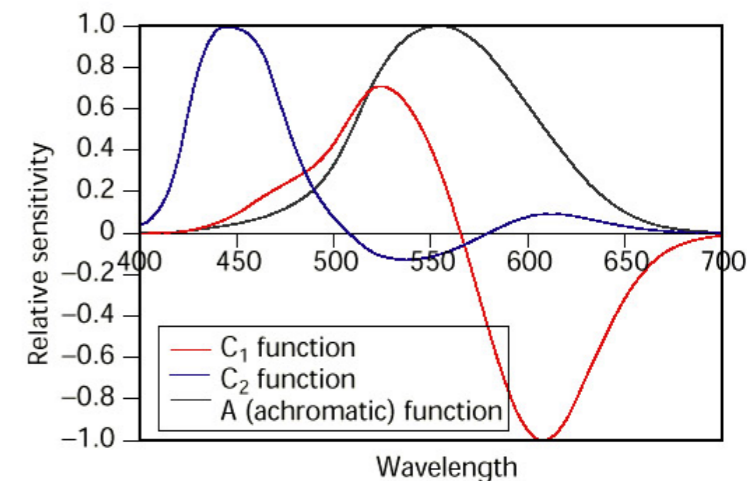
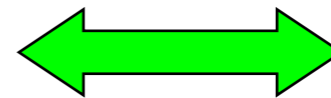
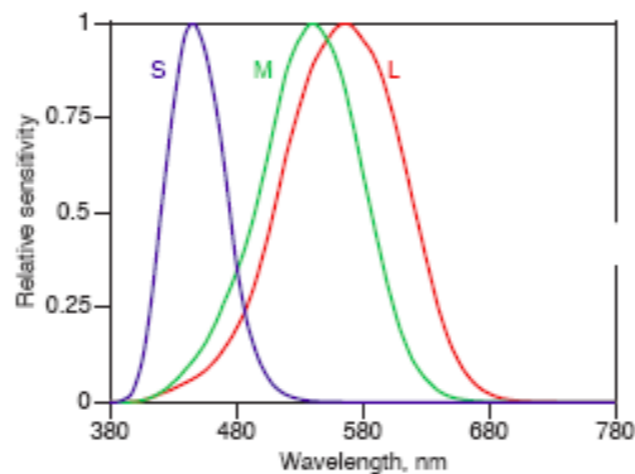
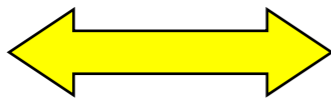
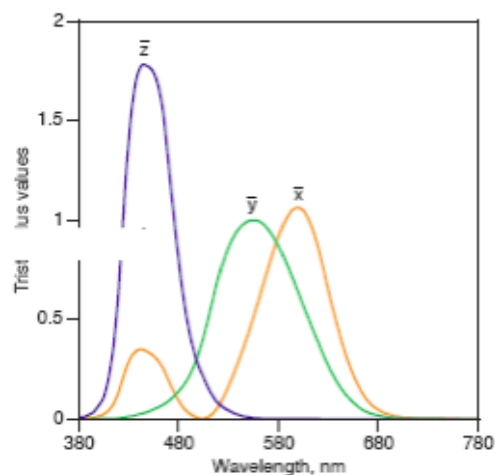
$$y = Y / (X + Y + Z)$$



KOLORIMETRICKÁ SOUSTAVA CIE XYZ



KOLORIMETRICKÁ SOUSTAVA LAB



$$A = [2R'_a + G'_a + (1/20)B'_a - 0.305] N_{bb}$$

$$a = R'_a - 12G'_a / 11 + B'_a / 11$$

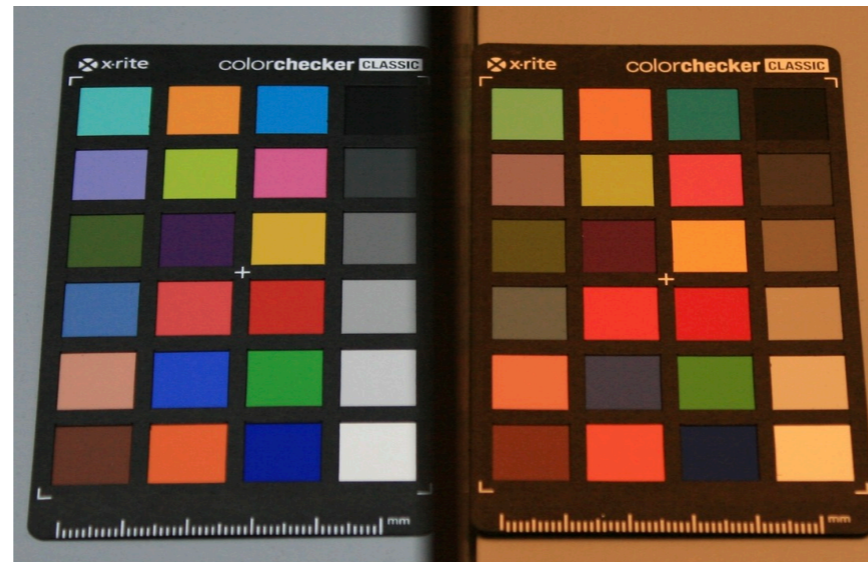
$$b = (1/9)(R'_a + G'_a - 2B'_a)$$

$$J = 100(A/A_w)^{c_z}$$

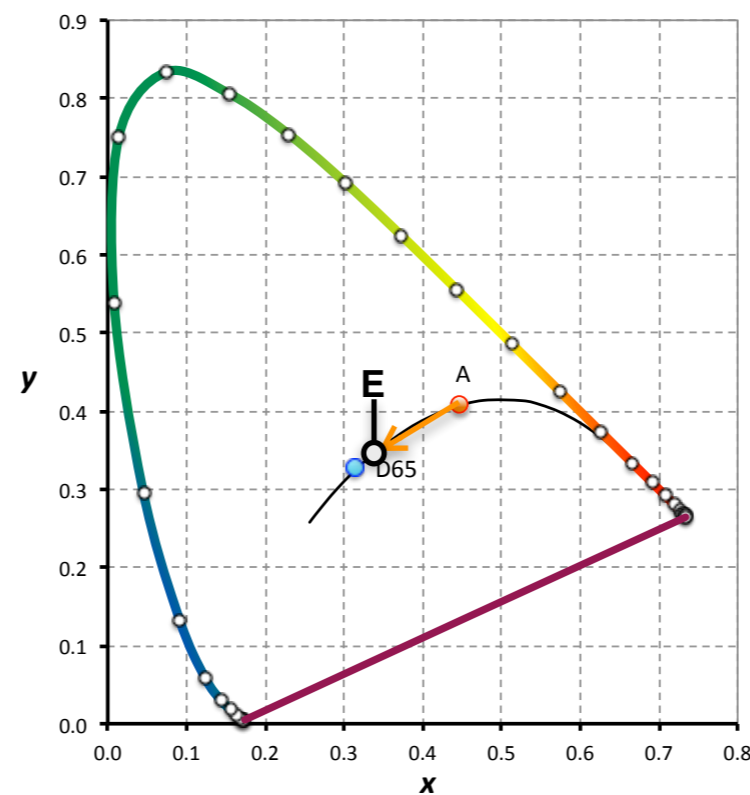
$$c = 0.69 \quad z = 1.48 + n^{0.5}$$

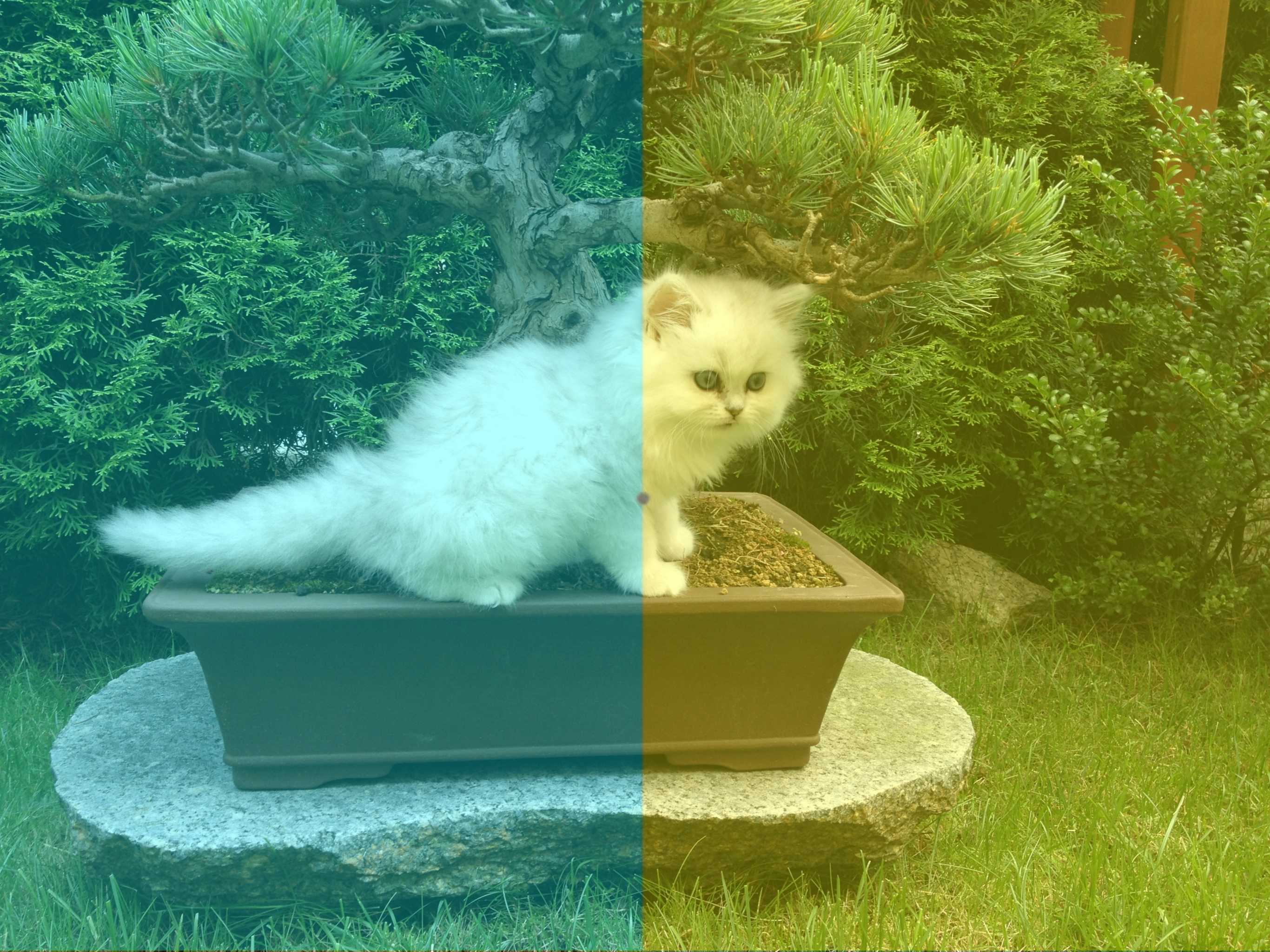
CIECAM02

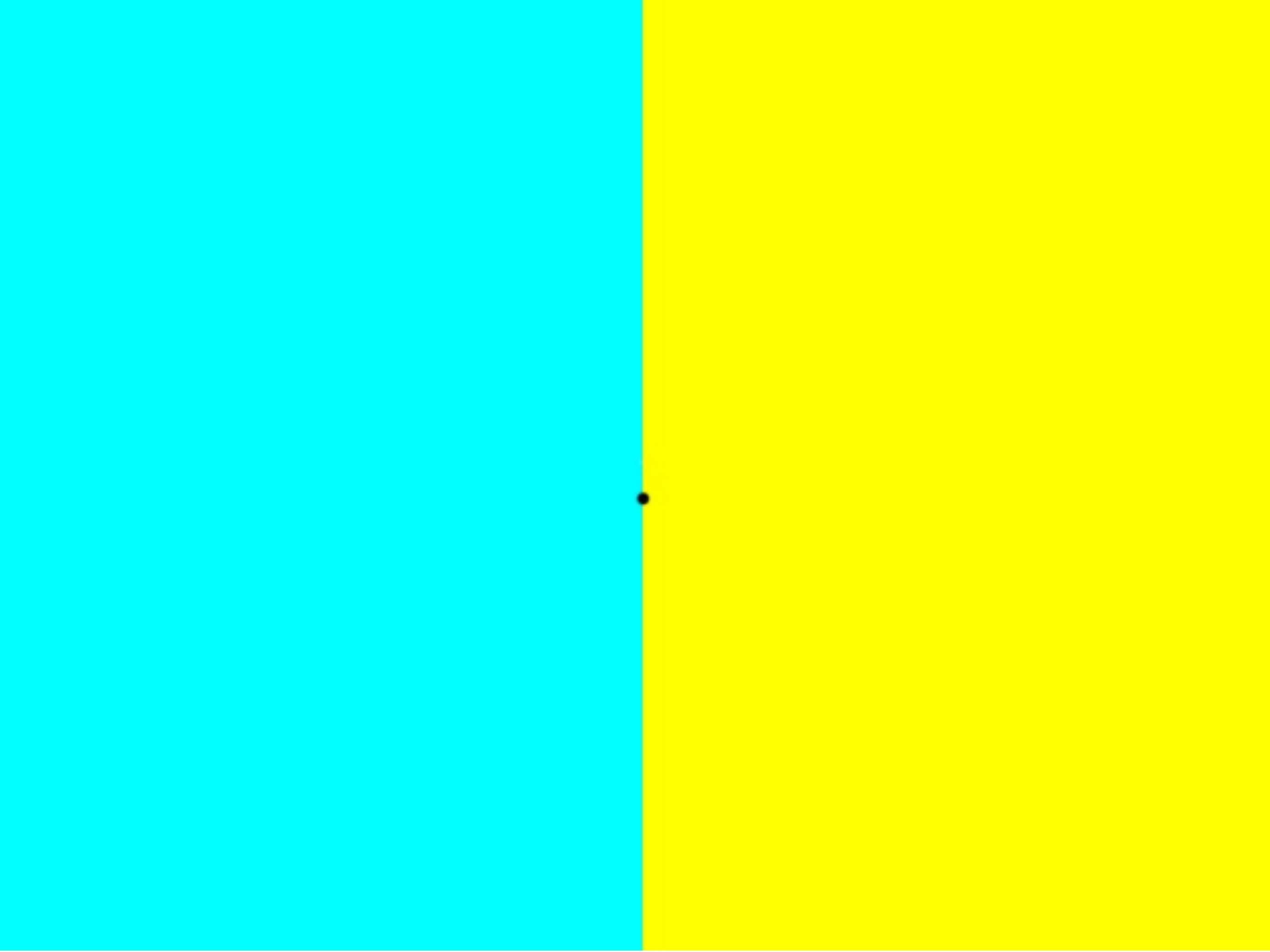
VYVÁŽENÍ BÍLÉ

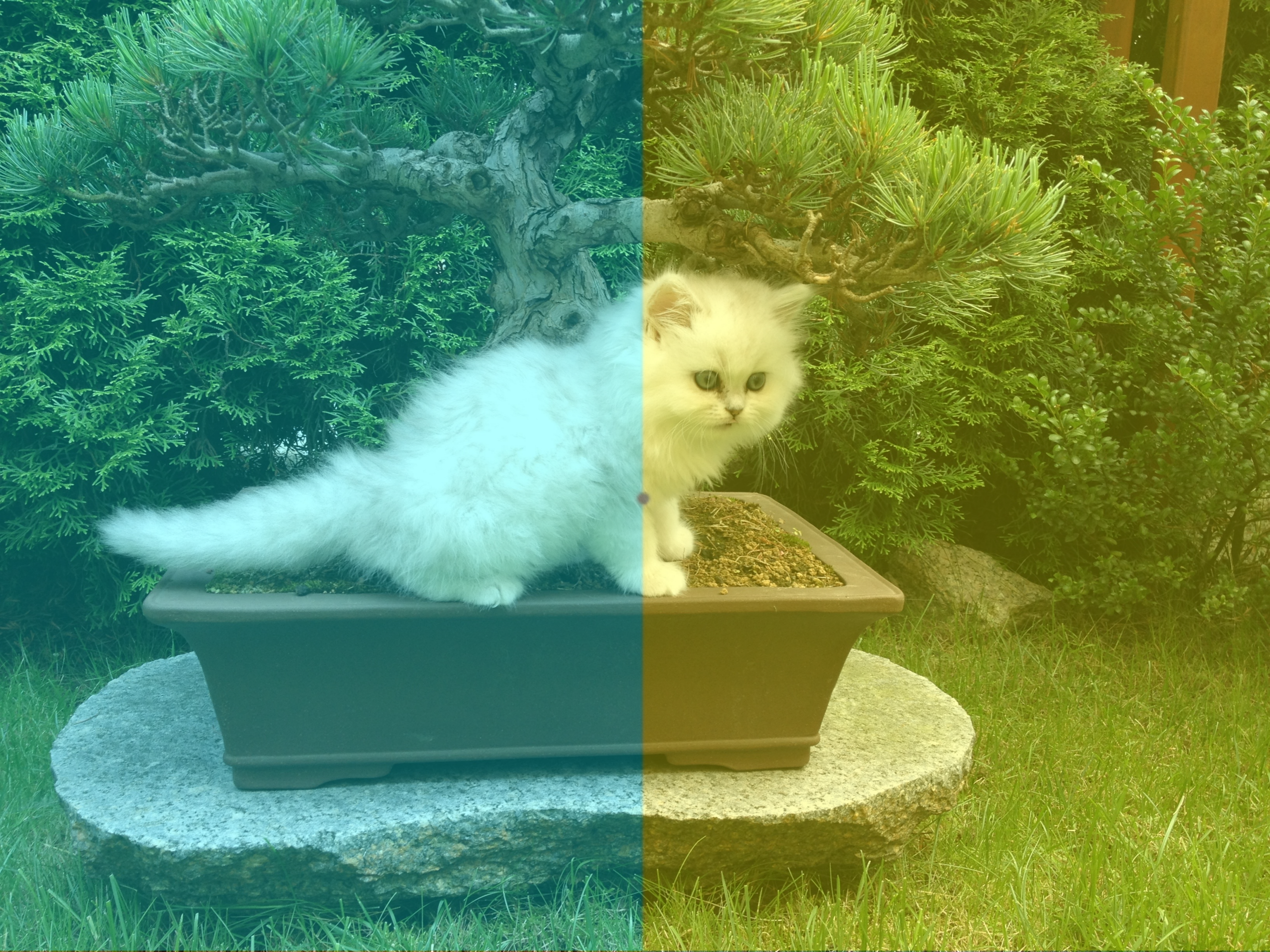


CW VLED, CRI = 95 WW VLED, CRI = 96



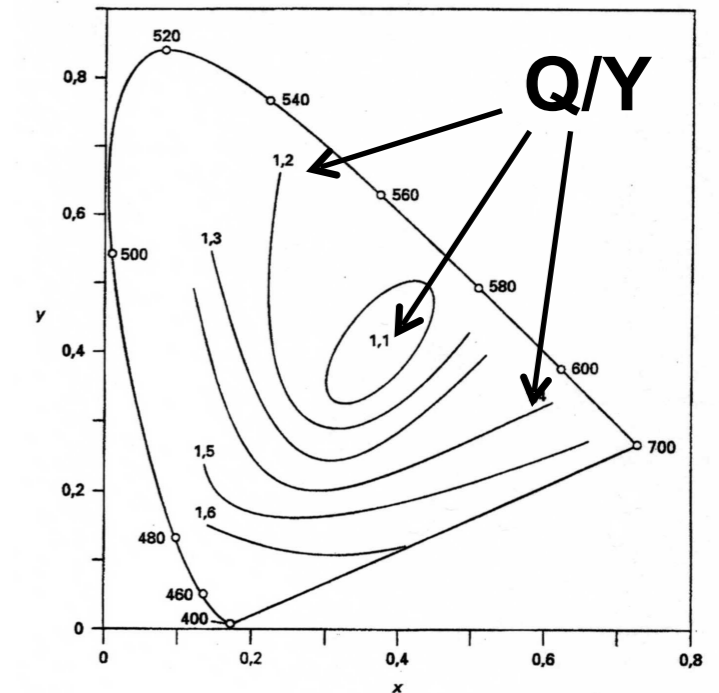
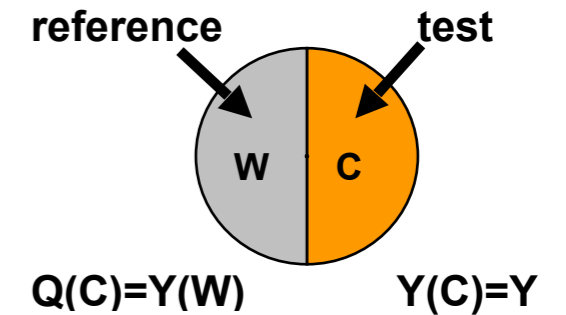






HELMHOLTZ-KOHLRAUSCHŮV EFEKT

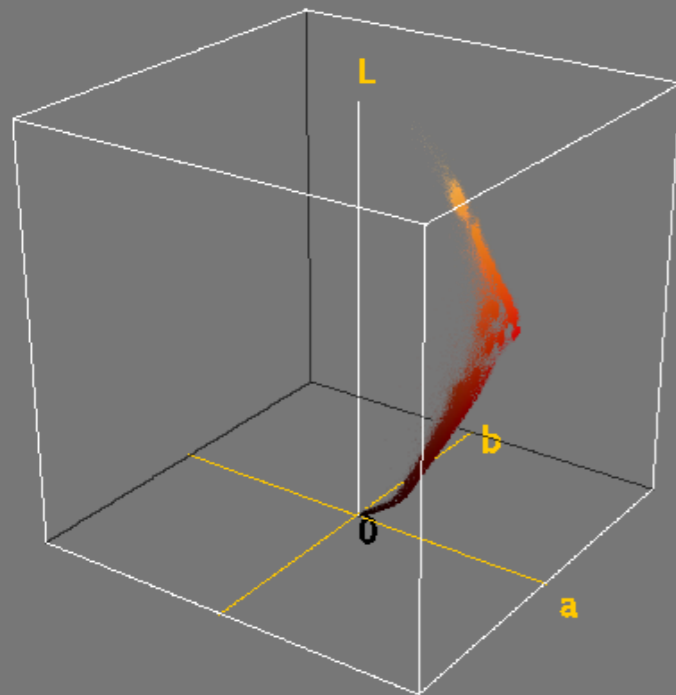
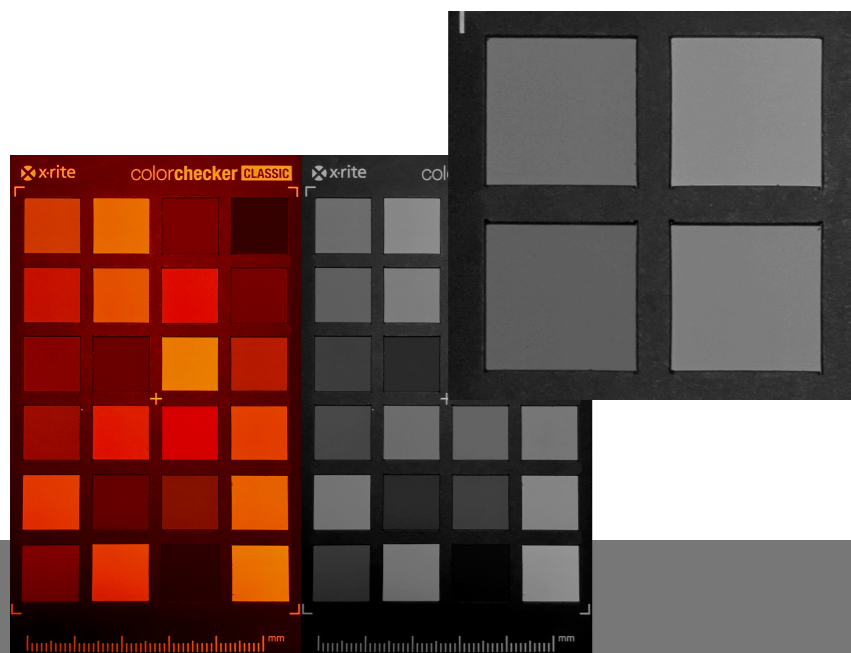
Jas závisí na intenzitě osvětlení a čistotě



Tři vzorky mají stejnou hodnotu L^* jako šedivé pozadí, vypadají však znatelně světlejší

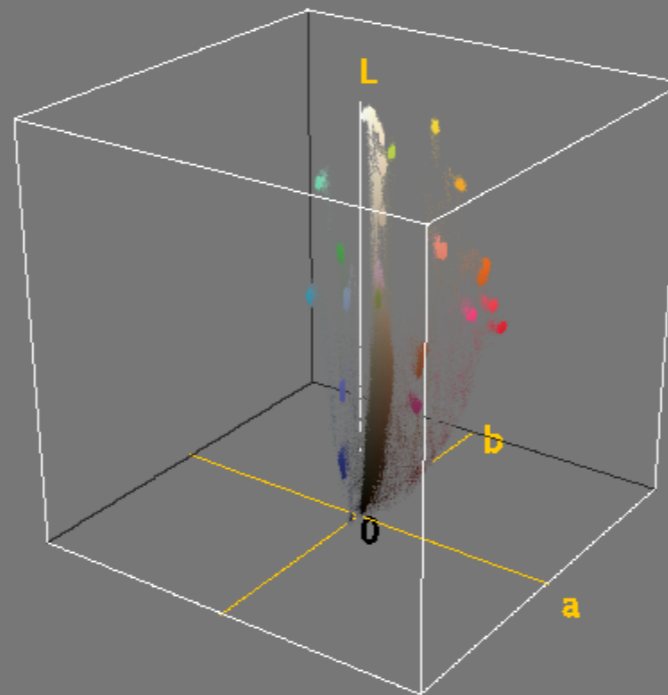
Dva objekty se stejnou hodnotou Munsellova jasů – jeden chromatický a druhý achromatický se znatelně liší ve vnímané světlosti

CHK vs PSS



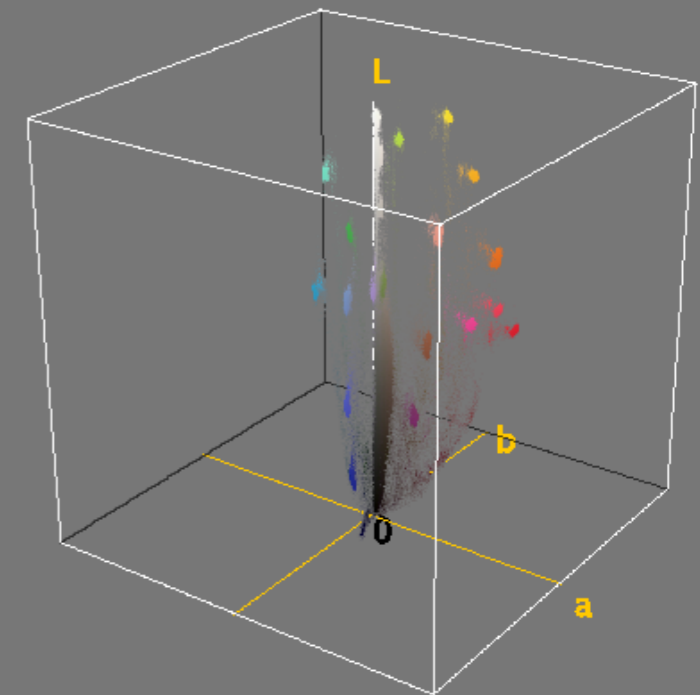
Amber

Color Inspector 3D



WW BLED2600K

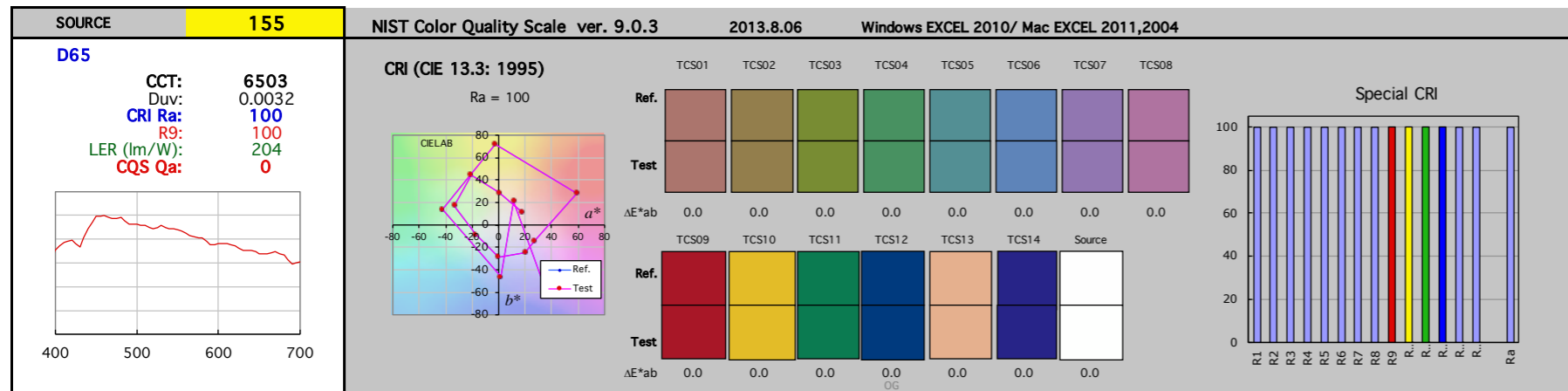
Color Inspector 3D



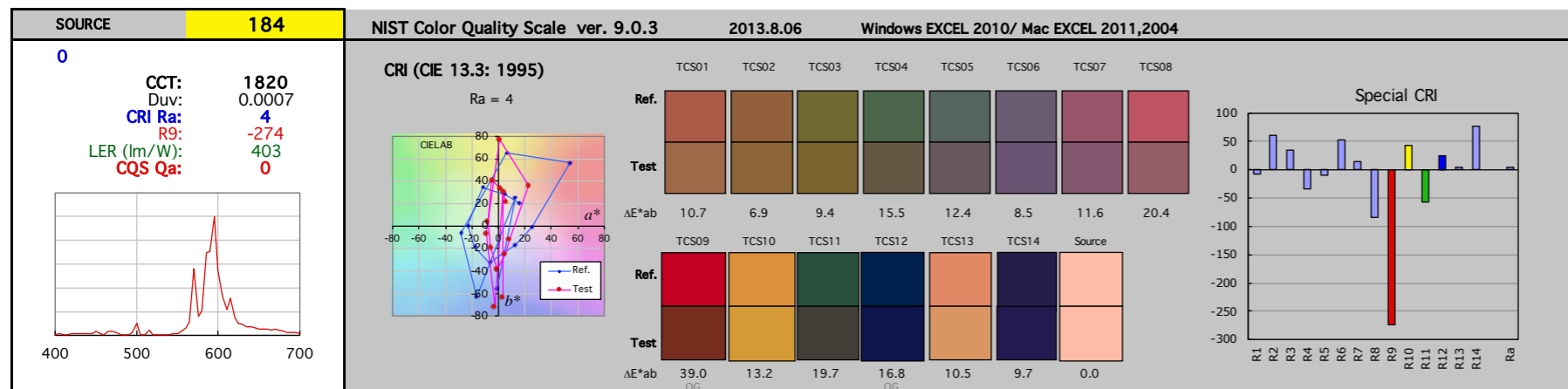
NW BLED4000K

Color Inspector 3D

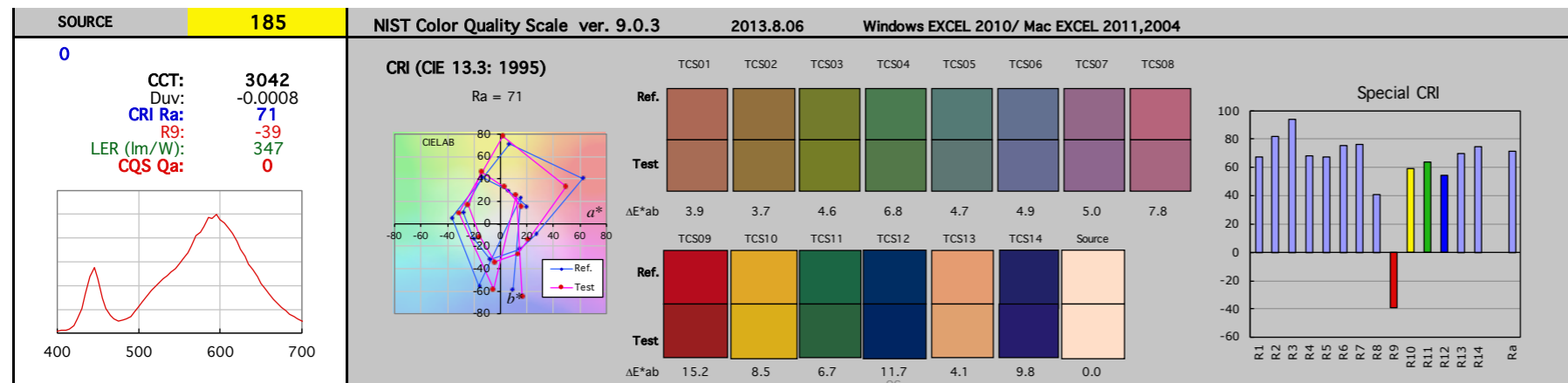
PSS VS R_A



D65



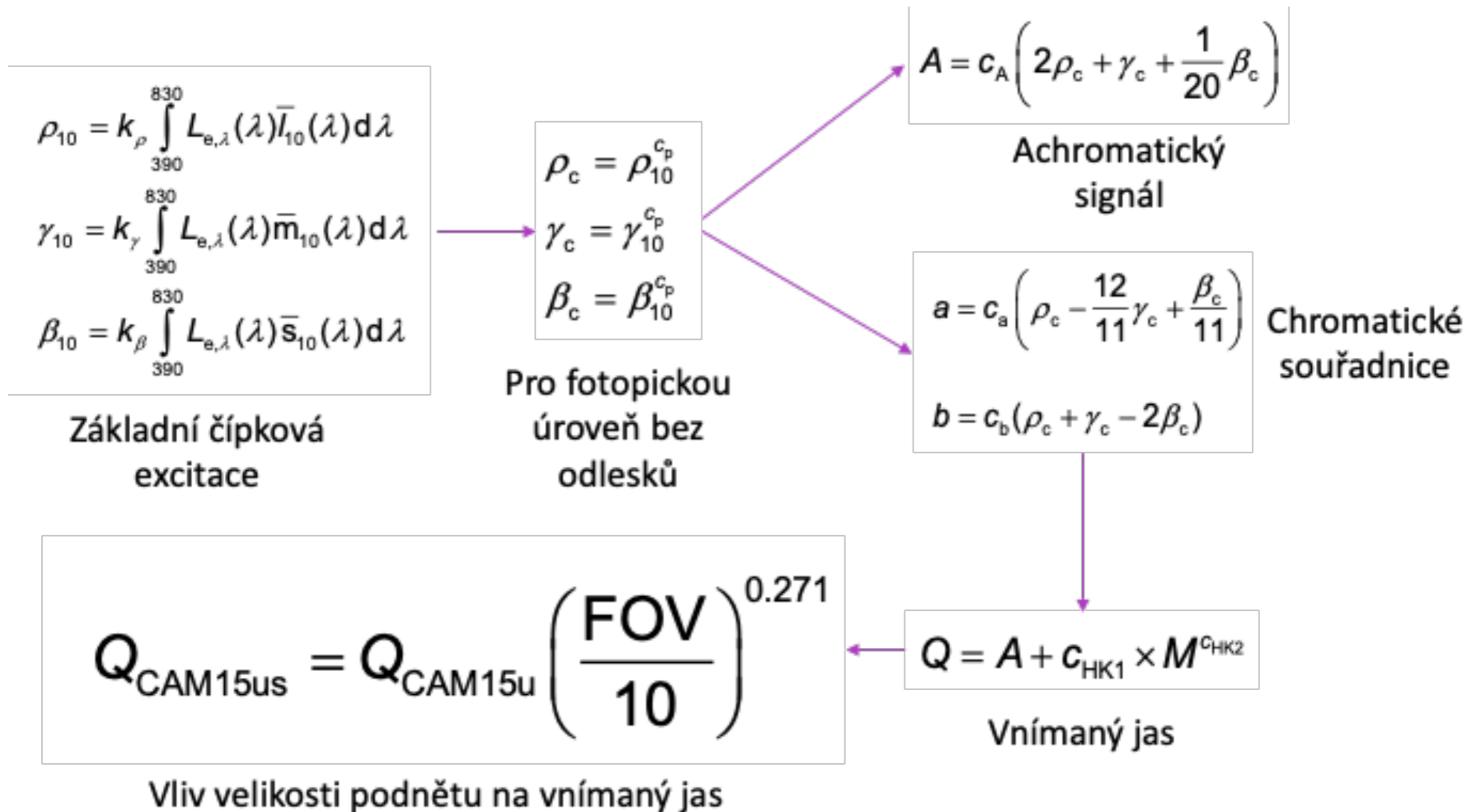
HPS



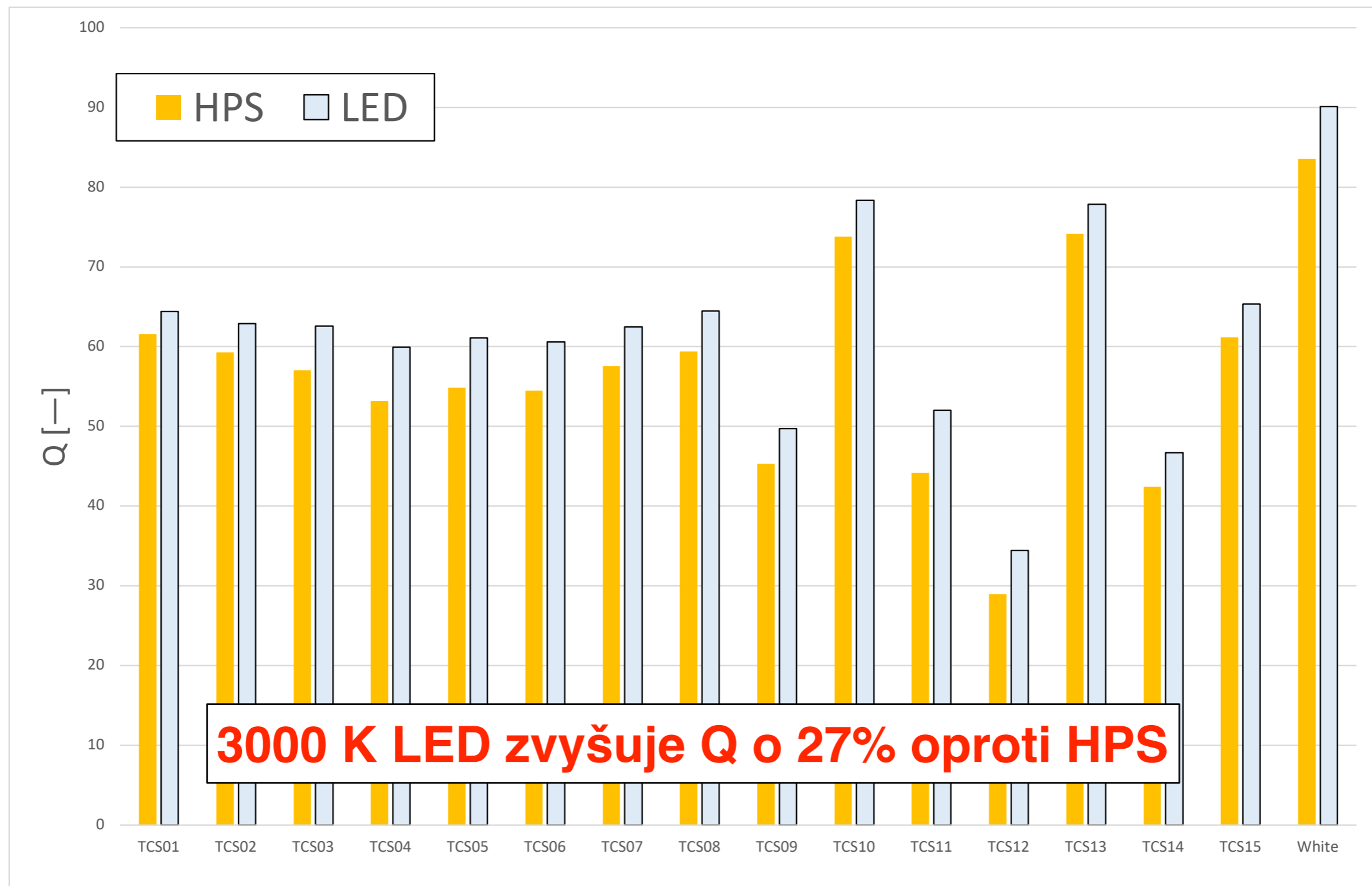
LED



CAM15U – CAM PRO PRIMÁRNÍ ZÁŘIČE



ANALÝZA VLIVU PSS NA VNÍMANÝ JAS Q



ZÁVĚR

- ❖ RČ se zkracuje s nárůstem kontrastu a velikosti podnětu
- ❖ Kontrastní citlivost je závislá na achromatické i chromatické složce
- ❖ Kontrastní citlivost stoupá s rostoucím jasem a velikostí podnětu
- ❖ V případě sekundárních zářičů je KC závislá rovněž na PSS, potažmo souvisí T_{cp} a R_f/R_g (R_a) světelného zdroje