

**Rozvoj lidských zdrojů TUL pro zvyšování relevance,
kvality a přístupu ke vzdělání v podmínkách Průmyslu 4.0**

Základy KOLORISTIKY

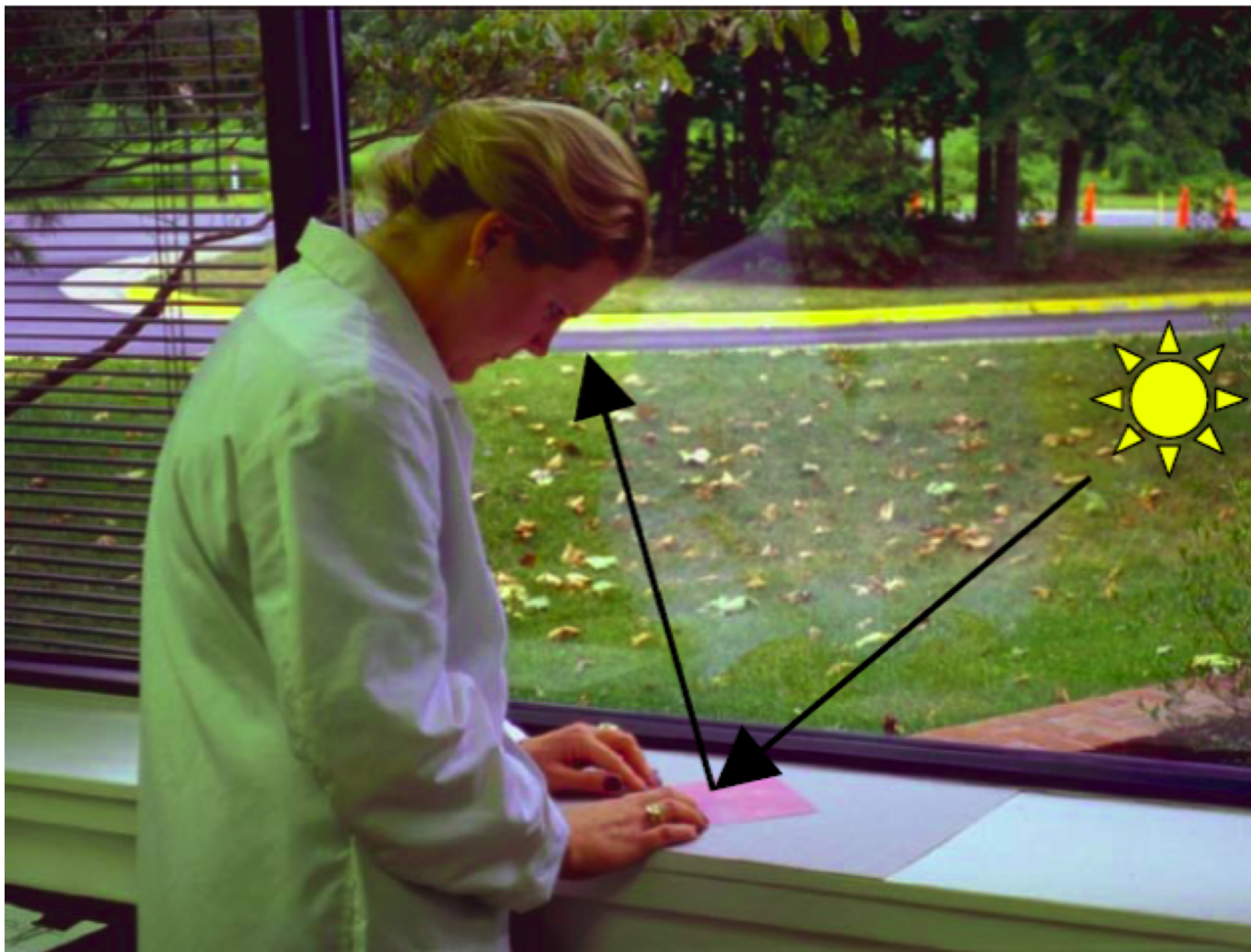
Lektor: doc. Ing. Michal Vik, Ph.D.
doc. Ing. Martina Viková, Ph.D.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

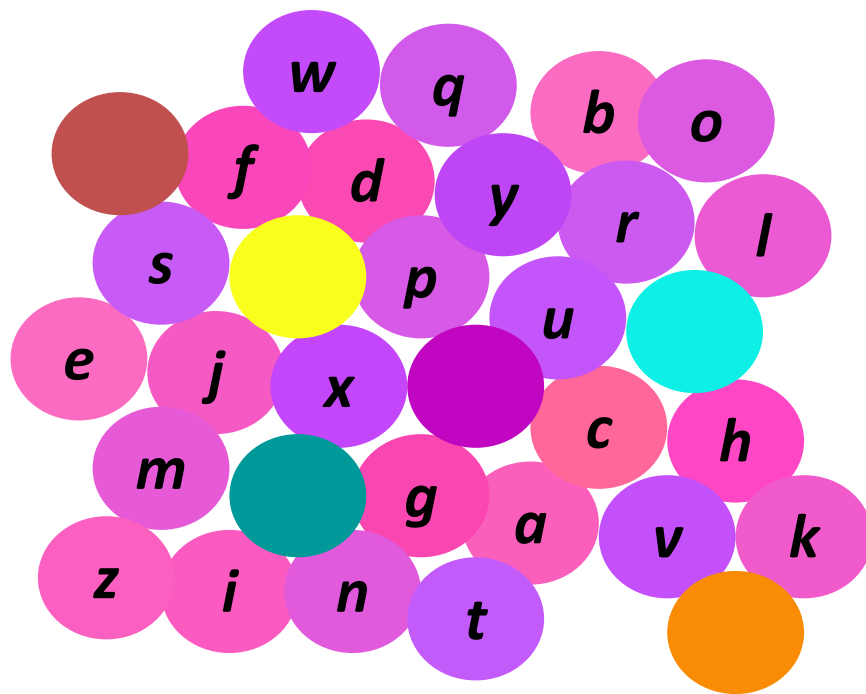
Posudky rozdílů barev I

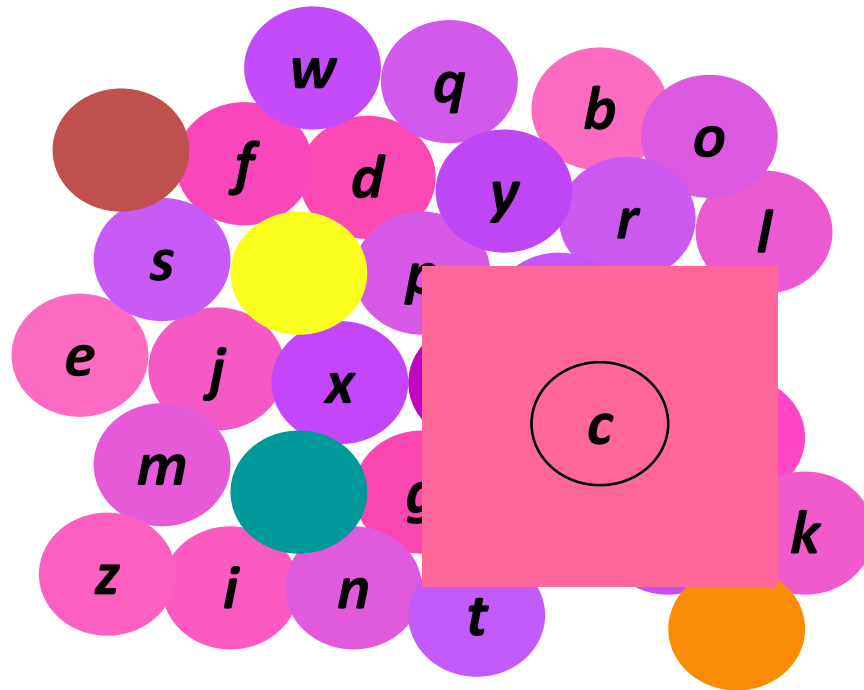


Poznáte tuto barvu ?

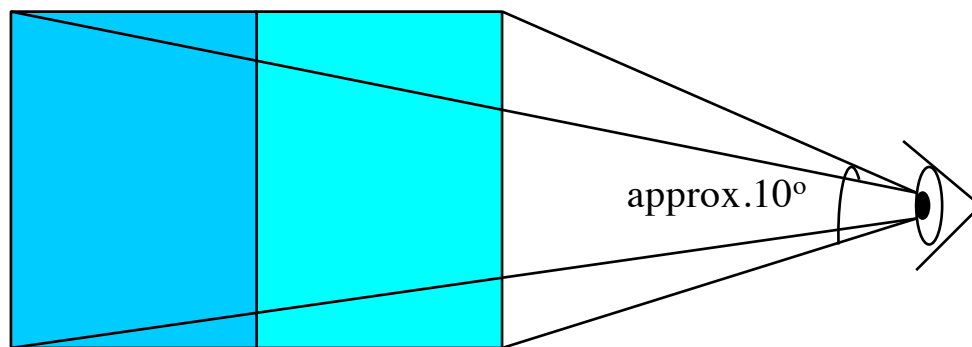


Která to je?





Vizuální hodnocení rozdílů barev I



Při párovém srovnávání rozlišovací schopnost člověka prudce narůstá



Vizuální hodnocení rozdílů barev I



Co je nutno dodržovat při vizuálním hodnocení

5 P

Pozorovatel (bezdefektní vnímání barev, klid a pohoda při hodnocení)

Podmínky osvětlování (spektrální složení blízké CIE standardnímu osvětlení)

Podmínky pozorování (hodnocení při konstantním úhlu pozorování, bez rušivého okolního světla)

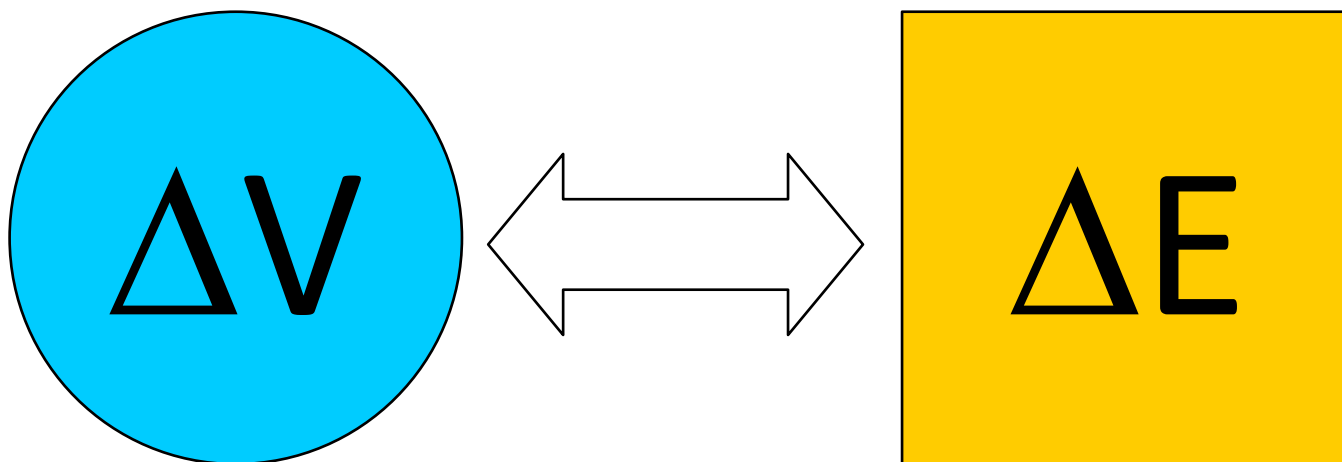
Poloha hodnocených vzorků (vzorky těsně u sebe, shodná orientace a fixní poloha)

Pracovní plocha (achromatická value 7 dle Munselova atlasu, bez přítomnosti rušivých vlivů – vzorky...)

Vizuální hodnocení rozdílů barev III



Průmyslové posudky rozdílů barev III

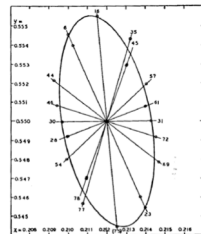
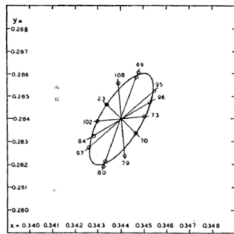


Color-Difference Formula

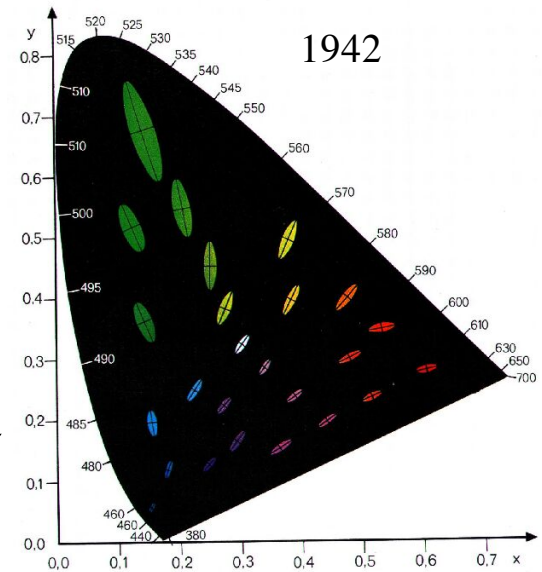
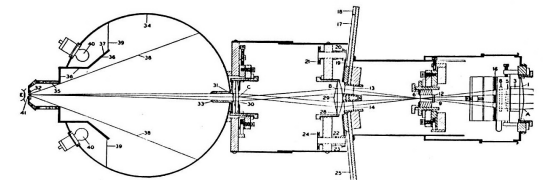
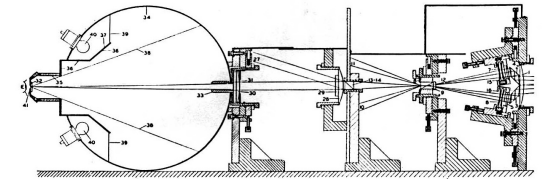
$$\Delta E = f (X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2, \text{ atd.})$$

MacAdamovy hraniční tolerance pro hodnocení rozdílů barev

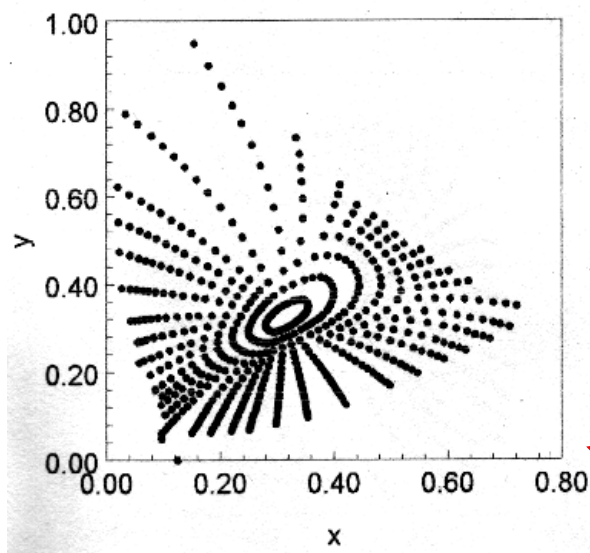
Říkáte „vyhovující“ - DE 0.4?
JÁ NESOUHLASÍM!!!



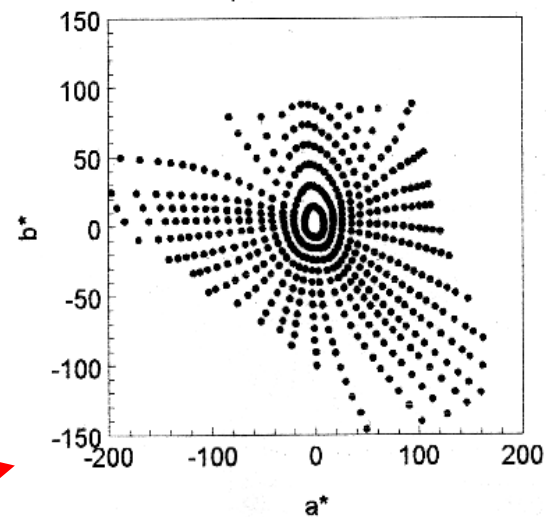
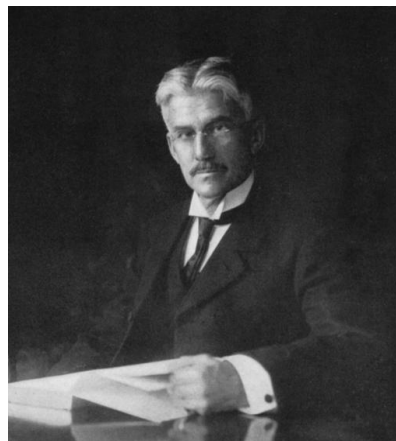
MacAdamův pozorovatel PGN (Perley G. Nutting, Jr.)



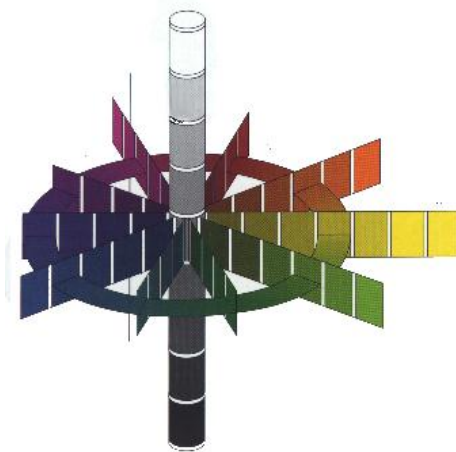
Zobrazení Munsellových data v kolorimetrických soustavách – velké barevné rozdíly



CIE x,y

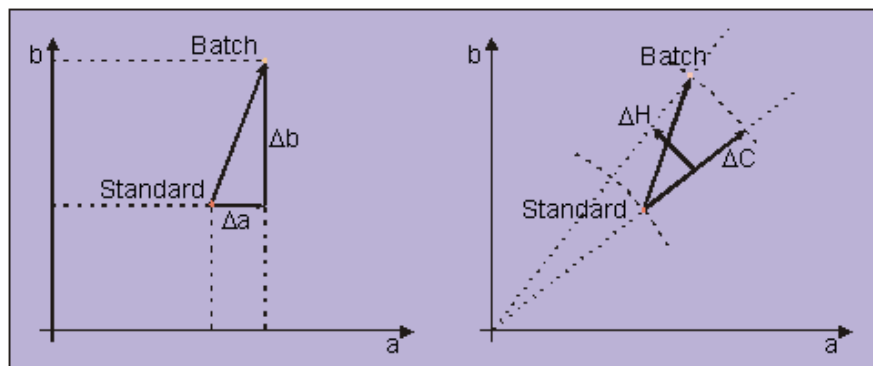


CIELAB



Barevné rozdíly v kolorimetrické soustavě CIELAB (1976)

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$



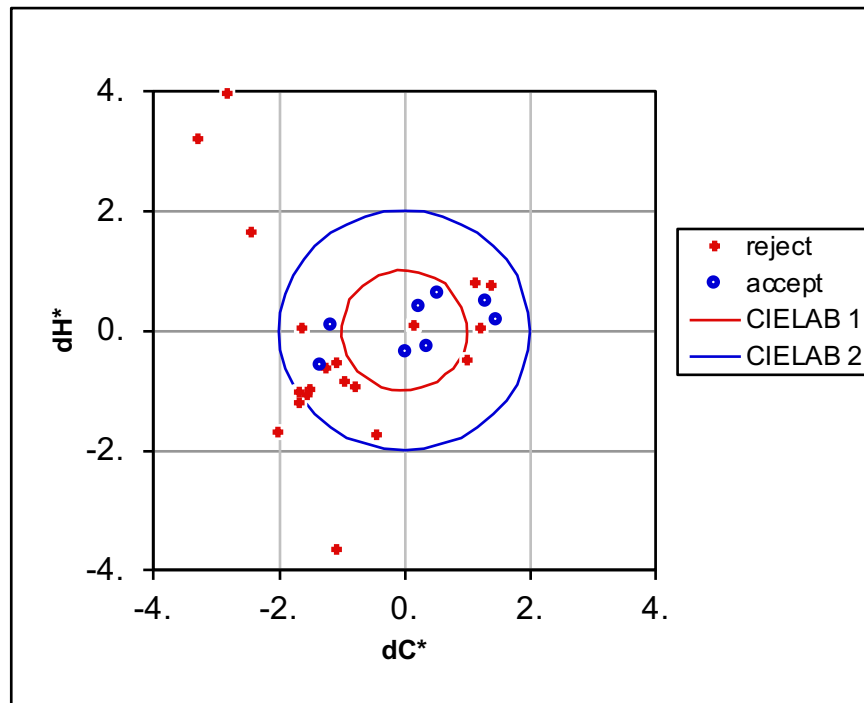
$$\Delta L^* = L_{2(sample)}^* - L_{1(target)}^*$$

$$\Delta a^* = a_{2(sample)}^* - a_{1(target)}^*$$

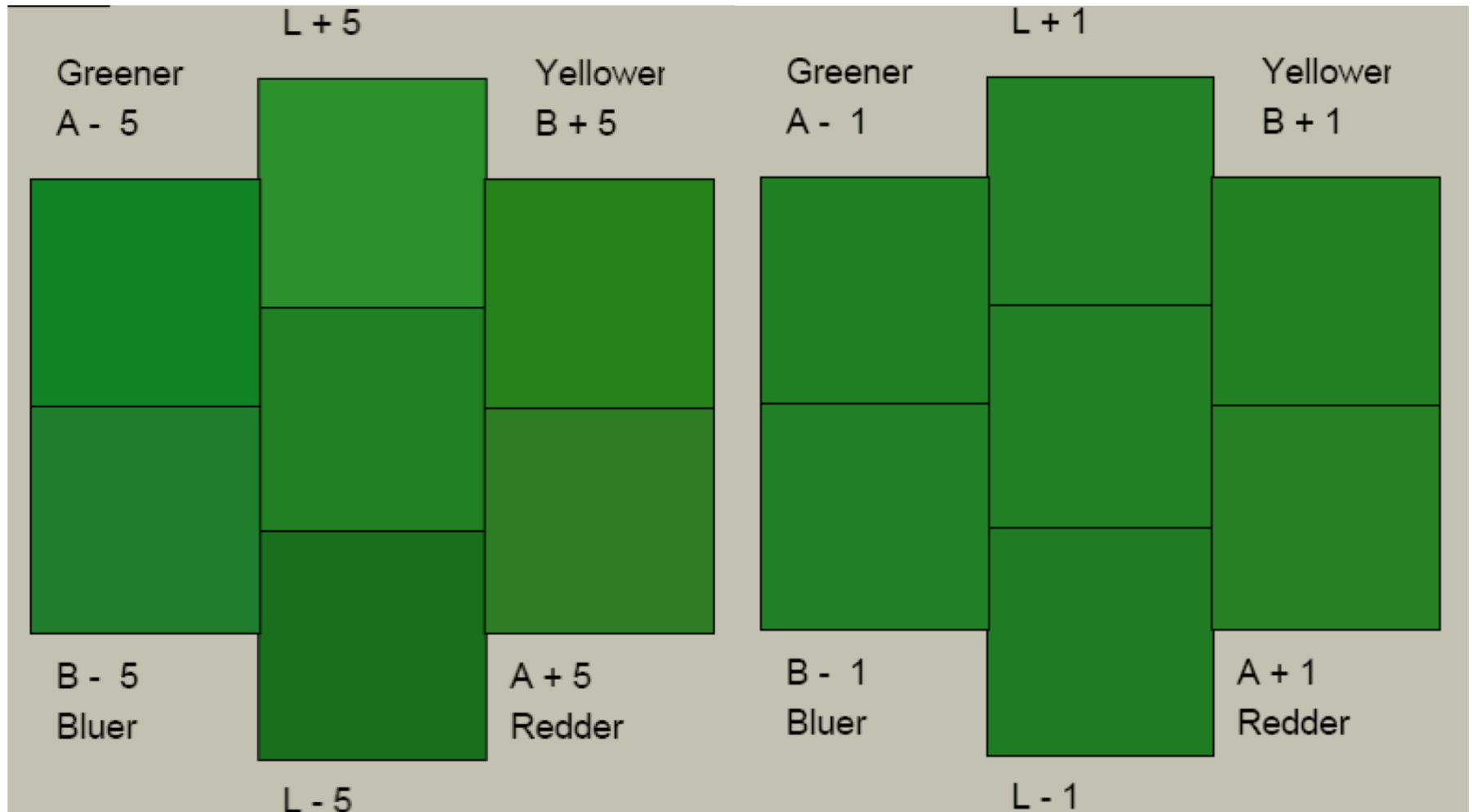
$$\Delta b^* = b_{2(sample)}^* - b_{1(target)}^*$$

$$\Delta C^* = C_{2(sample)}^* - C_{1(target)}^*$$

$$\Delta H^* = \sqrt{\Delta E^* - \Delta L^* - \Delta C^*}$$



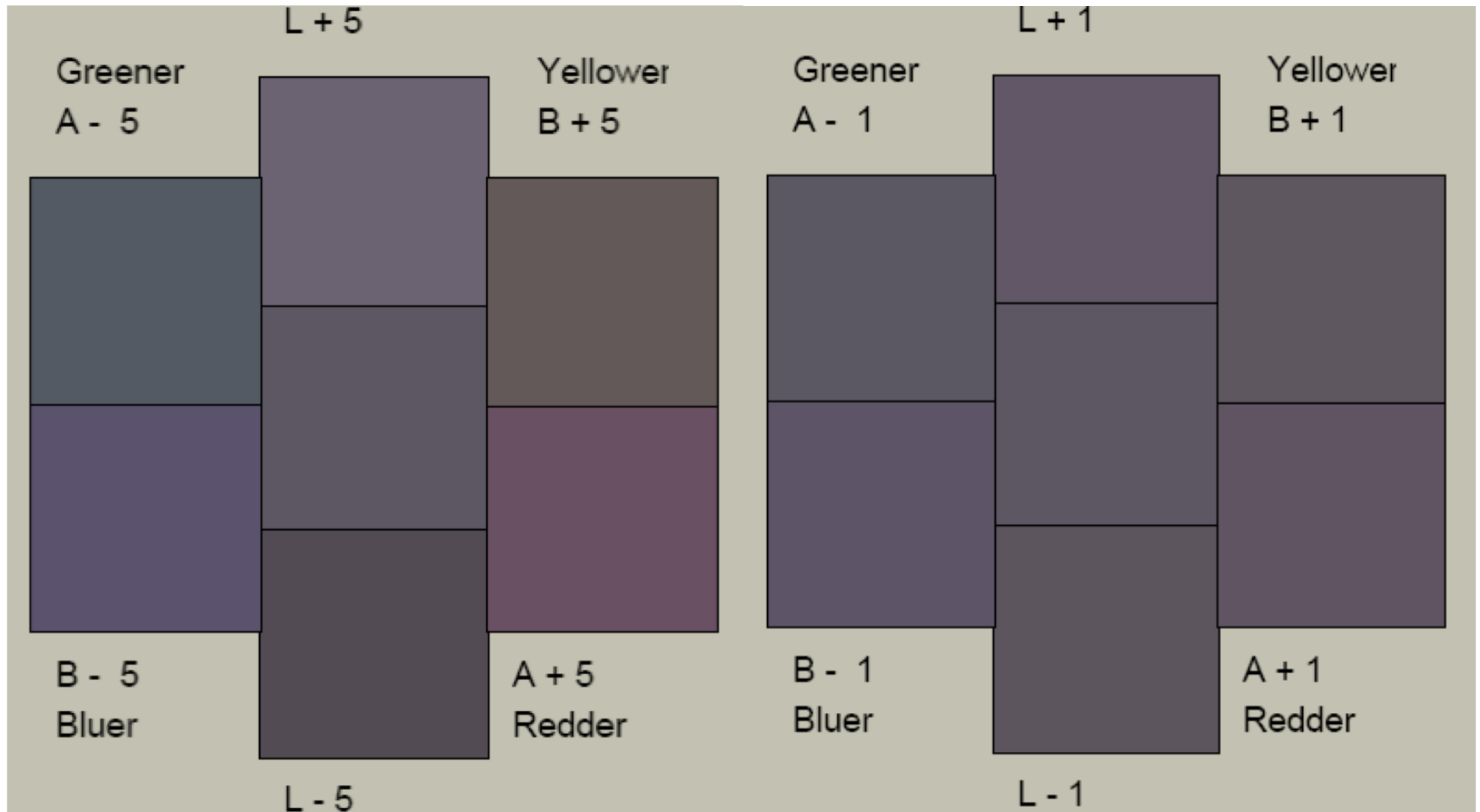
Vizuálně nestejněné odstupňování kolorimetrické soustavy CIELAB I



Vizuálně nestejněné odstupňování kolorimetrické soustavy CIELAB II

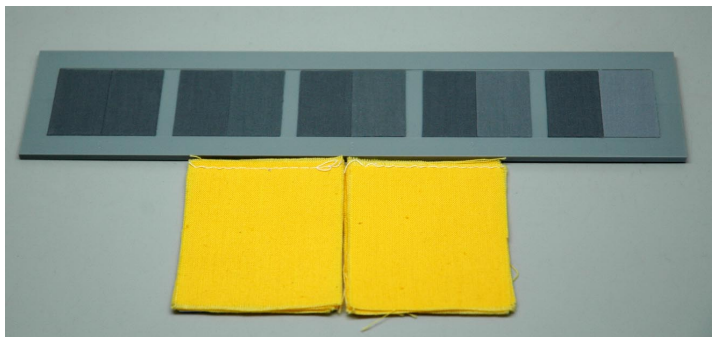


Vizuálně nestejněné odstupňování kolorimetrické soustavy CIELAB III

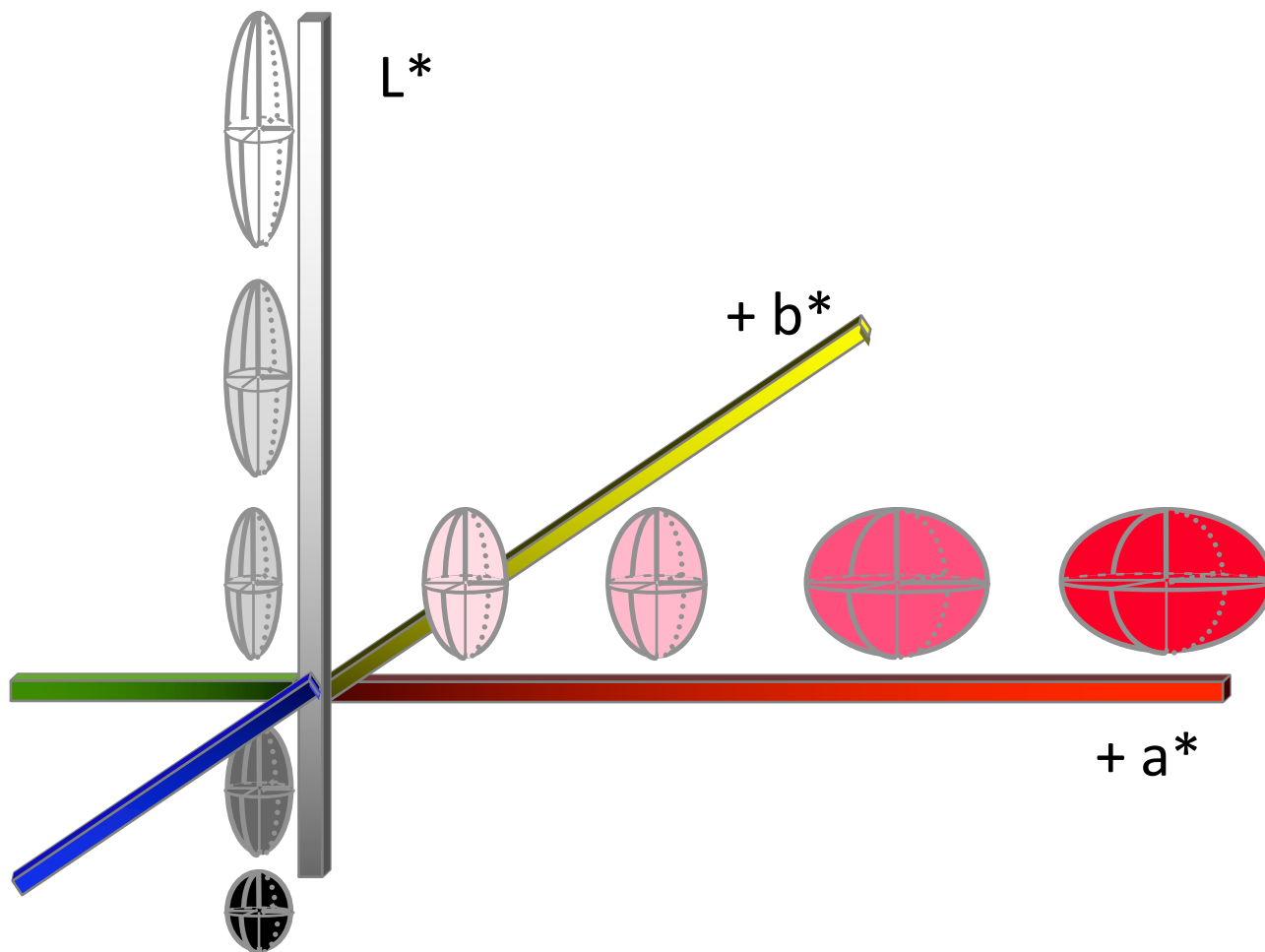


Hodnocení odchylek mezi barvami

ΔE^*	rozdíl	ΔE^*	rozdíl
0,0 až 0,2	nepostřehnutelný		
0,2 až 0,5	velmi slabý	0,2 až 1,0	postřehnutelný
0,5 až 1,5	slabý	1,0 až 2,0	rozeznatelný
1,5 až 3,0	jasně postřehnutelný	2,0 až 4,0	ještě nerušící
3,0 až 6,0	střední	4,0 až 8,0	mírně rušící
6,0 až 12,0	výrazný		
12,0 až 16,0	velmi výrazný		
větší než 13,0	rušící		



Vizuální nestejněměrnost kolorimetrické soustavy CIELAB – malé barevné odchylky



CMC (l:c) I - McDonald, CMC SDC(1984)

$$\Delta E_{CMC(l:c)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{l \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{c \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{S_H}\right)^2}$$

$$L^* > 16 \quad S_L = \frac{0,040975 \cdot L^*}{1 + 0,01765L^*} \quad L^* \leq 16 \quad S_L = 0,511$$

$$S_C = \frac{0,0638 \cdot C^*}{1 + 0,0131C^*} + 0,638 \quad f = \sqrt{\frac{(C^*)^2}{(C^*)^2 + 1900}}$$

$$S_H = S_C \cdot (T \cdot f + 1 - f)$$

for hue from $164^\circ \leq h < 345^\circ$

for hue from $345^\circ \leq h < 164^\circ$

$$T = 0,56 + [0,2 \cdot \cos(h + 168)]$$

$$T = 0,36 + [0,4 \cdot \cos(h + 35)]$$

korekce na odstínový úhel

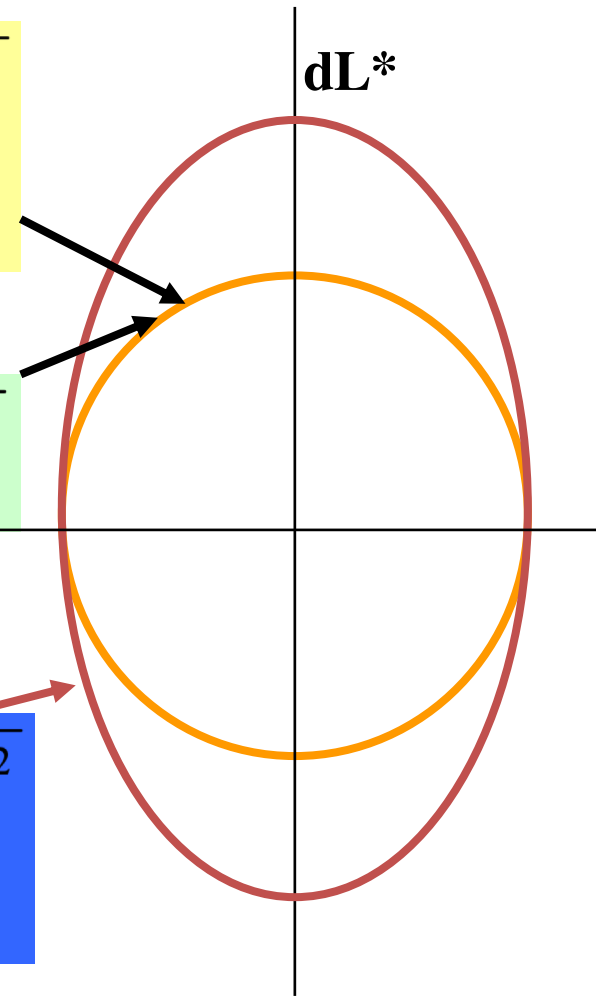
Tvar tolerančního útvaru

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{1}\right)^2}$$

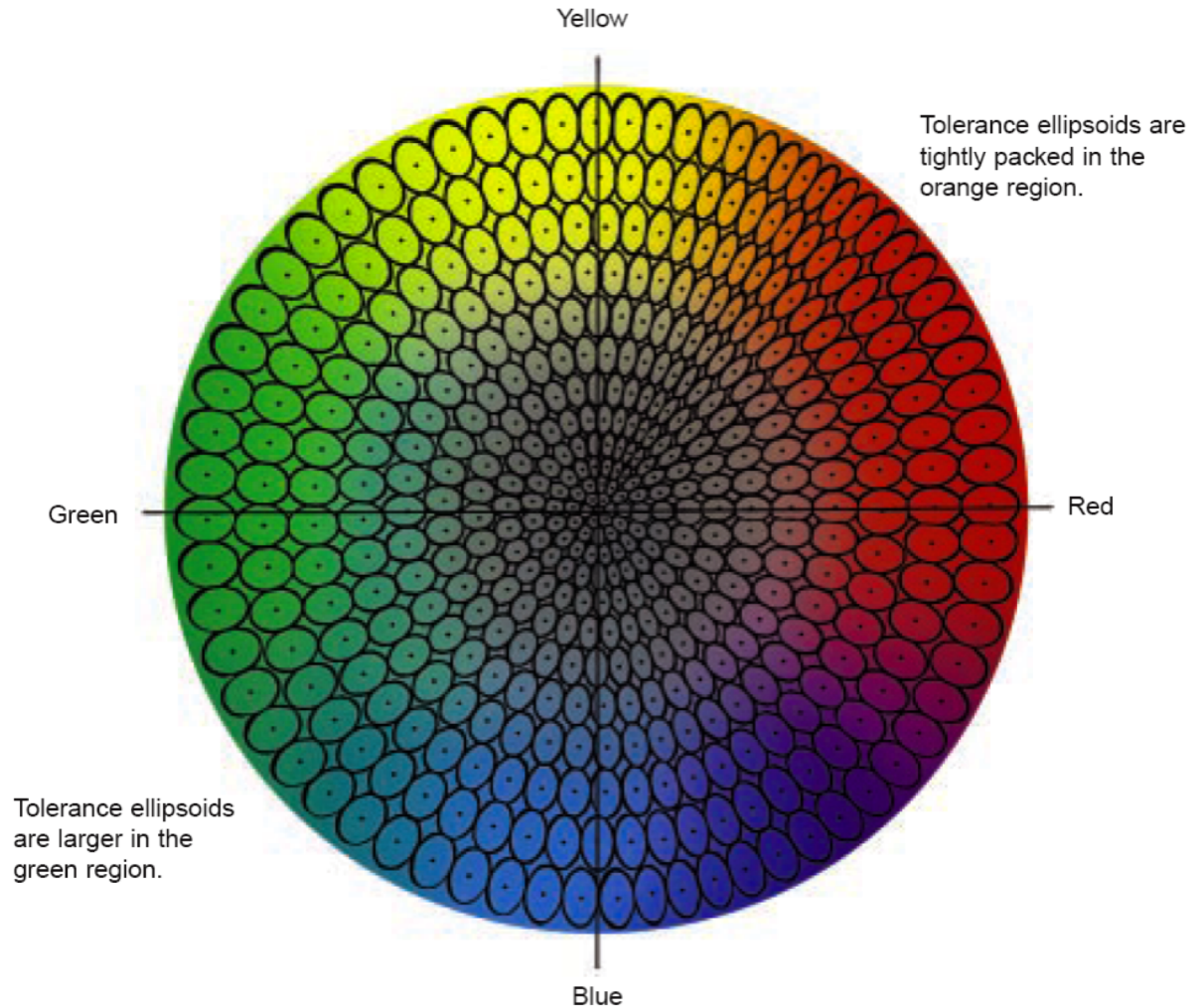
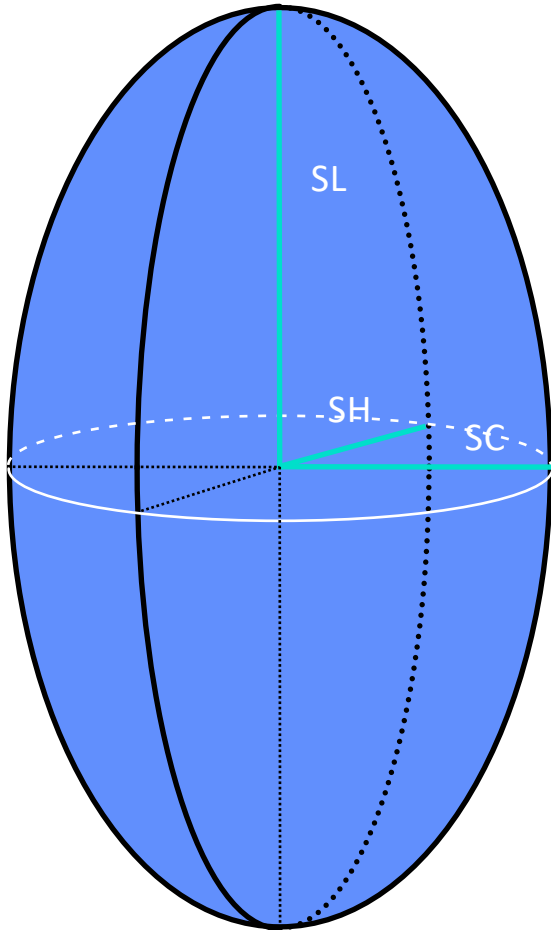
||

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{1}\right)^2}$$



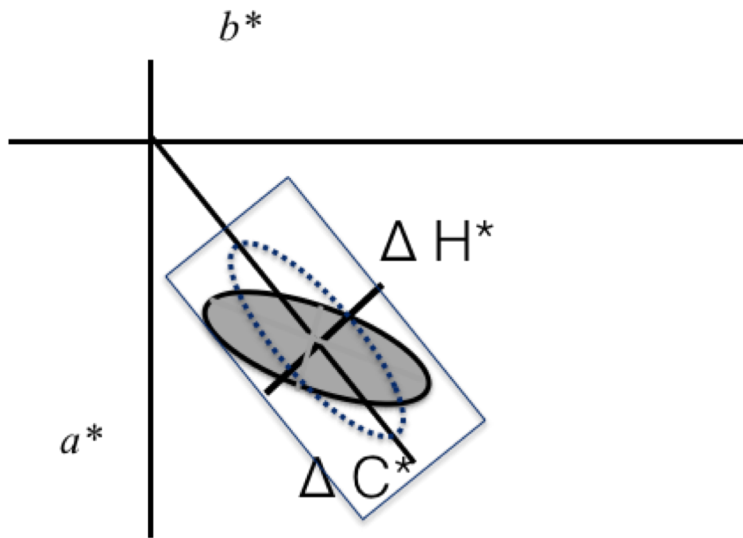
CMC (I:c) II - McDonald, CMC SDC(1984)



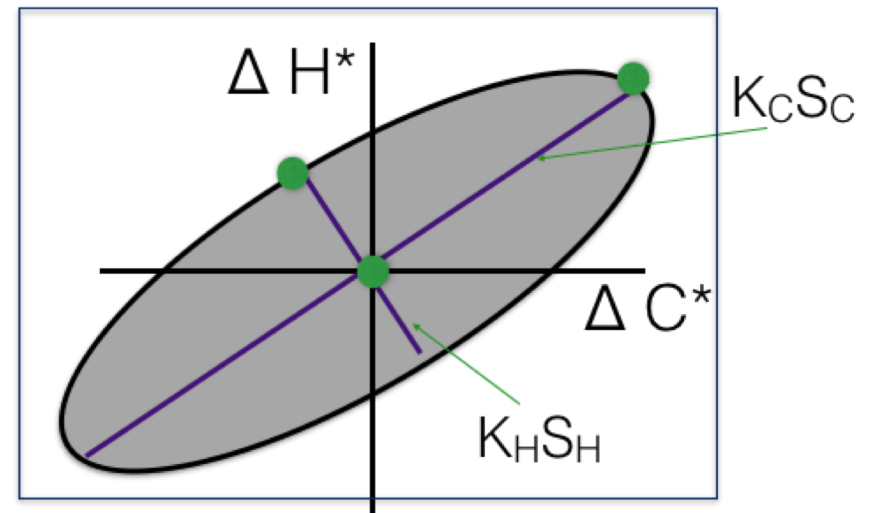
CIE 2000

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'_{ab}}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'_{ab}}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'_{ab}}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'_{ab}}{k_H S_H}\right)}$$

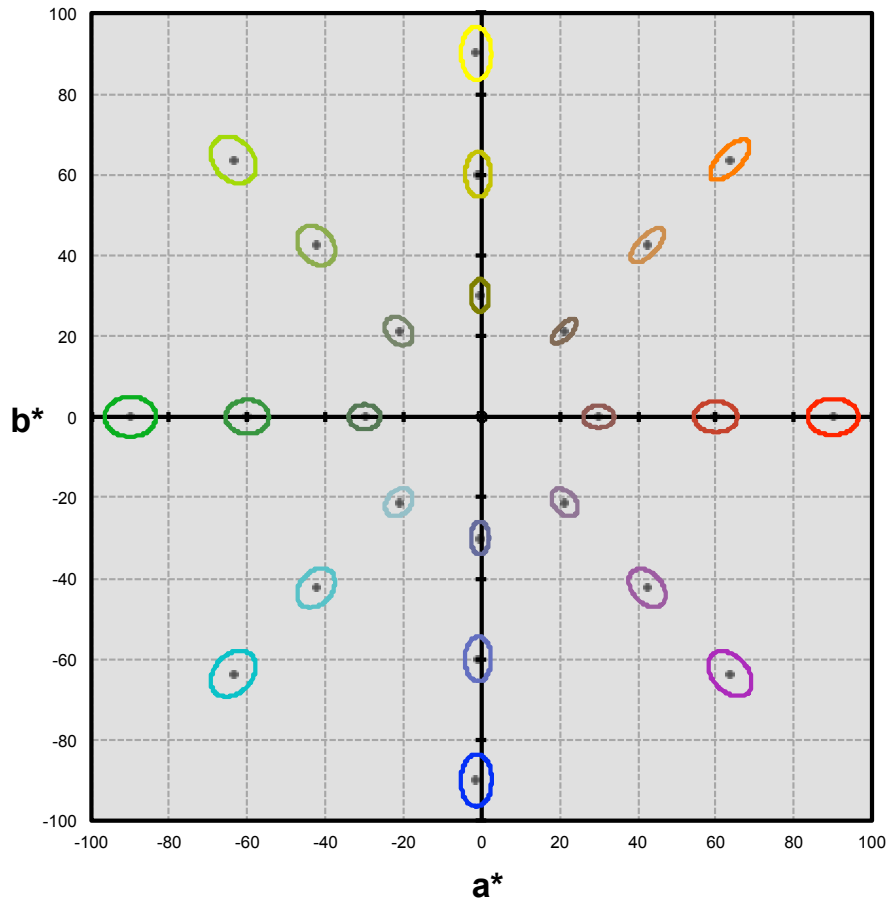
Macro-prostor (a* vs b*)



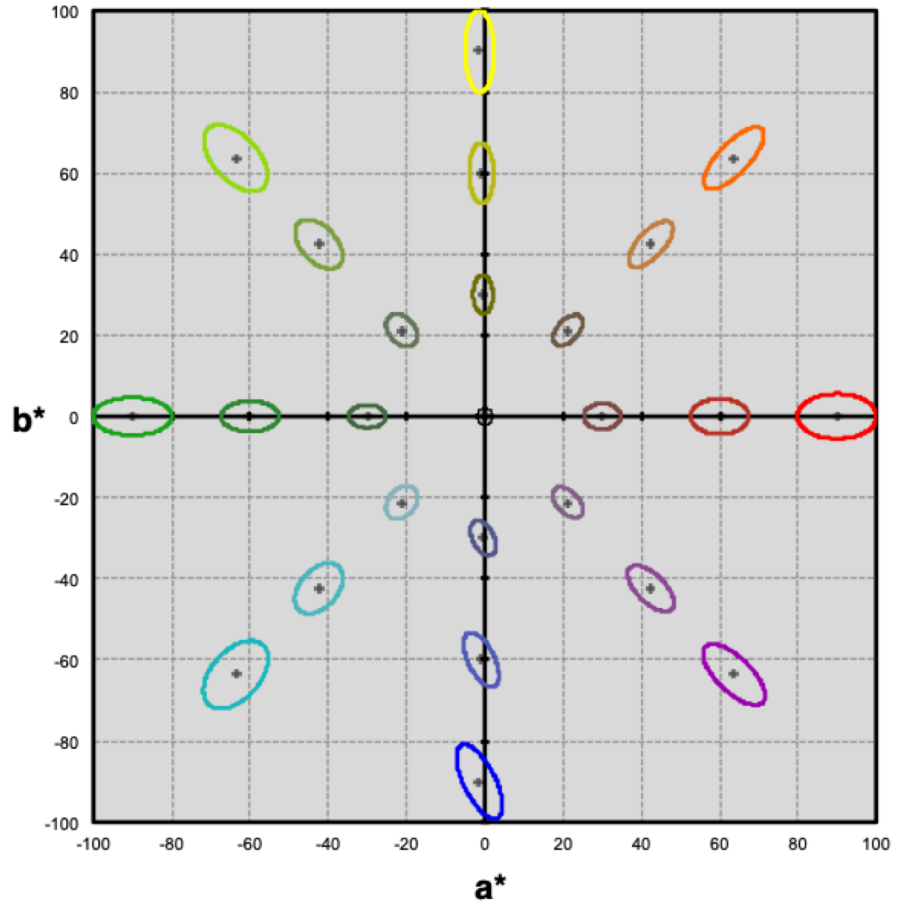
Micro-prostor (ΔC^* vs ΔH^*)



CIE 2000 vs CMC(l:c)

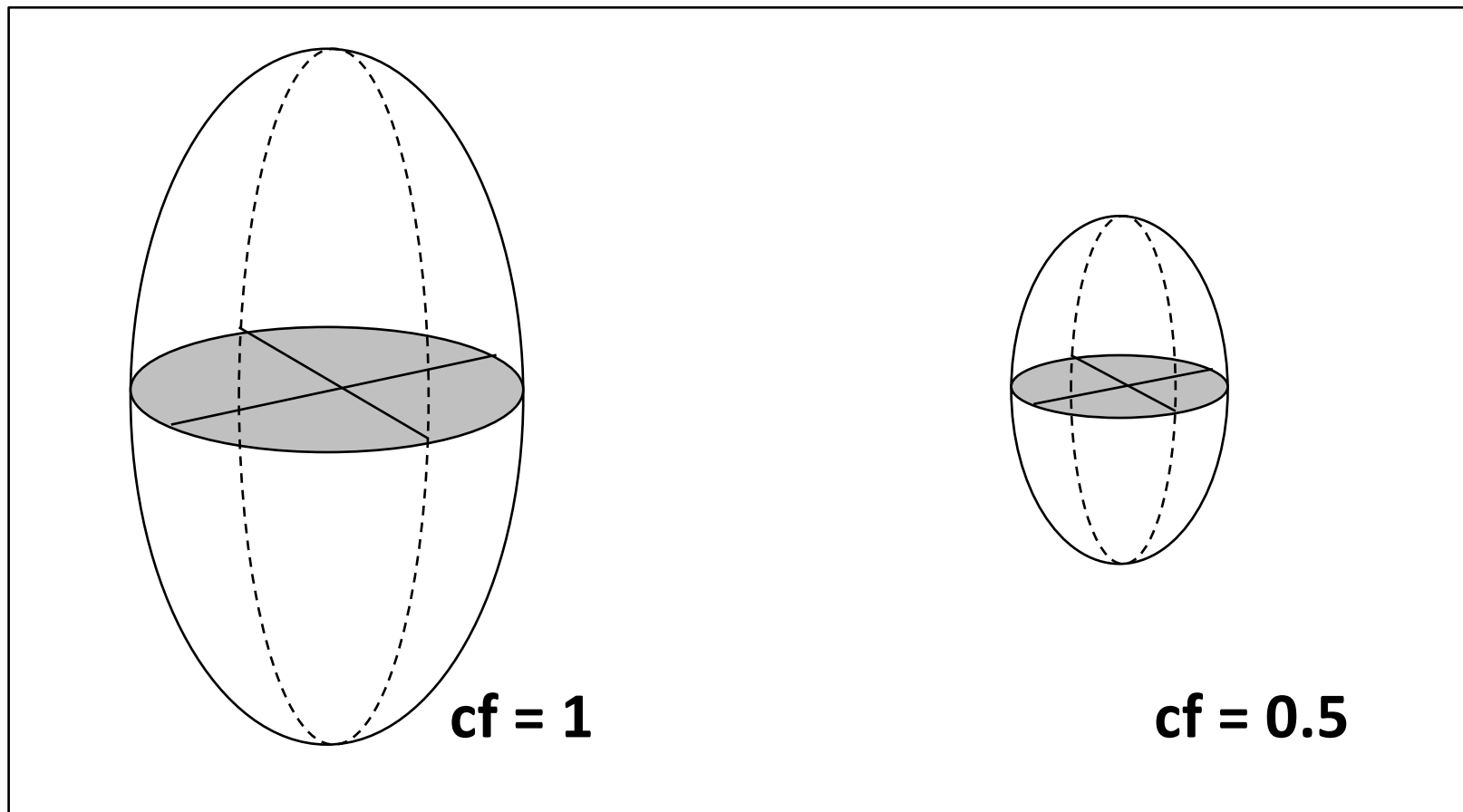


CMC



CIE2000

Nastavení rovnic pro výpočty rozdílů barev I (komerční faktor cf)



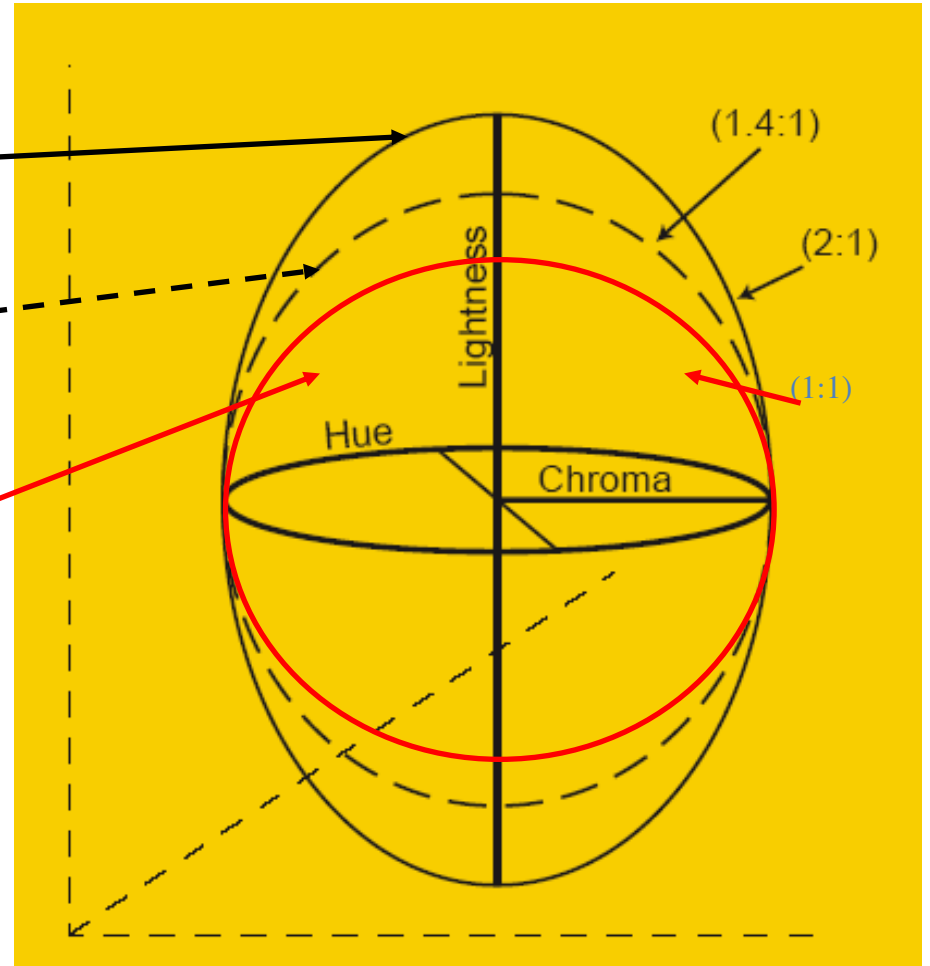
Komerční faktor cf je hodnotou tolerované ΔE

Nastavení rovnic pro výpočty rozdílů barev I (poměr světlost/čistota = l/c)

Textilie

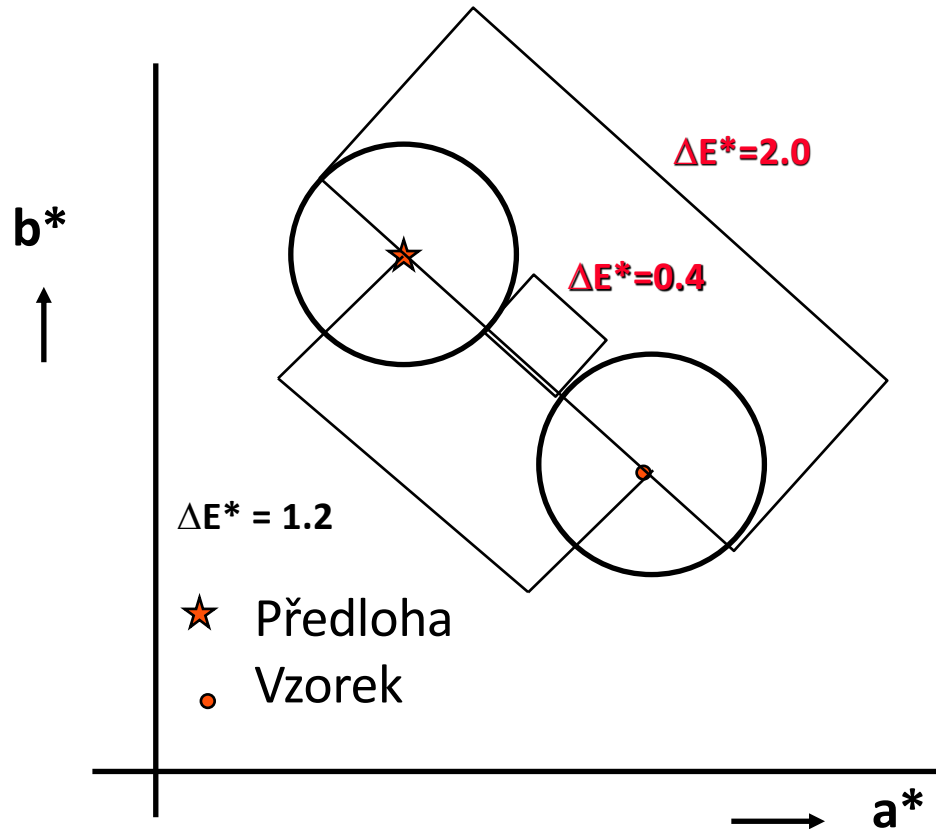
Plasty

Laky
a automobilový
průmysl



Praktický výsledek měření rozdílů barev I

problém chyby měření – naměřené hodnoty nejsou absolutní !!!



Pokud je absolutní
barevný rozdíl :

$$\Delta E^* = 1.2$$

**a chyba měření odpovídající
0.4 jednotky ΔE^*
(platí jak pro vzorek, tak
pro předlohu !!!)**

**pak naměřená ΔE^* je v
rozmezí [0.4, 2.0] !!!**

Je nutno snížit chybu měření pod 0,1 ΔE

Praktický výsledek měření rozdílů barev I

Průmyslová tolerance

Verbální hodnocení barevných rozdílů :

- Vzorek je přijatelný - PASS
- Vzorek je ke zvážení – WARN
- Vzorek je nepřijatelný - FAIL

Marginální pásmo

-Oblast hodnot ΔE ,
které je nutno překontrolovat

<0.9 ; 1.1>

