

Elektrické světlo

KEE/ESV

Lenka Raková

11. přednáška

2015/2016

1

Obsah

- **Kvalitativní a kvantitativní parametry OS**

KVANTITATIVNÍ A KVALITATIVNÍ PARAMETRY

POKRAČOVÁNÍ

3

PARAMETRY OSVĚTLENÍ

Norma ČSN EN 12464-1

Parametry osvětlení

- Rozložení jasu
- Hladina osvětlenosti
- Zábrana oslnění
- Osvětlení prostoru
- Směrové vlastnosti osvětlení
- Barevné vlastnosti osvětlení
- Časové změny osvětlení

4

ZÁBRANA OSLNĚNÍ

Činitel oslnění UGR (Unified Glare Rating)

= index oslnění přímo od svítidel osvětlovací soustavy

Jas oslňující plochy svítidla či SZ

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(L_{zi})^2 \cdot \Omega_i}{L_p \cdot P_i^2} \right]$$

Činitel charakterizující vliv polohy oslňujícího zdroje

Adaptační jas

- Určen pouze k hodnocení rušivého oslnění přímými svítidly s vyzařovacími plochami

od **0,005** m² do **1,5** m²,
které jsou vidět
pod $\Omega \sim 0,0003 \div 0,1$ sr

V místech pracovních úkolů při **obvyklých směrech pohledů**

Změna L_p o 33% vyvolá změnu UGR o 1

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

6

ADAPTAČNÍ JAS L_p

- L_p = **rovnoměrný jas okolí** zajišťující ve **svislé rovině v místě oka stejnou osvětlenost** jako **skutečné zorné pole bez oslňujících zdrojů**

$$L_p = E_{nv} / \pi$$

E_{nv} nepřímá složka vertikální osvětlenosti v místě oka (lx)

Tok Φ_2 dopadlý na stěny z **tokové metody**

- pro **předpokládané** činitele odrazu $\Rightarrow \Phi_2$
- Pro **nulové** činitele odrazu $\Rightarrow \Phi_{2př}$
- Nepřímá složka toku na stěny $\Phi_{2n} = \Phi_2 - \Phi_{2př}$
- Pozorovatel může být u kterékoliv stěny.
Proto vzít střední hodnotu osvětlenosti stěn,
tudíž přibližně všech vertikálních rovin E_{nv}

$$E_{nv} = \Phi_{2n} / A_{stěn}$$

- Hledaný jas L_p pozadí :

$$L_p = E_{nv} / \pi$$

Pro menší zdroje je UGR příliš přísný;
pro větší zdroje příliš tolerantní.

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

7

ZÁBRANA OSLNĚNÍ

Oslnění

- Přímé
- Nepřímé – odraz světla od lesklých či polomatiných povrchů
 - oslnění odrazem – odlesky na plochách mimo oblast zrakového úhlu
 - závoje oslnění – odlesky na plochách zrakového úhlu
- Omezení
 - Clonění svítidel
 - Speciální optické systémy
 - Nepřímé osvětlení
 - Antireflexní úpravy povrchů
 - Zvýšení adaptačního jasu – přisvětlení důležitých ploch v zorném poli
 - Polarizace světla, atd
- Ve vnitřních prostorech se předpokládá úplná eliminace omezujícího oslnění a kontroluje se míra rušivého oslnění.

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

8

Typ prostoru, úhlu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	UGR_L *)	R_a
Cirkulační prostory a chodby	100 ¹⁾	28 ²⁾	40 ²⁾
Schodiště, eskalátory, pohyblivé chodníky	150	25 ²⁾	40 ²⁾
Nakládací rampy a místa	150	25	40
Kanceláře - kopírování, kompletace atd.	300	19	80
psaní, čtení, zpracování dat	500 ³⁾	19	80
Technické kreslení	750	16	80
Pracovní stanice CAD	500 ³⁾	19	80
Konferenční a shromažďovací místnosti	500	19	80
Recepční stůl	300	22	80
Archiv	200	25	80
Učebny a konzultační místnosti	300 ⁴⁾	19	80
Učebny pro večerní studium a vzdělávání dospělých	500 ⁴⁾	19	80
Přednáškové sály	500 ⁴⁾	19	80
Tabule	500 ⁵⁾	19	80
Místnosti pro výtvarnou výchovu	500	19	80
dtto na výtvarných školách	750 ⁶⁾	19	90

*) Index oslnění podle metody „Jednotného systému hodnocení oslnění UGR“

1) Osvětlenost na podlaze (150 lx, jsou-li na cestě vozidla). Zabránit oslnění řidičů a chodců. Osvětlení východů a vchodů bez náhlých změn hladin osvětlenosti.

2) R_a a UGR_L podobné jako u přilehlých prostorů.

3) Při používání displejů respektovat i další požadavky.

4) Regulovatelné osvětlení.

5) Zamezit zrcadlovým odrazům.

6) $T_{cn} > 5\,000\text{ K}$.

9

Rovnoměrnost osvětlení r

ČSN EN 12464-1

= poměr osvětlenosti **minimální** E_{\min} k **průměrné** E_p

v místě **zrakového úkolu** $r \geq 0,7$

na ploše **bezprostředního okolí úkolu** (pás 0,5 m okolo)

$r \geq 0,5$

Osvětlenosti bezprostředního okolí zrakového úkolu
nesmí být **menší** než hodnoty v tabulce

Osvětlenost zrakového úkolu (lx)	≥ 750	500	300	≤ 200
Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu (lx)	500	300	200	$E_{\text{úkolu}}$

Doporučení: **schodiště** $r \geq (1 : 3)$ komunikace $r \geq (1 : 5)$

v celém prostoru $r \geq 0,3$

Rozložení jasů :

Optimální poměr jasu **úkolu** k jasu **bezprostř. okolí** a k jasu **pozadí** je **10 : 4 : 3**

Doporučení : *Dobré podání tvaru* ($L_{\text{stropu}} : L_{\text{stěn}}$) $> 3,5$

Při překročení 10 \Rightarrow oslnění

10

SMĚROVÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

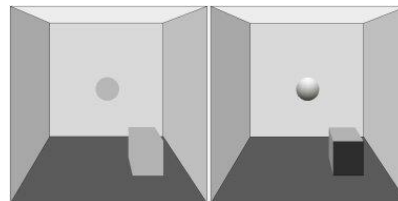
Činitel podání tvaru

= vyjádření směrových vlastností osvětlení související s tvorbou stínů, tzv. stínivostí.

= podíl velikosti světelného vektoru a střední kulové osvětlenosti. Může nabývat hodnot v rozsahu od 0 do 4. Pokud je činitel podání tvaru roven

$$E_{4\pi} = \frac{1}{4} \int_0^{4\pi} dE_N$$

$$\vec{P} = \frac{\vec{\epsilon}}{E_{4\pi}}$$



- **P = 0**..... světelný tok dopadá do kontrolního bodu ze všech směrů stejně
= osvětlení je rovnoměrně rozptýlené a na trojrozměrných předmětech nevytváří stíny.
- **P = 4**..... světelný tok dopadá do kontrolního bodu z jednoho bodového zdroje.
= osvětlení je směrované a na trojrozměrných předmětech vznikají velmi ostré stíny.

SMĚROVÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

Charakteristika prostoru	Požadavky na prosvětlení prostoru	$E_{4\pi}$ (lx)	Požadavky na podání tvaru	P
kongresové sály reprezentační prostory	vysoké	130 až 150	vysoké	1,3 až 1,5
hlediště divadel, koncertní a společenské sály	střední	90 až 120	střední	1,6 až 2,0
hlediště klubů, galerie, kryté tržnice, vstupní haly	nízké	50 až 70	nízké	2,1 až 2,5

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

12

SMĚROVÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

Směrovost – hodnocení **dle poměru válcové a vodorovné osvětlenosti**

- = určena převážujícím směrem světla v daném místě
 - Lze ji charakterizovat světelným vektorem
- **Obecné doporučení** = převážující směr dopadu světla by měl být ze stran nejlépe zleva přes levé rameno!!!
- Osvětlení **nemá být příliš směrované**
 - nemá vytvářet ostré stíny a ani nemá být difúzní
- **Nežádoucí**
 - závoje odrazy (lesklé a polomatné povrchy), ostré stíny, oslnění odrazem

Stínivost

- = schopnost osvětlení vytvářet na 3D předmětech stíny
- charakterizuje se činitelem podání tvaru

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

13

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

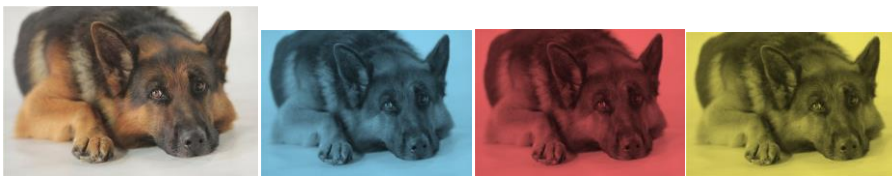
Definice barvy

- **Barva**

= vjem způsobený barevným podnětem

= je to, čím se rozlišují dva zrakové počítky, když oddělíme počítky objemu, velikosti, jasu, atd.

- **Barva není vlastností hmoty** – osvětlení barevným světlem – změna barvy (barevný filtr)



- **Vnímání barev** – určeno spektrálním složením světelného barevného podnětu

12. přednáška KEE/ES

27. dubna 2016

14

VJEM BARVY

- **Metamerní barvy** = barvy které i při rozdílném spektrálním složení vzbuzují stejný vjem barvy.

- **Kolorita** = barevné vlastnosti **předmětů** – dle spektra zdroje, odrazných a prostupných vlastností daného materiálu předmětu



4 000 K



6 000 K

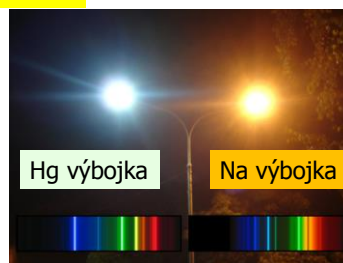


11 200 K

- **Chromatičnost**

= barevné vlastnosti **světla** – dle spektra

- Určena spektrálním zářením primárního světelného zdroje



DĚLENÍ BAREV

• Spektrální

= čisté spektrální barvy – viditelné při **pozorování duhy**

• Nespektrální

= purpurové barvy – **nejsou součástí spektra** žádného zdroje

- Vznikají míšením krajních částí spektra viditelného záření, tj. **modrá (fialová) a červená**



Dle psychologického působení

Teplé

- Červená
- Oranžová
- Žlutá

Studené

- Modrá
- Zelená
- Fialová

Vliv na	Účinek barvy	
	oranžové (teplé)	modrozelené
fyzickou aktivitu	tlumící	povzbuzující
jasově – optický dojem	světlý	temný
	vystupující	odstupující
	teplý	studený
citový (psychologický) dojem	suchý	vlažný
	zdůrazňující	uklidňující
	aktivní (povzbuzující)	pasivní (tlumící)
	dráždivý	uklidňující

12. přednáška KEE/ES

27. dubna 2016

16

Soustava XYZ – opakování viz SZ

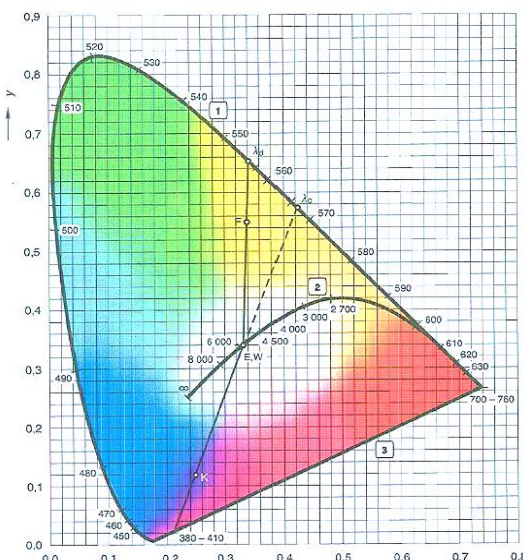


Diagram chromatičnosti mezinárodní kolorimetrické soustavy XYZ

v pravotočivých souřadnicích x, y .

1 – křivka spektrálních světél s vyznačenými vlnovými délkami v nm.

2 – čára teplotních zářičů se stupnicí v kelvinech (K).

3 – přímka purpurů (spojnice koncových bodů křivky spektrálních světél).

W – bod charakterizující chromatičnost bílého smluvního světla.

F – příklad bodu chromatičnosti světla vzniklého míšením spektrálního světla určeného náhradní vlnovou délkou λ_d s bílým smluvním světlem W.

K – příklad bodu chromatičnosti purpurového podnětu, který smíšen se spektrálním světlem doplňkové délky λ_c dává bílé smluvní světlo W.

4. přednáška KEE/MPP – světlo

14. listopadu 2014

17

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

Jakost vjemu určena – vlastnostmi zrakového orgánu
(spektrální citlivostí, barvocitem a adaptačními schopnostmi)

- spektrálním složením světla SZ
- spektrálními činiteli odrazu a pohlcení

Hodnocení

- **Teplota chromatičnosti** (či náhradní teplota chromatičnosti) a **index podání** barev
 - **Fylogenetické přizpůsobení zraku** přírodním podmínkám
 - Denní světlo – ráno a večer – **teplejší a méně intenzivní než v poledne** (rozdílné podmínky rozptylu a pohlcení slunečního světla v zemské kůře
- **přirozená vazba mezi teplotou chromatičnosti a hladinou osvětlenosti**

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

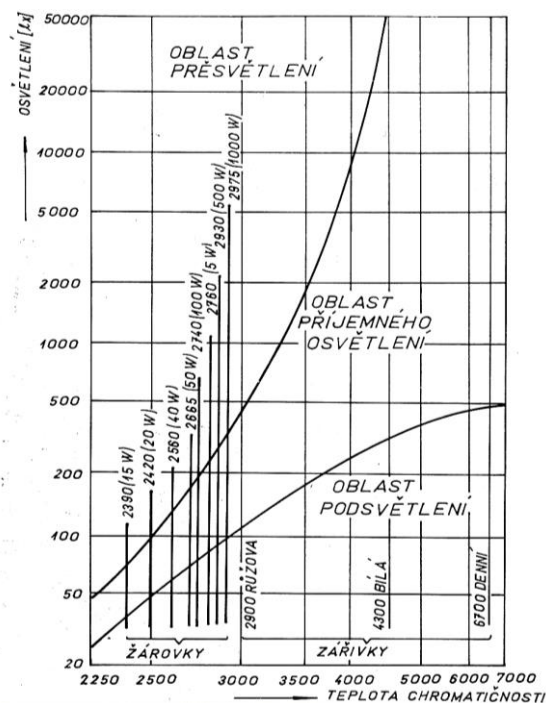
18

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

→ přirozená vazba
mezi teplotou
chromatičnosti a
hladinou osvětlenosti

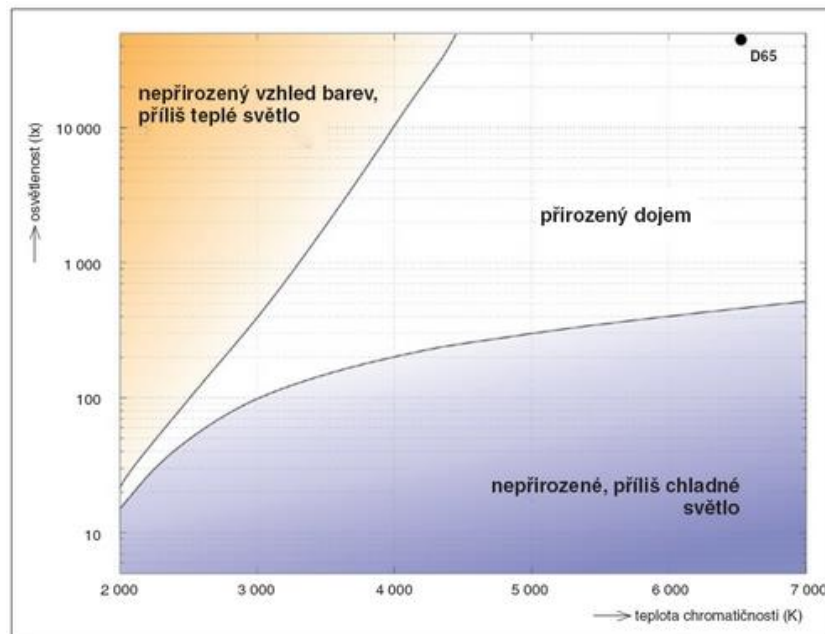
Kruithoffův diagram

- Pomůcka pro usnadnění volby teploty chromatičnosti u zářivek



11. přednáška

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ



11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

20

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

T_c (K)	Tón barvy světla zdroje	Příklad světelného zdroje
< 3300	teple bílý	žárovky, halogenové žárovky, zářivky (teple bílé), výbojky vysokotlaké sodíkové, halogenidové výbojky
3300 až 5300	neutrálně bílý	zářivky (bílé), výbojky halogenidové
> 5300	chladně bílý (denní)	zářivky (denní), halogenidové výbojky

T_c (K)	Hladiny osvětlenosti (lx) v prostorech	
	pracovních	kulturních a společenských
< 3300	≤ 500	≤ 200
3300 až 5300	300 až 1500	150 až 500
> 5300	> 500	> 200

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

21

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

Index podání barev – charakterizuje kvalitu vjemu barev předmětu pozorovaného ve světle posuzovaného světelného zdroje v porovnání s vjemem barev téhož předmětu ve světle smluvního světelného zdroje.

Stupeň jakosti podání barev		Index podání barev R_a	Tón barvy světla zdroje	Požadavky na kvalitu vjemu barev	Příklady použití
ČSN	DIN				
1	1A	$R_a \geq 90$	teple bílý chladně bílý (denní)	velmi vysoké	klinická diagnostika, obrazové galerie, polygrafie
2	1B	$80 \leq R_a < 90$	teple bílý neutrálně bílý	vysoké	byty, hotely, restaurace, obchody, nemocnice
			neutrálně bílý chladně bílý (denní)		tiskárny, textilní průmysl, kanceláře, školy, sportoviště
3	2	$60 \leq R_a < 80$	teple bílý neutrálně bílý chladně bílý (denní)	střední	Některé průmyslové provozy
4	3	$40 \leq R_a < 60$		malé	
5	4	$20 \leq R_a < 40$	teple bílý	velmi nízké	kommunikace

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

22

BAREVNÉ VLASTNOSTI OSVĚTLENÍ

- Velký vliv má i barevnost vnitřního prostoru a jeho vybavení

Volba barev

– **Individuální vkus** závislý na věku, pohlaví, geografických a klimatických podmínkách, módě,...

- **Stanovení obecných pravidel** pro volbu SZ a barev povrchových úprav ve vnitřních prostorech:

- Strop – světlý či slabě tónovaný k barvě stěn (v nemocnici – stejně jako stěny!!!)
- Barevné řešení – dle hlavní funkce využití
- Barvy pozadí – bílé či pastelové
- Ženy – teplejší odstíny X muži – chladnější odstíny
- Barvy potravin – teplý tón
- Osvětlené barevné povrchy – sekundární zdroj světla – ovlivňuje celkový dojem
- Nejsou vhodné syté barvy – vliv na lidský organismus

11. přednáška KEE/ESV

27. dubna 2016

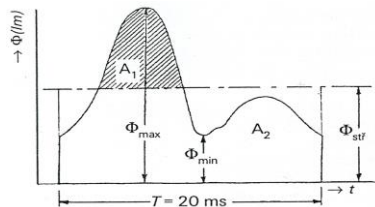
23

STÁLOST OSVĚTLENÍ

Kolísání sv. toku – ztěžuje vidění, unavuje zrak
pravidelné \Rightarrow možnost vzniku stroboskop. jevu - **zabránit**

Příklad
časové změny toku $\Phi(t)$:

A_1 (A_2) je plocha omezená
křivkou průběhu $\Phi(t)$
nad (pod) stř. hodnotou $\Phi_{stř}$



$$\Phi_{stř} = \frac{1}{T} \int_0^T \Phi(t) dt$$

Měřítkem velikosti **periodického** kolísání **toku** $\Phi(t)$:

- dříve **činitel vlnivosti světla** k_f
= poměrná amplituda kolísání toku

$$k_f = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{\Phi_{\max} + \Phi_{\min}}$$

- nyní **index mihání** f (flicker index)

$$f = \frac{A_1}{A_1 + A_2} = \frac{A_1}{T \cdot \Phi_{stř}}$$

Doporučení CIE $f \leq 0,1$

24

PERIODICKÉ KOLÍSÁNÍ SVĚTELNÉHO TOKU VYBRANÝCH ZDROJŮ

činitel vlnivosti světla k_f

index mihání f (flicker index)

Světelný zdroj		k_f	f
žárovka	40 W (60 W)	12 (7)	0,047 (0,027)
zářivka s tlumivkou	denní	58 / 24	0,152 / 0,080
	chladně bílá	44 / 16	0,117 / 0,046
	teple bílá	27 / 10	0,077 / 0,027
vysokotlaká výbojka s tlumivkou	halogenidová	38	0,11
	sodíková	95	0,29

druhý údaj u zářivek je pro
svítidla se dvěma zářivkami
v tzv. duo zapojení

Doporučení CIE $f \leq 0,1$

Mihání světla

- Nebezpečí úrazu, snížení zrakového výkonu, únava
- Omezení – střídavé zapojení na různé fáze či elektronické předřadníky

25

k

Příště

**OSVĚTLOVÁNÍ APLIKAČNÍCH
OBLASTÍ
A
ZHODNOCENÍ OS**