

Elektrické světlo KEE/ESV

Lenka Raková

10. přednáška

2015/2016

1

Obsah

- Kvalitativní a kvantitativní parametry OS
- Příklad návrhu OS – **TOKOVÁ METODA**

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

2

OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ VE VNITŘNÍCH PROSTORECH

KVANTITATIVNÍ A KVALITATIVNÍ PARAMETRY

3

OSVĚTLOVÁNÍ VNITŘNÍCH PROSTORŮ

Charakteristika prostoru

- Ohraničený prostor - základní plochy (strop, stěny podlaha) – sekundární zdroje světla
- Mnohonásobné odrazy

- Požadavky na OS – **dle funkčního využití** – rozdělení do aplikačních oblastí

Aplikační oblasti osvětlovacích soustav

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1) Administrativní prostory | 8) Historické prostory |
| 2) Průmyslové prostory | 9) Sakrální prostory |
| 3) Zemědělské prostory | 10) Restaurace a bary |
| 4) Školy a vzdělávací zařízení | 11) Hotely a ubytovací zařízení |
| 5) Obchodní prostory | 12) Byty a rodinné domy |
| 6) Muzea a galerie | 13) Dopravní prostory |
| 7) Kina a divadla | 14) Vnitřní sportoviště |

- Většinou problém při rekonstrukci a změně funkčního využití, atypická řešení (např. historické objekty – administrativní použití)

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

4

NÁVRH OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ

= tvorba vhodného světelného prostředí pro uživatele – **ČSN EN 12464 – 1**

Cíl – splnit tři základní požadavky:

Zrakovou pohodu

- Zrakově příjemné prostředí pro psychickou pohodu (kvalita a produktivita činnosti)

Zrakový výkon

- Dosažení potřebné ostroty vidění, rozlišení tvarů, barev a detailů

Bezpečnost

- Zábava oslnění, stroboskopický jev, rušivé stíny či kontrasty.
- Únikové cesty a orientace v prostoru

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

5

PARAMETRY OSVĚTLENÍ

Charakteristika uživatele

❖ Základní požadavky

1. Dojem o **dostatečnosti osvětlení** prostoru
2. **Směrovost** osvětlení (dostatečnost osvětlení zrakového úkolu)
3. **Stínivost** osvětlení – OS je schopna tvořit stíny - 3D – sádrová kulička a sádrová podlážka
4. Eliminace oslnění, rychlých změn světelných podmínek např. blikání
5. Barevnost prostředí
6. Vhodnost rozložení jasů – světelná atmosféra
7. Možnost individuálního přizpůsobení světelných podmínek

• Značná závislost na věku a zdravotním stavu

- Normativní parametry osvětlení splněny, ale **uživatelé prostoru nejsou s osvětlením spokojeni!!!**
- Normy – požadavky pro průměrného uživatele středního věku se zdravým zrakem = tzv. **normální fotometrický pozorovatel**

10. přednáška KEE/ESV

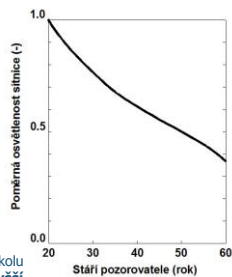
19. dubna 2016

6

PARAMETRY OSVĚTLENÍ

Charakteristika uživatele

- S rostoucím věkem - **zhoršení zrakových funkcí**
 - Nižší světelná **propustnost čočky** a **zmenšení velikosti zornice**
- snížení množství světla odpadlého na povrch sítnice
- větší rozptýl světla uvnitř oka – větší citlivost na oslnění
- pro vykonání stejného zrakového úkolu potřebují **starší osoby výrazně vyšší hladiny osvětlenosti**



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

7

PARAMETRY OSVĚTLENÍ

Norma ČSN EN 12464-1

Parametry osvětlení

- Zahrnují **technické a ekonomické aspekty** a současně znalosti týkající se **zrakového vnímání** z hlediska dodržení **zrakové pohody**
- Požadavky na **kvantitativní i kvalitativní úroveň osvětlení se mění** v průběhu času s novými technologiemi a rozvojem společnosti:
 - Rozložení jasu
 - Hladina osvětlenosti
 - Zábrana oslnění
 - Osvětlení prostoru
 - Směrové vlastnosti osvětlení
 - Barevné vlastnosti osvětlení
 - Časové změny osvětlení

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

8

ROZLOŽENÍ JASU

Ovlivňuje vizuální vjem prostoru – určuje **úroveň adaptace zraku**

- úroveň jasu a jeho velikost – dostatečnost osvětlení a adaptace zraku
- rozložení a rovnoměrnost jasu – atmosféra prostoru

❖ **Rovnoměrné rozložení jasu** (rozptýlené osvětlení) = **klidná až nudná atmosféra**



Obr. 1b. Rovnoměrné umělé osvětlení pracovních prostorů (Conso, Český Telecom)

❖ **Nerovnoměrné rozložení jasu** (scénické osvětlení) – ostré přechody jasů = **dramatická až neklidná atmosféra**



Obr. 2b. Umělé osvět. obytné místnosti – využití kresby stínů, výraz. kontrasty světlých a tmavých míst

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

9

ROZLOŽENÍ JASU

Úroveň jasu přímo souvisí s adaptační úrovní zraku → ovlivnění zrakových funkcí:

- Ostrost
- Kontrastní citlivost
- Účinnost zrakových funkcí (akomodace, oční pohyby, apod.)
- Není vhodná neustálá adaptace zraku na odlišné jasové podmínky (únava)
- Požadavky na prostorové rozložení jasu – dle typu prostoru
 - ✓ **Minimální úroveň jasu = mez rozlišení**
 - Dostatečnost světla pro daný zrakový úkol
 - ✓ **Maximální úroveň jasu = mez oslnění**
 - Riziko oslnění

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

10

ROZLOŽENÍ JASU

Rozložení jasů v zorném poli – vliv na zrakovou pohodu – eliminace:

- Příliš velké jasy – oslnění
- Příliš velké kontrasty jasů – neustálá adaptace zraku – únava
- Příliš malé jasy a kontrasty jasů – monotónní a nestimulující prostředí
- Musí být vzaty v úvahu jasy všech povrchů (činitel odrazu a osvětlenost)
- Zabránění přetížení a zvýšení adaptační úrovně – světlé povrchy (stěny a strop)

Doporučení

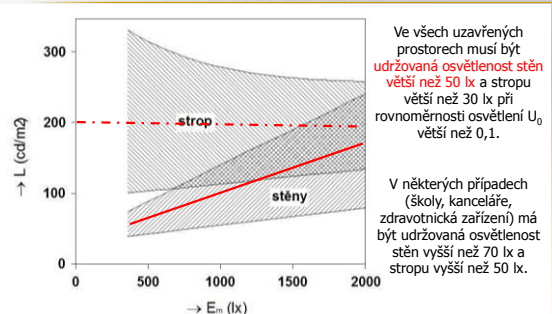
- Činitelé odrazu hlavních ploch prostoru**
 - Strop 0,7 až 0,9
 - Stěny 0,5 až 0,8
 - Podlaha 0,2 až 0,4
 - Hlavní předměty 0,2 až 0,7

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

11

ROZLOŽENÍ JASU



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

12

HLADINA OSVĚTLENOSTI

- Popisuje **úroveň osvětlení** ve vnitřních prostorech
- **Minimální úroveň osvětlení** = osvětlení, při kterém může být zrakový úkol vykonáván při určitém zrakovém výkonu s odpovídající zrakovou pohodou.

Základní úrovně osvětlení

- **Minimální úroveň osvětlení v mimopracovních prostorech**
 - Vychází z rozlišitelnosti rysů obličeje ($L = 1 \text{ cd/m}^2$osvětlenost vodorovné roviny **cca 20 lx = minimální hladina osvětlenosti**)
- **Minimální úroveň osvětlení v pracovních prostorech**
 - Upřednostňovaný rozsah osvětlení v pracovních prostorech
- Vychází ze subjektivního hodnocení optimální úrovně osvětlení zrakového úkolu

10. přednáška KEE/ESV

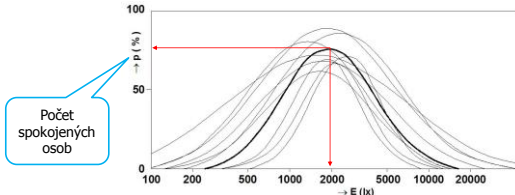
19. dubna 2016

13

HLADINA OSVĚTLENOSTI

- **Přijatelné rozlišení rysů** obličeje bez zvláštního úsilí – **10 až 20 cd/m²**
 - Čemuž odpovídá svislá osvětlenost **100 až 200 lx** v úrovni obličeje
- **200 lx = minimální hodnota vodorovné osvětlenosti bez ohledu na vykonávaný zrakový úkol!**

Výsledky výzkumu subjektivního hodnocení hladin osvětlenosti



Uspokojivé osvětlení vnitřních prostorů = 1000 až 2 000 lx

14

DOPORUČENÉ OSVĚTLENOSTI

- Řada s odstupem **cca 1,5 násobek předcházející hodnoty**, což odpovídá minimálnímu nárůstu osvětlenosti, který si je **pozorovatel schopen zřetelně uvědomit**.

Osvětlenost (lx)	Prostor, místo, druh činnosti
20-30-50	základní jednoduchá zraková orientace v prostředí
50-75-100	jednoduchá orientace, kratší doba jednoduché činnosti
100-150-200	prostory, které nejsou dlouhodobě užívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské
200-300-500	zraková místa pro jednodušší, běžné pracovní úkoly (kanceláře, školy)
500-750-1 000	zraková místa pro vizuálně náročnější déle trvající pracovní úkony
1 000-1 500-2 000	zvláště náročné zrakové úkoly
více než 2 000	velmi náročné zrakové úkoly

Doporučené rozsahy osvětlenosti podle CIE

... + 2 000 + 3 000 – 5 000 lx

Stanovení normativních hodnot pro konkrétní zrakový úkol

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

15

DOPORUČENÉ OSVĚTLENOSTI

- Požadované množství světla – taxativně předepsaná hodnota v normě pro každý úkol = **udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)**

= hodnota **průměrné osvětlenosti** v místě zrakového úkolu, pod kterou **nesmí skutečná hodnota** osvětlenosti v průběhu provozu OS **poklesnout**

- **Hodnocení** na srovnávací rovině v místě zrakového úkolu
 - např. kanceláře – doporučená výška srovnávací roviny **0,75 m**
- V případě odlišných pracovních podmínek lze osvětlenost navrhnout o jeden stupeň vyšší nebo nižší (dle řady osvětlenosti)
- Pokud nelze zajistit hodnoty E u denního ani sdruženého osvětlení je nutné volit E o **jeden stupeň vyšší!!!** – není přístup denního světla

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

16

HLADINA OSVĚTLENOSTI

Typ prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	$UGR_{L_t}^{(*)}$	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
ditto na výtvarných školách	750 ⁶⁾	19	90

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

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

²⁾ R_a a UGR_{L_t} podobné jako u přilehlých prostorů.

³⁾ Při používání displejů respektovat i další požadavky.

⁴⁾ Regulační osvětlení.

⁵⁾ Zamezit zrcadlovým odrazům.

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

DOPORUČENÉ OSVĚTLENOSTI

- **Zvýšení E** o jeden stupeň řady
 - o Zraková činnost je rozhodující
 - o Nákladná oprava a náprava chyb
 - o Zvýšené soustředění, přesnost, vysoká produktivita
 - o Zhoršený stav pracovníka
 - o Neobvykle dlouhá pracovní doba

- **Snížení E** o jeden stupeň řady
 - o Velké rozměry kritických detailů či vysoký kontrast
 - o Velmi krátká doba trvání zrakového úkolu

Pokud není známo přesné místo zrakového úkolu v místnosti, tak se:

- hodnotí celý prostor jako místo zrakového úkolu
- rovnoměrné osvětlení prostoru na hodnotu stanovenou projektantem

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

18

DOPORUČENÉ OSVĚTLENOSTI

- **Velké prostorové změny osvětlenosti** – zvýšená námaha zraku
- Normou stanoveny dvě prostorové zóny v blízkosti místa zrakového úkolu:



Bezprostřední okolí úkolu
= pás o šířce minimálně **0,5 m kolem** místa zrakového úkolu v zorném poli pozorovatele

Pozadí úkolu
= prostor přiléhající k bezprostřednímu okolí o šířce **minimálně 3 m**.

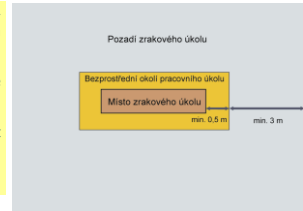
10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

19

DOPORUČENÉ OSVĚTLENOSTI

- **Bezprostřední okolí** – požadavky nejsou dány na základě zrakové činnosti, ale souvisí s požadovanou hodnotou udržované osvětlenosti v místě zrakového úkolu
- **Pozadí** – osvětlenost musí být rovna nebo větší než $\frac{1}{3}$ osvětlenosti bezprostředního okolí.



❖ **Rovnoměrnost osvětlenosti U_0**

= poměr minimální a průměrné hodnoty osvětlenosti na hodnocené srovnávací rovině

Rovnoměrnost v místě

- ✓ pracovního úkolu – dle normy
- ✓ bezprostředního okolí – $U_0 \geq 0,4$
- ✓ pozadí $U_0 \geq 0,1$

OSVĚTLENÍ PROSTORU

- Vliv na vizuální komunikaci, rozpoznání předmětů a přirozený vzhled osob
- Vyhodnocení na základě **střední válcové osvětlenosti**

$$E_z = \frac{1}{\pi} \int_0^{4\pi} \sin \vartheta L_{\vartheta} d\Omega_{\vartheta} = \frac{1}{\pi} \int_0^{4\pi} \sin \vartheta dE_N$$

- **Srovnávací rovina** - **1,2 m nad podlahou** – sedící osoby
- **1,6 m** – stojící osoby
- Hodnota udržované válcové osvětlenosti ve vnitřních intenzivně využívaných prostorech musí být **větší než 50 lx při $U_0 \geq 0,1$**
- Důraz na vizuální kontakt – např. učebny, kanceláře, zasedací místnosti
- E_z **větší než 150 lx**

10. přednáška KEE/ESV

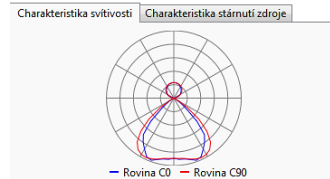
19. dubna 2016

21

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

Příklad

Tokovou metodou navrhnete potřebný počet svítidel pro kancelářský prostor o rozměrech: šířka 5 m, délka 10 m, výška 2,75 m. Na srovnávací rovině ve výšce 0,85 m je potřeba dle normy dosáhnout osvětlenosti 500 lx. Bude použito závěsné (vzdálenost středu svítidla od stropu 0,58 m) svítidlo ARKTIKA-P LED 830. Činitele odrazu jsou: strop 0,73; stěny 0,61; podlaha 0,18 a udržovací činitel 0,752.



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

22

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

Řešení

- Výpočtem pomocí metody dutin a kontrola pomocí programu Wils
- Výška srovnávací roviny **0,85 m**
- **Požadované parametry umělého osvětlení** (viz norma)

Druh		Administrativní prostory (Kanceláře)			
Skupiny					
Polozka	Popis	Osvětlenost [lx]	Rovnoměrnost	Činitel oslnění	Činitel podání barev
5.26.1	zakládání dokumentů, kopírování atd.	300	0,4	19	80
5.26.2	práce na počítači, čtení, zpracování dat	500	0,6	17	80
5.26.3	technické kreslení	750	0,7	16	80
5.26.4	pracovní stanice CAD	500	0,6	19	80
5.26.5	konferenční a zasedací místnosti	500	0,6	19	80
5.26.6	recepce	300	0,6	22	80
5.26.7	archivy	200	0,4	25	80

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

23

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

1) Výpočet činitelů prostoru

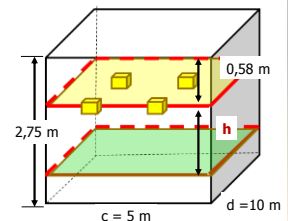
- **Činitel vnitřní části místnosti**

$$k = \frac{5}{m} = \frac{5 \cdot h \cdot (c + d)}{c \cdot d}$$

- **Výška vnitřní dutiny**

$$h = 2,75 - 0,85 - 0,58 = 1,32 \text{ m}$$

$$k = \frac{5 \cdot 1,32 \cdot (5 + 10)}{5 \cdot 10} = 1,98$$



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

24

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

1) Výpočet činitelů prostoru

• Činitel podlahové dutiny

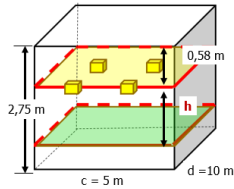
$$k_3 = \frac{5 \cdot h_3 \cdot (c + d)}{c \cdot d}$$

$$k_3 = \frac{5 \cdot 0,85 \cdot (5 + 10)}{5 \cdot 10} = 1,275$$

• Činitel stropní dutiny

$$k_1 = \frac{5 \cdot h_1 \cdot (c + d)}{c \cdot d}$$

$$k_1 = \frac{5 \cdot 0,58 \cdot (5 + 10)}{5 \cdot 10} = 0,87$$



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

25

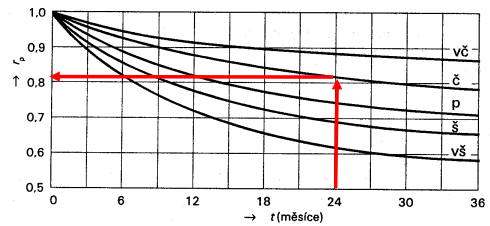
PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

• Střední činitelé odrazu povrchů stropní a podlahové dutiny

- Interval obnovy povrchů: 24 měsíců (čisté prostředí)

• Snížení odraznosti povrchů

$$r_p = 0,82$$



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

26

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

• Střední činitelé odrazu povrchů stropní a podlahové dutiny

- Činitele odrazu: strop 0,73; stěny 0,61; podlaha 0,18
- Interval obnovy povrchů: 24 měsíců (čisté prostředí)

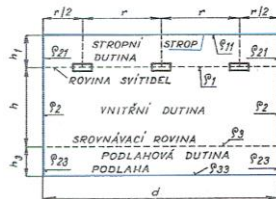
• Snížení odraznosti povrchů

$$r_p = 0,82$$

$$\rho_{11} = \rho_{10} \cdot r_p = 0,73 \cdot 0,82 = 0,6$$

$$\rho_{21} = \rho_{20} \cdot r_p = 0,61 \cdot 0,82 = 0,5$$

$$\rho_{33} = \rho_{30} = 0,18$$



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

27

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

• Střední činitelé odrazu povrchů stropní a podlahové dutiny

$$\rho_{11} = 0,6 \quad \rho_{21} = \rho_{23} = 0,5 \quad k_1 = 0,87$$

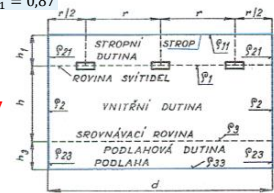
$$\rho_{1s} = \frac{\rho_{11} + 0,4 \cdot k_1 \cdot \rho_{21}}{1 + 0,4 \cdot k_1}$$

$$\rho_{1s} = \frac{0,6 + 0,4 \cdot 0,87 \cdot 0,5}{1 + 0,4 \cdot 0,87} = 0,57$$

$$\rho_{33} = \rho_{30} = 0,18 \quad k_3 = 1,275$$

$$\rho_{3s} = \frac{\rho_{33} + 0,4 \cdot k_3 \cdot \rho_{23}}{1 + 0,4 \cdot k_3}$$

$$\rho_{3s} = \frac{0,18 + 0,4 \cdot 1,275 \cdot 0,5}{1 + 0,4 \cdot 1,275} = 0,29$$



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

28

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

• Ekvivalentní činitel odrazu srovnávací roviny

$$\rho_{3s} = 0,29 \quad k_3 = 1,275$$

$$\rho_{3e} = \frac{\rho_{3s}}{1 + 0,4 \cdot k_3(1 - \rho_{3s})}$$

$$\rho_{3e} = \frac{0,29}{1 + 0,4 \cdot 1,275(1 - 0,29)} = 0,213$$

$$\rho_{1s} = 0,57 \quad k_1 = 0,87$$

$$\rho_{1e} = \frac{\rho_{1s}}{1 + 0,4 \cdot k_1(1 - \rho_{1s})}$$

$$\rho_{1e} = \frac{0,57}{1 + 0,4 \cdot 0,87(1 - 0,57)} = 0,5$$

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

29

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

2) Činitel využití pro výpočet osvětlenosti

- z tabulek v katalogovém listu svítidla

4 Technické

Světelné zdroje	1 x LED 40 W, 3800 lm, Ra 80
Krytí IP	20
Blok EIProCADu	L1
Přepočítací koeficient	1,00
Maximální svítivost	382 cd/km
Elektronický předřadník	Ne
Účinnost	100,0 %
Vypočítaná účinnost	100,0 %
CIE Flux Code	73 99 100 74 100
Symetrie svítidla	Symetrické podle rovin C0 a C90

4 Rozměry

Délka x Šířka x Výška	1250 x 120 x 8 mm
Svítilní plocha Délka x Šířka x Výška	1050 x 39 x 0 mm

činitel využití (z katalogu)

$$\eta = 0,76$$

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

30

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

2) Činitel využití pro výpočet osvětlenosti

ČINITEL VYUŽITÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY η_{os}

pro $\rho_0 = 0,2$

ρ_0	0,7			0,5			0,3		
ρ_0	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
k = 1	0,591	0,564	0,539	0,563	0,540	0,520	0,537	0,519	0,502
k = 2	0,514	0,473	0,438	0,490	0,456	0,426	0,469	0,440	0,415
k = 3	0,451	0,403	0,365	0,431	0,390	0,357	0,413	0,378	0,349
k = 4	0,397	0,346	0,306	0,380	0,336	0,300	0,365	0,326	0,295
k = 5	0,355	0,303	0,263	0,341	0,295	0,259	0,328	0,287	0,255
k = 6	0,320	0,268	0,230	0,308	0,261	0,227	0,296	0,255	0,224
k = 7	0,283	0,231	0,195	0,273	0,226	0,192	0,263	0,221	0,190
k = 8	0,255	0,205	0,169	0,246	0,200	0,168	0,238	0,196	0,166
k = 9	0,229	0,179	0,145	0,221	0,176	0,144	0,213	0,172	0,142
k = 10	0,208	0,161	0,128	0,201	0,157	0,127	0,195	0,154	0,126

k činitel místnosti

ρ_0 odraznost stropu

ρ_0 odraznost stěn

ρ_0 odraznost podlahy

10. přednáška KEE/ESV

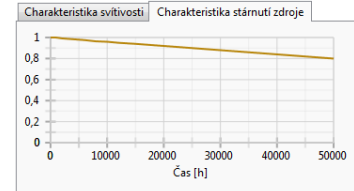
19. dubna 2016

31

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

3) Udržovací činitel

- $z = 0,72$



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

32

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA

• Světelný tok zdrojů OS

$$\Phi_z = \frac{\bar{E}_m \cdot A}{z \cdot \eta_E} = \frac{E_{p0} \cdot A}{\eta_E} \quad \Phi_z = \frac{500 \cdot 5 \cdot 10}{0,72 \cdot 0,76} = 45\,687 \text{ lm}$$

• Počet svítidel

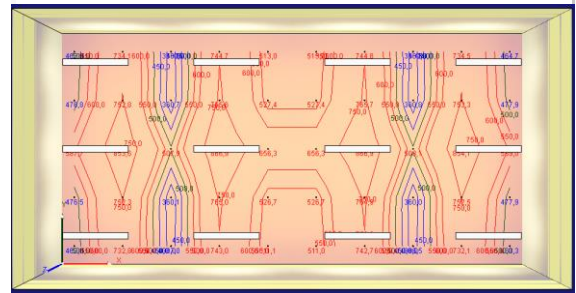
$$n = \frac{\Phi_z}{\Phi} = \frac{45\,687}{3\,800} = 12,02 \text{ ks}$$

10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

33

PŘÍKLAD NÁVRHU OSVĚTLENÍ INTERIÉRŮ – TOKOVÁ METODA



10. přednáška KEE/ESV

19. dubna 2016

34

10. přednáška KEE/ESV 19. dubna 2016

Příště

OS UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ - POKRAČOVÁNÍ

OSVĚTLOVÁNÍ APLIKAČNÍCH OBLASTÍ

35