

OSVĚTLENÍ A OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA

Základní pojmy:

Světelný zdroj – předmět ve kterém světlo vzniká (převod energie jiného typu např. slunce, oheň, louče, olejové kahany, plynové lampy, zářivky, žárovky, výbojky a LED).

Svítilno – slouží k distribuci a úpravě zdroje světla (min. jeden zdroj)

Světelný tok – neboli světelný výkon se udává v jednotkách lm (lumen). Udává kolik světla vyzáří (emituje) světelný zdroj do všech směrů.

Intenzita osvětlení (osvětlenost) – vyjadřuje podíl světelného toku který dopadá na plochu. Je to hodnota, která nás zajímá z pohledu normových požadavků.

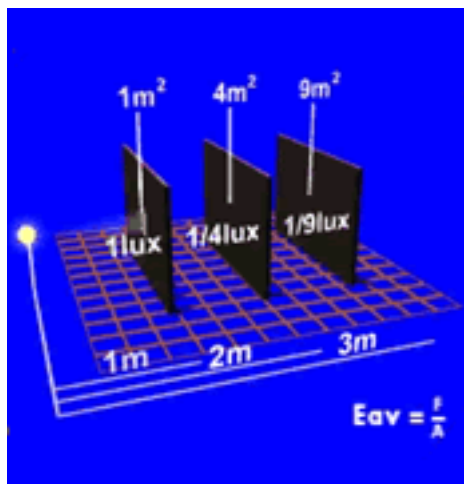
$$E = \frac{I}{l^2} = \frac{\text{svítivost [cd]}}{\text{vzdálenost}^2 [\text{m}^2]} [\text{lx}]$$

- bodový zdroj

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{\text{dop.světlok [lm]}}{\text{osvěšvplocha [\text{m}^2]}} [\text{lx}]$$

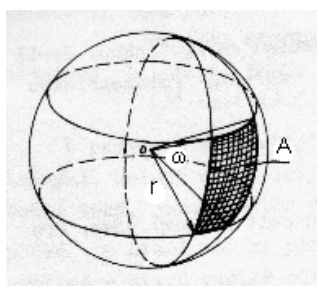
- pro osvětlenost plochy (viz toková metoda)

Osvětlení povrchu - Protože osvětlení požadované pro různé účely je důležité, je nutné znát metodu pro výpočet jeho velikosti. Tato metoda se nazývá nepřímá kvadratická úměra.



Pro vysvětlení si představme kuželovitý paprsek světla vycházející z malého bodového zdroje a padající na povrch kdesi v dále. Předpokládejme, že světelný tok v kuželu je jeden lumen, že dopadá na povrch vzdálený 1 metr a že tak osvětluje 1 metr čtvereční plochy. Vydělením světelného toku plochou získáme osvětlení, které bude 1 lux. Jestliže nyní posuneme povrch dále, do vzdálenosti 2 metrů, světelný tok v kuželu zůstane stejný, ale osvětlovaná plocha se rozroste na 4 metry čtvereční. Osvětlení bude 1/4 luxu. Takže plocha vzrostla na vzdálenost od zdroje na druhou, a osvětlení se změnilo nepřímou úměrou se vzdáleností na druhou. Jestliže posuneme povrch ještě dále do vzdálenosti 3 metrů, zjistíme, že nepřímá kvadratická úměra stále funguje. Osvětlená plocha se zvětší na vzdálenost na druhou, tedy 9 metrů čtverečních a výsledné osvětlení naopak klesne na 1/9 luxu.

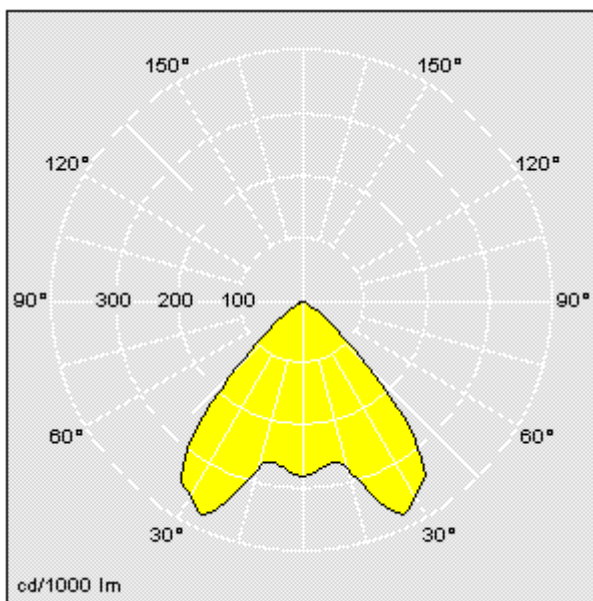
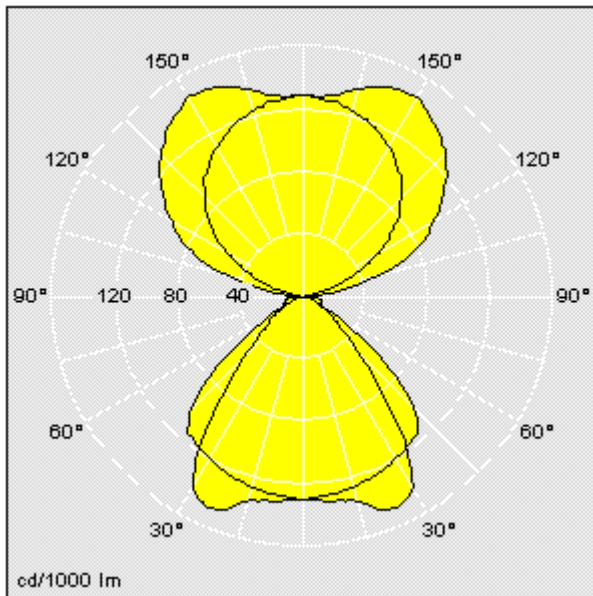
Svítivost – vyjadřuje kolik světelného toku je vyzářeno (emitováno) pouze nějakým směrem (světelný tok vztažený na prostorový úhel - steradián)



$$I = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{\text{svět.tok [lm]}}{\text{prostor.úhel [sr]}} [\text{cd}]$$

$$\omega = \frac{A}{r^2} = \frac{\text{plocha [\text{m}^2]}}{\text{polomer [m]}} [\text{sr}]$$

Křivka svítivosti – vyjadřuje směrovou charakteristiku svítidla. Rozložení svítivosti v řezu osou svítidla (obvykle se uvádí pouze polovina řezu - symetrie).

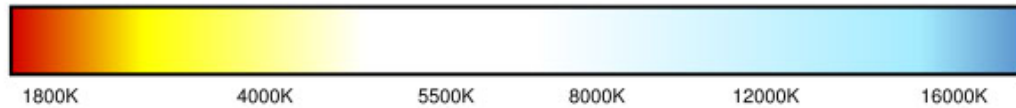


ZPŮSOB OSVĚTLENÍ	ÚČINNOST SVÍTLIDLA A ROZDĚLENÍ TOKU
PŘÍMÉ	90-180°: 0% $\eta_s = 75\%$ 0-90°: 75%
PŘEVÁŽNĚ PŘÍMÉ	90-180°: 20% $\eta_s = 80\%$ 0-90°: 60%
SMÍŠENÉ	90-180°: 35% $\eta_s = 80\%$ 0-90°: 45%
PŘEVÁŽNĚ NEPŘÍMÉ	90-180°: 60% $\eta_s = 80\%$ 0-90°: 20%
NEPŘÍMÉ	90-180°: 80% $\eta_s = 80\%$ 0-90°: 0%

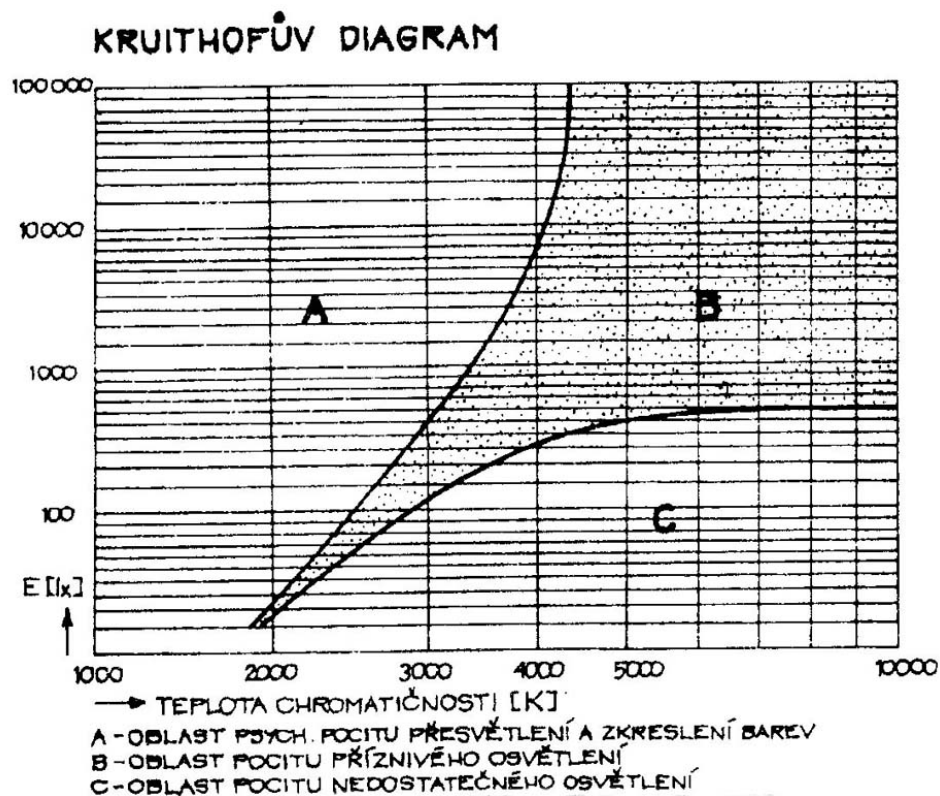
Charakteristika se udává **pro světelný tok 1000 lm**. Z charakteristiky poznáme o jaké svítidlo se jedná (přímé, převážně přímé, smíšené, převážně nepřímé a nepřímé) a rovněž jak je rozložení světelného toku. U osově nesymetrických svítidel bývá odlišná charakteristika v jednotlivých směrech. Vynášena je v polárních nebo pravoúhlých souřadnicích (na obrázcích polární).

Teplota chromatičnosti – je pomocným pojmem k vyjádření spektrálního složení světla a zdrojů se stejnými nebo podobnými vlastnostmi. Charakterizuje barvu světla. Teplotou chromatičnosti světelného zdroje je označována ekvivalentní teplota černého zářiče, při které je spektrální složení záření těchto dvou zdrojů blízké. Udává se v kelvinech (K). Zvýší-li se teplota tělesa, zvýší se podíl modré části spektra a sníží červený podíl. Běžná klasická žárovka má teplotu chromatičnosti 2700 K (tato teplota odpovídá teplotě vlákna). Žářivky nejsou teplotními zářiči a stanovuje se pro ně

tzv. náhradní teplota chromatičnosti, která nemá nic společného s teplotou výboje, který v nich probíhá. Barevný odstín světla u nich závisí na použitém luminoforu (bělavá hmota nanosená na vnitřní stranu trubice). Díky tomu lze vyrobit zářivku s prakticky libovolnou teplotou chromatičnosti světla. Tato hodnota se u zářivek ověřuje s ohledem na barevnou pohodu v prostoru. K tomuto slouží tzv. Kruithofův diagram.



- 1200 K: [svíčka](#)
- 2800 K: [žárovka](#), [slunce](#) při východu a západu
- 3000 K: studiové osvětlení
- 5000 K: obvyklé denní světlo, [zářivky](#)
- 5500 K: [fotografické blesky](#), [výbojky](#); toto je obvyklá barevná teplota používaná v profesionální fotografii
- 6000 K: jasné polední světlo
- 7000 K: lehce zamračená obloha
- 8000 K: oblačno, mlhavo (mraky zabarvují světlo do modra)
- 10 000 K: silně zamračená obloha nebo jen modré nebe bez slunce



Index podání barev - uvádí se vždy pro světlo určitého zdroje. Vyjadřuje číselně míru shodnosti barevného vjemu předmětů osvětlených daným světlem a světlem normalizovaným, které je spektrálně nejbližší. Hodnoty indexu se pohybují v intervalu 0 až 100. Hodnota 100 (nejvěrnější podání barev) dosahují všechny teplotní zdroje – žárovky a pod. Zářivky, včetně kompaktních zářivek, mají zpravidla index podání barev v rozmezí 70 až 95.

Barevnost v interiéru:

Barevností ovlivňujeme psychické mikroklima obytných i pracovních prostředí.

Pracovní prostředí – chladné barvy (modrá)

Odpočinkové prostředí – oranžová, teple červená, žlutá

Ženy – do červena (teplé), broskvová barva (i pro toalety)

Muži – do zelena, modra

Prostory na sever – teplé barvy (psychikou člověka můžeme „ovlivnit“ pocit teploty o 1,5 až 2,0°C)

Prostory na jih – studené barvy (psychikou člověka můžeme „ovlivnit“ pocit teploty o 1,5 až 2,0°C)

Nebezpečné předměty – signální oranžová (nebezpečí – barva žhavých uhlíků)

Zelená barva – barva bezpečí, uklidňuje (operační sály, oděvy chirurgů)

Žlutá barva – potenciální nebezpečí (schody)

Červená barva – bezpečnostní zařízení (tlačítka, hasičské přístroje)

Modrá barva - značí informaci

Barva	Vliv na lidskou psychiku	Optické působení	Vhodné místnosti
teplé barvy (obecně)	veselé, lehké a povzbuzivé	rozšiřující a oživující místnost	pracovny, jídelny a dětské pokoje
studené barvy (obecně)	pasivní, čisté, jasné a svěží	rozšiřující prostor a ustupující do pozadí	kuchyně, koupelny a pracovny
tmavé odstíny (obecně)	uklidňující, noblesní a věcné	ohraničují a zužují	velké, prostorné a reprezentativní místnosti
žlutá	povzbuzuje, veselá a komunikativní	ve světlých odstínech rozšiřuje prostor, výrazně žluté povrchy vystupují do popředí	pracovny, jídelny, dětské pokoje
žlutozelená	přívětivá, veselá připomínající přírodu	ve světlých odstínech rozšiřuje prostor, v tmavých ho zužuje	pro všechny prostory vyžadující přátelskou a přívětivou atmosféru
zelená	uklidňuje, působí vyrovnaně, snižuje napětí	neutrální	ložnice a pracovny
modrozelená	uklidňující a chladná	zužuje prostor	reprezentativní prostory
modrá	ulegantní, svěží, chladná	rozšiřuje prostor	kuchyně, koupelny a pracovny
indigově modrá	uklidňuje, vážná a distancovaná	zmenšuje a vzbuzuje dojem hloubky	pracovny a ložnice
modrofialová	vážná a slavnostní	zužuje prostor	elegantní, slavnostní a reprezentační místnosti
červenofialová	extravagantní, tajemná, v jemné variantě působí sladce až hravě	v tmavých odstínech zmenšuje, ve světlých rozšiřuje	slavnostní místnosti, dívčí a dámské pokoje
purpurová	extravagantní, tajemná	relativně neutrální	slavnostní místnosti, dívčí a dámské pokoje
syťá červeně	dynamická, aktivizující a agresivní	může deptat a působit úzkost	pro místnosti na párty
oranžovo- a žlutočervená	podněcuje, aktivuje, agresivní	zužuje prostor	pro místnosti na párty
bílá	světlá, jasná a lehká	rozšiřuje prostor	pro všechny místnosti, kde nechceme zvláštní účinek
černá	věcná, strohá a těžká	silně zmenšuje prostor	pro místnosti, kde má silně zapůsobit barevné zařízení
šedá	pasivní, neutrální, vyrovnaná	neutrální	pro každý druh nábytku, který má působit neutrálně

Toková metoda:

Základní vztah pro výpočet celkového světelného toku Φ_c zdrojů:

$$\Phi_c = \frac{E_m \cdot A}{z \cdot \eta_R} [lm]$$

kde

E_m ... udržovaná osvětlenost (viz norma ČSN 12 464-1) [lx]

A ... osvětlovaná plocha srovnávací roviny [m²]

z ... udržovací činitel [-]

η_R ... činitel využití prostoru [-]

Stanovení činitele využití prostoru η_R :

Tento činitel je závislý na tvaru fotometrické plochy svítivosti použitých svítidel, na rozměrech osvětlovaného prostoru a odraznosti jednotlivých světelně činných ploch.

Činitel využití se získává z tabulek na základě výpočtu **prostorového indexu k**:

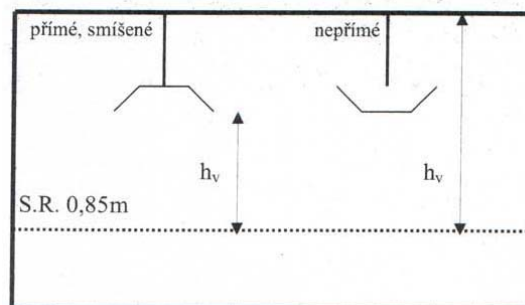
$$k = \frac{a \cdot b}{h_v \cdot (a + b)} [-]$$

kde

a ... šířka místnosti [m]

b ... délka místnosti [m]

h_v ... výška svítidla nad srovnávací rovinou



Srovnávací rovina se volí pro místo pracovního úkonu většinou 0,85 m nad podlahou (např. kancelář – pracovní deska stolu, chodba – podlaha).

Podle následující tabulky se určí činitel využití v závislosti na barevnosti (odrazivosti) ploch místnosti a prostorovém indexu.

Odráživost (činitel odrazu ρ)				
Strop ρ_1	0,8			
Stěny ρ_2	0,5		0,3	
Podlaha ρ_3	0,3	0,1	0,3	0,1
Prostorový index k	Reflexní účinnost prostoru η_R v %			
0,6	52	49	43	42
1,0	73	67	64	60
1,5	89	81	81	75
2,0	97	86	89	81
3,0	107	94	101	90

Činitele odrazu běžných povrchů:

Druh povrchu	Činitel odrazu světla
Povrch konstrukce bílý	0,75 až 0,80
Krémový, béžový	0,60 až 0,70
Světle žlutý	0,60 až 0,70
Tmavě žlutý	0,50 až 0,60
Světle červený	0,40 až 0,50
Tmavě červený	0,15 až 0,30
Světle zelený	0,45 až 0,65
Tmavě zelený	0,05 až 0,20
Světle modrý	0,40 až 0,60
Tmavě modrý	0,05 až 0,20
Hnědý	0,12 až 0,25
Světle šedý	0,40 až 0,60
Tmavě šedý	0,15 až 0,20
Černý	0,01 až 0,03
Cihla (červená, pálená hlína)	0,25
Písek světlý	0,50
Sádra bílá	0,80 až 0,92
Mramor bílý	0,55 až 0,80
Žula	0,40 až 0,50
Dřevo světlé	0,30 až 0,50
Tmavé	0,10 až 0,25
Zeleň. tráva	0,05 až 0,10
Živičný povrch	0,10
Betonová dlažba	0,30
Zemina	0,08 až 0,20
Ocel	0,28
Hliník eloxovaný nebo leštěný	0,75 až 0,85
Zrcadlo skleněné (zrcadlový odraz)	0,80 až 0,90
Okno s čirým sklem (z vnější strany)	0,10
S čirým sklem a bílou záclonou sníh	0,30 až 0,40
Sníh	0,75 až 0,80

Udržovací součinitel z:

Zahrnuje pouze údržbou ovlivnitelné činitele změn osvětlení. Bývá obvykle v rozmezí hodnot 0,5 - 0,7. Hodnota $z \geq 0,5$ je předepsána normou.

$$Z = Z_z \cdot Z_s \cdot Z_{po} \cdot Z_{fz}$$

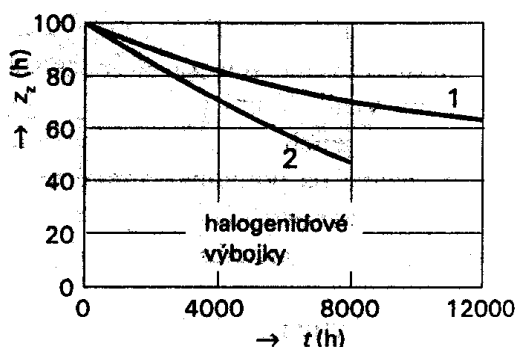
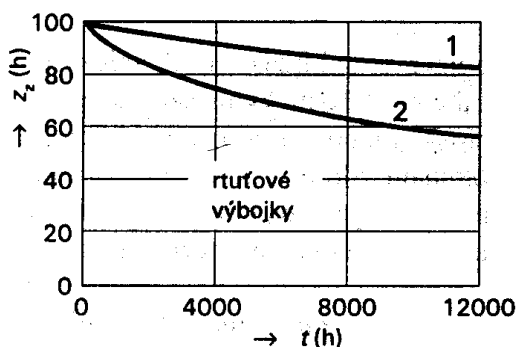
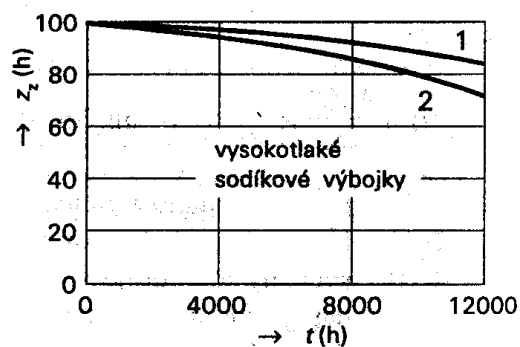
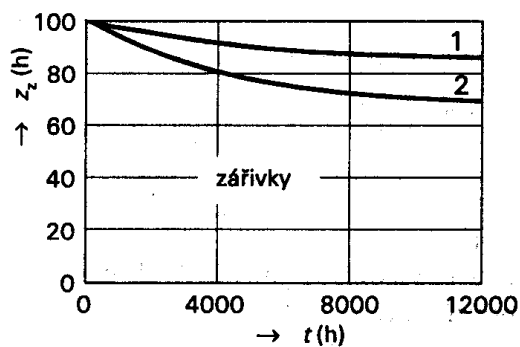
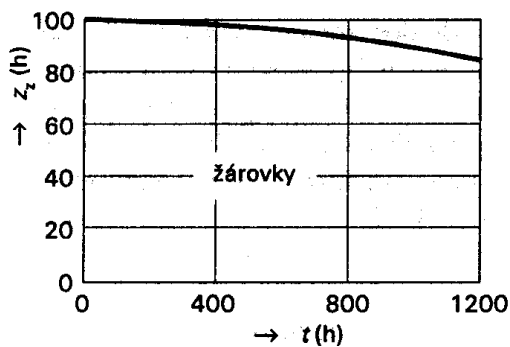
kde

Z_z	stárnutí zdrojů
Z_s	stárnutí a znečištění svítidel
Z_{po}	znečištění povrchu osvětlovaného prostoru
Z_{fz}	funkční spolehlivost zdrojů

Činitel stárnutí zdroje z_z :

Určuje míru poklesu světelného toku zdroje během jeho života, za celkovou provozní dobu (životnost žárovek ~800-1000h, zářivek ~8000h).

Orientační průběhy činitele stárnutí pro vybrané druhy světelných zdrojů:

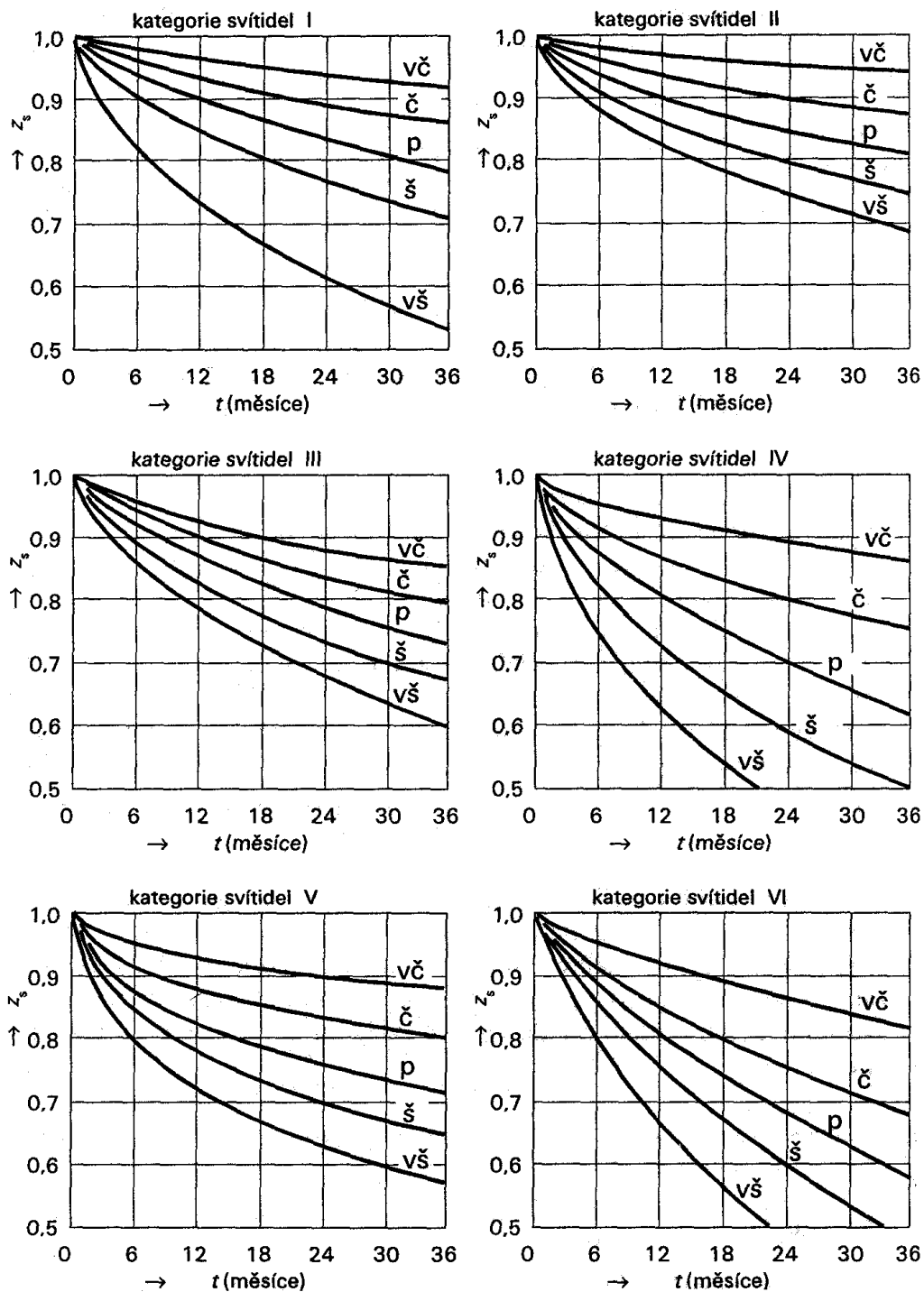


Činitel znečištění a stárnutí svítidel z_s :

Znečištění a stárnutí svítidel je nejvýznamnější příčinou ztrát světelného toku soustavy a poklesu osvětlení. Můžeme je eliminovat čištěním.

Pro zjištění činitele stárnutí a znečištění svítidel je zapotřebí svítidlo správně zatřídit do skupin podle normy. Lze-li svítidlo zařadit do více skupin, přiřadí se mu kategorie číselně nižší.

Časová změna činitele znečištění svítidel pro kategorie I až VI a pro různé úrovně znečišťování prostředí vč, č, p, š, vš v osvětlovaném prostoru:



Zatřídění svítidel podle ČSN 36 0450:

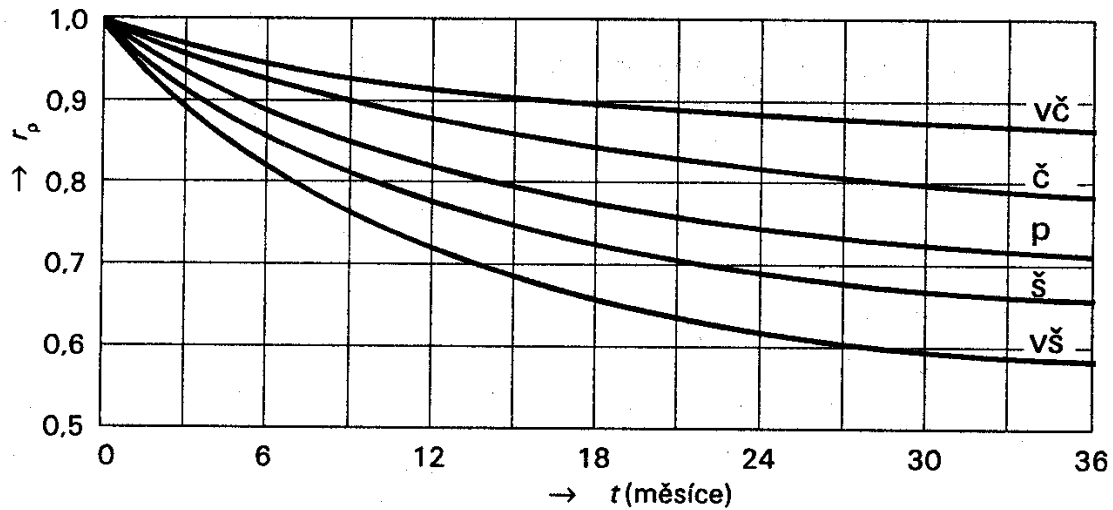
Kategorie svítidla	Kryt v horní části svítidla	Kryt v dolní části svítidla
I	1. Žádný	1. Žádný
II	1. Žádný 2. Průhledný s otvory $\geq 15\%$ 3. Průsvitný s otvory $\geq 15\%$ 4. Neprůsvitný s otvory $\geq 15\%$	1. Žádný 2. Mřížky nebo lamely
III	1. Žádný 2. Průhledný s otvory $\leq 15\%$ 3. Průsvitný s otvory $\leq 15\%$ 4. Neprůsvitný s otvory $\leq 15\%$	1. Žádný 2. Mřížky nebo lamely
IV	1. Průhledný bez otvorů 2. Průsvitný bez otvorů 3. Neprůsvitný bez otvorů	1. Žádný 2. Mřížky
V	1. Průhledný bez otvorů 2. Průsvitný bez otvorů 3. Neprůsvitný bez otvorů	1. Průhledný bez otvorů 2. Průsvitný bez otvorů
VI	1. Žádný 2. Průhledný 3. Průsvitný 4. Neprůsvitný	1. Průhledný 2. Průsvitný 3. Neprůsvitný

Míry znečištění prostoru:

Nečistota	Prostředí				
	velmi čisté vč	čisté č	průměrné p	špinavé š	velmi špinavé vš
vznikající	žádná	velmi malá	znatelná, ale ne velká	rychle se shromažďuje	stálé hromadění
z okolních prostor	žádná nebo se nedostává do prostoru	téměř žádná se nedostává do prostoru	určitá se dostává do prostoru	velké množství se dostává do prostoru	téměř žádná se neodstraňuje
odstranění nebo filtrace nečistoty	výborné	nadprůměrné	podprůměrné	pouze větráky nebo dmychadly	žádné
adheze nečistoty	žádná	malá	viditelná po několika měsících	vysoká (pravděpodobnost následkem oleje, vlhkosti či statická)	vysoká
příklady prostorů	operační sály, laboratoře, moderní kanceláře, pracovny pro mimořádně jemné práce	rýsovný, ateliéry, dozorný, kanceláře, studovny, učebny, obytné prostory, společenské a kulturní prostory	spotřební průmysl, restaurace, prostory pro pohybovou rekreaci a rekreační sport	těžké strojírenství, lakovny, kotelny na tuhá paliva, výroba pneumatik, živočišná výroba, svařovny	jakošpinavé, ale svítidla jsou v prostoru přímého znečištění

Činitel znečištění povrchu osvětlovaného prostoru z_{po} :

Tímto činitelem se hodnotí změna osvětlení v důsledku snížení odrazů světla od znečištěných povrchů místnosti.

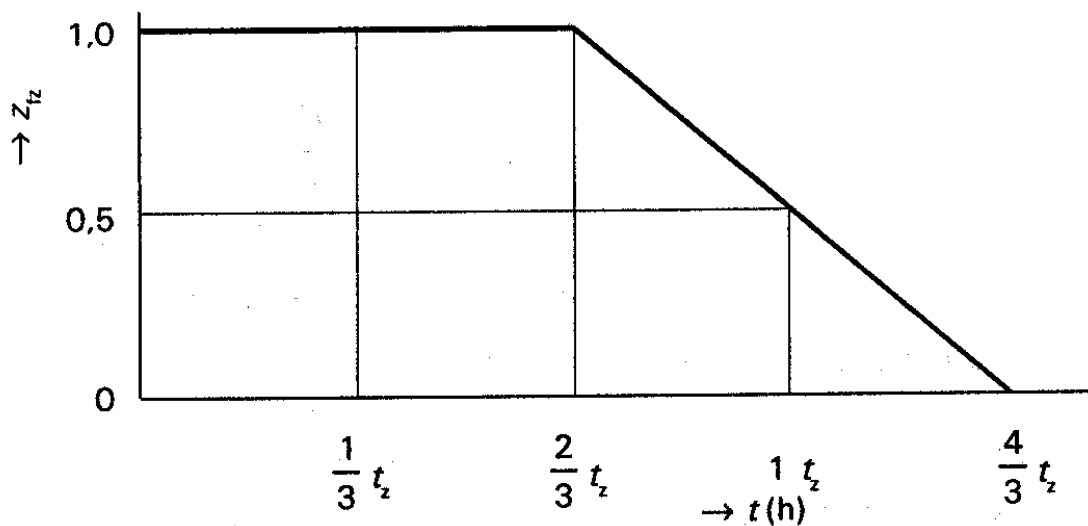


Činitel funkční spolehlivosti zdrojů z_{fz} :

V praxi nastávají tyto případy

- Vadné zdroje se ihned vyměňují – individuální výměna $z_{fz} = 1,0$
- Vadné zdroje se nevyměňují ihned, ale uceleně po skupinách $z_{fz} \leq 1,0$

Průběh činitele funkční spolehlivosti pro hromadnou výměnu:



kde

t_z ... doba života zdroje

Návrh počtu svítidel a zdrojů:

Při návrhu počtu svítidel je nutné zohlednit účinnosti vlastního svítidla. Pokud budeme mít svítidla i zdroje stejné, tak počet svítidel navrhujeme podle následujícího vztahu:

$$n_{SV} = \frac{\Phi_Z}{\Phi_{SV}} \quad \Phi_{SV} = \eta_{SV} \cdot n_Z \cdot \Phi_{zdroje}$$

kde

n_{SV} ... počet svítidel [ks]

Φ_Z ... požadovaný světelný tok podle výpočtu tokovou metodou [lm]

Φ_{SV} ... světelný tok svítidla [lm]

η_{SV} ... účinnost svítidla [-]

n_Z ... počet zdrojů v jednom svítidle [ks]

Φ_{zdroje} ... světelný tok jednoho zdroje [lm]

Normové požadavky na osvětlenost:

Osvětlení obytného prostředí:

Místo, příp. činnost	Požadavek umělého osvětlení v lx
Celkové nebo odstupňované osvětlení obytné místnosti s místním osvětlením	50 až 100
Celkové nebo odstupňované osvětlení pracovních prostorů bez místního osvětlení	200 až 500
Společné jídlo	200
Studium, psaní, kreslení, kuchyňské práce aj.	300
Jemné ruční práce	500
Komunikace v bytě	75
Obytné kuchyně, koupelny, WC	100

Další hygienická doporučení - celkové umělé osvětlení:

Obývací kuchyně, koupelny, předsíně	100 až 150 lx
Haly	150 lx
Ložnice	100 lx

Pro některé činnosti je doporučeno místní osvětlení, zejména:

Jídelní stůl pro společné stolování	200 až 300lx
Čtení, běžné psaní, příprava jídla, ruční práce	300 lx
Psací stůl pro přípravu školních úkolů	500 lx
Jemné ruční práce, modelářství, šití	300 až 750 lx
Čtení na lůžku v ložnici	150 až 200 lx

Požadované intenzity osvětlení podle ČSN EN 12464:

Kopírování, kompletace atd.	300 lx
Psaní, čtení, zpracování dat	500 lx
Technické kreslení	750 lx
Pracovní stanice CAD	500 lx
Konferenční a shromažďovací místnosti	500 lx
Recepční stůl	300 lx
Archiv	200 lx

Uspořádání osvětlovacích soustav:

SVÍTIDLO	OSVĚTLENÍ	A	B
ŽÁROVKOVÉ	PRÍMÉ, PŘEVAŽNĚ PRÍMÉ, SMÍŠENÉ	max. h	(1,5-2)h
	PŘEVAŽNĚ NEPRÍMÉ, NEPRÍMÉ	max 2H	(3-4)H
ZÁŘIVKOVÉ		(0,5-0,6)h	(1-1,2)h

VZDÁLENOSTI ŘAD SVÍTIDEL

PŘÍKLADY ROZMÍSTĚNÍ SVÍTIDEL

SVÍTIDLA ŽÁROVKOVÁ

SVÍTIDLA ŽÁŘIVKOVÁ

ZÓNY PRO UMÍSTĚNÍ SVÍTIDLA VE VZTAHU K BODU a

SMĚR DOPADU DENNÍHO SVĚTLA

1-OPTIMÁLNÍ
 2-PŘÍJATELNÁ
 3-NEPŘÍPUSTNÁ - PŮSOBÍ REFLEXY
 4-NEPŘÍPUSTNÁ - ČÁSTEČNĚ PŮSOBÍ REFLEXY
 5-NEPŘÍPUSTNÁ - RUKA STÍNÍ
 6-NEPŘÍPUSTNÁ - HLAVA STÍNÍ