

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh umělého osvětlení pro ordinaci zubního lékaře

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na posouzení kritérií vnitřního osvětlení a jsou v ní stanovena kritéria pro posouzení vlivu osvětlení na pracovní prostředí. Popisuje základní parametry lidského zraku, jako i základní vlastnosti světelných zdrojů a osvětlovací soustavy. Dále jsou stanoveny zásady pro návrh osvětlovací soustavy, podle kterých je proveden návrh ekologicky šetrné a ekonomicky výhodné osvětlovací soustavy pomocí výpočtového programu Dialux, tak aby osvětlovací soustava odpovídala požadavkům na světelnou pohodu při výkonu pracovních procesů. Výsledky výpočtu jsou porovnávány s hodnotami dle platných norem.

Klíčová slova

Světlo, vidění jako funkce zraku, světelný zdroj, svítidlo, umělé osvětlení, metoda výpočtu umělého osvětlení.

Abstract

The thesis is focused on assessment of indoor lighting and in it, the criteria for assessing the impact of lighting on the working environment. Describes the basic parameters of human vision, as well as the basic properties of light sources and lighting systems. It also defines the principles for the design of lighting systems, according to which the proposal of environmentally friendly and economical lighting system using a computational program Dialux lighting system in order to meet the requirements of visual comfort in the performance of work processes. The calculation results are compared with the values according to applicable standards.

Key words

Light, seen as a function of vision, light source, lighting, artificial lighting, the calculation method of artificial lighting.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 6/6/2013

Richard Michalica

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Benešovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	6
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
ÚVOD	8
1 SVĚTLO	10
1.1 ŠÍŘENÍ SVĚTLA	11
1.2 ABSORPCE SVĚTLA	12
1.3 ODRAZ SVĚTLA	12
1.4 LOM SVĚTLA	13
1.5 INTERFERENCE	14
1.6 FYZIOLOGIE ZRAKOVÉHO SYSTÉMU	16
1.6.1 Zrakový systém	16
1.6.2 Oko	16
2 SVĚTELNÝ ZDROJ	17
2.1 SVĚTELNÉ ZDROJE INKADECENTNÍ	18
2.1.1 Žárovky	18
2.1.2 Halogenová žárovka	18
2.2 SVĚTELNÉ ZDROJE VÝBOJKOVÉ	19
2.2.1 Vysokotlaké rtuťové výbojky	19
2.2.2 Vysokotlaké halogenidové výbojky	19
2.2.3 Vysokotlaké sodíkové výbojky	20
2.2.4 Zářivky	20
2.2.5 Nízkotlaké sodíkové výbojky	21
2.3 SVÍTICÍ DIODY LUMINISCENTNÍ	21
2.3.1 Svíticí diody	21
2.3.2 Lasery	23
3 ELEKTRICKÁ SVÍTIDLA	24
3.1 KONSTRUKCE SVÍTIDLA	24
3.2 ELEKTROTECHNICKÉ VLASTNOSTI SVÍTIDEL	25
3.3 KRYTÍ SVÍTIDEL	25
3.4 POUŽITÍ SVÍTIDEL	26
4 UMĚLÉ OSVĚTLENÍ VNITŘNÍCH PROSTORŮ	27
4.1 ZÁKLADNÍ POJMY UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ	27
4.2 OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVA	30
4.3 KRITÉRIA PRO NAVRHOVÁNÍ OSVĚTLENÍ	30
4.3.1 Světelné prostředí	30
4.3.2 Rozložení jasu	31
4.3.3 Osvětlenost	31
4.3.4 Rovnoměrnost osvětlení	32
4.3.5 Oslnění	32
4.3.6 Rušivé oslnění	32
4.3.7 Omezení oslnění cloněním	33
4.3.8 Závoje oslnění odrazem a oslnění odrazem	33
4.3.9 Podání tvaru	34
4.3.10 Barevný tón světla	34
4.3.11 Podání barev	34
4.3.12 Udržovací činitel	35
4.3.13 Energetická hlediska	35

4.3.14	Denní světlo	35
5	VÝPOČET UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ.....	36
5.1	METODA POMĚRNÉHO PŘÍKONU.....	36
5.2	METODA TOKOVÁ.....	36
5.3	METODA BODOVÁ.....	37
6	NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY.....	38
6.1	POPIS PROGRAMU DIALUX	38
6.2	POSTUP NÁVRHU OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	38
6.3	KONTROLA VÝSTUPNÍCH HODNOT A POROVNÁNÍ S HODNOTAMI V ČSN 12464-1.....	40
	ZÁVĚR	41
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1
	PŘÍLOHY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

Seznam symbolů a zkratk

λ	je vlnová délka [nm]
Φ	světelný tok [lm]
I	svítivost [cd]
L	průměrný jas [cd/m^2]
E	osvětlenost, intenzita osvětlení [lx]
E_m	udržovaná osvětlenost [lx]
Ra	podání barev
Tc	teplota chromatičnosti (teplota barvy) vyzařovaného světla [K]
UGR	Index oslnění
Dialux	program po navrhování osvětlovacích soustav

Úvod

Světlo je pro člověka především prostředkem k přenosu a získání informací o prostředí, které ho obklopuje. Podíl přijatých informací je pomocí zrakového orgánu u průměrného jedince a za normálních okolností přibližně 80-85%. Vezmeme-li v úvahu, že podle mezinárodních statistik, se člověk pohybuje až 90% svého života v krytých prostorech, je otázka kvalitního umělého osvětlení pak důležitá nejen z pohledu zdraví člověka, ale i jeho vývoje od nejútlejšího věku.

Umělé osvětlení je v životním prostředí člověka, vzhledem k měnícímu se životnímu stylu, stále významnější a proto se umělým osvětlením snažíme přiblížit podmínkám, na které je lidské oko navyklé. Návrh umělého osvětlení proto musí zohlednit nejen estetické nároky na výběr osvětlovací soustavy, ale především nároky na kvalitu a množství umělého osvětlení dodávané osvětlovací soustavou.

1 SVĚTLO

Světlo většina lidí vnímá jako naprostou samozřejmost a nad jeho fyzikální podstatou ani nepřemýšlí. Přestože už ve starověku se učenci zabývali touto problematikou. V roce 1678 předložil Christion Huighens pařížské akademii pojednání o povaze světla jako podélného vlnění. Izac Newton však považoval světlo za tok částic. Teprve v 19. Století nastal velký rozvoj vlnové teorie, podpořený vědeckými objevy v oboru elektřiny a magnetismu.

Dnes víme, že viditelné světlo jsou příčné elektromagnetické vlny v dosti úzké oblasti vlnových délek, které se současně projevují jako tok fotonů. Než ale vědci dospěli k tomuto výsledku, muselo absolvovat dlouhou cestu poznání. Tím byla připravena půda pro Jamese Clerka Maywella, který ve svých rovnicích shrnul vše, co bylo do té doby známo o elektřině a magnetismu, a vytvořil tak jednotnou teorii elektromagnetického pole. Podařilo se mu ze svých rovnic odvodit i základní zákony fyzikální optiky, a sjednotit tak optiku s teorií elektromagnetického pole. Jeho teorie byla dlouho přijímána s velkou nedůvěrou. Sám Maxwell se už potvrzení své teorie nedočkal. To se podařilo až o devět let po jeho smrti Heinrichu Rudolfu Hertzovi.

Elektromagnetické vlny tak přestaly být pouhou hypotézou a staly se součástí ucelené fyzikální teorie elektromagnetického pole. Vlnové délky elektromagnetických vln mohou však být ve velmi širokém rozmezí od 10^{-13} až po stovky až tisíce metrů. Z toho viditelné světlo tvoří jen úzkou oblast 380-780nm. V tabulce č. 1 jsou uvedeny některé druhy záření a jejich vlnová délka.

Světlo je tedy periodicky opakovaný stav kmitání a je charakterizováno buď světelnou délkou λ nebo kmitočtem f , mezi kterými platí vztah:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (1. 1)$$

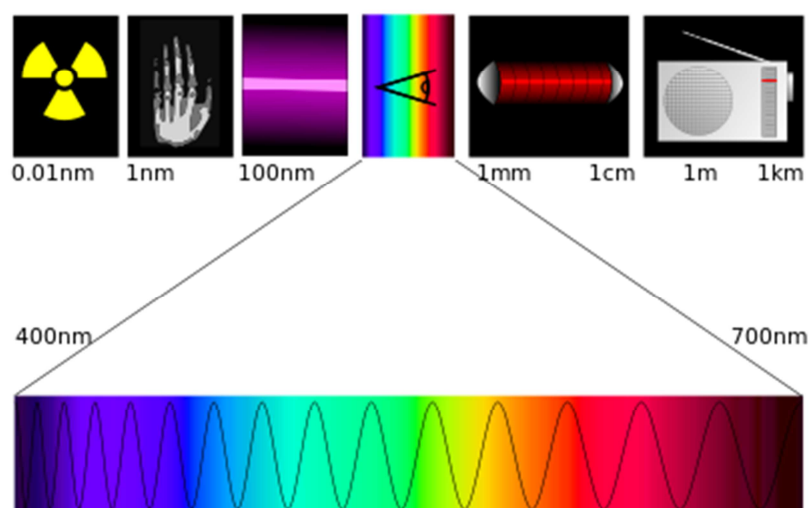
kde λ je vlnová délka (nm),

f je kmitočet (Hz, s⁻¹),

c je rychlost šíření světla ve vakuu (m.s⁻¹), přibližně 300 000 km.s⁻¹.

Tab. 1. 1 Vlnové délky-zářění [6]

Druh záření	Označení	Vlnová délka λ (nm)	Kmitočet f (Hz)
Ultrafialové	UV-C	100-280	$(30-10,7) \cdot 10^{14}$
	UV-B	280-315	$(10,7-9,5) \cdot 10^{14}$
	UV-A	315-380	$(9,5-7,98) \cdot 10^{14}$
Viditelné	Fialová	380-430	$(7,89-6,98) \cdot 10^{14}$
	Modrá	430-490	$(6,98-6,12) \cdot 10^{14}$
	Zelená	490-570	$(6,12-5,26) \cdot 10^{14}$
	Žlutá	570-600	$(5,26-5,00) \cdot 10^{14}$
	Oranžová	600-630	$(5,00-4,76) \cdot 10^{14}$
	Červená	630-780	$(4,76-3,84) \cdot 10^{14}$
Infračervené	IR-A	780-1400	$(3,84-2,14) \cdot 10^{14}$
	IR-B	1400- $3 \cdot 10^3$	$(2,14-1,00) \cdot 10^{14}$
	IR-C	$3 \cdot 10^3$ - 10^4	$(1,00-0,3) \cdot 10^{14}$



Obr. 1. 1 Spektrum záření [1]

1.1 Šíření světla

Šíření světla je ovlivněno vlastnostmi prostředí, jímž světlo prochází. Mohou nastat tyto případy:

- **průchod světla** (téměř) beze změny - čiré prostředí (sklo, voda, ...),
- **absorpce světla** - projde jen světlo určitých vlnových délek (barevné filtry, ...),
- **rozptyl (disperze) světla** - nepravidelně se mění směr šíření světla (matné prostředí),
- **odraz světla** - světlo prostředím neprochází, ale odráží se (zrcadla, ...).

Nejsilnější Látky, kterými světlo prochází, označujeme jako optické prostředí. To může být:

- **průhledné** - prostředí, v němž nedochází k rozptylu světla; mohou být čirá (sklo, voda, ...) nebo barevná (potom propouští jen světlo některých vlnových délek),
- **průsvitné** - světlo se prostředím šíří, ale zčásti se rozptyluje (mléčné sklo, voda s mlékem, ...),
- **neprůhledné** - světlo se v něm silně pohlcuje nebo se na povrchu odráží.

Z hlediska optických vlastností může být optické prostředí:

- **opticky homogenní (stejnorodé)** - optické prostředí, které má v celém svém objemu stejné optické vlastnosti,
- **opticky izotropní** - optické prostředí, jehož vlastnosti jsou nezávislé na směru,
- **opticky anizotropní** - optické prostředí, jehož vlastnosti závisí na směru šíření světla.

1.2 Absorpce světla

Když světlo narazí na povrch, část dopadajícího světla je pohlcena atomy povrchu daného předmětu, přičemž se daný povrch velmi slabě zahřeje. Každý druh atomu absorbuje určité vlnové délky světla. Barva povrchu závisí na tom, které vlnové vstřebává a které odráží. Květ tedy vidíme jako žlutý, protože absorbuje všechny barvy, kromě žluté, a my vidíme jen odražené žluté světlo. [4]

Vztahy pro Planckův zákon (1.2), Wienův zákon (1.3) a Steffan-Boltzmannův zákon (1.4) jsou dány:

$$M_{e\lambda} = \frac{c_{1\lambda}^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T} - 1}}, [Wm^{-2}], \quad (1.2)$$

$$\lambda_{max}T = konst = 2,897 \cdot 10^{-3}, \quad (1.3)$$

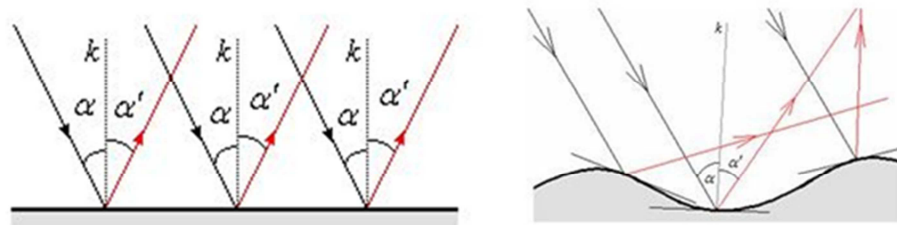
$$M_e = \sigma \cdot T^4. \quad (1.4)$$

1.3 Odraz světla

Světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou optických prostředí pod úhlem dopadu α , který paprsek svírá s kolmicí dopadu vztyčenou v místě dopadu na rozhraní optických prostředí. V případě, že rozhraní není rovinné, uvažujeme kolmici na tečnou rovinu zakřivené plochy v místě dopadu světelného paprsku. Dopadající paprsek a kolmice dopadu

tvoří rovinu - rovinu dopadu. Odražený paprsek svírá s kolmicí dopadu úhel odrazu α' . Vztah mezi úhlem dopadu a úhlem odrazu popisuje zákon odrazu.

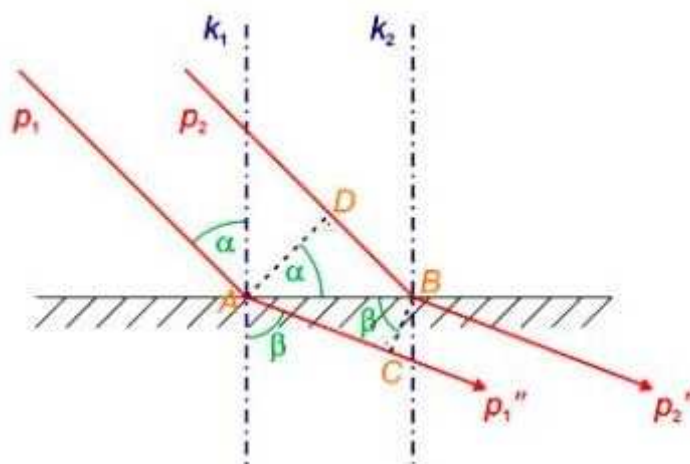
Velikost úhlu odrazu se rovná velikosti úhlu dopadu, tedy $\alpha = \alpha'$. Odražený paprsek leží v rovině dopadu.



Obr. 1. 1 Odraz paprsků záření [9]

1.4 Lom světla

K lomu světla dochází při průchodu světla z jednoho prostředí do druhého prostředí. Aby k lomu světla vůbec došlo, je nutné, aby obě prostředí byly průhledné nebo průsvitné (nemá smysl uvažovat lom světla při průchodu světla např. ze vzduchu do cihlové zdi nebo obráceně). Pro zjednodušení opět zanedbejme vlnové vlastnosti světla. Necht' na rozhraní dvou prostředí dopadá svazek rovnoběžných paprsků. Předpokládejme, že se světlo v prvním prostředí (např. sklo) šíří větší rychlostí než ve druhém prostředí (např. vzduch).



Obr. 1. 2 Lom paprsku záření [9]

V okamžiku, kdy paprsek p_1 dopadne na rozhraní obou prostředí, je paprsek p_2 teprve v

bodě D a do bodu B dopadne za dobu t_1 . Než ale paprsek p_2 dopadne na rozhraní obou prostředí, paprsek p_1 se nemůže v bodě A samovolně zastavit a musí pokračovat do druhého prostředí a za dobu t_1 se rozšíří do bodu C. V trojúhelníku ABD lze najít úhel dopadu α u vrcholu A, v trojúhelníku ABC je úhel β u vrcholu B stejný jako úhel lomu β . Označme v_1 rychlost světla v pevném prostředí, v_2 rychlost světla ve druhém prostředí. Potom pro poměr vzdáleností DB a AC platí:

$$\frac{|DB|}{|AC|} = \frac{t_1 v_1}{t_1 v_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (1.5)$$

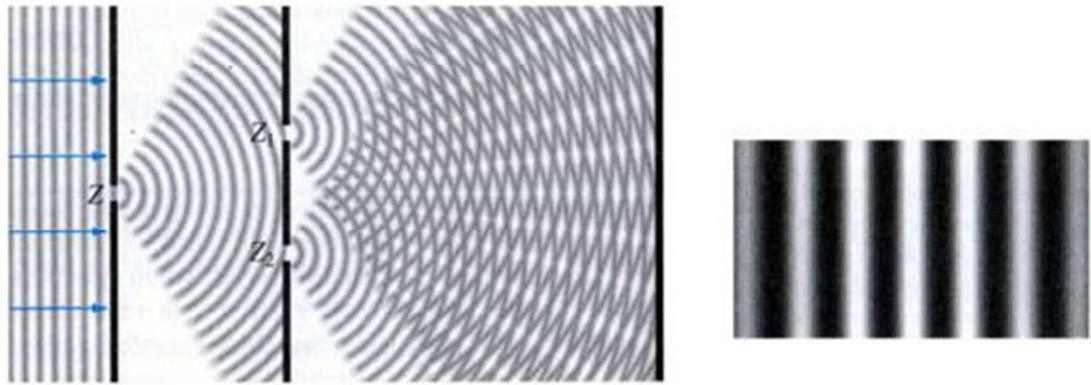
Podíl sinu úhlu dopadu a sinu úhlu lomu je roven podílu rychlosti, kterými se světlo šíří v prvním a druhém prostředí. Index lomu je závislý na barvě (frekvenci) světla, proto se světlo různých frekvencí láme jinak – tohoto jevu se využívá například v optických hranolech.

Při porovnávání dvou optických prostředí o různém indexu lomu rozlišujeme:

- *prostředí opticky řidší* - prostředí s menším indexem lomu;
- *prostředí opticky hustší* - prostředí s větším indexem lomu.

1.5 Interference

První pozorování a popis jevů interference, ohybu a polarizace světla provedl italský fyzik Francesco Maria Grimaldi (1618-1663), nicméně za počátek vlnové optiky je považováno vydání „Pojednání o světle“ („Traité de la lumiere“) od holandského fyzika Christiana Huygense (1629-1695), který toto pojednání nejprve roku 1678 podal pařížské Akademii a v roce 1690 také vydal v tištěné podobě. Na základě své konstrukce vlnoploch odvodil zákony přímočarého šíření světla, odrazu světla a lomu světla.



Obr. 1. 3 Interference paprsků záření [9]

Velký rozvoj zaznamenává vlnová optika až po roce 1801, v němž anglický fyzik a lékař Thomas Young (1773-1829) provedl svůj zásadní pokus, kterým dokázal platnost Huygensovy teorie.

Jako zdroj světla slouží osvětlená štěrba Z. Tato štěrba se bude chovat jako bodový zdroj světla, takže se světlo bude šířit také do prostoru za překážkou a bude osvětlovat další dvě štěrbiny Z_1 a Z_2 . Tyto štěrbiny se budou opět chovat jako bodové zdroje světla a budou osvětlovat stínítko S. Podle zákonů paprskové optiky (konkrétně podle zákona přímočarého šíření světla) světlo nemůže projít přes druhou dvojici štěrbin a nemůže dopadnout na stínítko. Ve skutečnosti se na stínítku objeví soustava světlých a tmavých proužků – interferenční obrazec, což je důkazem vlnových vlastností světla.

Aby tento interferenční obrazec vůbec mohl vzniknout, musí záření splňovat určité podmínky:

- všechna záření dopadající do jednoho bodu na stínítku musí mít stejnou vlnovou délku;
- v daném bodě na stínítku musí mít všechna záření stálý, s časem neměnný dráhový rozdíl (tzn. také stálý fázový rozdíl).

Na stínítku tedy dochází k interferenci (=skládání) světla. Do každého bodu na stínítku dopadá světlo z obou štěrbin. O tom, jestli na stínítku vznikne světlý proužek nebo tmavý proužek, rozhoduje dráhový rozdíl D_1 drah l_1 a l_2 paprsků dopadajících do téhož bodu.

Je-li dráhový rozdíl D_1 roven sudému násobku poloviny vlnové délky, pak na stínítku

vzniká světlý proužek a říkáme, že nastává interferenční maximum. Pokud je dráhový rozdíl roven lichému násobku poloviny vlnové délky, pak na stínítku vzniká tmavý proužek a říkáme, že nastává interferenční minimum.

Obě podmínky můžeme zapsat matematickými rovnicemi, kdy první rovnice (1.6) je podmínka pro vznik interferenčního maxima a druhá pro vznik interferenčního minima (1.7):

$$\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda, \quad (1.6)$$

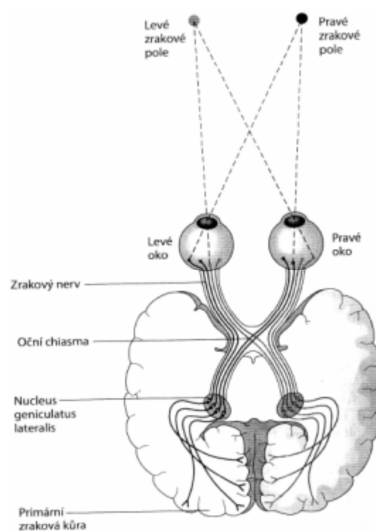
$$\Delta l = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (1.7)$$

kde k je řád interferenčního maxima nebo minima a nabývá hodnot 1, 2, 3 až nekonečno.

1.6 Fyziologie zrakového systému

1.6.1 Zrakový systém

Biologická soustava zajišťující příjem, přenos a zpracování informací přijaté v podobě světelného podnětu a její transformaci do komplexu nerv. Podráždění, jejichž výsledkem je zrakový vjem.

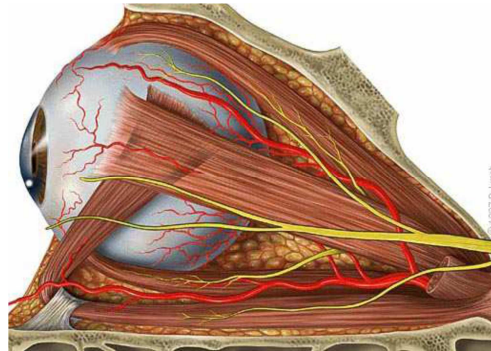


Obr. 1. 4 Zrakový systém [4]

1.6.2 Oko

Je smyslový orgán, který zprostředkovává příjem informací o vnějším prostředí přenášené světlem a v němž se tato informace upravuje v nervovém podráždění a do jisté míry i zpracovává. Akomodace oka je schopnost oka přizpůsobit se vzdálenosti pozorovaného předmětu za účelem dosažení ostrého vidění. Adaptace oka je schopnost oka přizpůsobit se

různým jasům a osvětlenostem, které probíhá změnou průměru zornice, změnou citlivosti fotoreceptorů či změnou velikosti vjem. polí. Rozlišujeme adaptaci na světlo a adaptaci na tmu.



Obr. 1. 5 Oko-orgán [4]

2 Světelný zdroj

Základ osvětlovací soustavy tvoří světelné zdroje, které přeměňují dodanou elektrickou energii na viditelné záření - světlo. Na světelné mikroklima a tím i na světelnou pohodu mají vliv vlastnosti světelného zdroje, který je charakterizován těmito parametry:

- **teplota chromatičnosti (teplota barvy) vyzařovaného světla T_c (K)**, která je základním ukazatelem světelného spektra;
- **všeobecný index podání barev R_a** , který udává srovnatelnost barevného podání při osvětlení zvoleným světelným zdrojem s barevným podáním při osvětlení denním světlem;
- **stupeň jakosti podání barev**, který je srovnatelný s indexem barevného podání;
- **světelný tok** vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem. Jednotkou je lumen (lm);
- **svítivost** charakterizuje bodový zdroj a vystihuje rozložení světelného toku zdroje v prostoru. Jednotkou je kandela (cd);
- **měrný výkon ($lm \cdot W^{-1}$)**, který je dán vyzařovaným světelným tokem ze zdroje na 1 W příkonu;
- **životnost (h)**, která udává průměrnou dobu svícení světelného zdroje.

Ve světelném zdroji vzniká viditelné optické záření třemi způsoby:

- **elektrickým výbojem**, který pracuje na principu přeměny elektrické energie na energii kinetickou pohybujících se elektronu. Přitom dochází ke srážkám s molekulami

plynné náplně par nebo kovu, např. sodíku nebo rtuti. Důsledkem těchto srážek je optické záření. Představiteli takového zdroje jsou rtuťové, sodíkové a halogenidové výbojky a zářivky.

- **luminiscenci**, to je jev, při kterém hmota (luminofor) vysílá záření, jehož intenzita je větší než teplotní záření hmoty při stejné teplotě. Představiteli takového zdroje světla jsou lasery a svítící diody.
- **inkadescenci**, kdy průchodem proudu dochází k zahřátí pevné látky - kovu - na teplotu, při které látka vysílá optické záření. Představitelem takového zdroje světla je žárovka.

2.1 Světelné zdroje inkadecentní

2.1.1 Žárovky

Klasické žárovky s wolframovým vláknem patří do skupiny světelných zdrojů s nejnižší hodnotou světelného výkonu a krátkou životností. Žárovkové osvětlení je po stránce kvality světla jedním z nejlepších druhů osvětlení. Jednoduchost a nízká cena ji stále radí k nejrozšířenějším. Povrchová teplota je až 250 °C. Žárovky jsou vyráběny v celé řadě výkonu a napětí. Používají se v prostorách, kde se svítí občas nebo krátce, např. sklady, sociální zařízení a tam, kde je rozhodující kvalita světelného mikroklimatu, např. prostory reprezentační a odpočinkové.



Obr. 1. 6 Inkadecentní žárovka [3]

2.1.2 Halogenová žárovka

Halogenová žárovka má v plynné náplni příměs halogenu nebo jejich sloučenin, které při určité teplotě a konstrukčním uspořádání umožňují vytvoření halogenového regeneračního cyklu. Nevýhodou je jejich vysoká cena a povrchová teplota okolo 600 °C. Předností je větší životnost, větší světelný výkon, vysoká světelná účinnost a malé rozměry. Používají se jako

bodové zdroje světla v projektorech, venkovního osvětlení a k osvětlení interiéru a výkladních skříní.



Obr. 1. 7 Halogenová žárovka [3]

2.2 Světelné zdroje výbojkové

2.2.1 Vysokotlaké rtuťové výbojky

Světlo u tohoto typu výbojek vzniká obloukovým výbojem v párách rtuti při tlaku řádu 10^5 MPa. Vyrábějí se většinou s luminoforem, který zvyšuje měrný výkon a zlepšuje barevné podání. Při provozu je nutno počítat s náběhovou dobou 3 - 5 minut a před opakovaným zapnutím 5 - 7 minut. Používají se tam, kde není nutnost kvalitního rozlišení barev tj. Pro osvětlování vnitřních i vnějších průmyslových provozů, pro osvětlování sportovišť a komunikací.



Obr. 1. 8 Rtuťová výbojka [3]

2.2.2 Vysokotlaké halogenidové výbojky

Halogenidové výbojky jsou vysokotlaké rtuťové výbojky, jejichž světlo vzniká jednak zářením par rtuti, ale převážně zářením produktu štěpení halogenidu, tj. sloučením halogenových prvků s galiem, thaliem, sodíkem apod. Získá se tím podstatné zvýšení měrného výkonu při dobrém podání barev. Podobně jako u rtuťových výbojek je nutno počítat s náběhovou dobou. Používají se tam, kde je třeba dosáhnout velkých intenzit osvětlení při současném dobrém podání barev.



Obr. 1. 9 Halogenidová výbojka [3]

2.2.3 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Sodíkové páry u této výbojky mají tlak přibližně 2.104 Pa. Postupným vývojem bylo docíleno toho, že spektrum těchto výbojek není jen čárové, ale obsahuje i souvislé spektrální pásmo barev. Pro svůj poměrně velký měrný výkon ($180 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$) se nejčastěji používají pro venkovní osvětlení a pro osvětlení vysokých výrobních a sportovních hal, pro osvětlení budov a pomníků. Jejich výhodou, ve srovnání se rtuťovými výbojkami, je větší schopnost znovu zapálení světelného výboje.



Obr. 1. 10 Sodíková výbojka [3]

2.2.4 Zářivky

Zářivky jsou nízkotlaké výbojky se žhavenými elektrodami. Část elektrické energie je výbojem mezi elektrodami převáděna na viditelné světlo (2 %), další viditelné světlo se získá přeměnou ultrafialového záření v luminoforu (20 %). Nevýhodou zářivek je pulsace světla jako následek periodického zhášení výboje při provozu ze střídavé sítě. Tato pulsace může způsobit tzv. stroboskopický jev. U zářivek je velký rozdíl v kvalitě barevného podání. Rozdílného barevného podání se dosahuje skladbou luminoforu a obsahem plynové náplně. Tento široký výběr zářivek nám umožňuje výběr do určitého druhu prostorů. Cenově nejnáročnější zářivky s vysokým indexem podání barev se používají do náročného prostoru na rozeznání barev a naopak.

Nejrozšířenější jsou zářivky lineární, jejichž nevýhodou je jejich délka. Vyrábějí se v různých délkách a různých výkonech. Dalším typem zářivky jsou zářivky kompaktní. Těmito zářivkami lze přímo nahradit žárovku ve stávajících žárovkových svítidlech, použijeme-li kompaktní zářivku se závitem E27.



Obr. 1. 11 Kompaktní zářivka [3]

2.2.5 Nízkotlaké sodíkové výbojky

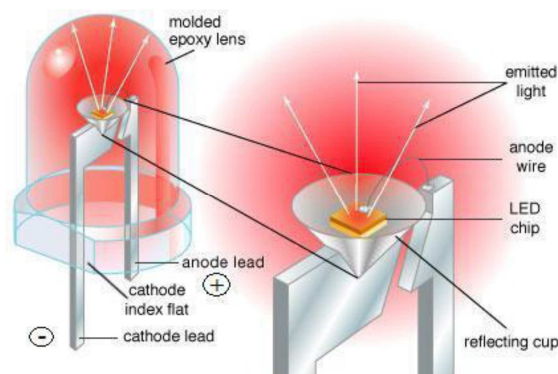
Tyto výbojky lze srovnat se zářivkami a vyznačují se velmi vysokým měrným výkonem. Sodíkové páry mají při svícení tlak asi 0,5 Pa. Používají se především pro venkovní osvětlení komunikací, dálnic, seřaďovacích nádraží.

2.3 Svíticí diody luminiscentní

2.3.1 Svíticí diody

Světlo vzniká luminiscencí polovodičového přechodu PN při vybuzení elektrickým proudem. Typ luminiscence závisí na principu přechodu elektronu na vyšší hladinu. Rozdělujeme na:

- *fotoluminiscence,*
- *tribonoluminiscence,*
- *elektroluminiscence,*
- *katodoluminiscence,*
- *injekční luminiscence.*

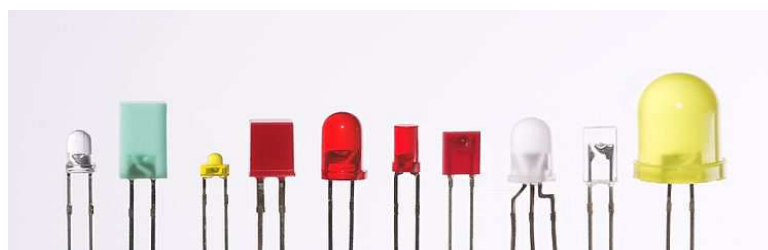


Obr. 1. 12 Schéma LED diody [5]

LED (z anglického Light-Emitting Diode – dioda emitující světlo) Je polovodičová součástka s jedním PN přechodem. Prochází-li přechodem elektrický proud v propustném směru, přechod vyzařuje (emituje) nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Může emitovat i jiné druhy záření. Tento jev je způsoben elektroluminiscencí. Pásmo spektra záření diody je závislé na chemickém složení použitého polovodiče. LED jsou vyráběny s pásmy vyzařování od ultrafialových, přes různé barvy viditelného spektra, až po infračervené pásmo. Poměrně dlouho trval vývoj modré LED, na nějž čekal jeden z projektů ploché barevné televizní obrazovky.

Z principu funkce LED vyplývá, že nelze přímo emitovat bílé světlo - starší bílé zářící diody většinou obsahují trojici čipů vybíraných tak, aby bylo aditivním míšením v rozptýlném materiálu vrchlíku obalu diody dosaženo vjemu bílého světla. Protože není možné přímo emitovat bílé světlo, pravé bílé LED využívají luminoforu. Některé bílé LED emitují modré světlo, část tohoto světla je přímo na čipu luminoforem transformována na žluté světlo a díky mísení těchto barev vzniká bílá. Jiné typy bílých LED emitují ultrafialové záření, to je přímo na čipu luminoforem transformováno na bílé světlo.

Se zkracující se vlnovou délkou emitovaného světla roste velikost potřebného elektrického proudu a z toho vyplývajícího napětí. U křemíkové diody je toto napětí asi 0,6 V, u zelené LED z GaP 1,7 V a u modré z SiC již 2,5 V.



Obr. 1. 13 Ukázka různých typů LED [4]

Základní monokrystaly diod bývají překryty kulovými vrchlíky z epoxidové pryskyřice nebo akrylového polyesteru. Materiály, z nichž se LED vyrábějí, totiž mají poměrně vysoký index lomu a velká část vyzařovaného světla by se odrážela totálním odrazem zpět na rovinném rozhraní se vzduchem. Oproti jiným elektrickým zdrojům světla (žárovka, výbojka, doutnavka) mají LED tu výhodu, že pracují s poměrně malými hodnotami proudu a napětí.

Konstrukčně představují LED součástku, v níž je kontaktovaný čip (nebo kombinace čipů) zastříknut materiálem s požadovanými optickými vlastnostmi (LED se vyrábějí v bodovém či rozptylném provedení, s různým vyzařovacím úhlem). Kontakty mohou být v provedení pro povrchovou montáž (SMD) nebo ve tvaru ohebných či poddajných přívodů. Sestavy více LED, pouzdřené společně mohou mít samostatně vyveden každý čip, společnou anodu či katodu nebo jiný systém kontaktování dle zamýšleného užití (například dvojbarevné diody). Produkují více světla na watt energie než žárovky (nejmodernější přes 100 lm/W), to je užitečné v zařízeních napájených bateriemi, nebo v úsporných zařízeních (česky řečeno, mají vyšší účinnost). V současné době se LED diody poměrně úspěšně používají jako náhrada za starší světelné zdroje jako žárovky, zářivky a nejvíce výkonné LED dnes nahrazují i nízkotlaké výbojky.



Obr. 1. 14 SV. Zdroj LED patice GU10 [4]

2.3.2 Lasery

Laser (kvantový generátor světla) je zdroj a zesilovač monochromatického a velmi intenzivního a prostorově omezeného svazku světelného paprsku. Záření lze čočkami a zrcadly soustředit do velmi malé plochy a tím získat účinný zdroj tepla, který lze použít k protavení, svařování nebo řezání. Také se laseru využívá v lékařství, měřicí technice a ve světelné technice ke světelným efektům.



Obr. 1. 15 Laser [3]

3 Elektrická svítidla

Kvalitního a energeticky úsporného osvětlení dosáhneme nejen vhodnou volbou světelných zdrojů, ale také odpovídajících svítidel. Účelem svítidel je zajistit:

- rozložení a usměrnění světelného toku podle požadavků osvětlovaného prostoru;
- omezení možnosti oslnění od elektrického zdroje;
- ochranu osob před úrazem elektrickým proudem při manipulaci se svítidlem;
- vyloučení možnosti vzniku požáru způsobeného od světelného zdroje;
- bezpečné upevnění světelného zdroje včetně jeho elektrického napojení;
- výtvarné doplnění osvětlovaného prostoru.

3.1 Konstrukce svítidla

Svítidlo se skládá z několika funkčně rozdílných částí, které na sebe navazují a vzájemně se doplňují, aby byly splněny výše uvedené požadavky. Hlavní části svítidel jsou:

- světelný zdroj;
- konstrukční část, která představuje vlastní těleso, objímky, svorkovnice, průchodky, příruby, závěsná oka, tlumivky, zapalovače, kondenzátory, transformátory, vypínače;
- světelně činné části, které vytváří optický systém svítidla. Mezi tyto části patří reflektory, které soustřeďují a usměrňují světelný tok zdroje odrazem, čočky a reflektory, které soustřeďují a usměrňují světelný tok zdroje pomocí lomu světla, difuzory, které rozptylují světelný tok zdroje pomocí lomu světla a filtry, které mění spektrální složení světelného záření.



Obr. 1. 16 Svítidlo s parabolickou [3]

3.2 Elektrotechnické vlastnosti svítidel

Rozdělení svítidel podle elektrotechnických vlastností odpovídá elektrotechnickým předpisům. Podle ochrany před úrazem elektrickým proudem tak lze rozlišit svítidla třídy 0, I, II a III.

- Svítidlo třídy 0 má pouze základní izolaci, to znamená, že nemá prostředky na připojení ochranného vodiče. Svítidla nemají místo na připojení neživých vodivých částí k ochrannému vodiči. Jejich použití je proto pro širokou veřejnost zakázané a omezuje se jenom do vymezených zkušebních prostor, do kterých nemají přístup osoby bez elektrotechnické způsobilosti.
- Třída I znamená, že svítidlo má prostředek pro připojení vodivých částí na ochranný vodič.
- Svítidlo třídy II obsahuje jako ochranu před nebezpečným dotykem dvojitou nebo zesílenou izolaci.
- Třída III označuje svítidla na bezpečné napětí. Svítidla musí být konstruována tak, aby jejich živé části nebyly přístupné, je-li svítidlo instalováno a připojeno pro normální používání, ani když je svítidlo otevřené za účelem výměny světelných zdrojů nebo předřadníků. Ochrana před úrazem elektrickým proudem musí být zachována při všech způsobech montáže a polohách svítidla.

3.3 Krytí svítidel

Krytí svítidel je stanoveno IP-kódem. První číslice (od 0 do 6) vyjadřuje ochranu před nebezpečným dotykem živých nebo pohybujících se částí a před vniknutím cizích předmětů, druhá (od 0 do 8) ochranu před vniknutím vody. Nejmenší krytí svítidel na nízké napětí je IP 20. Pro venkovní prostředí je třeba krytí před deštěm, tedy alespoň IP 44. Krytí IP 54 je běžné krytí svítidel proti stříkající vodě. Konstrukčně obdobné jsou tvořena svítidla s krytím IP 65, která však mají mnohem vyšší užitnou hodnotu. Nejčastěji používané způsoby k zajištění IP 65 nebo IP 66 jsou použitím:

- speciálního těsnění, které umožňuje dýchání optické komory bez jejího znečištění;
- uhlíkového filtru, který zabraňuje nasávání znečištěného vzduchu okolí.



Obr. 1. 17 Svítidlo s krytem IP 55 [3]

3.4 Použití svítidel

- Vnitřní, mezi které patří svítidla bytová, pro společenské místnosti, kancelářská, průmyslová, pro pracovní stroje, divadelní, nemocniční, pro letadla, vozidla, plavidla a jiné.
- Venkovní, mezi které patří svítidla pro venkovní osvětlení v průmyslu, osvětlení komunikací, osvětlení železnic, letišť a jiné. Použití svítidel do určitého prostředí je dáno hlavně normou. Zvláštní kategorii tvoří svítidla v nevýbušném provedení, která se mohou používat v prostorách s nebezpečím výbuchu, např. v dolech. Podle požární bezpečnosti se svítidla dělí na ta, která jsou určena pro bezprostřední montáž na hořlavý materiál a svítidla pro montáž na nehořlavý materiál. Svítidla určená pro přímou montáž na hořlavý materiál jsou označena trojúhelníkem uvnitř s písmenem „F“.

4 UMĚLÉ OSVĚTLENÍ VNITŘNÍCH PROSTORŮ

Aby lidé mohli vykonávat zrakové úkoly účinně a přesně, je nutné vytvořit vhodné podmínky osvětlení. Osvětlení může být zajištěno denním osvětlením, umělým osvětlením nebo jejich kombinací. Úroveň osvětlení a zrakové pohody požadovaná pro velké množství pracovních prostorů závisí na druhu a době trvání činnosti. Norma pro osvětlení vnitřních pracovních prostorů platí pro pracovní prostory, tedy s přítomností zaměstnanců, je ale vhodná a doporučuje se, aby byla použita také pro většinu činností ve všech vnitřních prostorech. Pro osvětlení vnitřních prostorů můžeme použít tři druhy osvětlení:

- **denní osvětlení**, které využívá přírodní světlo, které se do prostoru dostává otvory ve stavební konstrukci, jako jsou okna, světlíky apod. Navrhuje se nezávisle na umělém osvětlení;
- **umělé osvětlení**, které využívá světlo od umělých světelných zdrojů. Navrhuje se nezávisle na denním osvětlení;
- **sdržené osvětlení**, které využívá současně jak denní, tak umělé osvětlení. Umělé osvětlení musí denní vhodně doplňovat.

4.1 Základní pojmy umělého osvětlení

- **Adaptace** – proces, kdy se zrak přizpůsobuje předchozím a současným podnětům s různým jasnem, spektrálním složením nebo zorným úhlem;
- **Akomodace** – přizpůsobení ohniskové vzdálenosti oční čočky tak, aby obraz předmětu nacházejícího se v určité vzdálenosti byl zaostřen na sítnici;
- **Zraková ostrost** – schopnost zřetelně rozlišovat předměty, mezi nimiž je malá úhlová vzdálenost;
- **Kontrast barev** – subjektivní hodnocení rozdílu barvy nebo více povrchu viděných současně nebo v časovém sledu;
- **Míhání** – subjektivní dojem nestálosti zrakového vjemu způsobený světelným podnětem, jehož jas nebo spektrální složení kolísá;
- **Oslnění** – podmínky vidění, při kterých vzniká nepohoda nebo snížená schopnost vidět podrobnosti nebo předměty způsobené nevhodným rozložením nebo rozsahem jasu nebo extrémním kontrastem;

Rozlišujeme:

Omezující oslnění – oslnění, jež zřetelně zhoršuje činnost zraku, ale nutně nemusí budít nepříjemný pocit;

Rušivé oslnění – oslnění, jež budí nepříjemný pocit, ale nutně nemusí zhoršovat činnost zraku.

- **Zorné pole** – plocha, nebo oblast prostoru viditelná očima při daném směru pohledu. Rozlišujeme pohledové pole – viditelné pole upřeným pohledem bez pohybu oka, a obhledové pole – viditelné pole upřeným pohledem bez pohybu hlavy;
- **Zrakový výkon** – výkon zrakového systému měřený např. podle rychlosti a přesnosti, s jakým se vykonává zrakový úkol;
- **Zraková pohoda** – subjektivní stav zrakového pohodlí vyvolaný světelným prostředím. Příjemný psychofyziologický stav, při němž plní zrakový systém optimálně své funkce a při němž má člověk pocit, že dobře vidí, cítí se dobře psychicky a prostředí je mu příjemné;
- **Světelný tok** – veličina odvozená z hodnoty zářivého toku tak, že se záření vyhodnocuje v závislosti na jeho účinku na normového fotometrického pozorovatele. Jednotka je lumen (lm) a značka Φ . Zářivý tok Φ_e . Jednotka zářivého toku je Watt;

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda), [\text{lm}], \quad (1.8)$$

$$\text{kde } K(\lambda) = \frac{\Phi_e(\lambda)}{\Phi(\lambda)}, [\text{lm} \cdot \text{W}]. \quad (1.9)$$

- **Svitivost (I)** – podíl světelného toku, který zdroj vyzařuje ve směru osy elementu prostorového úhlu, a velikosti tohoto prostorového úhlu. Jednotka je kandela (cd) a značka I ;
- **Průměrný jas (L)** – průměrný jas na specifikované ploše nebo v rozsahu daného prostorového úhlu. Jednotka je kandela na metr čtvereční ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$) a značka L ;
- **Osvětlenost, intenzita osvětlení (E)** – podíl světelného toku dopadajícího na elementární plošku dA obsahující daný bod a velikosti dA této plošky. Jednotka je lux (lx) a značka E ;
- **Rušivé světlo** – rozptýlené neúčinné elektromagnetické záření ve viditelné oblasti produkované umělými světelnými zdroji ve venkovním prostoru, které svými vlastnostmi působí rušivě, způsobuje nepohodu, omezuje viditelnost;

- **Udržovaná osvětlenost (E_m)** – hodnota průměrné osvětlenosti, pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout; je to minimální osvětlenost v okamžiku, kdy má být provedena údržba. Znamená to, že osvětlenost povrchu nesmí nikdy po celou dobu existence osvětlovací soustavy klesnout pod normou požadovanou hodnotu.

Průměrná osvětlenost – průměrná osvětlenost na dané ploše

Minimální osvětlenost – nejmenší osvětlenost v některém relevantním bode daného povrchu

Maximální osvětlenost – největší osvětlenost v některém relevantním bode daného povrchu

- **Rovnoměrnost osvětlení** – poměr minimální a průměrné osvětlenosti povrchu;
- **Srovnávací rovina** – rovina, na které se měří nebo určuje osvětlení;
- **Podání barev** – vliv druhu světla na barvu (barevný dojem, vzhled) osvětlených předmětů, vzhled je přitom vědomě nebo podvědomě srovnáván se vzhledem těchto předmětů při srovnávacím (referenčním) světle. Pro účely návrhu musí být požadavky na podání barev stanoveny s použitím všeobecného indexu podání barev (R_a), jenž musí nabývat jednu z těchto hodnot: 20, 40, 60, 80, 90;
- **Činitel odrazu** – je podíl zářivého (nebo světelného) toku odraženého a toku za daných podmínek dopadajícího;
- **Stroboskopický jev** – zdánlivá změna pohybu a vzhledu pohybujícího se objektu při jeho osvětlení proměnné intenzity. K dosažení zdánlivého znehybnění nebo konstantní změny pohybu je nutné, aby se jak pohyb předmětu, tak intenzita světla měnily periodicky, a aby byl určitý poměr mezi kmitočty pohybu předmětu a změnami světla. Tento jev je pozorovatelný pouze při amplitudě změn světla nad určitou mezní hodnotu. Pohyb předmětu může být rotační nebo postupný;
- **Chromatičnost** – vlastnost barevného podnětu definovaná trichromatickými souřadnicemi nebo náhradní nebo doplňkovou vlnovou délkou a čistotou;
- **Teplota chromatičnosti** – teplota černého tělesa, jehož záření má stejnou chromatičnost jako daný barevný předmět;
- **Místo zrakového úkolu** – dílčí místo na pracovišti, na němž se nachází zrakový úkol. Výška místa zrakového úkolu na běžných kancelářských stolech je doporučena 0,75m;
- **Bezprostřední okolí úkolu** – pás o šířce alespoň 0,5 m okolo místa zrakového úkolu.

4.2 Osvětlovací soustava

Podle zdroje proudu a provozního účelu rozlišujeme druhy osvětlovacích soustav:

- **Celkové osvětlení** – v podstatě rovnoměrné osvětlení prostoru bez ohledu na zvláštní místní požadavky;
- **Odstupňované osvětlení** – osvětlení, které je v části prostoru zesílené na vyšší intenzitu, například tam, kde se vykonává zřetelně náročnější druh práce než v jiných prostorách;
- **Místní osvětlení** – osvětlení pro určitý zřetelný úkol, které doplňuje celkové osvětlení a je samostatně ovládané, například osvětlení pracovního stolu;
- **Nouzové osvětlení** – osvětlení určené k použití v případě poruchy v napájecí síti normálního osvětlení. Slouží k bezpečnému opuštění prostor.

Podle použitých svítidel rozlišujeme osvětlení:

- **Přímé** – osvětlení svítidly s takovým rozložením světelného toku, že část celkového vyzařovaného toku dopadajícího přímo na neomezené rozlehlou pracovní rovinu činí 90 % - 100 %;
- **Převážně přímé** - osvětlení svítidly s takovým rozložením světelného toku, že část celkového vyzařovaného toku dopadajícího přímo na neomezené rozlehlou pracovní rovinu činí 60 % - 90 %;
- **Smíšené** - osvětlení svítidly s takovým rozložením světelného toku, že část celkového vyzařovaného toku dopadajícího přímo na neomezené rozlehlou pracovní rovinu činí 40 % - 60 %;
- **Převážně nepřímé** - osvětlení svítidly s takovým rozložením světelného toku, že část celkového vyzařovaného toku dopadajícího přímo na neomezené rozlehlou pracovní rovinu činí 10 % - 40 %;
- **Nepřímé** - osvětlení svítidly s takovým rozložením světelného toku, že část celkového vyzařovaného toku dopadajícího přímo na neomezené rozlehlou pracovní rovinu činí 0 % - 10%.

4.3 Kritéria pro navrhování osvětlení

4.3.1 Světelné prostředí

Základem dobré osvětlovací praxe je splnit kromě požadované osvětlenosti další

kvalitativní a kvantitativní požadavky. Požadavky na osvětlení jsou určeny uspokojením dvou základních lidských potřeb:

- zrakové pohody, kdy se pracovníci velmi dobře cítí, a to nepřímo přispívá k vysoké úrovni produktivity;
- zrakového výkonu, když jsou pracovníci schopni vykonávat zrakové úkoly i při obtížných podmínkách a během dlouhé doby.

4.3.2 Rozložení jasu

Rozložení jasu v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu. Velmi dobře vyvážený adaptační jas je potřebný ke zvětšení:

- zrakové ostrosti (ostrosti vidění);
- kontrastní citlivosti (rozlišení malých poměrných rozdílů jasu);
- účinnosti zrakových funkcí (jako akomodace, konvergence, zmenšování zornice, očních pohybu atd.).

Rozložení jasu v zorném poli ovlivňuje také zrakovou pohodu. Z tohoto důvodu je nutné vyloučit:

- příliš velké jasy, jež mohou zvětšit oslněný;
- příliš velké kontrasty jasu, jež mohou způsobit únavu v důsledku trvalé adaptace zraku,
- příliš malé jasy a kontrasty jasu, jež vedou k monotónnímu nestimulujícímu pracovnímu prostředí.

Účelný rozsah činitelů odrazu hlavních povrchů místnosti:

- strop 0,6 až 0,9;
- stěny 0,3 až 0,8;
- pracovní roviny 0,2 až 0,6;
- podlaha 0,1 až 0,5.

4.3.3 Osvětlenost

Osvětlenost a její rozložení v místě zrakového úkolu a v jeho bezprostředním okolí mají velký vliv na to, jak rychle bezpečně a pohodlně osoba vnímá a vykonává zrakový úkol.

Všechny hodnoty osvětlenosti jsou udržované osvětlenosti a zajišťují potřebnou zrakovou pohodu a zrakový výkon.

Doporučené osvětlenosti v místě zrakového úkolu:

V normálních podmínkách osvětlení se požaduje přibližně 20 lx, při nichž právě začíná rozlišování rysů lidského obličeje, a tato hodnota byla přijata jako nejnižší pro řadu osvětleností. Doporučená řada osvětleností (v luxech) je: 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000. V prostorech s trvalým pobytem osob nesmí být udržovaná osvětlenost menší než 200 lx (tzv. hygienické minimum“).

4.3.4 Rovnoměrnost osvětlení

Osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Doporučuje se, aby poměr průměrných osvětleností při celkovém nebo odstupňovaném osvětlení mezi sousedními propojenými prostory (např. dvěma) nebyl menší než 1:5 (0,2).

4.3.5 Oslnění

Oslnění je pocit způsobený povrchy s velkým jasem v zorném poli a může být pocíťováno buď jako rušivé, nebo jako omezující oslněný. Oslnění způsobené odrazy v zrcadlových površích je běžně chápáno jako závojové oslnění nebo oslnění odrazem. Omezení oslnění je důležité pro vyvarování se chyb, únavy a úrazu. Ve vnitřních pracovních prostorech může být oslnění způsobeno přímo svítidly a okny s velkým jasem. Jsou-li dodrženy limity rušivého oslnění, není omezující oslnění hlavním problémem.

4.3.6 Rušivé oslnění

Index oslnění přímo od svítidel osvětlovací soustavy vnitřního prostoru musí být stanoven jednotným systémem hodnocení oslnění tabulkovou metodou CIE (UGR) podle vzorce:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_0} \sum \frac{L_2 \omega}{p^2} \right), \quad (1. 10)$$

kde L_b je jas pozadí v cd.m^{-2} vypočítaný jako svislá nepřímá osvětlenost očí pozorovatele, L jas svítící části každého svítidla ve směru očí pozorovatele v cd.m^{-2} , prostorový úhel (ve

steradiánech) svíticí části každého svítidla vzhledem k očím pozorovatele, p činitel polohy podle Gutha pro každé svítidlo podle jeho odklonu od směru pohledu.

Všechny uvažované předpoklady při stanovení UGR musí být uvedeny ve výkresové dokumentaci. Mezní hodnoty UGR jsou vybírány z řady 16, 19,22, 25, 28, kde 16 je nejnižší požadovaná hodnota zejména pro prostory s monitory a 28 pro prostory nejméně náročné.

4.3.7 Omezení oslnění cloněním

Jasně zdroje světla mohou oslňovat a zhoršovat viditelnost předmětů. Tomu se musí zabránit například vhodným cloněním světelných zdrojů nebo zastíněním oken žaluziemi. Minimální úhly clonění v následující tabulce musí být pro uvedené jasy zdrojů zajištěny.

Tab. 1. 2 Omezení oslnění cloněním [1]

Jas světelného zdroje (cd.m ⁻²)	Minimální úhel clonění (°)
20 až <50	15
50 až <500	20
Nad 500	30

4.3.8 Závoje oslnění odrazem a oslnění odrazem

Odrazy světla v místě zrkového úkolu mohou měnit viditelnost úkolu, zpravidla ji zhoršovat. Závoje oslnění a oslnění odrazem mohou být zamezeny nebo zmenšeny těmito způsoby:

- uspořádáním svítidel a pracovních míst,
- povrchovou úpravou (matové povrchy),
- omezením jasu svítidel,
- zvětšením svíticí plochy svítidla,
- jasným stropem a jasnými stěnami.

Jakost barvy světla světelných zdrojů se charakterizuje dvěma příznaky:

- vnímaným barevným tónem světla samotného zdroje;
- jakostí podání barev, které ovlivňuje barevný vzhled předmětu osvětlovaných světelným zdrojem.

Tyto dva příznaky musí být uvažovány odděleně.

4.3.9 Podání tvaru

Podání tvaru znamená vyváženost mezi difúzním a směrovaným světlem. Je to platné kritérium jakosti osvětlení téměř ve všech typech vnitřních prostorů. Celkový dojem vnitřního prostoru je možné zlepšit, jsou-li jeho stavební tvary, osoby a předměty v něm osvětleny tak, že jejich tvar a textura se jeví jasně a příjemně. To nastává tehdy, když světlo má převážně jeden směr, stíny, jež jsou základem dobrého podání tvaru, se tvoří bez problémů.

4.3.10 Barevný tón světla

Barevný tón světla světelného zdroje se vztahuje k zdánlivé barvě (chromatičnosti) vyzařovaného světla. Ta se kvantifikuje náhradní teplotou chromatičnosti (T_{cp}). Barevný tón může být popsán také podle následujícím tabulky.

Tab. 1. 3 Teplota chromatičnosti [7]

Barevný tón světla	Teplota chromatičnosti T_c (K)
Tepla bílá	Do 3300 K
Neutrální bílá	3300 až 4500 K
Chladně bílá	4500 až 5300 K
Denní světlo	Nad 5300 K

Volba barevného tónu je záležitostí psychologie, estetiky a toho, co se považuje za přirozené. Volba závisí na úrovni osvětlení, barevné úpravě místnosti a nábytku, klimatickém pásmu a na oblasti použití. V horkých klimatických podmínkách se preferuje chladnější barevný tón, zatímco v chladnějším podnebí se upřednostňuje teplejší barevný tón světla.

4.3.11 Podání barev

Pro zrakový výkon, pocit celkové a duševní pohody je důležité, aby barvy předmětu a lidské pokožky v prostředí byly podány přirozené, věrně a tak, aby lidé vypadali přitažlivě a zdravě. Pro objektivní charakteristiku vlastností světelných zdrojů z hlediska podání barev byl zaveden index podání barev R_a . Maximální hodnota R_a je 100. Tato hodnota se zmenšuje se zhoršováním jakosti podání barev. Světelné zdroje s indexem podání barev menším 80 nesmějí být použity ve vnitřních prostorech, v nichž osoby pracují nebo pobývají dlouhodobě.

4.3.12 Udržovací činitel

Projekt osvětlení musí být zpracován s uvažováním celkového udržovacího činitele vypočítaného pro zvolené osvětlovací zařízení, prostředí a plán údržby. Doporučená osvětlenost pro každý zrakový úkol se provádí jako udržovaná osvětlenost. Udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníku, svítidel, prostředí a na plánu údržby.

Projektant musí:

- uvést udržovací činitel a přehled předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty;
- specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí;
- připravit kompletní plán údržby, včetně intervalu výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a místností a způsobu jeho provádění.

Udržovací činitel z se stanoví jako součin dílcích činitelů

4.3.13 Energetická hlediska

Osvětlovací soustava musí vyhovovat požadavkům na osvětlení daného prostoru bez plýtvání energií. Přesto je důležité nedělat kompromisy z hlediska vizuálního a jednoduše nezmenšovat spotřebu energie. To vyžaduje zvolit vhodnou osvětlovací soustavu, zařízení, řízení, možnost regulace a využití dostupného denního světla.

4.3.14 Denní světlo

Denní světlo může poskytnout úplné nebo částečné osvětlení pro zrakový úkol. Jeho úroveň a spektrální složení se s časem mění, a tím se mění i vnitřní prostor. Denní světlo vytváří zvláštní modelaci a rozložení jasů v důsledku téměř vodorovného směru jeho toku od bočních oken. Okna mohou poskytovat kontakt s okolním světlem. Tomuto kontaktu většina lidí dává přednost. V místnostech s bočními okny se poskytované světlo prudce zmenšuje se vzdáleností od oken. K zajištění požadovaného osvětlení na pracovních místech a k vyrovnání rozložení jasů v místnosti je nutné doplňkové osvětlení. K zajištění vhodného spolupůsobení umělého a denního osvětlení může být použito manuální nebo automatické spínání anebo stmívání.

5 VÝPOČET UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ

Účelem výpočtů je stanovit počet a rozmístění svítidel, aby byla zajištěna optimální pohoda světelného mikroklimatu. Zvolená metoda závisí na kategorii osvětlení a projekčním stupni. Uvedené metody se používají pro orientační stanovení počtu svítidel osvětlovací soustavy ve fázi projekční přípravy k územnímu nebo stavebnímu řízení. Ve fázi realizační projektové dokumentace jsou světelně technické výpočty osvětlení prováděny na počítači s použitím výpočetních programů firem vyrábějících svítidla. V programech jsou zahrnuty veškeré údaje od vyráběných svítidel potřebné pro přesný výpočet.

5.1 Metoda poměrného příkonu

K stanovení příkonu osvětlovací soustavy poslouží metoda poměrného příkonu. Požadovaný příkon vypočteme dle vzorce:

$$P = p \cdot S \cdot \frac{E}{100}, \quad (1. 11)$$

kde P je požadovaný příkon osvětlovací soustavy, p je poměrný příkon, S plocha místnosti a E osvětlenost (lx).

5.2 Metoda toková

U tokové metody se určuje světelný tok zdrojů potřebný pro zjištění požadované osvětlenosti. Potřebný počet svítidel se pak určí dle vzorce:

$$n_s = \frac{E_m \cdot S}{\eta_{os} \cdot z \cdot \Phi_s}, \quad (1. 12)$$

kde n_s je počet svítidel osvětlovací soustavy, Φ_s světelný tok všech zdrojů jednoho svítidla, E_m udržovaná osvětlenost prostoru, S je plocha prostoru, n_s činitel využití osvětlovací soustavy.

Z udržovací činitel (0,45 – 0,65), který se stanoví jako součin dílčích činitelů

5.3 Metoda bodová

Bodová metoda výpočtu platí přesně pouze pro bodový zdroj světla, jehož rozměry se blíží k nule. Skutečný zdroj má však vždy určité rozměry, což způsobuje určitou chybu výpočtu. Aby se tato chyba zmenšila, rozdělují se světelné zdroje podle poměru jejich rozměrů ke vzdálenosti od kontrolního místa na zdroje bodové, přímkové a plošné.

Pro osvětlenost E pro zdroj bodový v určitém bodě roviny kolmé ke směru osvětlování platí kvadratický zákon.

$$E = \frac{I}{l^2} \quad (1. 13)$$

V případě, že paprsky dopadají na osvětlovanou plochu pod určitým úhlem, platí kosinový zákon.

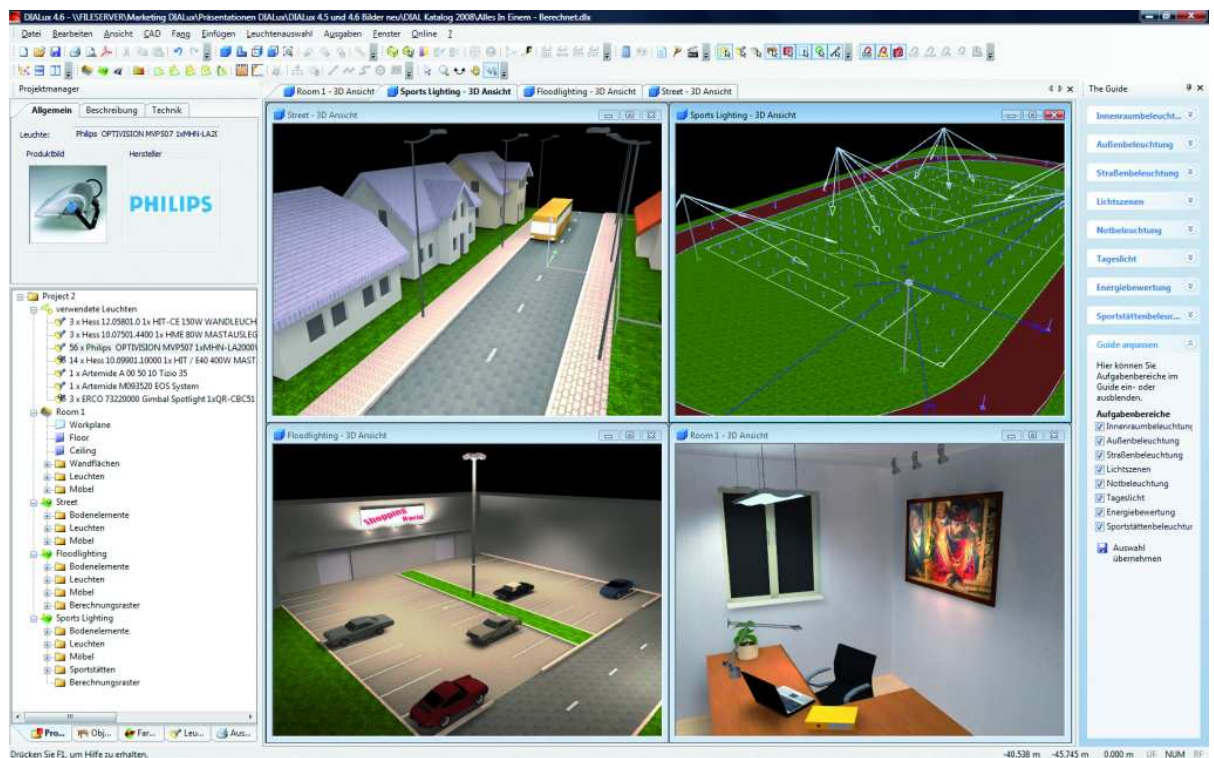
$$E = \frac{I}{l^2} \cdot \cos \gamma, \quad (1. 14)$$

kde E je osvětlenost (lx), l je vzdálenost zdroje od osvětlované plochy, $\cos \gamma$ je úhel mezi svislicí a kontrolním bodem a I svítivost v daném směru.

6 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

6.1 Popis programu Dialux

Program Dialux je produktem stejnojmenné firmy, který je volně ke stažení na www.dialux.de. Program pracuje v mnoha jazycích včetně češtiny, což značně usnadňuje jeho ovládání. Při světelně-technických výpočtech se řídí evropskými normami určenými pro osvětlování (např. EN 13201-2, 3 a dalšími). Pomocí programu je možné navrhovat různé druhy osvětlení (jako: vnitřních prostor, venkovního osvětlení a uličního osvětlení sportovišť a jiné). Při práci s programem je možné použít online databázi svítidel, což uživateli umožňuje obrovskou variabilitu a také mu usnadní práci se sháněním dat o daném svítidle. Je tedy jen na uživateli programu, jakého výrobce a jaký druh svítidla si zvolí.



Obr. 1. 18 Prostředí programu Dialux

6.2 Postup návrhu osvětlovací soustavy

Při návrhu osvětlovacích soustav byl použit program Dialux, postup byl podle bodů:

- **Projekt vnitřního umělého osvětlení pro celkové osvětlení ordinace zubního lékaře**

- ***Výběr svítidel podle výrobce***

Zvolení firmy a druhu svítidla (je možné navolit i více druhů svítidel). V mém případě jsem zvolil firmu OMS SK a použil svítidlo OMS Classic ASN T8 2x36W EVG respektive OMS Classic ASN T8 2x58W EVG. Jako zdroj světla byli vybrány pětipásmové zářivky Philips TL-D 36W/940.

- ***Výběr třídy hodnocení osvětlení***

Třídu osvětlení volíme podle normy ČSN 12464-1 [2].

- ***Zadání dat o projektu***

Je potřeba zadat nebo zvolit všechny parametry: jméno projektu, rozměry místnosti, odrazy stěn místnosti, které v tomhle případě byli dány požadavkem na předem vybranou barvu stěn, velikost a umístění oken a jiných tvorů přírodního světla, vzdálenost mezi svítidly, výška světelného bodu, požadovaná střední osvětlenost v místnosti.

- ***Výpočet (varianty)***

Program podle zadaných parametrů vypočte počet svítidel v místnosti, tak aby byla dodržena minimální osvětlenost, hodnota rušivého oslnění UGR, které jsou vypočítány ke konkrétnímu bodu pomocí funkce pozorovatel, tak aby výsledné hodnoty odpovídali ČSN 12464-1.

- ***Vlastní výběr svítidla***

Při výběru svítidla je dobré brát v úvahu několik faktorů, které mohou výrazně ovlivnit jak pořizovací cenu nové osvětlovací soustavy, tak i náklady na její provoz a to hlavně spotřebu elektrické energie.

- ***Spuštění výpočtu***

Po spuštění výpočtu je možné prohlížet okna, která nám program nabízí jako např: zobrazení půdorysu, 3D pohled, hodnoty osvětlení na srovnávací rovině, 3D zobrazení osvětlenosti atd.

- **Výstup hodnot (tisk do formátu.pdf)**

Zde je možné vybrat různé výstupy, které program nabízí a provádět úpravy formátu. Výstupy hodnot osvětlovacích soustav jsou uvedeny v příloze č. 1

6.3 Kontrola výstupních hodnot a porovnání s hodnotami v ČSN 12464-1

Hodnoty E_m , UGR_L a R_a s ČSN 12464-1 pro zubní ordinace jsou uvedeny v tabulce 1.4. Vypočtené hodnoty v příloze č. 1 porovnáme s hodnotami v tabulce 1.4.

Tab. 1. 4 mezní hodnoty celkového osvětlení pro zubní ordinaci [2]

	E_m (lx)	UGR_L (max)	R_a (min) (viz 3.3.12)
Celkové osvětlení	500	19	80

- Hodnota E_m nesmí klesnout pod 500 lx, co je v našem případě splněno
- Hodnota UGR_L nesmí být vyšší než 19, co je opět v našem případě splněno
- Hodnota R_a nesmí klesnout pod 80, co je splněno výběrem sv. zdroje TL-D 36W/940, který má index $R_a > 92$

Závěr

Při navrhování soustavy umělého vnitřního osvětlení musí projektant dbát na dodržení mnoha předpokladů, které zajistí, že umělé osvětlení prostor bude funkční, estetické, bude splňovat hygienické normy a předpisy. Projektant osvětlovací soustavy musí znát, a svůj projekt přizpůsobit všem kritériím výpočtu umělého osvětlení, aby osoby v takto osvětlených prostorech měli pocit pohody, a pro svou činnost měli dostatek kvalitního osvětlení.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] KOUDELKA, Ctirad. Světlo a osvětlování [online]. Ostrava: VŠB-TUO, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Poslední změna 2006. [Cit. 15.5.2013]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/svetloAosvetlovani05.pdf>
- [2] Technická norma ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení-Osvětlení pracovních prostorů-Část 1. Vnitřní a pracovní prostory*. 2004, s. 56.
- [3] PHILIPS. *Světelné zdroje-profesionální* [online]. Poslední změna 2013. [Cit. 15. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.ecat.lighting.philips.cz/l/svetelne-zdroje-profesionalni/30701/cat/>
- [4] WIKIPEDIE. *LED* [online]. Poslední změna 2013. [Cit. 15. 5. 2013]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [5] MOSKAU DESIGN. *LED* [online]. Poslední změna 2013. [Cit. 15. 5. 2013]. Dostupné z: http://nd04.jxs.cz/741/606/1fbd92879f_71769147_o2.jpg
- [6] LINDA, Josef. *Elektrické světlo*. Vyd. 1, Plzeň: ZČU, 1993. ISBN 80-7082-094-2.
- [7] LINDA, Josef. *Elektrické světlo*. Vyd. 2, Plzeň: ZČU, 1993. ISBN 80-7082-167-1.
- [8] HABEL, Jiří. *Světelná technika a osvětlování*. Vyd. 1, FCC-PUBLIC, s.r.o., 1995, s. 437. ISBN: 8090198503.
- [9] Encyklopedie fyziky. *Tematické celky v encyklopedii* [online]. Poslední změna 2013. [Cit. 15.5.2013]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- [10] DIAL GMBH. Light, building, software [online]. Poslední změna 2013. [Cit. 15. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.dial.de/DIAL>

Příloha č.1

Stomatologická ordinace

MUDr. Nohavec

Návrh umělého vnitřního osvětlení: Projekt má za úkol výpočet umělého vnitřního osvětlení ordinace zibního lékaře s ohledem na platnou normu ČSN 12464-1. Osvětlení je navrženo jako nejdostupnější spojení ceny a kvality, s ohledem na snadnou údržbu.

Datum: 19.05.2013

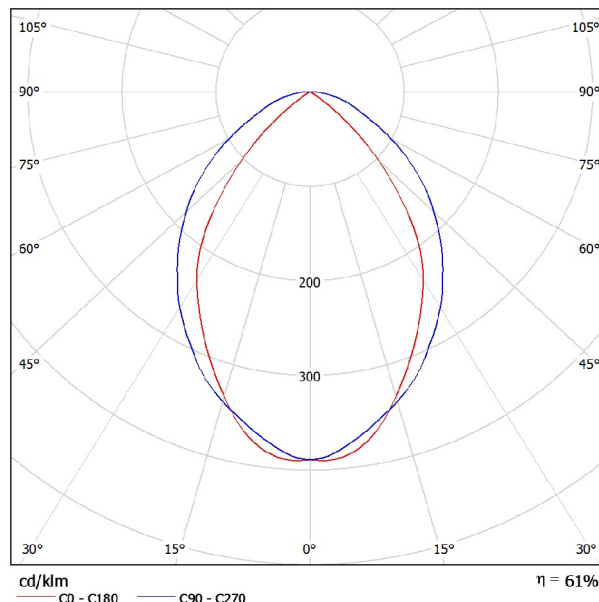
Zpracovatel: Richard Michalica

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W / Datový list svítidla

Výstup světla 1:

Obrázek svítidla najdete v našem katalogu svítidel.



Klasifikace svítidel dle CIE: 100
Kód CIE Flux Code: 67 92 99 100 61

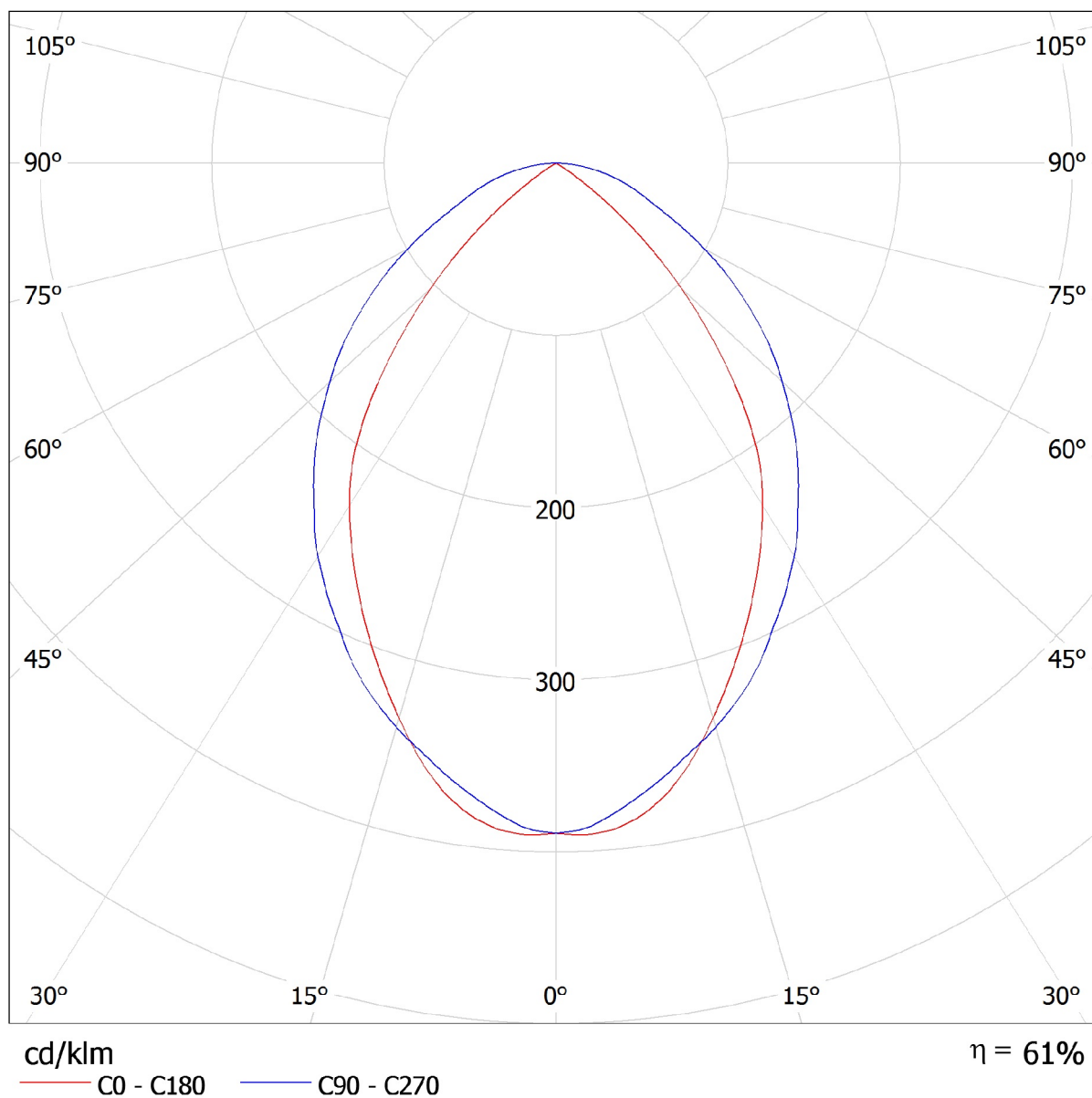
Výstup světla 1:

Vyhodnocení oslnění dle UGR											
ρ Strop	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Stěny	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Podleha	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Velikost místnosti X Y	Směr pohledu napříč k ose lampy					Podélný směr pohledu k ose lampy					
2H	2H	13.1	14.1	13.4	14.3	14.6	18.4	19.4	18.7	19.6	19.9
	3H	12.9	13.9	13.2	14.1	14.4	19.5	20.4	19.8	20.7	20.9
	4H	12.9	13.7	13.2	14.0	14.3	20.0	20.9	20.3	21.2	21.4
	6H	12.8	13.6	13.1	13.9	14.2	20.5	21.3	20.8	21.6	21.9
	8H	12.8	13.5	13.1	13.8	14.1	20.6	21.4	21.0	21.7	22.0
4H	12H	12.7	13.5	13.1	13.8	14.1	20.7	21.5	21.1	21.8	22.1
	2H	13.6	14.5	13.9	14.7	15.0	18.3	19.2	18.6	19.5	19.7
	3H	13.5	14.2	13.9	14.6	14.9	19.5	20.3	19.9	20.6	20.9
	4H	13.5	14.1	13.8	14.4	14.8	20.2	20.8	20.6	21.2	21.5
	6H	13.4	13.9	13.8	14.3	14.7	20.8	21.3	21.2	21.7	22.1
8H	12H	13.3	13.8	13.8	14.2	14.6	21.0	21.5	21.5	21.9	22.3
	4H	13.7	14.2	14.1	14.6	15.0	20.1	20.6	20.5	21.0	21.4
	6H	13.7	14.1	14.1	14.5	14.9	20.8	21.2	21.2	21.6	22.1
	8H	13.6	14.0	14.1	14.4	14.9	21.1	21.4	21.5	21.9	22.3
	12H	13.6	13.9	14.1	14.4	14.9	21.3	21.6	21.8	22.1	22.6
12H	4H	13.8	14.2	14.2	14.6	15.1	20.1	20.5	20.5	20.9	21.4
	6H	13.7	14.1	14.2	14.5	15.0	20.7	21.1	21.2	21.5	22.0
	8H	13.7	14.0	14.2	14.5	15.0	21.0	21.3	21.5	21.8	22.3
Variance polohy pozorovatele pro vztáčenosti svítidel S											
S = 1.0H	+1.3 / -3.5					-0.2 / -0.2					
S = 1.5H	+2.5 / -6.3					-0.5 / -0.5					
S = 2.0H	+4.1 / -7.4					-1.4 / -1.4					
Standardní tabulka	BK01					BK05					
Korekturní sčítanec	-6.1					2.3					
Korigované oslňovací indicie, vztážené na b/100lm Celkový světelný tok											

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W / LVK (Polárně)

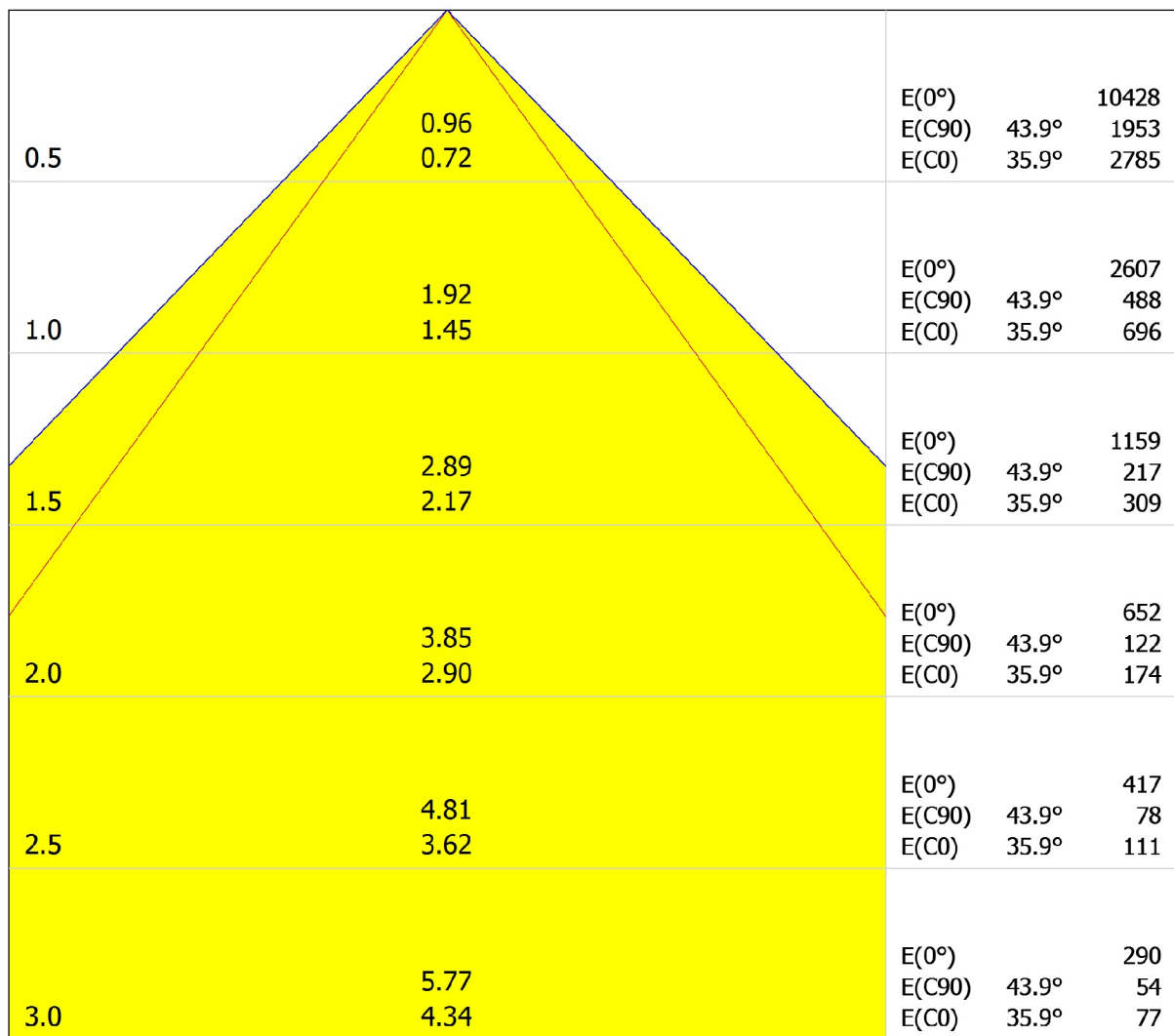
Svítilno: OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W
Zdroje: 2 x T8 36W



Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W / Kuželový diagram

Svítilidlo: OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W
Zdroje:: 2 x T8 36W



Vzdálenost [m]

Průměr kužele [m]

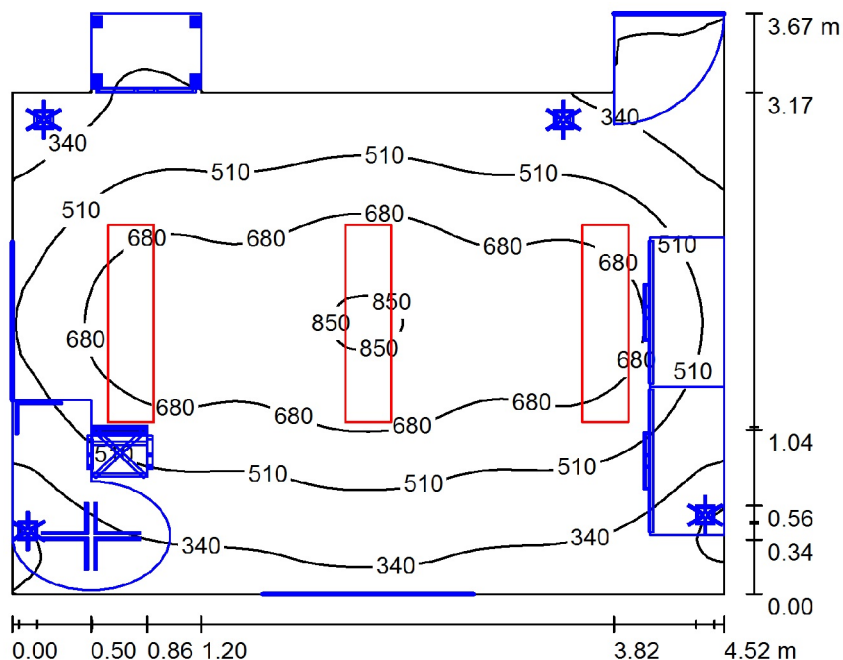
Intenzita osvětlení [lx]

— C0 - C180 (úhel polovicní hodnoty: 71.8°)

— C90 - C270 (úhel polovicní hodnoty: 87.8°)

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Shrnutí



Výška místnosti: 2.700 m, Montážní výška: 2.700 m, Činitel údržby: 0.80

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:48

Plocha	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Uživatelská úroveň	/	521	64	866	0.123
Podlaha	52	366	16	588	0.044
Strop	70	104	71	164	0.686
Stěny (11)	41	180	9.60	425	/

Uživatelská úroveň:

Výška: 0.850 m
Rastr: 128 x 128 Body
Okrajová zóna: 0.000 m

Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	Φ (Svítilno) [lm]	Φ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	3	OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W (1.000)	4098	6700	84.0
			Celkem: 12294	Celkem: 20100	252.0

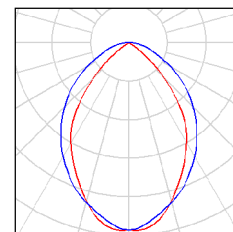
Specifický příkon: $16.77 \text{ W/m}^2 = 3.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Základní plocha: 15.03 m^2)

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Kusovník svítidel

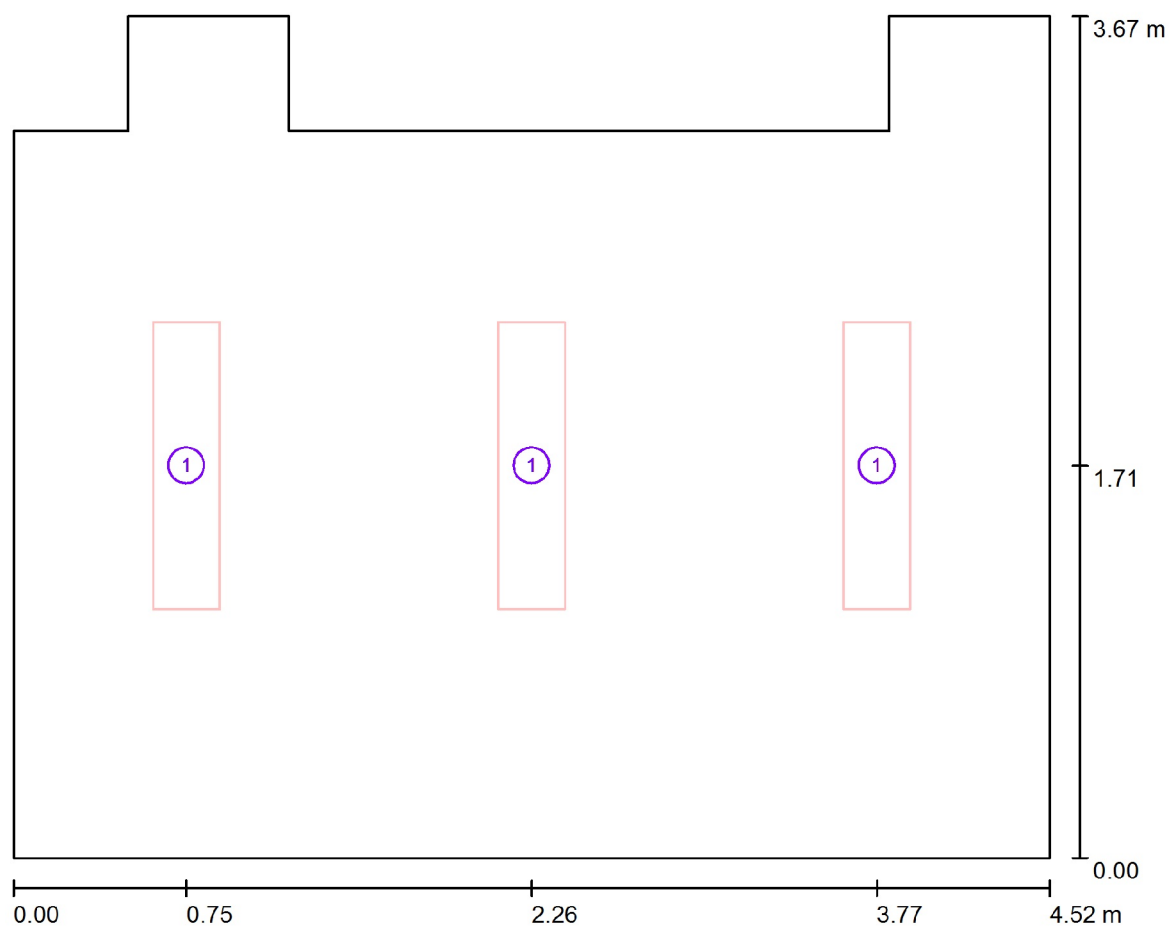
3 ks OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W
C. výrobku:
Světelný tok (Svítilno): 4098 lm
Světelný tok (Zdroje:): 6700 lm
Výkon svítidla: 84.0 W
Klasifikace svítidel dle CIE: 100
Kód CIE Flux Code: 67 92 99 100 61
Osazení: 2 x T8 36W + 6500 Kelvin (Opravný faktor 1.000).

Obrázek svítidla najdete
v našem katalogu
svítidel.



Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Svítidla (situační plán)



Měřítko 1 : 33

Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení
1	3	OMS s.r.o. Classic AS T8 LA 2x36W

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Světelně technické výsledky

Celkový světelný tok: 12294 lm
Celkový výkon: 252.0 W
Činitel údržby: 0.80
Okrajová zóna: 0.000 m

Plocha	Průměrné intenzity osvětlení [lx]			Stupeň odrazu [%]	Průměrný jas [cd/m ²]
	přímé	nepřímé	celkový		
Uživatelská úroveň	447	74	521	/	/
Podlaha	301	65	366	52	61
Strop	0.00	104	104	70	23
Stěna 1	104	96	200	29	18
Stěna 2	80	81	162	29	15
Stěna 3	37	72	109	90	31
Stěna 4	28	78	106	90	30
Stěna 5	0.46	68	68	90	20
Stěna 6	153	114	267	29	25
Stěna 7	19	108	126	90	36
Stěna 8	58	97	155	90	44
Stěna 9	22	116	137	90	39
Stěna 10	101	78	179	29	17
Stěna 11	74	91	165	29	15

Rovnoměrnosti na pracovní rovině

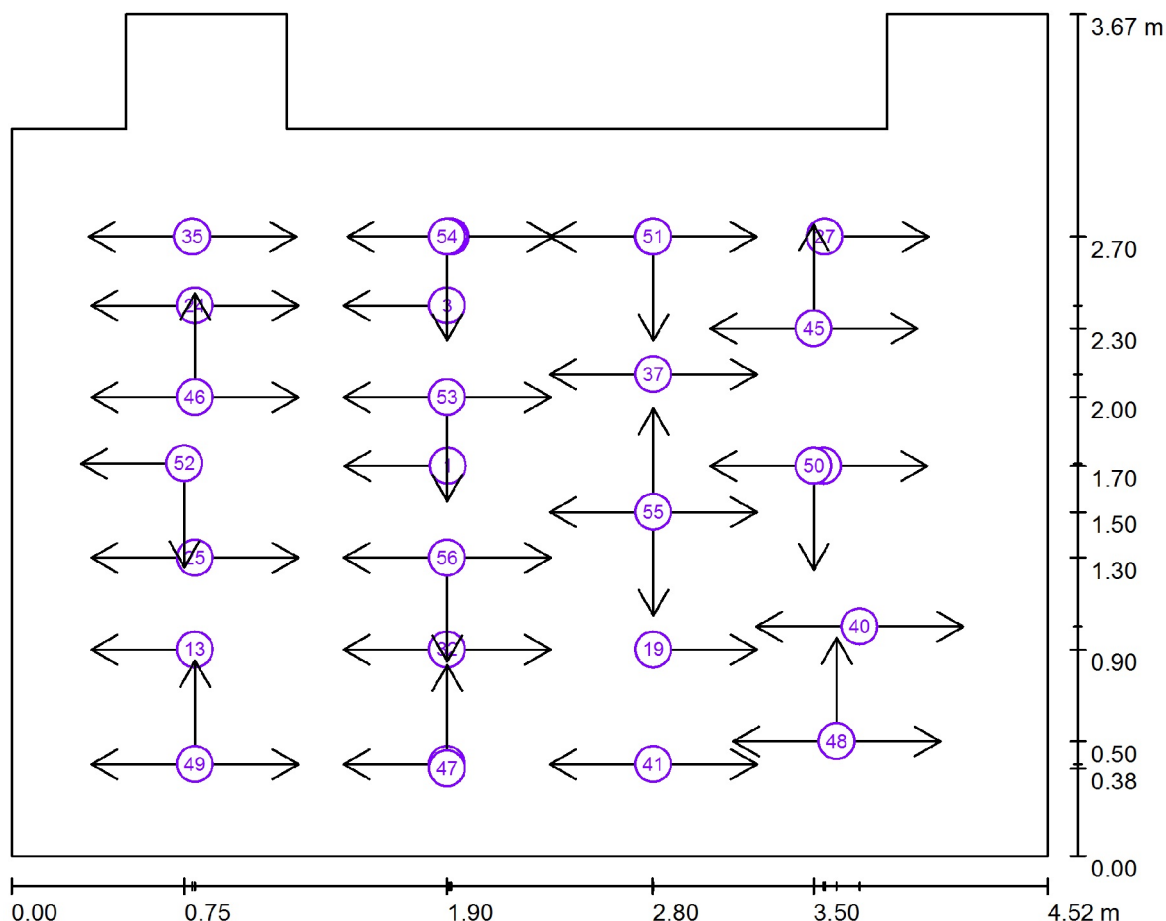
E_{\min} / E_m : 0.123 (1:8)

E_{\min} / E_{\max} : 0.074 (1:13)

Specifický příkon: $16.77 \text{ W/m}^2 = 3.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Základní plocha: 15.03 m^2)

Zpracovatel Richard Michalica
 Telefon
 Fax
 e-mail

Místnost 1 / Pozorovatel UGR (přehled výsledků)



Měřítko 1 : 33

Seznam výpočtových bodů UGR

Č.	Označení	Pozice [m]			Směr pohledu [°]	Hodnota
		X	Y	Z		
1	Výpočtový bod UGR 3	1.903	1.700	1.200	180.0	17
2	Výpočtový bod UGR 6	3.542	1.700	1.200	0.0	/
3	Výpočtový bod UGR 3	1.900	2.400	1.200	180.0	15
4	Výpočtový bod UGR 3	1.900	2.000	1.200	180.0	16

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Pozorovatel UGR (přehled výsledků)

Seznam výpočtových bodů UGR

Č.	Označení	Pozice [m]			Směr pohledu [°]	Hodnota
		X	Y	Z		
5	Výpočtový bod UGR 3	1.900	1.300	1.200	180.0	16
6	Výpočtový bod UGR 3	1.900	0.900	1.200	180.0	15
7	Výpočtový bod UGR 3	1.900	0.400	1.200	180.0	13
8	Výpočtový bod UGR 3	0.753	1.710	1.200	180.0	/
9	Výpočtový bod UGR 3	1.917	2.700	1.200	180.0	14
10	Výpočtový bod UGR 3	0.800	2.400	1.200	180.0	/
11	Výpočtový bod UGR 3	0.800	2.000	1.200	180.0	/
12	Výpočtový bod UGR 3	0.800	1.300	1.200	180.0	/
13	Výpočtový bod UGR 3	0.800	0.900	1.200	180.0	/
14	Výpočtový bod UGR 3	0.789	2.700	1.200	180.0	/
15	Výpočtový bod UGR 3	0.800	0.400	1.200	180.0	/
16	Výpočtový bod UGR 6	3.500	2.300	1.200	0.0	/
17	Výpočtový bod UGR 6	3.700	1.000	1.200	0.0	/
18	Výpočtový bod UGR 6	3.600	0.500	1.200	0.0	/
19	Výpočtový bod UGR 6	2.800	0.900	1.200	0.0	15
20	Výpočtový bod UGR 6	2.800	2.100	1.200	0.0	16
21	Výpočtový bod UGR 6	2.798	2.700	1.200	0.0	14
22	Výpočtový bod UGR 6	2.800	1.500	1.200	0.0	16
23	Výpočtový bod UGR 6	2.800	0.400	1.200	0.0	13
24	Výpočtový bod UGR 6	0.800	2.400	1.200	0.0	14
25	Výpočtový bod UGR 6	0.800	1.300	1.200	0.0	14
26	Výpočtový bod UGR 6	0.800	2.000	1.200	0.0	14
27	Výpočtový bod UGR 6	3.548	2.700	1.200	0.0	/
28	Výpočtový bod UGR 6	1.911	2.700	1.200	0.0	<10
29	Výpočtový bod UGR 6	1.911	2.700	1.200	0.0	<10
30	Výpočtový bod UGR 6	1.911	2.700	1.200	0.0	<10
31	Výpočtový bod UGR 6	1.900	2.000	1.200	0.0	<10
32	Výpočtový bod UGR 6	1.900	0.900	1.200	0.0	<10
33	Výpočtový bod UGR 6	1.900	1.300	1.200	0.0	<10
34	Výpočtový bod UGR 6	0.800	0.400	1.200	0.0	12
35	Výpočtový bod UGR 6	0.789	2.700	1.200	0.0	13
36	Výpočtový bod UGR 3	2.800	2.700	1.200	180.0	<10
37	Výpočtový bod UGR 3	2.800	2.100	1.200	180.0	<10
38	Výpočtový bod UGR 3	3.500	2.300	1.200	180.0	15
39	Výpočtový bod UGR 3	2.800	1.500	1.200	180.0	<10
40	Výpočtový bod UGR 3	3.700	1.000	1.200	180.0	14

Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Pozorovatel UGR (přehled výsledků)

Seznam výpočtových bodů UGR

Č.	Označení	Pozice [m]			Směr pohledu [°]	Hodnota
		X	Y	Z		
41	Výpočtový bod UGR 3	2.800	0.400	1.200	180.0	<10
42	Výpočtový bod UGR 3	3.600	0.500	1.200	180.0	13
43	Výpočtový bod UGR 3	3.500	1.700	1.200	180.0	16
44	Výpočtový bod UGR 3	2.800	1.500	1.200	90.0	/
45	Výpočtový bod UGR 3	3.500	2.300	1.200	90.0	/
46	Výpočtový bod UGR 3	0.800	2.000	1.200	90.0	/
47	Výpočtový bod UGR 3	1.900	0.381	1.200	90.0	19
48	Výpočtový bod UGR 3	3.600	0.500	1.200	90.0	19
49	Výpočtový bod UGR 3	0.800	0.400	1.200	90.0	19
50	Výpočtový bod UGR 3	3.500	1.700	1.200	-90.0	/
51	Výpočtový bod UGR 3	2.800	2.700	1.200	-90.0	18
52	Výpočtový bod UGR 3	0.753	1.710	1.200	-90.0	/
53	Výpočtový bod UGR 3	1.900	2.000	1.200	-90.0	/
54	Výpočtový bod UGR 3	1.900	2.700	1.200	-90.0	18
55	Výpočtový bod UGR 3	2.800	1.500	1.200	-90.0	/
56	Výpočtový bod UGR 3	1.900	1.300	1.200	-90.0	/

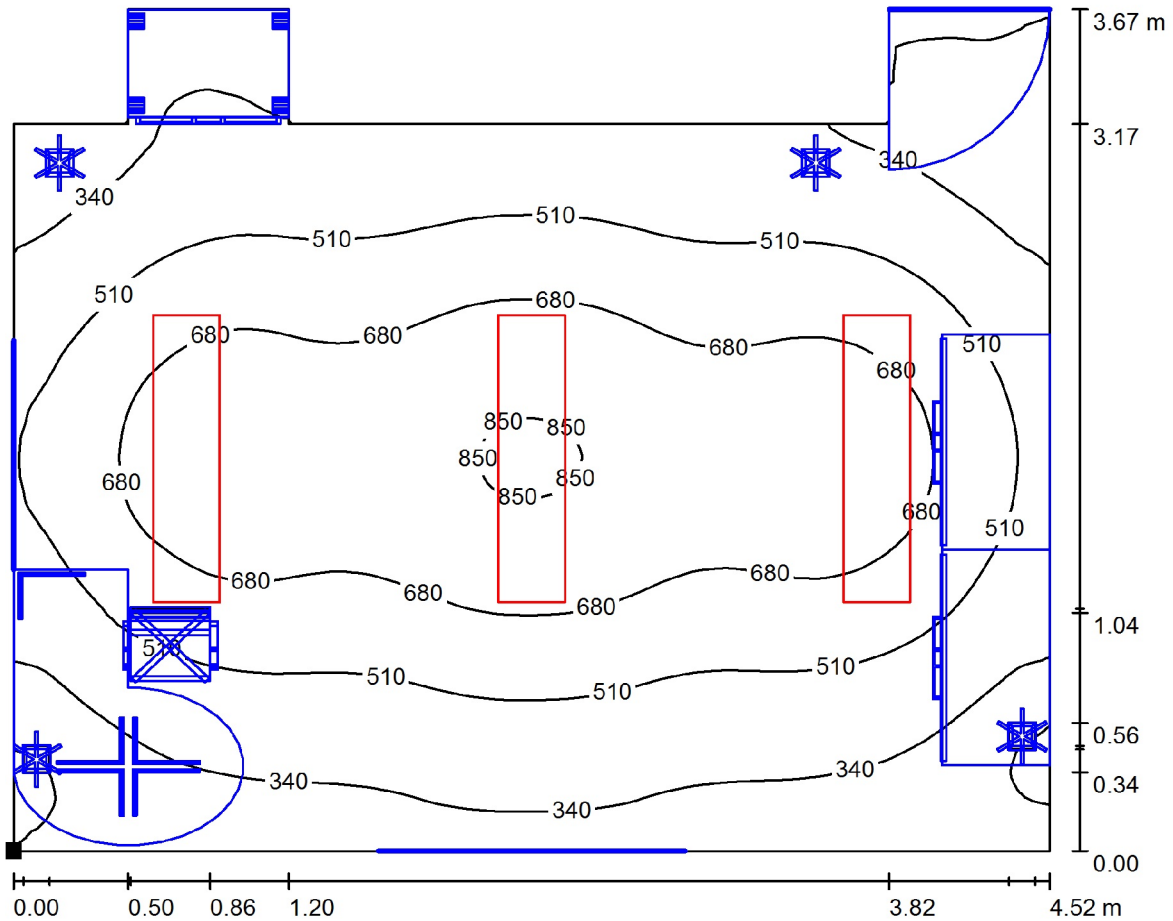
Zpracovatel Richard Michalica
Telefon
Fax
e-mail

Místnost 1 / Ztvárnění 3D



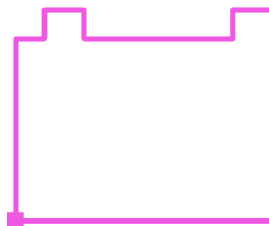
Zpracovatel Richard Michalica
 Telefon
 Fax
 e-mail

Místnost 1 / Uživatelská úroveň / Isolinie (E)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 33

Poloha plochy v místnosti:
 Označený bod:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Rastr: 128 x 128 Body

E_m [lx]
521

E_{min} [lx]
64

E_{max} [lx]
866

E_{min} / E_m
0.123

E_{min} / E_{max}
0.074