

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh osvětlovací soustavy průmyslového objektu.

**Vedoucí práce: Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc.
Autor: Bc. Zdeněk Uhlík**

2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk UHLÍK**
Osobní číslo: **E11N0140P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektroenergetika**
Název tématu: **Návrh osvětlovací soustavy průmyslového objektu**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Navrhněte osvětlovací soustavu průmyslového objektu.
2. Vyberte vhodná svítidla.
3. Vypočtete profesionálním programem intenzitu osvětlení v pracovním prostoru, určete koeficient rovnoměrnosti osvětlení.
4. Proveďte ekonomické zhodnocení, investiční náročnost, dobu životnosti daného zařízení.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Ve své práci jsem se zaměřil na návrh osvětlení průmyslové haly.

Zpracoval jsem návrh osvětlovací soustavy tokovou metodou. Tento návrh jsem následně ověřil profesionálním programem. Využil jsem program Modus Wils, ve kterém jsem provedl výpočet intenzity osvětlení v pracovním prostoru a stanovil koeficient rovnoměrnosti osvětlení.

V závěru práce je provedeno ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Kompaktní zářivka, index podání barev, udržovací činitel, toková metoda, světelný tok, měrný světelný výkon

Annotation

In my thesis I concentrated on a suggestion of lighting system of industrial building. I worked up the suggestion of the lighting system with flow method. Subsequently I verified this proposal with professional program. I used program Modus Wils, in which I calculated the intensity of light in the work area. Next I determined lighting uniformity coefficient. In conclusion is carried out the economic evaluation.

Keywords

Compact fluorescent lamp, color rendering index, maintenance factor, flow method, luminous flux, luminous efficacy

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil literárních pramenů a informací, které uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací. Také prohlašuji, že veškerý software použitý při tvorbě mé práce je legální.“

V Plzni dne 6.5.2013

Jméno, příjmení

.....

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému konzultantovi Václavu Valešovi za cenné rady a konzultace při tvorbě mé diplomové práce. Dále bych rád vyjádřil poděkování svému vedoucímu Prof. Ing. Janu Mühlbacherovi, CSc.

Obsah práce:

Úvod	10
Použité symboly	11
1. Elektrické světlo	12
1.1 Zdroje elektrického světla.....	12
1.1.1 Přehled světelných zdrojů.....	12
1.1.2 Základní parametry světelných zdrojů.....	13
1.1.3 Žárovka	15
1.1.4 Halogenová žárovka	16
1.1.5 Lineární zářivka	18
1.1.6 Kompaktní zářivka.....	21
1.1.7 Vysokotlaká rtuťová výbojka	22
1.1.8 Vysokotlaká halogenidová výbojka.....	23
1.1.9 Nízkotlaká sodíková výbojka	24
1.1.10 Vysokotlaká sodíková výbojka.....	25
1.1.11 Indukční výbojka	26
1.1.12 LED dioda.....	28
1.2 Svítidla	30
1.2.1 Co je svítidlo.....	30
1.2.2 Druhy a dělení svítidel.....	30
2. Návrh osvětlovací soustavy	32
2.1 Požadavky na osvětlení plynoucí z technických norem	32
2.2 Popis a parametry osvětlovaného prostoru	32
2.3 Návrh osvětlovací soustavy	33
2.3.1 Metody výpočtu	33
2.3.2 Stanovení udržovacího činitele z	33
2.3.3 Stanovení činitele využití η_E	38
2.3.4 Výpočet počtu svítidel tokovou metodou.....	39
3. Výpočet intenzity osvětlení pracovního prostoru profesionálním programem	40
3.1 Stručný popis programu	40
3.2 Náskres řešené situace.....	41
3.3 Výsledky výpočtu	43
4. Ekonomické zhodnocení návrhu osvětlení	44
4.1 Investiční náročnost	44
4.2 Doba životnosti osvětlovací soustavy	44

Použitá literatura a zdroje informací	45
Závěr	46

Úvod

Téma diplomové práce jsem si zvolil na základě mého zájmu o danou problematiku. Práci jsem rozdělil do čtyř částí. V první části se zabývám popisem světelných zdrojů, a svítidel. Druhá část se zabývá popisem požadavků na osvětlovací soustavu a ručním výpočtem osvětlovací soustavy průmyslového objektu. Ve třetí části je proveden výpočet profesionálním programem. Je určena intenzita osvětlení v pracovním prostoru a koeficient rovnoměrnosti osvětlení. V poslední, čtvrté části, je provedeno ekonomické zhodnocení, investiční náročnost a je určena doba životnosti osvětlovací soustavy.

Použité symboly

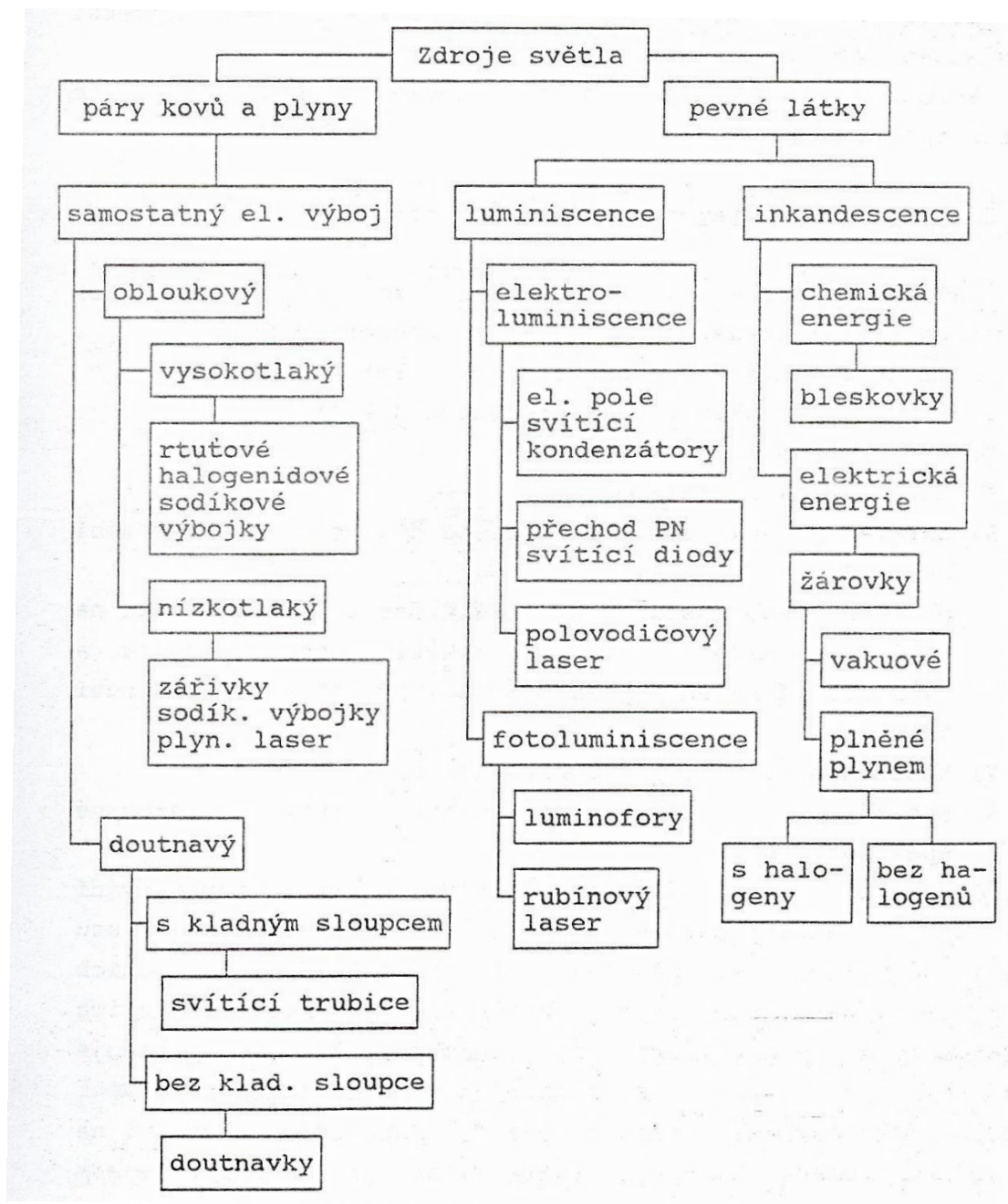
P_p [W]	příkon světelného zdroje včetně předradníku
η [lm/W]	měrný výkon
t_z [h]	doba životnosti
R_a [-]	index podání barev
ϕ [lm]	světelný tok
\bar{E}_m [lx]	požadovaná udržovaná osvětlenost (intenzita osvětlení)
S [m ²]	velikost osvětlované plochy
z [-]	udržovací činitel
η_E [-]	činitel využití
r_p [-]	činitel snížení odraznosti povrchu
z_s [-]	činitel znečištění svítidel
z_p [-]	činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru
z_z [-]	činitel stárnutí světelných zdrojů
z_{fz} [-]	činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů
γ_z [-]	konstanta charakterizující průběh činitele stárnutí
T_z [h]	časová konstanta charakterizující průběh činitele stárnutí
γ_s [-]	konstanta charakterizující znečištění svítidel
T_s [-]	časová konstanta charakterizující znečištění svítidel
γ_p [-]	konstanta charakterizující znečištění osvětlovaných povrchů
T_p [-]	časová konstanta charakterizující znečištění osvětlovaných povrchů
t [h, měsíce]	čas
ρ_m [-]	konečný činitel odrazu
ρ [-]	počáteční činitel odrazu

1. Elektrické světlo

1.1. Zdroje elektrického světla

1.1.1. Přehled světelných zdrojů

Zdroje světla lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Jsou to světelné zdroje, ve kterých světlo vzniká elektrickým výbojem v parách kovů a plynů, a zdroje s tvorbou světla v pevných látkách. Detailní rozdělení je znázorněno na obrázku 1.



Obr. 1. Zdroje světla

[Elektrické světlo II, Doc. Ing. Josef Linda, CSc., ZČU Plzeň, 1994]

1.1.2. Základní parametry světelných zdrojů

Mezi základní jmenovité parametry světelných zdrojů patří:

- světelný tok ϕ [lm]
- příkon zdroje včetně předřadníku P_p [W]
- měrný výkon η [lm/W]
- doba životnosti t_z [h]
- index podání barev R_a [-]
- provozní vlastnosti (např. závislost světelného toku na napětí, okolní teplotě...)
- pořizovací cena

Světelný tok ϕ

Tato veličina udává, kolik světla vyzáří zdroj do svého okolí všemi směry. Jedná se v podstatě o světelný výkon posuzovaný z hlediska lidského oka.

Měrný výkon η

Udává, s jakou účinností je elektrická energie přeměňována ve zdroji na světlo. Kolik světelného toku se získá z 1W elektrické energie.

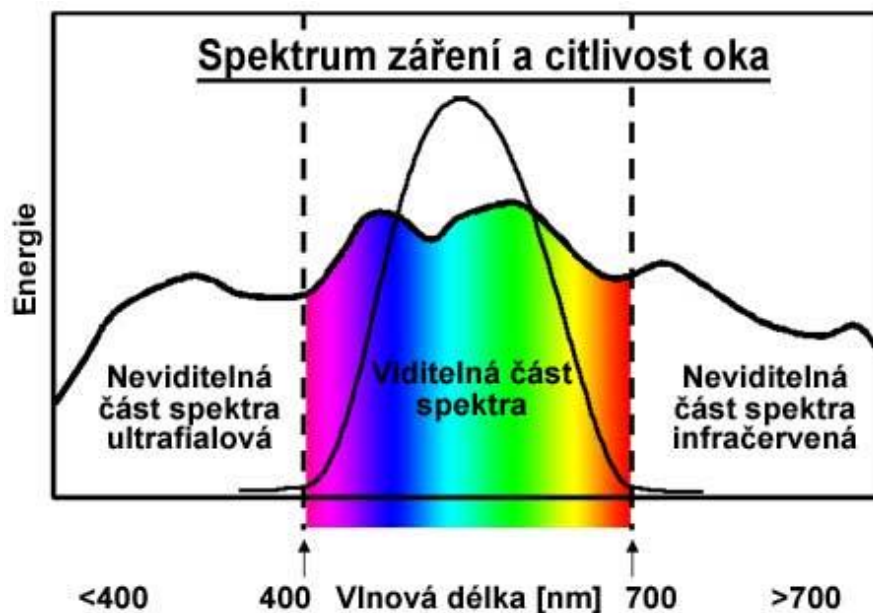
Doba životnosti t_z

Doba funkčnosti zdroje, po kterou zdroj splňuje předepsané parametry.

Index podání barev R_a

Index podání barev udává, jakou část ze spektra vnímaného lidským okem světelný zdroj vyzařuje. Tato hodnota je buďto bezrozměrná nebo se udává v procentech.

Čím vyšší je index podání barev, tím větší část okem viditelného spektra zdroj vydává.



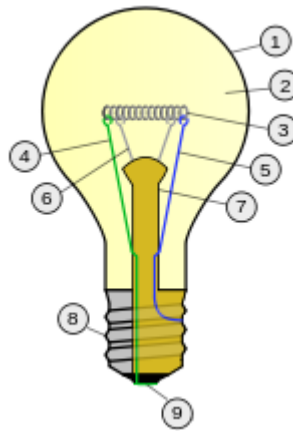
Obr.2 Spektrum záření a citlivost lidského oka

[http://www.fotografavani.cz/old-idif/fotografavani/images2/rom_spectrum.jpg]

Důležitost těchto základních parametrů světelných zdrojů se může měnit v závislosti na konkrétní aplikaci nebo projektu osvětlovací soustavy. Jako příklad lze uvést osvětlování obecných komunikací, kde nejdůležitějšími parametry jsou měrný výkon zdroje a doba životnosti. Index podání barev se v tomto případě téměř nezohledňuje. Důležitým však je v případě osvětlování interiérů.

Neexistuje žádný světelný zdroj, který by měl všechny tyto parametry optimální. Například klasická žárovka má index podání barev $R_a = 100$ a velmi nízkou pořizovací cenu, avšak její měrný výkon 12 lm/W a doba životnosti 1000 h jsou v dnešní době parametry velmi špatné. Oproti tomu sodíková výbojka má velký měrný výkon (150 lm/W), ale nízký index podání barev ($R_a = 20$) a výrazně vyšší pořizovací náklady. Vždy je tedy nutné zvolit jakýsi kompromis.

1.1.3. Žárovka



Obr. 3. Žárovka

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Incandescent_light_bulb.svg]

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1 - skleněná baňka | 2 - náplň (inertní plyn) | 3 - wolframové vlákno |
| 4 a 5 - kontaktní vlákno | 6 - podpůrné molybdenové háčky | 7 - nosná tyčinka |
| 8 - závit pro objímku (el. kontakt) | 9 -druhý el. kontakt | |

V žárovce vzniká světlo žhavením vlákna (většinou wolframové vlákno) v baňce, která je naplněna inertním plynem (argon, krypton, xenon) nebo směsí plynů. Vlákno je uchyceno na molybdenových háčcích, které jsou zakotveny do nosné skleněné tyčinky ve spodní části baňky.

Výhody žárovky jsou především nízká pořizovací cena, vysoký index podání barev, jednoduchý provoz bez pomocných zařízení, vysoká automatizace výroby a použití nejedovatých materiálů. Mezi výhody lze zařadit i závislost světelného toku na napájecím napětí a proto se této vlastnosti využívá při stmívání žárovek.

Nevýhodami jsou nízký měrný výkon a krátká životnost, způsobená odpařováním wolframového vlákna.

1.1.4. Halogenová žárovka

Halogenová žárovka je principiálně téměř shodná s klasickou žárovkou. Dosahuje se v ní však vyšších teplot a tím i bělejšího světla a vyššího měrného výkonu.

V halogenové žárovce probíhá tzv. halogenový regenerační cyklus. V baňce je naplněn inertní plyn s příměsí halogenů (jod, brom, chlor) a jejich sloučeniny. Tyto příměsi výrazně omezují odpařování wolframu z vlákna a jeho usazování na stěnách baňky. Atomy wolframu, které se odpaří z vlákna, se v chladnějších místech baňky (u stěn) slučují s halogenovým plynem a vytváří sloučeninu halogenid wolframu. Tato sloučenina se vrací zpět do míst s vyšší teplotou (k vláknu) a zde dochází ke štěpení zpět na halogen a wolfram. Wolfram se usazuje zpět na vlákno (na jeho chladnější části), a tím způsobuje snížení odpařování vlákna.

Aby však mohl tento proces probíhat, je nutné zajistit potřebný teplotní režim. Je nutné zmenšit vnitřní objem žárovky a zvýšit povrchovou teplotu baňky (nad 250 °C). Baňky halogenových žárovek se proto vyrábějí z křemenného skla. Povrch křemenného skla se však snadno poruší, pokud byl před zahřátím žárovky na provozní teplotu zamaštěn (stačí dotykem ruky).

Halogenové žárovky se vyrábí ve dvou provedeních, dvoupaticové (lineární) a jednopaticové. Lineární dvoupaticová žárovka je na obrázku 4.1 a jednopaticová žárovka je na obrázku 4.2.



Obr. 4.1 Lineární halogenová žárovka

[http://www.hcstatic.cz/data/images/725/medium_img_725839.jpeg]



Obr. 4.2 Jednopaticová halogenová žárovka

[http://www.globallux.cz/pic_zbozi/gxzh024.jpg]

V dnešní době se pro světelné zvýraznění některých prvků v interiéru využívají žárovky vybavené speciálními reflektory s různými vyzařovacími úhly od 8° až do 60°. Tento typ žárovky je na obrázku 4.3.



Obr. 4.3 Halogenová žárovka s reflektorem

[http://elektro-instalacni-material.cz/_obchody/minimax2.shop5.cz/prilohy/1/halogenova-zarovka-eco-gu10-230v-40w-0.jpg.big.jpg]

Výhody halogenových žárovek jsou:

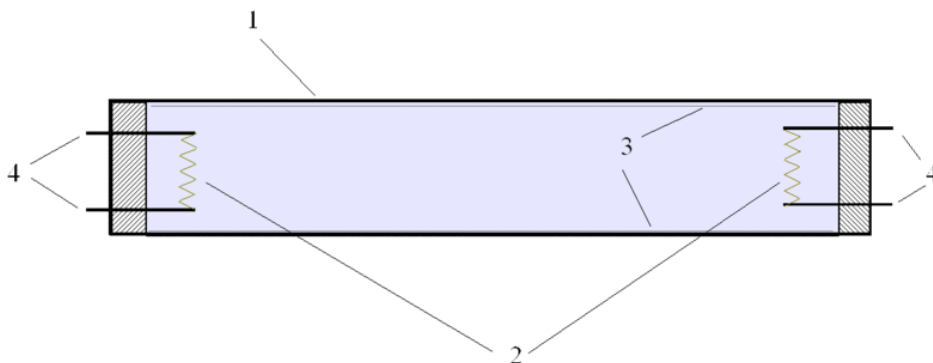
- vyšší světelný tok a měrný výkon než u klasické žárovky,
- delší doba životnosti,
- stálý světelný tok po celou dobu životnosti.

Nevýhodou halogenových žárovek je především jejich vyšší cena.

1.1.5. Lineární zářivka

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky. Tlak rtuťových par je 0,6 Pa. Kromě rtuti obsahuje výbojová trubice i vzácné plyny (argon, směs argonu a neonu), které usnadňují zapálení výboje a snižují jeho zápalné napětí. Tyto plyny také omezují tzv. rozprašování materiálu elektrod (materiál elektrod se odpařuje do trubice vlivem vysokých teplot). Elektrody zářivky jsou tvořeny wolframovými spirálami, na jejichž povrchu je vrstva kysličníků (barya, vápníku, stroncia) s velkou emisní schopností, která usnadňuje zapálení výboje. Elektrody jsou uchyceny na nosném systému a vyvedeny na kolíčkovou patici.

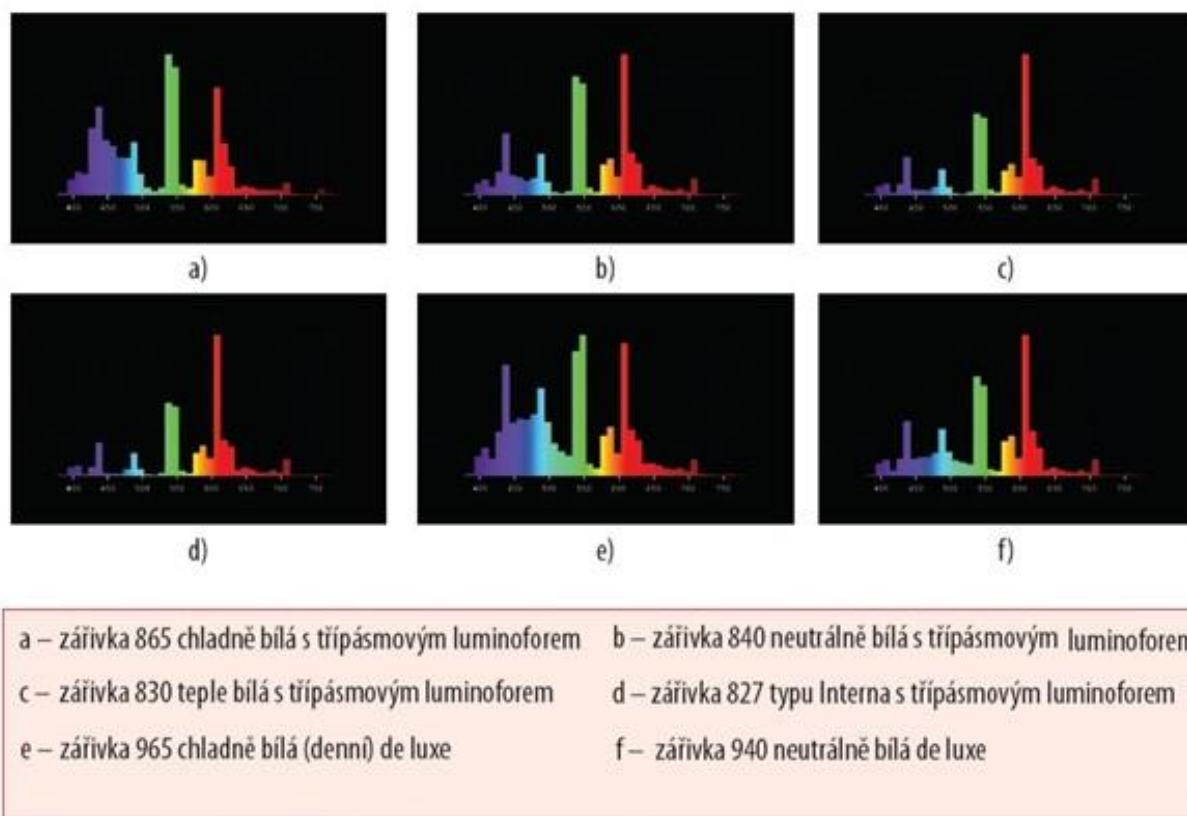
Výboj v parách rtuti vyzařuje v oblasti viditelného záření jen malou část přivedené energie (cca 2%). Přibližně 60% přivedené energie je vyzařeno v oblasti UV záření. Toto UV záření se pomocí vrstvy luminoforu, která je nanášena na vnitřní stěně trubice, převede na viditelné světlo. Energie převedená na světlo odpovídá asi 19 % energie UV záření, zbytek energie UV záření je pohlcen sklem trubice.



Obr. 5.1 Nákres lineární zářivky

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Fluorescent_tube1.GIF/220px-Fluorescent_tube1.GIF]

1 - skleněná trubice 2 - žhavené elektrody 3 – luminofor 4 - vnější kontakty



Obr. 5.2 Spektra různých druhů lineárních zářivek.

[http://elektrika.cz/obr/09_svet.zdroj_07V.JPG]

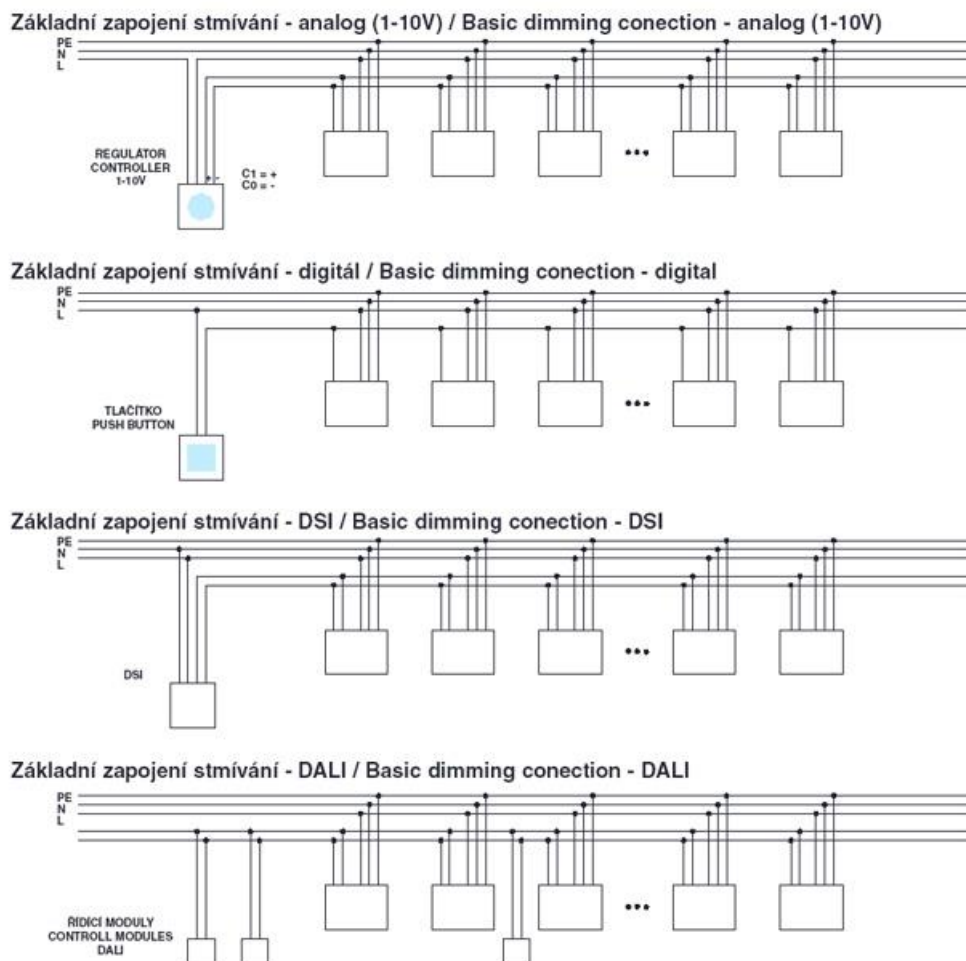
Výhodou lineárních zářivek je vyšší měrný výkon než má halogenová a klasická žárovka (až 100 lm/W) a také jejich životnost (při zapínání 8x za 24 hodin je životnost cca 8 000 hodin).

Nevýhodou zářivek je závislost světelného toku na teplotě trubice nebo okolí. Nejvyšší světelný tok vyzařují zářivky při teplotě trubice cca 40°C (teplota okolí cca 25°C). Při vyšších či nižších teplotách tento světelný tok klesá.

Ještě do nedávné doby se mezi nevýhody řadila též nemožnost stmívání lineárních zářivek. Dnes však bývají lineární zářivky vybaveny elektronickým předřadníkem, který slouží především jako náhrada klasického zapalovače. Tento předřadník pak také umožňuje stmívání lineární zářivky.

Ke stmívání však nelze využít žárovkový stmívač. Je nutný stmívač speciální. Výrobci svítidel mají své systémy stmívání lineárních zářivek. Architektura těchto systémů je většinou podobná architektuře inteligentní elektroinstalace. Stmívač se ovládá povely vysílanými po sběrnici. Obvykle se využívá ovládací napětí 0-10 V a teprve výkonový stmívač umístěný například ve svítidle nebo rozvaděči provádí samotné stmívání zářivkových trubíc. Stmívání je možné od 1 do 100 %.

Jeden ze systémů stmívání lineárních zářivek je principiálně zobrazen na obrázku 5.3. Jedná se o sběrnicev systém DALI výrobce světelné techniky OSRAM.



Obr. 5.3 Systém stmívání lineárních zářivek DALI
[http://www.e-light.cz/pictures/ID_179_stmivani_zarivek-01.jpg]

1.1.6. Kompaktní zářivka

Kompaktní zářivka pracuje na stejném principu jako lineární zářivka. Skládá se ze zářivkové trubice a předřadníku. Trubic bývá více a mají většinou tvar písmene U, můžeme se ale setkat i s trubicemi tvarovanými do spirály. Na vnitřní stěně trubice je, stejně jako u lineární zářivky, nanesen luminofor. Uvnitř trubice je náplň malého množství rtuti a inertního plynu. O zapálení výboje se stará elektronický předřadník, který je umístěn v patici zářivky.

Patice bývá nejčastěji se závitem E27 a E14. Je to z důvodu nahrazení klasické neúsporné žárovky. Dnes se však dají koupit úsporné zářivky i s jinými závity, např. GU10 (bajonetový závit typický pro halogenové reflektorové žárovky).

Kompaktní zářivky lze v dnešní době také stmívat (obdobně jako lineární zářivky). Tato řešení nejsou zatím příliš rozšířena, ještě v nedávné době totiž vznikaly problémy se správným stmíváním zářivek od různých výrobců. Docházelo k brzkému poškození světelných zdrojů a poškození samotných stmívačů. Jediným řešením bylo zakoupení stmívače od výrobce a dle jeho doporučení zakoupení světelného zdroje výrobcem testované značky.



Obr. 6.1 Kompaktní zářivka se závitem E27

[http://aa.ecn.cz/img_upload/e6ffb6c50bc1424ab10ecf09e063cd63/albums/userpics/10009/usporna_zarovka.jpg]



Obr. 6.2 Kompaktní zářivka s reflektorem a závitem GU10

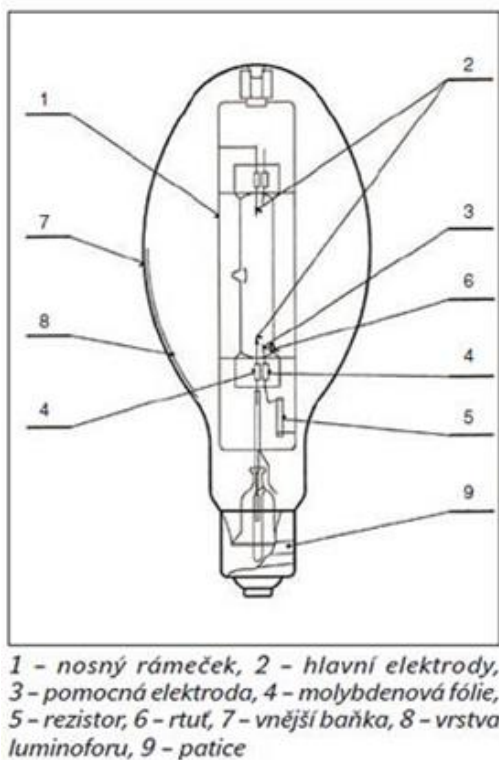
[http://www.svitidla-osvetleni.cz/svitidla-obrazky/t_334.jpg]

Výhody kompaktních zářivek je třeba hodnotit vzhledem ke světelnému zdroji, který mají nahrazovat. Tím je klasická žárovka. Výhodou kompaktní zářivky je její velký měrný výkon a dlouhá životnost.

Nevýhodou jsou výrazně vyšší pořizovací náklady než u žárovky a také zkracování životnosti častým zapínáním.

1.1.7. Vysokotlaká rtuťová výbojka

U této výbojky dochází také k vyzařování UV záření ve rtuťových parách pod tlakem 10^5 Pa. UV záření je pomocí luminoforu transformováno na viditelné světlo. Do hořáku výbojky se přidává ještě argon, který usnadňuje zapálení výboje. Konstrukce výbojky je na obrázku 7.



Obr. 7 Konstrukce vysokotlaké Hg výbojky

[<http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/svetelne-zdroje-vysokotlake-rtutove-vybojky-smesove-vybojky/2097>]

Vnější baňka eliptického tvaru je vyrobena z borosilikátového skla a je naplněna směsí argonu a dusíku. Tato náplň chrání nosný systém výbojky před oxidací, tepelně izoluje hořák a pohlcuje UV záření. Na vnitřní straně baňky je vrstva luminoforu. Nosný systém slouží k upevnění hořáku, který je vyroben z křemenného skla. Uvnitř hořáku jsou dvě hlavní wolframové elektrody žhavené výbojem. V hořáku je ještě pomocná molybdenová zapalovací elektroda, která je připojena přes odpor velikosti 10-25 kΩ k protilehlé hlavní elektrodě.

Po připojení výbojky k napětí vznikne nejdříve doutnavý výboj v argonu mezi pomocnou a hlavní elektrodou. Tento výboj postupně ohřívá hořák a tím dochází k odpařování rtuti. Po určité chvíli přejde výboj z doutnavého na obloukový mezi hlavními elektrodami.

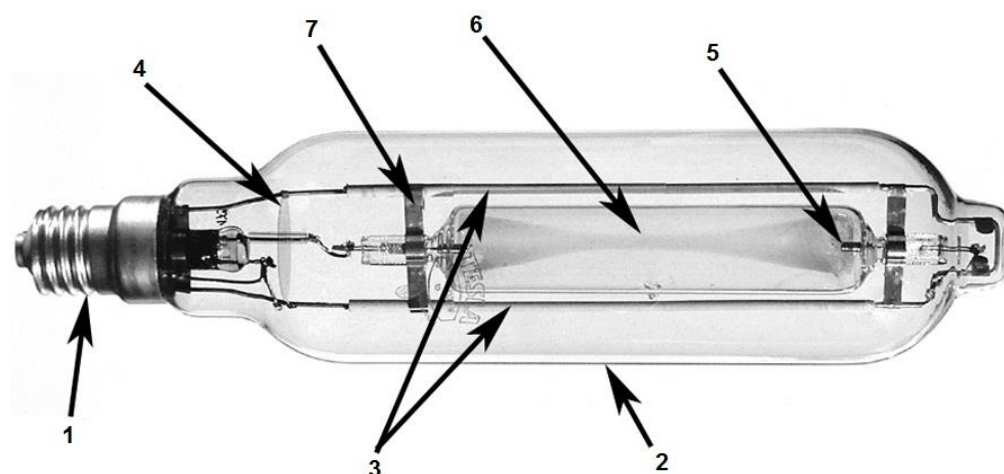
Výhodou vysokotlaké rtuťové výbojky je především velký měrný světelný výkon. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a nutnost použití předradné indukčnosti.

1.1.8. Vysokotlaká halogenidová výbojka

Princip halogenidové výbojky je obdobný jako u vysokotlaké rtuťové výbojky. Světlo vzniká výbojem rtuťových par, ve kterých jsou ale ještě přidány další prvky (sodík, lithium, thalium). Tyto prvky vznikají rozpadem přidaných halogenidů a ve výboji rtuti září. Zvyšují tak měrný světelný výkon a barevné podání zdroje (index podání barev Ra).

Po zapálení výboje se postupně odpařuje rtuť a ze stěn hořáku halogenid. Molekuly halogenidu putují směrem ke středu výboje, do míst s nejvyšší teplotou. Zde dojde k rozpadu molekul na atomy halogenu a alkalického kovu. V obloukovém výboji dojde k vybuzení atomu alkalického kovu a k vyzáření fotonu. Po vyzáření fotonu se atom kovu přesune zpět do chladnějšího místa (ke stěně hořáku) a dojde k opětovnému vytvoření halogenidu. Tento proces se neustále opakuje, lze jej přirovnat k procesu uvnitř halogenové žárovky.

Konstrukční uspořádání halogenidové výbojky je na obrázku 8.



Obr.8 Halogenidová výbojka
[<http://www.vybojky-zarovky.cz/2013/vp026.jpg>]

- 1 – patice 2 - skleněná baňka 3 - držák hořáku
4 - kolečko zabraňující teplu pronikat k patici 5 - elektroda v hořáku 6 - hořák
7 - plíšek držící hořák na konstrukci

Výhodou halogenidové výbojky je především její lepší index podání barev Ra (oproti rtuťové vysokotlaké výbojce).

Nevýhodou je závislost teploty chromatičnosti na napájecím napětí. Z tohoto důvodu je nutné udržovat kolísání napájecího napětí výbojky v rozmezí maximálně $\pm 5\%$.

1.1.9. Nízkotlaká sodíková výbojka

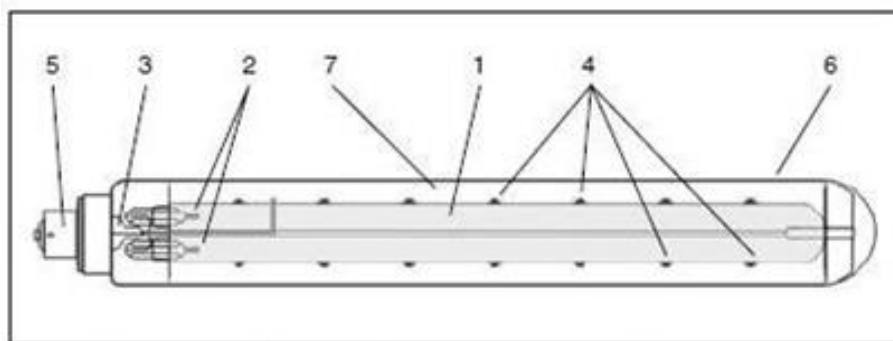
Tlak sodíkových par uvnitř hořáku je přibližně 0,5 Pa, teplota stěny výbojové trubice dosahuje až 270 °C.

Výbojová trubice bývá ohnuta do tvaru písmene U nebo bývá lineární. Trubice je vyrobena ze sodnovápenatého skla a z vnitřní strany je slabá vrstva skla boritého, které dokáže lépe odolávat agresivním parám sodíku. Trubice se plní sodíkem a neonem. Neon slouží jako zápalný plyn. Po zapnutí vznikne mezi samožhavenými wolframovými elektrodami výboj nejprve v neonu, tím dochází k zahřívání a odpařování sodíku. Při překročení teploty 200°C vznikne výboj v parách sodíku.

Světlo vyzařované nízkotlakou sodíkovou výbojkou je monochromatické, protože výbojka vyzařuje pouze vlnovou délku 589 nm a 589,6 nm. Tato vlnová délka je blízko maxima poměrné spektrální citlivosti lidského oka, a proto mají nízkotlaké sodíkové výbojky vysoký měrný výkon (až 200 lm/W).

Nevýhodou této výbojky je nulový index podání barev Ra. V takovém světle nedokáže lidské oko rozlišovat barvy.

Popis částí nízkotlaké sodíkové výbojky je na obrázku 9.



1 - výbojová trubice, 2 - katoda, 3 - nožka, 4 - chladná místa,
5 - patice, 6 - vnější baňka s odraznou vrstvou, 7 - vakuum

Obr.9 Nízkotlaká sodíková výbojka

[http://www.cne.cz/data/editor/111cs_4.png?gcm_date=1297625388]

1.1.10. Vysokotlaká sodíková výbojka

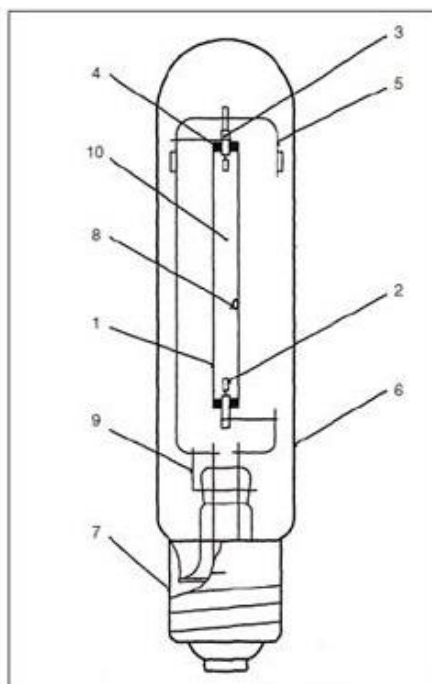
Tlak sodíkových par v této výbojce je asi $2,6 \cdot 10^4$ Pa. Při zvýšení tlaku sodíkových par dojde ke zvýšení indexu barevného podání Ra. Současně ovšem klesne měrný světelný výkon na hodnotu přibližně 140 lm/W.

Provozní teplota hořáku je velmi vysoká (až 750°C), a proto se hořák vyrábí z průsvitného polykrystalického kysličníku hlinitého (korund). Uvnitř hořáku jsou připevněny dvě wolframové elektrody s emisí kysličníkovou vrstvou. Hořák je naplněn amalgám sodíku a argonem nebo xenonem.

Vysokotlaká sodíková výbojka potřebuje pro zapálení vysokonapěťové impulzy velikosti 3-4,5 kV. Tyto impulzy zajišťuje vnější tyristorový zapalovač.

Existují však také speciální vysokotlaké sodíkové výbojky, které nepotřebují tyristorový zapalovač. Tyto výbojky mají označení SHCP a SHLP. Zapálení výboje umožňuje speciální náplň hořáku (tzv. Penningova směs) a pomocná zapalovací elektroda, která je navinuta vně hořáku.

Tyto výbojky jsou určeny především jako náhrada za vysokotlaké rtuťové výbojky, není totiž nutné provádět žádné úpravy svítidla.



1 - korundová trubička, 2 - elektroda, 3 - niobová průchodka, 4 - pájecí kroužek, 5 - nosný rámeček, 6 - vnější baňka, 7 - patice, 8 - amalgám sodíku, 9 - getr, 10 - plynná náplň

Obr. 10 Vysokotlaká sodíková výbojka

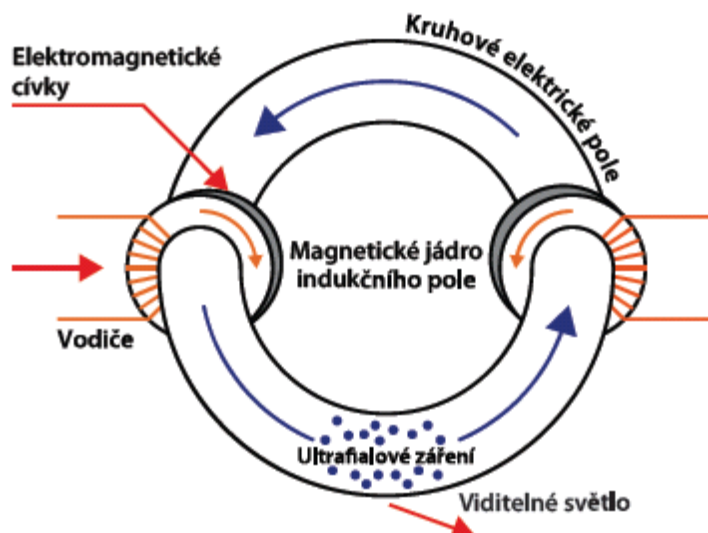
[http://www.4-construction.com/up/images/featured/slideshow/923/Vysokotlake_sodikove_vybojky_2.png]

1.1.11. Indukční výbojka

Indukční výbojka se v dnešní době teprve dostává na trh a do povědomí spotřebitelů. Pracuje na bázi vysokofrekvenčního magnetického pole (až 2,5 MHz), které je tvořeno pomocí dvou vnějších cívek, a trubice uzavřené do kruhu.

Výbojky jsou tvořeny trubicí naplněnou směsí plynů, cívkami umístěnými vně na trubici výbojky a předřadníkem.

Výboje vznikají v trubici bez použití elektrod. Elektromagnety vně trubice vytváří nestálé magnetické pole, které způsobuje, že se v molekulách média uvnitř trubice excitují elektrony. Ve chvíli, kdy se při změně magnetického pole vrací tyto elektrony zpět na svoji původní kvantovou dráhu, uvolňuje se UV záření. Toto záření se pomocí luminoforu na stěnách trubice mění ve viditelné světlo.



Obr. 11.1 Princip indukční kruhové výbojky

[http://www.lvdosvetleni.cz/loadFile.php?fn=/content/V%C3%BDbojky/princip_lvd.jpg]



.Obr. 11.2 Indukční výbojka v kruhovém provedení

[<http://www.dovimex.cz/img/p/401-1358-large.jpg>]



Obr. 11.3 Indukční výbojka v provedení nahrazujícím klasické žárovky
[<http://www.elkovo-cepelik.cz/editor/filestore/Image/teorie/genura.jpg>]

Životnost těchto výbojek bývá výrobcí udávána až 100 000 hodin. Této životnosti je dosaženo díky absenci elektrod uvnitř trubice. Nedochozí tedy k opalování elektrod.

Výhodou těchto výbojek je jejich dlouhá životnost, vysoký index podání barev (udáván $R_a=85$), rychlý náběh (výbojky nepotřebují při opětovném zapínání chladnout a nabíhají téměř okamžitě). Při náběhu nezpůsobují proudové rázy v síti a jsou schopny pracovat s udanými parametry již při $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Další výhodou, dle mého názoru nejvýraznější, je obsah rtuti ve výbojce. Rtuti je v indukční výbojce 5000 x méně než v dnes až příliš prosazovaných kompaktních zářivkách.

1.1.12. LED dioda

LED dioda je polovodičová součástka, která je tvořena přechodem PN. Pokud je tento přechod zapojen v propustném směru (na polovodič typu P se připojí kladný potenciál, na polovodič typu N záporný potenciál), začnou z oblasti polovodiče typu N přecházet elektrony do oblasti P. Elektrony v P rekombinují s volnými dírami, které polovodič typu P obsahuje. Touto rekombinací se uvolňuje energie v podobě fotonů, které tvoří světlo.

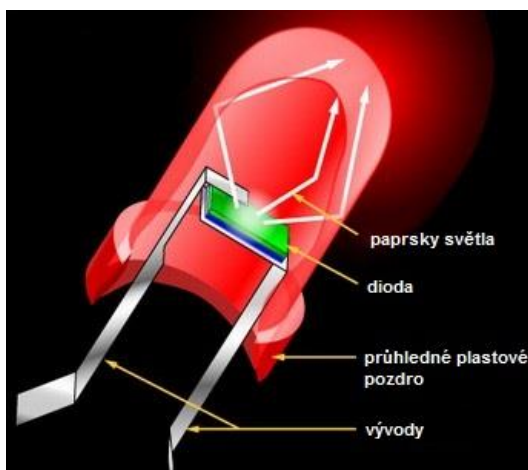
Světlo LED diody je monochromatické. Spektrum světla LED diody je závislé na chemickém složení přechodu PN.

Měrný výkon závisí na proudové hustotě a barvě světla. Příkon je velmi malý, při napětí 5V je asi 100 mW. Životnost je až 10^5 h.

Zajímavý je vznik bílého světla v LED diodě. Samotný přechod neumožňuje emitovat záření s vlnovou délkou rovnou bílému světlu. Využívají se tedy dvě technologie.

První technologie je založena na aditivním míšení barev. Dioda vyzařuje modré, zelené a červené světlo a tyto tři složky následně vytvoří bílé světlo.

Druhá technologie využívá modře svítící diodu. Do těla samotné diody emitující modré světlo se přidá luminofor. Luminoforem bývá fosfor. Ten způsobí, že část modrého světla se přetransformuje na světlo žluté (větší vlnová délka) a následným smícháním modrého a žlutého světla vznikne světlo lidským okem vnímané jako bílé. Tato technologie umožňuje dosažení indexu barevného podání $Ra=80$, což je hodnota normou požadovaná pro osvětlení obytných prostor.



Obr. 12.1 Konstrukce LED diody

[<http://www.petraenergy.cz/data/content/LED1.jpg>]



Obr. 12.2 Led „žárovka“ s paticí GU10
[http://www.b2c.cz/PRODUCT/big/285020_00342827.jpg]

V dnešní době se světelné zdroje tvořené LED diodami pomalu stávají běžnou náhradou za klasické žárovky. Ceny výrazně poklesly (přesto jsou ještě vysoké) a pokročily i technologie výroby. Na obrázku 12.2 je náhrada halogenové žárovky GU10 tvořená LED diodami.

Velkou výhodou světelných zdrojů z LED diod je jejich nízká spotřeba a dlouhá životnost (až 100 000 hodin). Měrný světelný výkon bílé diody se pohybuje okolo 30 lm/W. V laboratorních podmínkách však bylo dosaženo hodnoty 100 lm/W.

Další nespornou výhodou je, že LED zdroje pracují s velmi malým napětím a s malými hodnotami proudu. Například zelená LED dioda má potřebné napětí v propustném směru 2,6 V a modrá LED dioda 3 V.

Nevýhodou zdrojů LED je především malý vyzařovací úhel (dnes se ale vyrábějí diody s úhly až 120°). Je tedy nutné použití různých reflektorů. Dnešní vysocesvitivé diody však mívají problémy s přehříváním aktivní části (přechodu PN). Přibývá tedy nutnost chlazení, což může být problém z hlediska rozměrového.

1.2. Svítidla

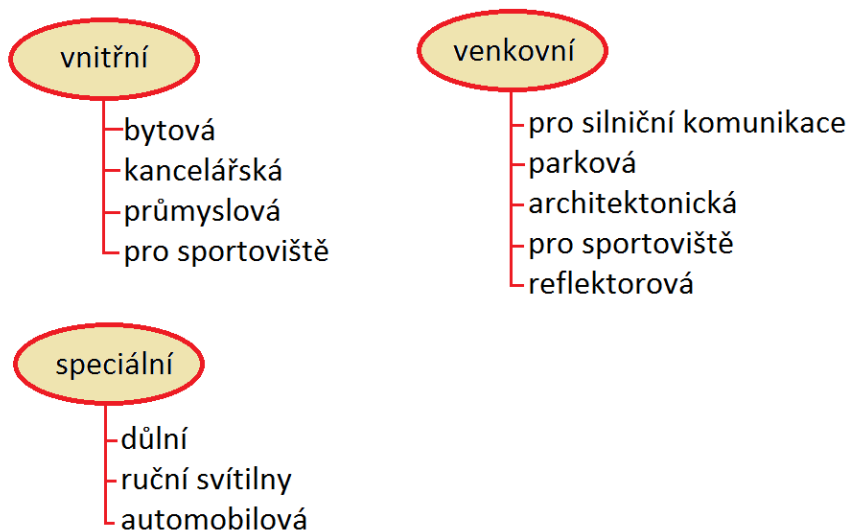
1.2.1. Co je svítidlo

Svítidlo je prvek světelné soustavy, který slouží především ke změně rozložení, rozptýlení nebo usměrnění světelných paprsků vydávaných světelným zdrojem. Může omezovat oslnění a také filtrovat nežádoucí části světelného spektra. Dále umožňuje upevnění světelného zdroje, jeho napájení a také ochranu zdroje před nežádoucími vlivy.

Svítidlo musí splňovat požadavky na snadnou montáž a údržbu. Musí mít dlouhou životnost a vysokou spolehlivost. Většina světelných zdrojů vydává velké množství tepla, toto teplo musí svítidlo umožnit odvést, ale zároveň nesmí být svítidlo těmito tepelnými účinky pro své okolí nebezpečné.

1.2.2. Druhy a dělení svítidel

Svítidla lze rozdělit dle mnohých hledisek. Na obrázku 13.1 je znázorněno dělení svítidel dle jejich použití, případně účelu.



Obr. 13.1 Dělení svítidel dle jejich použití.

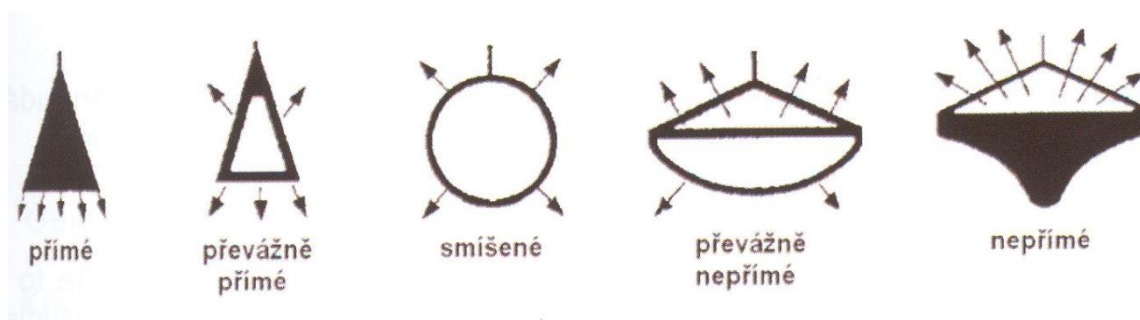
Dále lze svítidla dělit dle typu montáže na:

- závěsná
- zápusťná
- stojanová
- na stožár nebo konzolu
- přisazená (lze dále dělit na stropní a nástěnná).

Třetím způsobem třídění svítidel je třídění dle rozložení světelného toku. Toto třídění je uvedeno v tabulce 1.

Tab.1 Rozdělení svítidel dle rozložení světelného toku.

Třída rozložení sv. toku	I	II	III	IV	V
Název	přímé	převážně přímé	smíšené	převážně nepřímé	nepřímé
$\Phi_{\text{přímý}}/\Phi_{\text{celkový}}$	80-100%	60-80%	40-60%	20-40%	0-20%



Obr. 13.2 Piktogramy rozložení světelného toku
[„Světelná technika“, Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc. a kol., ČVUT Praha,2011]

2. Návrh osvětlovací soustavy

2.1. Požadavky na osvětlení plynoucí z technických norem

Osvětlování vnitřních prostorů se provádí přírodním a umělým světlem. Musí být dodrženy požadované parametry pro konkrétní zrakový úkol. Tyto parametry jsou různé pro pracovní prostory a pro odpočinkové prostory. Parametry pro pracovní prostory jsou dány požadovanou zrakovou činností, parametry pro odpočinkové místnosti jsou většinou dány požadavkem navození zrakové pohody. Při respektování všech důležitých parametrů osvětlovací soustava přispívá k vytvoření příjemného a zdravého pracovního prostředí.

Při osvětlování pracovních prostorů je nutné brát v úvahu několik aspektů. Jde samozřejmě především o rozměry objektu a jeho dispoziční řešení (umístění oken apod.). Dále je pak důležité zohlednit provedení povrchů stěn, podlahy a stropu, které má vliv na činitel odrazu.

2.2. Popis a parametry osvětlovaného prostoru

Osvětlovaným prostorem je průmyslová hala na výrobu čokoládových bonbónů. Potřebné parametry pro výpočet počtu svítidel byly získány ze stavebního projektu.

Rozměry haly jsou:

- šířka 29493 mm
- délka 48816 mm
- výška 4500 mm.

Činitel odrazu stropu je 0,7; činitel odrazu stěn je u všech stěn roven 0,5 a činitel odrazu podlahy je 0,3.

Dle normy ČSN EN 12 464-1 se jedná o čisté prostředí. Požadovaná udržovaná intenzita osvětlení pracovního prostoru \bar{E}_m je 500 lx a index podání barev R_a alespoň 80. Interval čištění svítidel je stanoven na 12 měsíců a interval obnovy povrchů na 36 měsíců.

2.3. Návrh osvětlovací soustavy

2.3.1. Metody výpočtu

Při návrhu osvětlovací soustavy se využívá několik metod. Tyto metody lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Jsou to metody tokové a metody bodové.

Tokové metody vycházejí z požadované průměrné hodnoty celkové osvětlenosti obvykle na vodorovné srovnávací rovině. Stanovuje se potřebný světelný tok zdrojů a elektrický příkon osvětlovací soustavy. Z těchto parametrů pak vyplývá počet světelných zdrojů a svítidel.

Bodové metody umožňují stanovit hodnoty ukazatelů jakosti osvětlení (například hodnoty osvětlenosti libovolně natočených a umístěných pracovních rovin). Stanovují se maximální a minimální hodnoty sledovaných veličin i hodnoty jejich rovnoměrnosti.

Výpočet tokovou metodou

Při výpočtu tokovou metodou vycházíme ze vztahu:

$$\Phi = \frac{\bar{E}_m \cdot S}{z \cdot \eta_E}$$

kde	Φ	je	světelný tok
	\bar{E}_m		normou požadovaná udržovaná osvětlenost
	S		plocha osvětlovaného prostoru
	z		udržovací činitel
	η_E		činitel využití

2.3.2. Stanovení udržovacího činitele z

Udržovací činitel z se dle normy ČSN EN 12464-1 stanovuje výpočtem jako součin jednotlivých dílčích činitelů.

Těmito činiteli jsou:

- činitel stárnutí světelných zdrojů z_z
- činitel znečištění svítidel z_s
- činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru z_p
- činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů z_{fz}

Činitel stárnutí světelných zdrojů z_z

Tento činitel se určí na základě parametrů daných výrobcem světelného zdroje. Při individuální výměně světelných zdrojů se stanovuje tento činitel dle normy ČSN EN 12464-1 podle následujícího vzorce:

$$z_z = \gamma_z + \left\{ \frac{[(1 - \gamma_z) \cdot T_z]}{2 \cdot t_z} \right\} \cdot \left[1 - e^{-2 \cdot \frac{t_z}{T_z}} \right]$$

kde t je čas v hodinách
 γ_z konstanta charakterizující průběh činitele stárnutí [-]
 T_z časová konstanta charakterizující průběh činitele stárnutí [h]
 t_z délka životnosti světelných zdrojů [h]

Z katalogu výrobce světelného zdroje jsem získal následující údaje:

- $\gamma_z = 0,81$
- $T_z = 4\,300$ h
- $t_z = 10\,000$ h

Po dosazení:

$$z_z = 0,81 + \left\{ \frac{[(1 - 0,81) \cdot 4300]}{2 \cdot 10000} \right\} \cdot \left[1 - e^{-2 \cdot \frac{10000}{4300}} \right] = \underline{0,8505}$$

Činitel znečištění svítidel z_s

Činitel znečištění svítidel se dle normy ČSN EN 12464-1 stanovuje v závislosti na provedení krytu svítidla a čistotě prostředí. Z tabulky 2 "Zatřídění svítidel" z jmenované normy jsem svítidlo zařadil do kategorie V a dle tabulky 3 "Konstanty charakterizující znečištění svítidel" jsem stanovil koeficienty T_s a γ_s (použité ve výpočtu dále) pro uvedenou kategorii a čistotu prostředí.

Tab. 2 Zatřídění svítidel

Kategorie svítidla	Kryt v horní části svítidla	Kryt v dolní části svítidla
I	1. žádný	1. žádný
II	1. žádný 2. průhledný s otvory $\eta_{sh} \geq 15\%$ 3. průsvitný s otvory $\eta_{sh} \geq 15\%$ 4. neprůsvitný s otvory $\eta_{sh} \geq 15\%$	1. žádný 2. mřížky nebo lamely
III	1. průhledný s otvory $\eta_{sh} < 15\%$ 2. průsvitný s otvory $\eta_{sh} < 15\%$ 3. neprůsvitný s otvory $\eta_{sh} < 15\%$	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

Tab. 3 Konstanty charakterizující znečištění svítidel

Kategorie svítidel	γ_s	T_s				
		prostředí velmi čisté	prostředí čisté	prostředí průměrné	prostředí špinavé	prostředí velmi špinavé
I	0,69	0,0068	0,0128	0,0200	0,0292	0,0542
II	0,62	0,0710	0,0146	0,0219	0,0315	0,0403
III	0,70	0,0139	0,0186	0,0251	0,0323	0,0414
IV	0,72	0,0117	0,0219	0,0361	0,0525	0,0755
V	0,53	0,0209	0,0343	0,0509	0,0667	0,0860
VI	0,88	0,0085	0,0173	0,0245	0,0319	0,0445

Výpočet dle ČSN EN 12464-1 :

$$z_s = e^{(-T_s \cdot t^{\gamma_s})}$$

kde T_s je časová konstanta charakterizující znečištění svítidel (tabulka 3)
 γ_s konstanta charakterizující znečištění svítidel (tabulka 3)
 t čas v měsících (zvoleno 12 měsíců dle intervalu čištění svítidel)

Po dosazení:

$$z_s = e^{(-0,0343 \cdot 12^{0,53})} = \underline{0,8798}$$

Činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru z_p

Činitel znečištění osvětlovaných ploch se stanovuje pro časový úsek, který uplynul od poslední obnovy povrchů (v tomto případě 36 měsíců) a pro míru znečištění prostoru. Určuje se konečná velikost činitele odrazu ρ_m , který se stanovuje pomocí činitele snížení odraznosti povrchu r_p .

Velikost činitele odrazu stěn je 0,5.

$$r_p = \gamma_p + (1 - \gamma) \cdot e^{\frac{-t}{T_p}}$$

kde γ_p je konstanta charakterizující znečištění osvětlovaných povrchů dle tabulky 4
 T_p časová konstanta charakterizující znečištění osvětlovaných povrchů (tab. 4)

Tab. 4 Konstanty charakterizující znečištění povrchů

Prostředí	γ_p	T_p [měsíce]
velmi čisté	0,848	16,68
čisté	0,767	15,48
průměrné	0,701	14,05
špinavé	0,635	13,33
velmi špinavé	0,571	11,39

Po dosazení:

$$r_p = 0,767 + (1 - 0,81) \cdot e^{\frac{-36}{15,48}} = 0,7856$$

Jelikož je podlaha pravidelně vytírána, zůstává činitel odrazu podlahy stále na původní úrovni. Činitel odrazu stropu není třeba uvažovat, strop není svítidly osvětlován.

Stanovení konečného činitele odrazu stěn:

$$\rho_m = r_p \cdot \rho = 0,7856 \cdot 0,5 = 0,39$$

Ze známých hodnot počáteční osvětlenosti $E_0 = 500$ lx a odpovídajícího činitele odraznosti $\rho = 0,5$ jsem pro konečný činitel odraznosti stanovil trojčlenkou konečnou osvětlenost E_1 , která je potřebná pro konečný výpočet činitele znečištění ploch osvětlovaného prostoru.

$$E_1 = 390 \text{ lx.}$$

Činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru:

$$z_p = \frac{E_1}{E_0} = \frac{390}{500} = \underline{0,78}$$

Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů z_{fz}

V tomto projektu se uvažuje individuální výměna světelných zdrojů a z tohoto důvodu se tento činitel dle normy rovná 1.

$$z_{fz} = \underline{1,00}$$

Stanovení udržovacího činitele z :

$$z = z_z \cdot z_s \cdot z_p \cdot z_{fz}$$

$$z = 0,8505 \cdot 0,8798 \cdot 0,78 \cdot 1,00$$

$$\underline{z = 0,5837}$$

2.3.3. Stanovení činitele využití η_E

Činitel využití udává, kolik světelného toku vyzařovaného světelnými zdroji se plně využije k osvětlení pracovního prostoru. Tento činitel je závislý na parametrech svítidla a osvětlovaného prostoru.

Nejdříve je potřeba určit index místnosti:

$$m = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{48\,816 \cdot 29\,493}{4500 \cdot (48\,816 + 29\,493)} = 4,0856$$

kde a, b jsou rozměry podlahové plochy
 h je výška svítidel nad pracovní plochou

Podle následující tabulky (tab.5) se pak určí činitel využití.

Tab.5

činitel odrazu ρ				
strop ρ_1	0,7			
stěny ρ_2	0,5		0,3	
podlaha ρ_3	0,3	0,1	0,3	0,1
index místnosti	η_E [%]			
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
4,0	149	128	137	122

Pro činitel odrazu stropu $\rho_1=0,7$ stěn $\rho_2=0,5$ a podlahy $\rho_3=0,3$ a index místnosti roven přibližně 4 vychází činitel využití $\eta_E=149\%$.

2.3.4. Výpočet počtu svítidel tokovou metodou

$$\Phi = \frac{\bar{E}_m \cdot S}{z \cdot \eta_E}$$

$$\Phi = \frac{500 \cdot 1439,73}{0,5837 \cdot 1,49}$$

$$\Phi = 827\,704,0817 \text{ lm}$$

počet svítidel:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_s} = \frac{827\,704,0817}{5200} = \underline{\underline{159,17}}$$

Zaokrouhluji na **n=160**.

Φ_s je světelný tok jednoho svítidla.

3. Výpočet intenzity osvětlení pracovního prostoru profesionálním programem

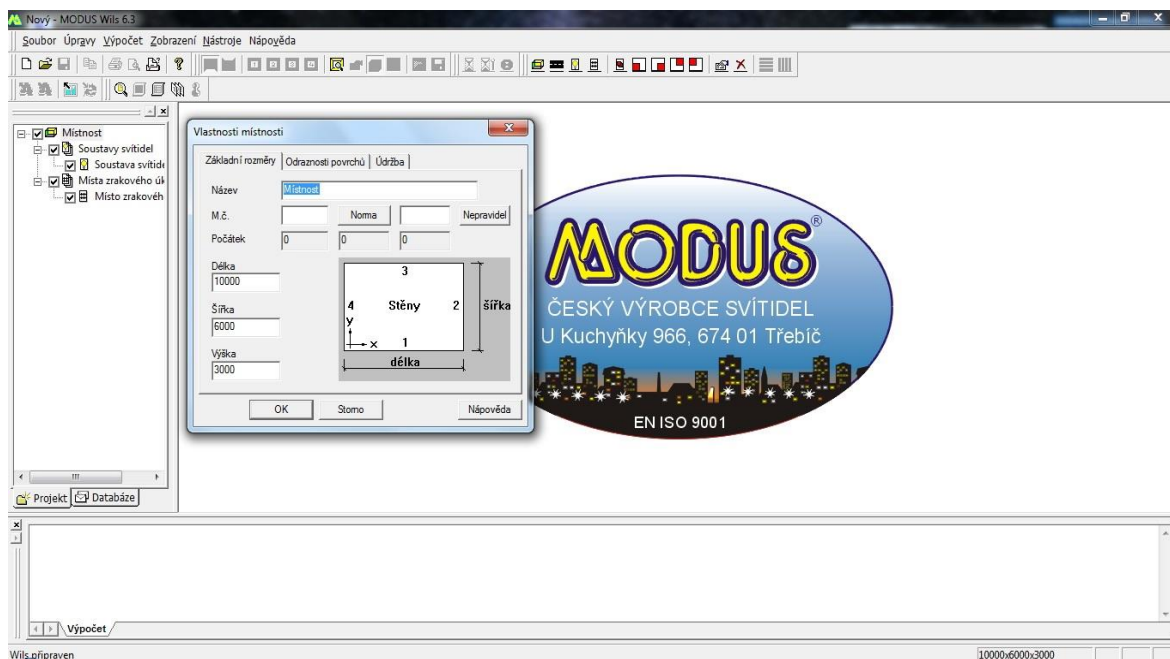
3.1. Stručný popis programu

K výpočtu intenzity osvětlení pracovního prostoru a určení koeficientu rovnoměrnosti osvětlení jsem využil program Wils od českého výrobce svítidel Modus.

Po grafické stránce patří tento program mezi méně propracované (např. oproti programům Relux a Dialux), ovšem ovládání je přehledné a nechybí ani různé nadstavbové funkce jako například výstup ve spolupráci s CAD systémy.

Výpočty jsou prováděny v souladu s platnými technickými normami a je možno je provádět několika metodami. Například bodovou metodou „dělení zdrojů“ (výpočet přímé složky osvětlenosti), metodou mnohonásobných odrazů (výpočet odražené složky osvětlenosti), tokovou metodou rychlého návrhu počtu svítidel. Lze provést výpočet udržovacího činitele a určit i činitele oslnění ve vnitřních i venkovních prostorech.

Program Wils umožňuje zobrazení výsledků výpočtů osvětlenosti nebo jasu formou tabulky nebo izo diagramu. Výsledky výpočtu činitele oslnění lze zobrazit tabulkou, izo diagramem nebo značkami oslnění.



Obr. 14.1 Pracovní prostředí programu Modus Wils.

3.2. Nákres řešené situace

Na obrázku 14.2 je snímek zachycující zadávané parametry do výpočtu v programu Wils.

Zadání

Prostor	výrobní a skladovací hala 2.etapa	-
Délka	48816	mm
Šířka	29493	mm
Výška	4500	mm

Činitel odrazu stropu	0.70	-
Činitel odrazu stěn 1,2,3,4	0.50 0.50 0.50 0.50	-
Činitel odrazu podlahy	0.30	-

Udržovací činitel	Počítán	-
Čistota prostředí	Čisté	-
Interval čištění svítidel	12	Měsíců
Interval obnovy povrchů	36	Měsíců
Interval výměny zdrojů	Individuální	-
Funkční spolehlivost	1.00	-

Použitá svítidla

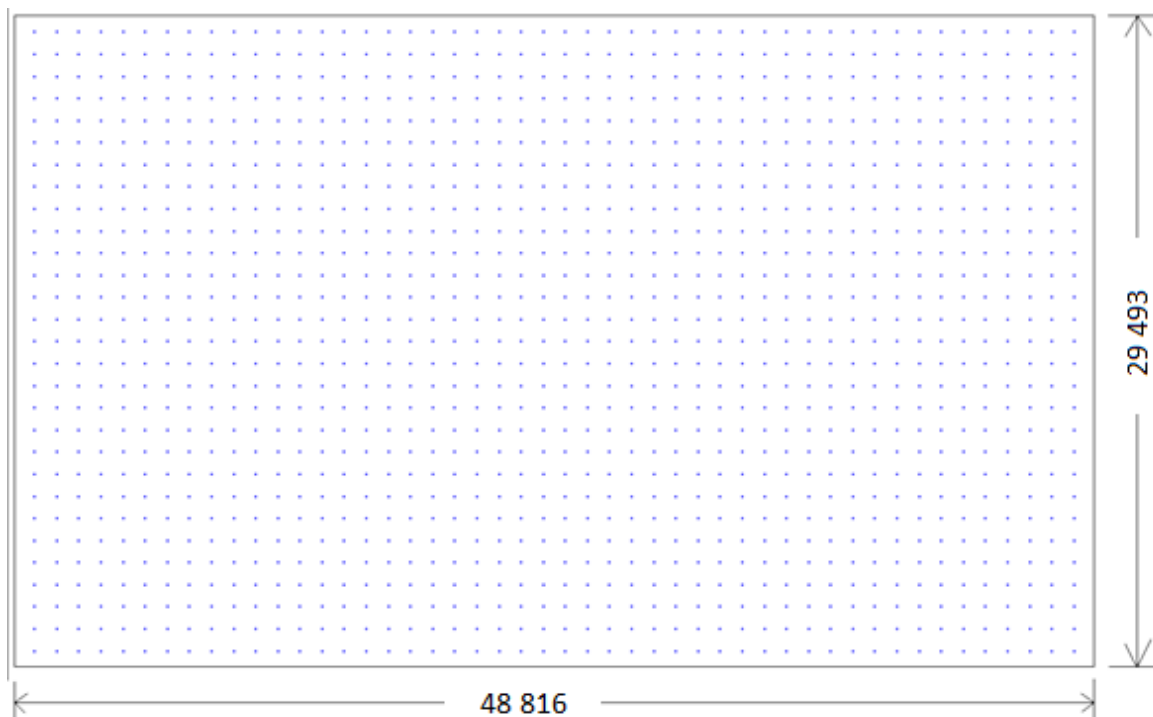
Typ	MODUS P 258 PC	-
Výrobce	MODUS Třebíč	-
Název	Zářivkové, průmyslové s krytem - PC	-
Krytí	65.00	-
Rozměry	1575 x 135 x 110	mm
Účinnost	74	%

Použité světelné zdroje

Typ	L 58 W/840 G13	-
Výrobce	OSRAM	-
Název	LUMILUX T8 Cool White 26 mm	-
Výkon	58	W
Světelný tok	5200	lm
Životnost	10000	hod
Ra	80	-

Obr. 14.2

Na obrázku 14.3 je půdorys výrobní haly se zvýrazněnou sítí kontrolních bodů pro výpočet.



Obr. 14.3

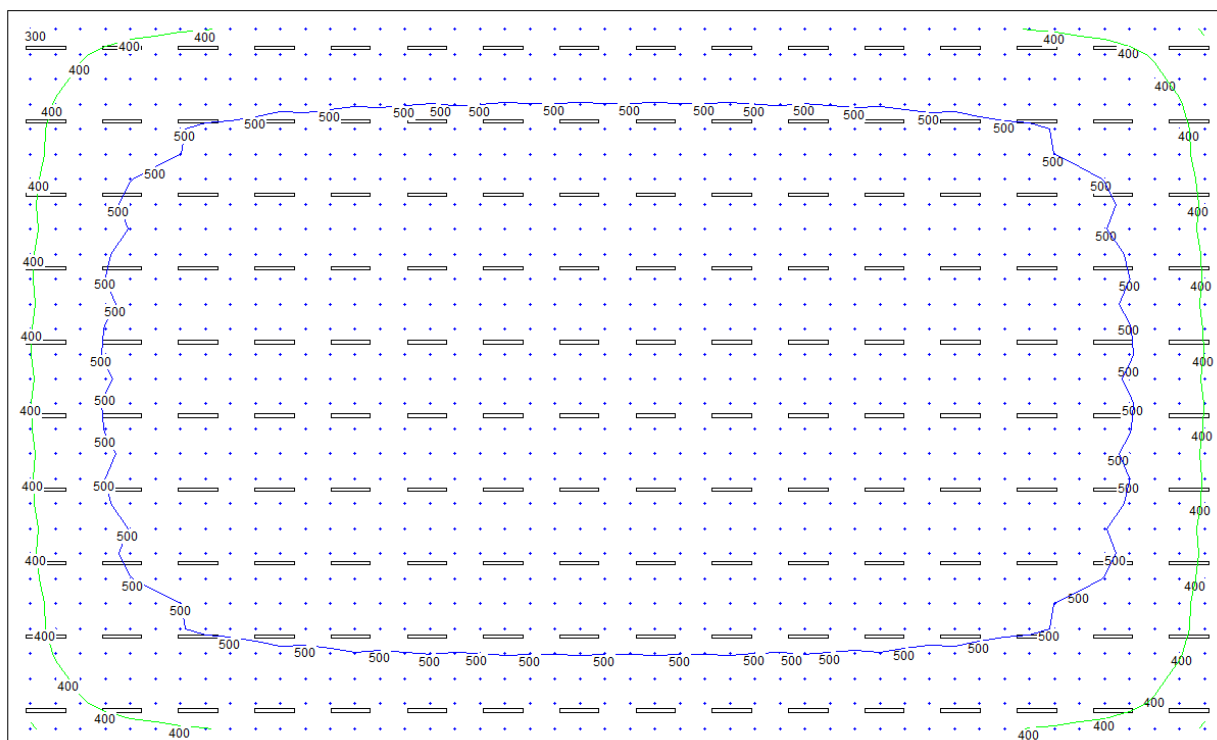
Na obrázku 14.4 jsou již rozmístěna svítidla do půdorysu haly.



Obr. 14.4

3.3. Výsledky výpočtu

Obrázek 14.5 je již zobrazením výsledku výpočtu rozložení intenzity osvětlení v pracovním prostoru. Na obrázku jsou znázorněny izoluxy (čáry spojující místa se stejnou intenzitou osvětlení).



Obr. 14.5

Výsledný koeficient rovnoměrnosti osvětlení vyšel **0,58**.

4. Ekonomické zhodnocení návrhu osvětlení

4.1. Investiční náročnost

Odhad nákladů na svítidla a světelné zdroje:

počet svítidel $p_1 = 160$ ks

počet světelných zdrojů $p_2 = 160$ ks

cena jednoho svítidla $c_1 = 906$ Kč (svítidlo Modus P 258 PC)

cena jednoho světelného zdroje $c_2 = 79$ Kč (lineární zářivka Osram Lumilux L 58W/840)

celkové náklady na svítidla a světelné zdroje:

$$N = p_1 \cdot c_1 + p_2 \cdot c_2$$

$$N = 160 \cdot 906 + 160 \cdot 79$$

$$N = \underline{157\,600 \text{ Kč}}$$

4.2. Doba životnosti osvětlovací soustavy

Jelikož jsou světelné zdroje vyměňovány individuálně, není potřeba brát v úvahu jejich životnost při stanovení doby životnosti soustavy.

Svítidla jsou dle výrobce vysoce odolná proti mechanickému poškození a proti chemickým látkám. Difuzor má dlouhou barevnou stálost a časem nežloutne.

Pokud nedojde k mechanickému poškození, může být životnost osvětlovací soustavy v tomto typu provozu 10 i více let. V této hale se předpokládá stálost teploty a čisté prostředí, jelikož se jedná o potravinářskou výrobu (cukrovinky).

Součástí svítidel jsou i elektronické předřadníky, které mají výrobcem udávanou životnost 30 000 hodin.

Použitá literatura a zdroje informací

Doc. Ing. Linda, J., CSc.: Elektrické světlo II, ZČU Plzeň, 1994

Prof. Ing. Sokanský, K., CSc. a kol.: Světelná technika, ČVUT Praha, 2011

Internet:

<http://www.svitidla-deltalight.cz/clanky/jak-vznika-navrh-osvetleni-interieru/>

<http://www.lhmagnet.cz>

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Incandescent_light_bulb.svg

http://www.hcstatic.cz/data/images/725/medium_img_725839.jpeg

http://www.globallux.cz/pic_zbozi/gxzh024.jpg

http://elektro-instalacni-material.cz/_obchody/minimax2.shop5.cz/prilohy/1/halogenova-zarovka-eco-gu10-230v-40w-0.jpg.big.jpg

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Fluorescent_tube1.GIF/220px-Fluorescent_tube1.GIF

http://aa.ecn.cz/img_upload/e6ffb6c50bc1424ab10ecf09e063cd63/albums/userpics/10009/usporna_zarovka.jpg

http://www.svitidla-osvetleni.cz/svitidla-obrazky/t_334.jpg

<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla/>

<http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/svetelne-zdroje-vysokotlake-rtutove-vybojky-smesove-vybojky/2097/>

<http://www.vybojky-zarovky.cz/2013/vp026.jpg>

http://www.cne.cz/data/editor/111cs_4.png?gcm_date=1297625388

http://www.4-construction.com/up/images/featured/slideshow/923/Vysokotlake_sodikove_vybojky_2.png

http://www.lvdosvetleni.cz/loadFile.php?fn=/content/V%C3%BDbojky/princip_lvd.jpg

<http://www.dovimex.cz/img/p/401-1358-large.jpg>

<http://www.elkovo-cepelik.cz/editor/filestore/Image/teorie/genura.jpg>

<http://www.petraenergy.cz/data/content/LED1.jpg>

http://www.b2c.cz/PRODUCT/big/285020_00342827.jpg

http://www.fotografovani.cz/old-idif/fotografovani/images2/rom_spectrum.jpg

http://elektrika.cz/obr/09_svet.zdroj_07V.JPG

http://www.e-light.cz/pictures/ID_179_stmivani_zarivek-01.jpg

http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/teorie_osvetleni.pdf

Závěr

Ve své práci jsem se zaměřil na výpočet osvětlovací soustavy tokovou metodou. Provedl jsem detailní stanovení jednotlivých činitelů dle ČSN EN 12464-1, využívaných při výpočtu potřebného světelného toku touto metodou.

Udržovací činitel z mi výpočtem dle příslušných postupů a vzorců vyšel $z = 0,5837$.

Po provedení výpočtu tokovou metodou mi vyšel počet svítidel $n = 160$.

Tento počet svítidel jsem následně ověřil ve výpočetním programu Wils. V půdorysu haly jsem vytvořil osvětlovací soustavu s vypočteným počtem svítidel a provedl výpočet intenzity osvětlení pracovního prostoru. Tím jsem ověřil, že takto navržená osvětlovací soustava vyhovuje z hlediska požadované intenzity osvětlení.

Koeficient rovnoměrnosti osvětlení, počítaný v bodu 3, vyšel 0,58.

Tato metoda výpočtu se v dnešní době příliš nepoužívá. Dnes se výpočty osvětlení provádí téměř výhradně pomocí výpočetní techniky s příslušným softwarovým vybavením. Například programem Wils, který jsem v této práci krátce popsal a provedl v něm kontrolu navržené osvětlovací soustavy. Dnešní výpočtové programy pro osvětlení využívají metody jiné (například metodu bodovou), ale především využívají kombinace více metod.