

**Česká Zemědělská Univerzita v Praze**

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Návrh osvětlení rekonstruovaných prostor vícepodlažní  
administrativní budovy

Diplomová práce

**Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.**

**Autor práce: Bc. Pavel Laurinec**

Nové Strašecí 2019/20

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma:

„Návrh osvětlení rekonstruovaných prostor vícepodlažní administrativní budovy“

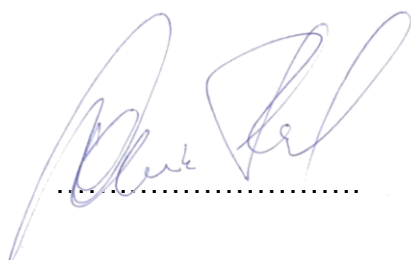
vypracoval samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Novém Strašecí, dne: 1/3 2020



podpis studenta



Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Pavel Laurinec  
Studijní program: Procesní inženýrství  
Obor: Technologická zařízení staveb  
Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.  
Garantující pracoviště: Katedra technologických zařízení staveb  
Jazyk práce: čeština

Název práce: **Návrh osvětlení rekonstruovaných prostor vícepodlažní administrativní budovy**

Název anglicky: **Lighting design of reconstructed multi-storey office building**

Cíle práce: Cílem diplomové práce je navrhnout a ověřit vhodné osvětlení s ohledem na požadavky a potřeby prostředí, vyplývající z jeho využití. Na základě poznatků z literatury, vlastních úvah a výpočtu s využitím dostupného softwaru, vypracovat několik variant možných řešení. Experimentálním měřením ověřit výsledky v praxi.

Metodika:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Současný stav sledované problematiky
- 4 Metodika práce
- 5 Výsledky a diskuse
- 6 Závěr a doporučení
- 7 Seznam použitých zdrojů
- 8 Přílohy

Doporučený rozsah práce: 50 až 60 stran textu

Klíčová slova: Energie; měření; osvětlení; projekt; svítidla; stavba

Doporučené zdroje informací:

1. Bystřický, V.- Kaňka, J.: Osvětlení. ČVUT, Praha, 1994, 76 s.
2. ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení : osvětlení pracovních prostorů. Část 1: Vnitřní
3. ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů : část 1: Základní ustanovení
4. ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení vnitřních prostorů : část 3: Měření umělého osvětlení
5. Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s.
6. Pavlíček, I.: Návrh a výpočet umělého osvětlení. ČVUT, Praha, 1994, 78 s.
7. Rybár, P. et al.: Denní osvětlení a oslunění budov. ERA, Brno, 2002, 271 s.
8. Weiglová, J. - Kaňka, J.: Denní osvětlení a oslunění budov. ČVUT, Praha, 2005, 172 s.

Předběžný termín obhajoby:

2019/2020 LS - TF

Elektronicky schváleno: 12. 6. 2019  
**doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 19. 2. 2020  
**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**  
Děkan

## Abstrakt

Diplomová práce popisuje základy problematiky návrhu umělého osvětlení v budově. Ukazuje příklad řešení a změn konkrétního projektu od návrhu architekta při rekonstrukci objektu paláce ARA v Praze po skutečné provedení, tak aby bylo dosaženo co nejlepšího výsledku pro investora. Uvádí se zde přehled obecných teoretických údajů o osvětlení a zejména pak praktický zkrácený příklad výpočtu a návrhu osvětlení s použitím Dialux software, ale zejména je soustředěna na ekonomický dopad změny původních návrhů halogenových svítidel za svítidla LED s důrazem na budoucí úsporu nákladů na spotřebu elektrické energie při zachování požadavků estetických i technických.

Klíčová slova : osvětlení, Led svítidla, elektrická energie, výpočet a měření osvětlení

## Abstract

Diploma thesis describes the basics of artificial lighting design in an administration building. It shows an example of a solution and changes of a particular project (ARA Palace in Prague) during the reconstruction of the building based on the architect's design. Project assignment given by the architects was reworked by engineering executives to achieve the best result for the investor. General theoretical overview of the artificial lighting data is mentioned here as well as the practical abbreviated calculation with the use of Dialux software. The original halogen lights were changed to LED lights, and the main output of the thesis is the emphasis on the positive impact on future energy cost savings while maintaining the aesthetic and technical requirements.

Key words : lighting, LED lights, electrical energy, calculation and measurement of lighting

## Poděkování

**Děkuji panu prof.Ing. Pavlu Kicovi DrSc.**

**za podporu při tvorbě práce i při studiu samotném**

## Obsah

1	Úvod.....	12
2	Cíl práce.....	13
3	Současný stav sledované problematiky .....	13
3.1	Druhy světla a záření.....	13
3.1.1	Denní světlo .....	13
3.1.2	Umělé osvětlení .....	13
3.1.3	Sdružené osvětlení .....	14
3.2	Zrak a vidění.....	14
3.2.1	Stavba oka a vidění .....	15
3.2.2	Zraková pohoda a oslnění.....	16
3.3	Základní veličiny a jednotky.....	16
3.3.1	Světelný tok .....	16
3.3.2	Prostorový úhel $\Omega$ .....	17
3.3.3	Osvětlenost .....	17
3.3.4	Svítivost .....	17
3.3.5	Jas .....	18
3.4	Parametry osvětlení.....	18
3.4.1	Chromaticnost.....	18
3.4.2	Měrný světelný výkon .....	19
3.4.3	Index podání barev .....	19
3.4.4	Doba životnosti .....	20
3.4.5	Směrovost a stínění .....	21
3.4.6	Rozložení jasu .....	21
3.4.7	Udržovací činitel.....	21
3.5	Druhy světelných zdrojů .....	22
3.5.1	Konvenční zdroje .....	22
3.5.2	Výbojkové zdroje.....	22
3.5.3	Elektroluminiscenční zdroje .....	23
3.5.4	Rozdělení a druhy svítidel.....	24
3.6	Návrhy osvětlení.....	25
3.6.1	Fáze návrhu .....	25

3.6.2	Výpočtové metody osvětlení .....	25
3.6.3	Softwarové řešení výpočtů .....	27
3.6.4	Legislativa a hygienické normy osvětlení pracovišť .....	27
3.6.5	Verifikace .....	29
4	Metodika práce .....	30
4.1	Praktické řešení projektu .....	30
4.2	Historie budovy paláce ARA .....	30
4.3	Zadání .....	31
4.3.1	Půdorys recepce objektu v 1 NP .....	31
4.3.2	Technická zpráva – část osvětlení .....	31
4.3.3	Kniha svítidel .....	32
4.4	Porovnání přepracovaného projektu .....	33
4.4.1	Původní nabídka - výpočet příkonů .....	33
4.4.2	Přepracovaný návrh – výpočet příkonů .....	33
4.4.3	původní rozpočet – pořizovací cena svítidel .....	34
4.4.4	nový rozpočet – pořizovací cena svítidel .....	34
4.5	Ekonomický výsledek změny projektu osvětlení .....	34
5	Výpočet osvětlovací soustavy podle navržených svítidel .....	35
5.1	Typ svítidel .....	35
5.2	Vlastní výpočet pomocí programu Dialux EVO .....	37
5.2.1	Plán rozmístění svítidel .....	37
5.2.2	Shrnutí modelu .....	38
5.2.3	3D model výstup Dialux .....	39
5.3	Výpočet dodavatele světél - 1.05 Recepce / Umělé osvětlení / Shrnutí .....	39
5.4	Návrh systému ovládání osvětlení DALI .....	41
5.5	Měření nainstalovaného osvětlení .....	42
5.5.1	Naměřené hodnoty a výpočet .....	42
6	Vyhodnocení .....	43
7	Závěr .....	44
8	Seznam použité literatury a zdrojů .....	44
9	Seznam obrázků a tabulek .....	45
10	Přílohy .....	47
10.1	Půdorys objektu v 1NP .....	47
10.2	Původní nabídka - výpočet příkonů detailní rozpis .....	48

10.3	Přepracovaný návrh – výpočet příkonů detailní rozpis .....	49
10.4	Původní rozpočet – pořizovací cena svítidel detailní rozpis .....	50
10.5	Nový rozpočet – pořizovací cena svítidel detailní rozpis .....	51



# 1 Úvod

Budiž světlo, řekl. I bylo světlo. Světlo je podle definice z fyziky viditelná část elektromagnetického záření. Od počátku člověk vnímá světlo naší mateřské hvězdy Slunce a to takové, které propustí atmosféra. Teorii o tom, co vlastně světlo je, je mnoho, zde se spokojíme s tím, že světlo je energie a je kombinací vlnění a proudu částic. Lidským okem jsou viditelné vlnové délky 400-700 nm. Základní charakteristiky jsou

- Vlnová délka (tedy rychlost či frekvence kmitání)
- Intenzita (tedy síla či amplituda vlny)
- Polarizace (tedy směr kmitání)

Rychlost vlnění vnímá oko jako barvu, většina zdrojů vlnění vysílá směs různých vlnových délek a oko, které není schopno rozlišit jednotlivé složky spektra tyto směsi vnímá jako barvu. Směs všech barev dohromady je vnímána jako bílá neutrální barva.

Přirozeností člověka je aktivita za dne, kdy je přirozeného světla dostatek a odpočinek/spánek v noci. Vývojem a potřebou prodlužovat aktivitu i do doby noční nebo večerní, když je brzy tma, vznikla přirozeně potřeba lidstva mít možnost osvětlit své příbytky a později dílny apod. světlem umělým.

Před desítkami tisíc let, kdy lidé začali svítit, byl otevřený oheň tím prvním zdrojem umělého světla. Nejstarší svítidla jsou tedy přímo od ohně odvozena. Zde uvádím jejich příklady:

Louče – odštěpek suchého rovného polena v držáku např. na stěně

Smolnice, pochodně - rovné kusy dřeva napuštěné na konci smolou, olejem. Také omotány napuštěným hadrem, dali se použít i jako přenosné

Olejové lampy – řepkový nebo lněný olej, který po několik měsících již nebyl vhodný ke spotřebě

Svíce z včelího vosku – jsou známy od antiky, byly však příliš nákladné a častěji se používaly lojové svíce a s rozvojem výroby parafinu cca r.1830 svíce parafinové, které se také vkládaly do různých schránek

Petrolejové lampy- odhořívání knotu namočeného v petroleji. Používaly se až do pol. 20 st.

Plynové osvětlení – svícení svítiplynem na veřejných prostranstvích.

Převratem ve svícení je využití poznatků a objevů elektrické energie. Od té doby se začalo používat elektrické osvětlení. Zde je jeho popis a historie, vše velmi stručně.

Elektrické osvětlení- první pokusy se žhavením materiálu pomocí průchodu elektrického proudu se prováděly cca od roku 1800 a to zejména Heindrichem Goebelem. Funkční žárovku v letech 1870-1880 sestavil T.A. Edison zejména díky technologii, která umožňovala vytvořit vakuum ve skleněné baňce. Jím patentovaná žárovka se používá dodnes, a to i přesto, že v dnešní době je její další vývoj a výroba omezena či dokonce zastavena a žárovku nahrazuje řada nových technologií, zejména LED osvětlení. (Kurešová.2013)

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je posoudit návrh osvětlení prostor administrativní budovy, který vychází ze zadání požadavku architekta a majitele objektu s ohledem na jeho využití, zároveň respektování historických prostor a také možností provedení instalace.

Základním cílem je změna návrhu druhu svítidel z klasických zdrojů na zdroje LED a porovnání obou variant zejména s přihlédnutím na budoucí úspory elektrické energie. Na základě poznatků z literatury, vlastních úvah a výpočtu s využitím dostupného softwaru, vypracovat variantu možného řešení. Experimentálním měřením ověřit výsledky v praxi. Porovnáním projektu profesionálního projektanta s vlastním výpočtem s použitím volně dostupného software zjistit principy těchto návrhů návrhu a výpočtů tak, abych se mohl tímto zabývat ve své praxi.

## 3 Současný stav sledované problematiky

### 3.1 Druhy světla a záření

#### 3.1.1 Denní světlo

Denní světlo synchronizuje biologické hodiny člověka, které řídí veškeré přirozené cykly jako spánek, příjem potravy, pohybové aktivity apod. Spolu s čerstvým vzduchem zamezuje šíření infekcí. Při nedostatku dochází ke zvýšení rizika rozvoje metabolických poruch, obezity, nádorů či psychických onemocnění. Vhodně navržené a umístěné prosklené plochy mohou v interiérových prostorech výrazně ovlivnit vnitřní prostředí a jeho kvalitu. Proto již od 40. let minulého století se požadavky na denní osvětlení začaly používat např. v technických normách. V Českých normách je to zejména ČSN 360035(1968), tato norma např. zavádí pojem „trvalý pobyt“ a k hodnocení obtížnosti zrakové práce použila poměrnou pozorovací vzdálenost. Od minulého století je jako doporučený standard Mezinárodní komisi pro osvětlování (CIE) považován model jasů oblohy, kdy jas graduje od horizontu k zenitu v poměru 1:3.

Kritériem množství denního světla je činitel denní osvětlenosti  $D$  (%) stanovený v podmínkách zatažené oblohy v zimě.

V nově navrhovaných budovách musí mít vždy vyhovující denní osvětlení: obytné místnosti bytů, ložnice a pokoje zařízení pro dlouhodobé ubytování a pro dlouhodobou rekreaci, denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu, učebny škol, vyšetřovny a lůžkové místnosti, místnosti pro oddech a jídelny.

#### 3.1.2 Umělé osvětlení

Nejdůležitější vlastností umělého osvětlení je, na rozdíl od světla denního, jeho stálost v čase, a to je výhoda. Odlišné spektrální složení oproti dennímu světlu však je nevýhodou zejména kvůli vnímání barev. Kvalita světla a jeho dostatek zásadně ovlivňují náladu nebo pracovní výkonnost a umělé osvětlení je doplňkovým osvětlením ke světlu dennímu (kromě speciálních prostor kde to nelze udělat jinak). Touto problematikou se zabývá mnoho odborníků od architektů přes hygieniky až po fyzioterapeuty.

## Druhy umělého osvětlení

Celkové - rovnoměrné osvětlení celého prostoru, které je realizováno několika způsoby. Mezi nejpoužívanější patří polopřímé osvětlení, kdy část světla ze zdroje dopadá jak na stěny, tak na strop. Dále to je osvětlení přímé, kdy světlo dopadá na danou plochu, smíšené, u kterého je světelný tok rozptýlen všemi směry, anebo nepřímé osvětlení odraženým světlem, například od stropu.

Odstupňované – v některé části osvětlovaného prostoru je zesílené

Místní – je součástí celkového osvětlení jako například bodové světlo, které osvětluje jen určitou plochu. Tato světla jsou zvlášť ovládána.

Nouzové a náhradní osvětlení.

Při navrhování a volbě osvětlení prostor je nezbytné dodržet následující požadavky

- odpovídající úroveň osvětlení podle druhu práce
- rovnoměrnost osvětlení
- přiměřené rozložení jasů ploch v zorném poli
- vhodný převažující směr osvětlení a stínivost
- omezení oslnění
- vhodné spektrální složení světla zdroje a přiměřené podání barev
- možnost použití místního přisvětlení a regulace celkového osvětlení
- údržba a pravidelná kontrola osvětlovací soustavy.

### 3.1.3 Sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení je záměrné současné osvětlení denním i umělým světlem. Vnitřní prostory v nově budovaných objektech nebo ve starších objektech, ve kterých je nedostatek denního (přirozeného) světla, se osvětlují ještě doplňkovým umělým osvětlením.

Posuzují se tedy dvě složky, a to *Denní složka sdruženého osvětlení* a *umělá složka sdruženého osvětlení*, přičemž požadavky na obě složky jsou dány normami. Záměrem návrhu osvětlení je aby se maximálně využilo osvětlení přirozené a to nejen z ekonomických důvodů úspory spotřeby energie, ale i ze zdravotních důvodů.

Je potřeba však kalkulovat s faktory ovlivňující celkovou energetickou bilanci a souvislosti zejména s vytápěním, chlazením a větráním prostor a zároveň je nutno brát zřetel na to, zda se jedná o prostory s trvalým pobytem osob nebo bez trvalého pobytu.

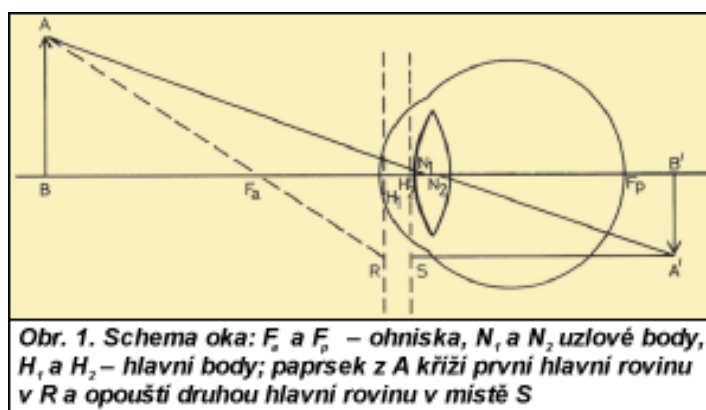
Podkladem pro návrh sdruženého osvětlení je rozložení denní složky ve vnitřním prostoru, pomocí výpočtu hodnot činitele denní osvětlenosti v pravidelné síti kontrolních bodů na srovnávací rovině.

## 3.2 Zrak a vidění

Zrak je pravděpodobně nejdůležitějším vjemovým smyslem, který nám poskytuje informace o okolním prostředí. Je také jedním z nejsložitějších smyslů. Zrakové ústrojí je tvořeno několika orgány, které přijímají informace, přenášejí je a zpracovávají, a tím způsobují zrakový vjem.

### 3.2.1 Stavba oka a vidění

Oko je v podstatě koule o přibližném průměru 25mm a tato oční koule je vsazena do očního důlku. Povrch je pokryt neprůhlednou vrstvou „bělimou“. Bělma se mění na průhlednou vrstvu „rohovku“ kterou prochází do oka světlo. Po směru vnikajícího paprsku pokračuje paprsek přes „přední oční komoru“, která je vyplněna „nitrooční tekutinou“. Paprsek pokračuje k „duhovce“ uprostřed které je „zornice“. Za duhovkou je „čočka“, která láme světlo a je ovládána svalem. Za čočkou je opět nitrooční tekutina. Následuje „sklivec“, to je rosolovitá hmota, která naléhá na nejsložitější část oka- na „sítnici“. To obsahuje velké množství tyčinek a čípků, které vidění umožňují, a ze kterých vystupují nervová vlákna spojující se v silný zrakový nerv uprostřed sítnice. Procházející světelné paprsky, které se lomí, pronikají světloločnou soustavou oka až k receptorům uloženým v sítnici (tyčinky a čípky).



Obrázek 1 schema oka

<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zrak-a-videni--16756>

Schéma, podle kterého vzniká obraz okolního světa na sítnici, je zakresleno na obr. 1. Obraz na sítnici je věrný, zmenšený a převrácený. Paprsky procházející předním ohniskem se mění na rovnoběžné, paprsky procházející uzlovými body se nelámou. Převrácený obraz světa si zrakový systém sám transformuje v mozku do skutečné polohy. Základní informace o schopnosti zrakového systému rozlišovat světelnou intenzitu je obsažena v průběhu zrakové křivky pro vnímání světelných podnětů. Prahová hodnota se mění v závislosti na předešlých podmínkách osvětlení. Například jestliže člověk vstoupí do temné místnosti z osvětleného prostoru, není nejprve schopen vnímat žádný světelný podnět, postupně se však zrakové vnímání zlepšuje.

Za denního světla člověk nejlépe vidí přímou fixací, takže obraz předmětu, který chce pozorovat, dopadá na zadní pól sítnice. V noci je nejlépe vidět periferií.

Při nízkém osvětlení je dalším faktorem achromaticita, tj. neschopnost rozlišovat barvy. Ty se začínají objevovat při zvyšování intenzity světla, když je dosaženo prahu pro stimulaci čípků. (Boguszaková,2003)

### 3.2.2 Zraková pohoda a oslnění

Zraková pohoda je psychologický stav, který má být příjemný, a v určitém prostředí je potřeba vytvořit zejména světelné mikroklima umožňující toto příjemné prostředí navodit. Lze toho dosáhnout geometrickým prostorem, typem zdrojů světla, rozložením jasů v prostoru a samozřejmě i rozmístěním vybavení v prostoru apod.

Oslnění je naopak jevem nežádoucím, kdy se v zorném poli vyskytují velké jasy nebo jejich rozdíly v prostoru nebo v čase a na tyto se oko není schopno dobře adaptovat.

Přímé oslnění - nadměrný jas svítidel nebo ploch, od kterých se světlo odráží (stropy, stěny)

Oslnění odrazem - odrazy světla na lesklých površích

Oslnění přechodové – zrak se nestačí přizpůsobit při přechodu z tmavšího prostředí do světlejšího

Oslnění kontrastem- v zorném poli se vyskytnou jasy příliš vysoké v porovnání s jasem, na který je zrak adaptován. Toto oslnění se dá dělit na oslnění psychologické (je pozorovatelné nebo rušivé) a na oslnění fyziologické, kdy dochází k omezení nebo oslepení.

V rámci Mezinárodní komise pro osvětlování a v rámci předpisů přijatých i v ČR se míra oslnění posuzuje podle Jednotného systému hodnocení oslnění UGR (unified glare rating), který je možno vypočítat. (3.1)

$$\text{UGR} = 8 \log[0.25/L_b * \sum L^2 * \omega / p^2] \quad [-; \text{cd.m}^{-2}; \text{sr}; \text{cd.m}^{-2}; -] \quad (3.1)$$

$L_b$ - jas pozadí (  $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  ) ;  $L$ - jas svítících částí svítidla ve směru k oku (  $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  ) ;

$\omega$  -prostorový úhel ( sr ) ;  $p$ - činitel polohy pro každé svítidlo ( vychýlení ze směru pohledu)

je stanovena řada indexu UGR podle normy ČSN EN- 12464-1: 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 (<http://www.gigalighting.cz/oslneni-ugr.htm>)

### 3.3 Základní veličiny a jednotky

#### 3.3.1 Světelný tok

Světelný tok vyjadřuje intenzitu zrakového vjemu oka, vyvolaného energií světelného záření, která projde za jednotku času danou plochou v prostoru, kterým se světlo šíří. (<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/535-fotometricke-veliciny>)

Označení  $\Phi$  [lm] – jednotka lumen (lm) – fotometrická veličina

Světelný tok udávaný v lumenech odpovídá zářivému toku vyzářeného elektromagnetického záření ve watttech, ale je potřeba brát v úvahu jednotlivá světla barevného spektra.

Světelný tok  $\Phi_\lambda$  monochromatického záření vlnové délky  $\lambda$ , jehož zářivý tok  $\Phi_{e\lambda}$ , se určí pomocí vzorce (3.2)

$$\Phi_\lambda = K(\lambda) \Phi_{e\lambda} = K_m V(\lambda) \Phi_{e\lambda} \quad [\text{lm}] \quad (3.2)$$

$K(\lambda)$  je světelná účinnost monochromatického záření,

$V(\lambda)$  je poměrná světelná účinnost záření

### 3.3.2 Prostorový úhel $\Omega$

Prostorový úhel je výseč z prostoru vymezenou obecnou kuželovou nebo jehlanovou plochou. Je definován jako „kužel“, který na kouli o poloměru 1 m vytvoří plochu 1 m<sup>2</sup>. [Plich,1999]

označení  $\Omega$  [*omega*]- jednotka steradián ( sr)

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad [\text{sr}] \quad (3.3)$$

$A$  je plocha kulové plochy,

$r$  je poloměr koule

### 3.3.3 Osvětlenost

Osvětlenost nebo intenzita osvětlení vyjadřuje množství světla dopadajícího na danou plochu.

Označení  $E$  – jednotka lux (lx)

Pokud světelný tok o hodnotě 1 lumenu rovnoměrně dopadá na 1 m<sup>2</sup> plochy má osvětlenost hodnotu 1 lux.

Rozeznáváme tyto druhy osvětlenosti

Udržovaná střední osvětlenost  $E_m$  – průměrná hodnota osvětlenosti prostoru, pod kterou nesmí osvětlenost klesnout

- Maximální osvětlenost  $E_{\max}$
- Minimální osvětlenost  $E_{\min}$

Při osvětlenosti je důležitý parametr **rovnoměrnosti osvětlení  $U_o$**

Poměr minimální a střední osvětlenosti dává rovnoměrnost osvětlení, která má zásadní vliv na zrakovou pohodu a dosáhneme jí nejlépe použitím většího počtu zdrojů s menšími výkony než obráceně.

### 3.3.4 Svítivost

Svítivost udává prostorovou hustotu světla vyzařovaného v určitém úhlu. Svítivost je základní jednotkou fotometrických veličin v soustavě SI. (Jaroslav Reichl, Martin Všeticka 2019)

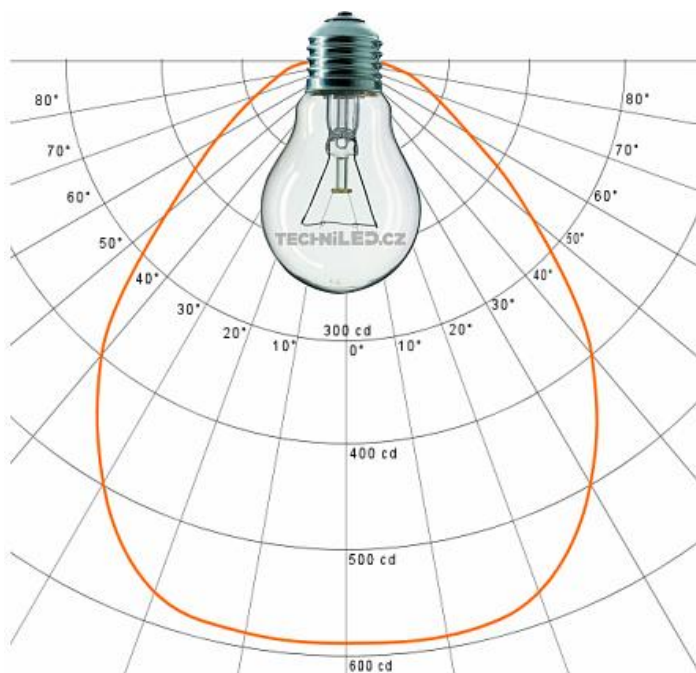
Označení  $I$  – jednotka kandela (cd)

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad [\text{cd}] \quad (3.4)$$

$\Phi$  je světelný tok

$\Omega$  je prostorový úhel

1 kandela je odvozena od svítivosti svíčky. Například 100W žárovka má svítivost cca 200cd



Obrázek 2 svítivost

<http://www.techniled.cz/25-svitivost/>

### 3.3.5 Jas

Jas poměřuje vjem světlosti průmětu osvětlovaného povrchu v pozorovaném úhlu  
Označení  $L$  – jednotka kandela na  $m^2$  ( $cd \cdot m^2$ )

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos\alpha} \quad [cd \cdot m^2] \quad (3.5)$$

## 3.4 Parametry osvětlení

### 3.4.1 Chromatičnost

Chromatičnost určuje v podstatě barvu vyzařovaného světla. Bílé světlo se dá rozdělit na teplé, studené a neutrální a toto opět zásadně ovlivňuje celkovou atmosféru prostoru osvětlovaného.

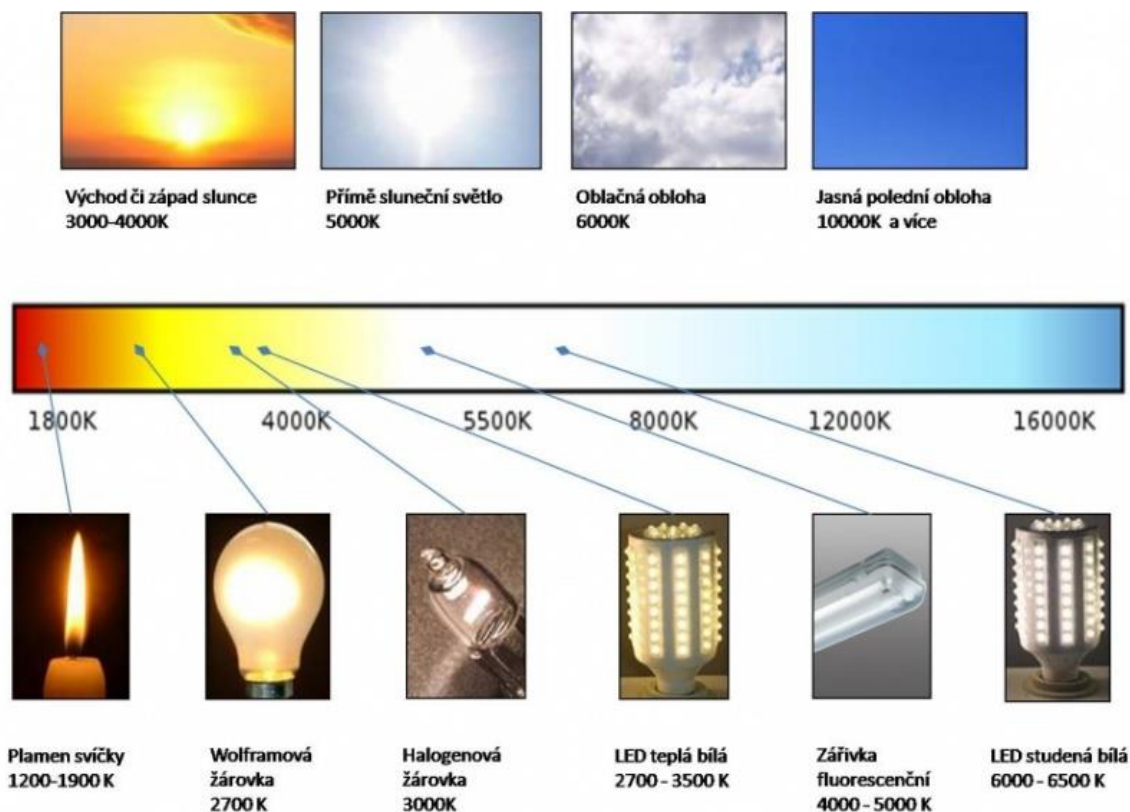
Pro určení barvy vyzařovaného světla se běžně používá pojem „teplota chromatičnosti“.

Označení  $T_c$  – udává se v kelvinech (K)

Teplé odstíny světla, které se blíží žlutému světlu a mají uklidňující a relaxační účinky, mají hodnotu cca do 3500 K

Studené tóny světla, které působí modře, naopak významně stimulují smysly k aktivitě a hodí se do kanceláří nebo do jiných místností, kde osvětlují pracovní plochu. Hodnoty nad 5000 K.

V některých prostorách je však nejlepší osvětlení, které se svým charakterem co nejvíce blíží dennímu světlu s vysokým indexem podání barev  $R_a$  (CRI).



Obrázek 3 chromatičnost

<http://www.ledinnovation.cz/>

### 3.4.2 Měrný světelný výkon

Měrný světelný výkon nebo světelná účinnost zdroje udává s jakou účinností přeměňuje zdroj světla elektrickou energii na světlo ([https://cs.wikipedia.org/wiki/Světelná\\_účinnost](https://cs.wikipedia.org/wiki/Světelná_účinnost))

Označení **K** jednotkou je lumen na watt (lm/W)

Účinnost klasické žárovky 60W/230 je cca 15 lm/W, LED poslední generace 200 lm/W

### 3.4.3 Index podání barev

Jednotka Ra určuje věrnost barevného vjemu lidským okem CRI, který produkuje samotný světelný zdroj. Hodnota Ra se udává v celém čísle od 0 do 100. Pro jednoduché vysvětlení si představte hodnotu CRI Ra=0, při této hodnotě nerozeznáme žádnou barvu, při hodnotě CRI Ra=100 je to ideální světelný zdroj, který má přirozené podání barev. Velice kvalitní LED produkty dosahují maximálních CRI hodnot kolem 80-97. Rozsah CRI je od Ra 0 do 100, čím vyšší číslo, tím živější barvy a věci vypadají pod tímto světlem přirozeněji. Čím nižší je hodnota CRI, tím více jsou barvy vybledlé, nepřirozené. [[https://ledme.cz/textovynovinky/6\\_co-znamenau-led-hodnota-cri.html](https://ledme.cz/textovynovinky/6_co-znamenau-led-hodnota-cri.html)]

Označení **Ra**

Pro obytné prostory se doporučuje index větší než 80, běžně prodávané Led mají cca 70.





Obrázek 4 index podání barev

[https://ledme.cz/textove-novinky/6\\_co-znamena-u-led-hodnota-cri.htm](https://ledme.cz/textove-novinky/6_co-znamena-u-led-hodnota-cri.htm)

#### 3.4.4 Doba životnosti

Moderní svítidlo je poměrně složitý soubor mechanických a elektrotechnických součástí a u moderního LED osvětlení se posuzuje a měří i doba životnosti svítidla jelikož u LED světla časem klesá světelný tok. Doba životnosti se posuzuje podle evropských směrnic a měří se každých 1000 hodin a uvádí se 6ti násobek, kdy se určuje index B, který určuje kolik % výrobků po 60000 hodin nedosáhne určitého procenta toku a index C, který označuje kolik procent výrobků nebude fungovat vůbec. Např.: L 70 (10k)>60 000h B 10 znamená, že 70% výrobků bude po 60 tis. hodin svítit na 70% a L 70 (10k)>60 000h C 10 znamená, že 10% výrobků nebude svítit po 60 tis hod.

Rozlišujeme dvě definice životnosti:

Průměrná životnost – průměr životností jednotlivých světelných zdrojů provozovaných za předem stanovených (standardních) podmínek. Tato životnost je daná časem, za který bude svítit přesně polovina ze sledovaného počtu světelných zdrojů, tedy míra výpadků dosáhne 50 %. Během trvání postupně dochází k úbytku funkčních světelných zdrojů, což vyjadřuje tzv. křivka mortality (úmrtnosti).

Udržovaná životnost se definuje vzhledem k postupnému poklesu světelného toku zdrojů během života. Konce života se dosáhne tehdy, když světelný tok zdroje bude na úrovni 80 % prvopočáteční hodnoty světelného toku.

[[http://www.csorsostrava.cz/publikace/Uspory\\_energie\\_v\\_osvetlovani\\_pri\\_hodnoceni\\_energeticke\\_narocnosti\\_budov/Zaverecna\\_zprava.pdf](http://www.csorsostrava.cz/publikace/Uspory_energie_v_osvetlovani_pri_hodnoceni_energeticke_narocnosti_budov/Zaverecna_zprava.pdf)]

### 3.4.5 Směrnost a stínění

Směrnost světla je směr světla v prostoru určený světelným vektorem, který se nejlépe volí tak, že jde na pracovní plochu shora, zleva a zezadu.

Stínivost je údaj o schopnosti osvětlení vytvářet u objektů stíny, které jsou podstatné pro prostorové vnímání. Stínivost se udává jako Nordenův stupeň stínivosti

$$S_N = E_p / E_p + E_o \quad (3.6)$$

$E_p$  - střední hodnota osvětlenosti dopadající přímo

$E_o$  - střední hodnota osvětlenosti dopadající po odrazu

Doporučená hodnota je 0,2-0,8

V současnosti se se pro výše uvedené parametry výstižněji udává termín **činitel podání tvaru**, který je vyvážeností difuzního a směrového světla

### 3.4.6 Rozložení jasu

Úroveň jasu ovlivňuje ostrost vidění, kontrastní citlivost oka, zrakové funkce (jako pohyb, akomodace apod.). Má tedy vliv na zrakovou pohodu jako takovou. V normách je uveden poměr  $L_u : L_b : L_p = 10 : 4 : 3$  (zrakový úkol : bezprostřední okolí : pozadí)

Plocha	Činitel odrazu $\rho$ (%)
strop	60 - 90
stěny	30 - 80
pracovní rovina	20 - 60
podlaha	10 - 50

Obrázek 5 rozložení jasu a odrazivost

Žák P., ČVUT – FEL, Praha

### 3.4.7 Udržovací činitel

Udržovací činitel je definován jako podíl osvětlenosti vytvářené osvětlovací soustavou po určité době a osvětlenosti vytvářené soustavou, když je nová.

Aby již při návrhu osvětlení bylo vzato v úvahu znehodnocení soustavy, nutno patřičný udržovací činitel zahrnout do všech výpočtů. Hodnota udržovacího činitele významně ovlivňuje počet svítidel nezbytných k zajištění stanovené osvětlenosti. Vysoké hodnoty udržovacího činitele jsou výhodné a mohou být dosaženy pečlivým výběrem zařízení a rozhodnutím čistit častěji osvětlovací soustavu. ISO 8995/CIE S 008-2001 doporučuje vybraná řešení, aby udržovací činitel neklesl pod 0,7.

[[http://www.csorsostrava.cz/publikace/Uspory\\_energie\\_v\\_osvetlovani\\_pri\\_hodnoceni\\_energeticke\\_narocnosti\\_budov/Zaverecna\\_zprava.pdf](http://www.csorsostrava.cz/publikace/Uspory_energie_v_osvetlovani_pri_hodnoceni_energeticke_narocnosti_budov/Zaverecna_zprava.pdf)]

## 3.5 Druhy světelných zdrojů

### 3.5.1 Konvenční zdroje

#### Žárovky

Světlo je zde pouze jednou ze složek elektromagnetického záření, které vzniká vlivem vysoké teploty tělesa, kterým prochází elektrický proud. Jsou asi stále ještě nejznámějším zdrojem. V žárovce svítí, či spíše topí, wolframové vlákno ve vakuu.

Žárovky mají nízký výkon proto, že většina vyzářené energie je ve spektru neviditelném, ale mají výhodu, že jejich světlo je příjemné (chromatičnost kolem 2700K). Tato technologie je dnes již zastaralá a i legislativní požadavky omezují produkci a distribuci.

#### Halogenové žárovky

Jsou velmi vhodné zejména při směřování světelného toku. Principem je také protékající proud wolframovým vláknem, ale wolfram, který se vlivem teploty odpařuje, se na rozdíl od klasické žárovky neusazuje na povrchu skla (baňky), ale slučuje se s halogenidem a vrací se zpět na vlákno. Výkon je zde o 100% vyšší než u klasické žárovky.

### 3.5.2 Výbojkové zdroje

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, které vyzařují hlavně v oblasti ultrafialového záření. Toto spočívá v tom, že se transformuje viditelné záření pomocí luminoforu. Princip funkce zářivek je ten, že ve skleněné trubici jsou vlivem elektrického pole mezi elektrodami vybudeny páry rtuti, ve kterých dochází k emisi neviditelného UV záření. Speciální látka, luminofor, nanesený na vnitřním povrchu skleněné trubice přeměňuje neviditelné UV záření na světlo. Volbou luminoforu je možné ovlivnit spektrum světla vyzařované zářivkou. Jako všechny výbojky se ani zářivky neobejdou bez předřadných přístrojů. Po zapálení výboje je napětí na zářivce nižší než síťové napětí. V případě použití magnetického předřadníku se na tlumivce vytvoří úbytek napětí, který omezí proud tekoucí zářivkou, v případě použití elektronického předřadníku je proud zářivky řízen elektronickými obvody. (Sokanský, 2011)

#### Kompaktní zářivky

Tyto zdroje mají vyšší index podání barev, výkon cca 5x vyšší než žárovky a mají také dlouhou životnost. Součástí těchto zářivek může být předřadník a lze jimi nahradit přímo klasickou žárovku (patice E27), nebo bez předřadníku k montáži do svítidla, které tento předřadník obsahuje. Principem je vybudění UV záření mezi elektrodami a toto záření je měněno na viditelné světlo pomocí vrstvy luminoforu na vnitřní straně „baňky“. Nevýhodou těchto zdrojů je pomalý start, kdy po zapnutí světelný tok dosahuje cca 50% a až v řádech minut dojde ke 100%.

#### Lineární zářivky

I přes rychle se rozvíjející technologii LED jsou zářivky stále nejrozšířenějšími zdroji světla díky vysokému měrnému výkonu. Principem je rtuťová výbojka vyzařující opět UV záření, měněné luminoforem. V současnosti se používají výhradně elektronické předřadníky na vysoké frekvenci, což je hospodárnější a přispívá k životnosti a úspoře materiálu -průměr 16mm typ T5. Zářivky nejsou vhodné pro časté spínání a vypínání neboť klesá jejich životnost kvůli delšímu náběhu po startu.

## Halogenidové výbojky

Záření vzniká zářením sloučenin halových prvků s galiem, sodíkem, thaliem apod. Je nutné použití zapalovače, který k výboji používá vysokonapěťového impulsu. Mají vynikající index podání barev. Nevýhodou je opět pomalý start.

## Sodíkové výbojky

Nízkotlaké - V trubici z kysličníků skla plněné argonem, neonem a sodíkem vzniká výboj, který při tlaku 0,5Pa a teplotě až 300 C° vyzáří monochromatické záření. Nelze rozlišit barvy. Mají velmi vysoký výkon. Používají se např. při veřejném osvětlení. Vysokotlaké – až 27kPa, mají vyšší index podání barev.

### Vysokotlaké rtuťové výbojky

Obloukový výboj v parách rtuti tvoří UV záření, které je měněno na viditelné luminoforem. Mají nízký výkon a start v řádu minut. Již se nepoužívají.

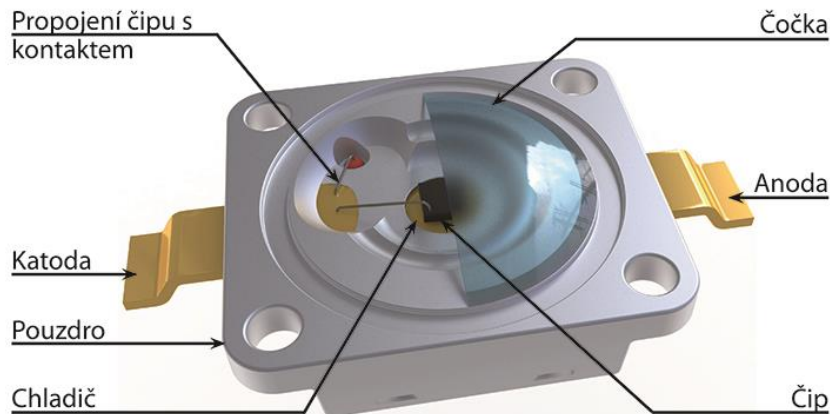
## Indukční výbojky

Tyto zdroje byly před příchodem Led technologie považovány za zdroje budoucnosti. Principem je vysokofrekvenční buzení výboje v bezelektrodevém prostoru. Baňka obsahuje páry rtuti a inertní plyny. Do trubice je vloženo jádro s cívkou, které je napájeno proudem o frekvenci 2,5MHz. Atomy rtuti jsou vybudeny vysokofrekvenčním polem a vytvářejí záření UV, které je opět měněno luminoforem. Mají rychlý start a pracují ve velkém rozmezí teplot.

### 3.5.3 Elektroluminiscenční zdroje

Svícení zdroji LED (light emitting diode) je v současnosti považováno za nejlepší řešení. Principem činnosti je excitace anorganických látek elektrickým proudem, při tomto dochází k vyzařování světla. První dioda byla červená a s vývojem polovodičových součástek se rozšířila i možnost výroby diod se světlem zeleným, oranžovým a žlutým. Protože není možné přímo emitovat bílé světlo, novější bílé LED využívají luminoforu. Některé průhledné 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. (Habel.2013)

Prochází-li přechodem P-N světelné diody elektrický proud v propustném směru, přechod vyzařuje (emituje) nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Může emitovat i jiné druhy záření. Led diody jsou konstrukčně odolné, úsporné a dají se velmi dobře uspořádat a regulovat.



Obrázek 6 LED dioda

<https://www.lxf.cz/parametry-led-diodSvitidla>

Vzhledem k tomu, že kvůli vlivu prostředí, estetické stránce, směrování světelného toku apod. není možné osvětlovat prostor přímo zdrojem světla, umísťují se samotné zdroje ještě do vhodného svítidla. Svítidlo je vlastně hlavním prvkem celé osvětlovací soustavy. Svítidlo musí být konstrukčně provedeno tak, aby zabránilo nebezpečnému dotykovému napětí, aby zajistilo požadavky na rozptyl světla, zabránilo oslňování apod.

### 3.5.4 Rozdělení a druhy svítidel

Podle umístění

Interiérová, exteriérová, speciální

Podle typu montáže

- Závěsná, zápusťná, konzolová nebo stožárová
- Stojanová
- Přisazená – stropní nebo nástěnná

Podle směru toku světla

přímé – vysoké haly apod., světla vyzařuje přímo dolů

převážně přímé – vyzařují částečně i do stran a nahoru

smíšené – osvětluje celý prostor, vhodné do kanceláří, bytů apod.

převážně nepřímé – osvětlují zejména strop a stěny

nepřímá - vyzařují do stropu

V praxi se často tyto možnosti kombinují a osvětlovací systémy využívají možností materiálů, způsobu odrazu a lomu světla, prostupu světla atd.

Reflektor

Pracuje na principu odrazu světla od zrcadlové odrazové plochy. Povrch ploch je nejčastěji tvořen slitinami s příměsí stříbra nanesené na těleso ze slitin hliníku. Mají vysokou účinnost, až 90%.

## Refraktor

Je v podstatě dalekohled tvořený čočkou a světlo se chová podle zákonů lomu paprsku

## Difuzor

Rozptyluje světelné paprsky skrz mléčný kryt (opálový) a tvoří efekt plošného svítidla a také chrání zdroj proti mechanickému poškození

Všechny výše uvedené druhy svítidel je možno kombinovat a dosahovat tak pomocí odrazů a lomů různých efektů a kvality osvětlení.

## 3.6 Návrhy osvětlení

### 3.6.1 Fáze návrhu

Návrh soustavy nebo systému osvětlení začíná ideou od investora a přes architekta, který určí návrh někdy až umělecky. Projektant shromáždí velké množství podkladů, provede rozbor možností technického řešení a končí detailním projektem a technickou dokumentací.

Prvotní fází je tedy prostudování podkladů o prostoru jako takového, určuje se účel prostoru, stávající světelné technické podmínky, volí se vhodná technologie s ohledem na možnou kombinaci umělého a denního osvětlení, řeší se ovládání a v koordinaci s ostatními profesemi, zejména elektro (kvůli energetické náročnosti například) se navrhne řešení.

Dalším krokem je volba konkrétního typu soustavy osvětlení, rozmístění svítidel a návrh nebo volba konkrétních typů svítidel a zejména jejich počet a technické parametry tak, aby bylo dosaženo požadovaných hodnot osvětlenosti pomocí výpočtových metod. Podle výsledků se počty a rozmístění mohou upravovat, a to ni několikrát.

### 3.6.2 Výpočtové metody osvětlení

Metoda poměrného příkonu

Tato metoda je určena pro hrubé nastínění požadovaných příkonů na začátku projektování a předpokládá požadovanou osvětlenost 100lx a vyjadřuje ji tabulka s hodnotou příkonu na m<sup>2</sup>. Požívají se například údaje uvedené v tabulce.

Osvětlení	Činitel $\mu^*$	Stěny a strop osvětlovaného prostoru		
		světlé $p[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$	středně světlé $p[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$	tmavé $p[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$
přímé	2	25	28	30
	2 až 4	19	20	22
	4	15	16	18
smíšené	2	42	60	80
	2 až 4	28	36	48
	4	20	26	32
nepřímé	2	56	86	160
	2 až 4	36	56	106
	4	26	40	74
nepřímé stropními řimsami	-	64	96	-

Tabulka 1 poměrný příkon

Činitel  $\mu$  je roven poměru šířky místnosti  $s$  k výšce zdrojů nad srovnávací rovinou  $h_v$  ( $\mu = s/h_v$ ),

$$P = p \cdot A \cdot \frac{10}{\mu_z} \cdot \frac{E_p}{100} \quad [W; W \cdot m^{-2}, m^2, lm \cdot W^{-1}, lx] \quad (3.7)$$

Potřebný elektrický příkon

$\mu_z$  je měrný výkon použitých zdrojů;  
 $E_p$  je požadovaná průměrná hladina osvětlenosti;  
 $A$  je osvětlovaná plocha

Z tohoto příkonu lze pak odvodit potřebný počet svítidel.

Toková metoda

tato metoda se používá ke stanovení celkového světelného toku  $\Phi_z$  zdrojů světla, který je nutný k zajištění průměrné hladiny osvětlení na srovnávací rovině. Jelikož bereme v úvahu i odrazy, nejen přímé vyzařování zdroje, předpokládá se, že svítidla budou rozmístěna rovnoměrně. Hodnota světelného toku se vypočítá pomocí vztahu

$$\varphi_c = \frac{E_{pk} \cdot S}{\eta \cdot z}, \quad (3.8)$$

$E_{pk}$  – průměrná a časově minimální hodnota osvětlenosti v bodech srovnávací roviny  
 $S$  – osvětlovaná plocha (velikost)  
 $\eta$  – činitel využití osvětlovací soustavy při respektování mnohonásobných odrazů světla  
 $z$  – udržovací činitel.

Nejprve stanovíme velikost plochy  $S$ ; podle norem určíme požadovanou velikost osvětlenosti  $E_{pk}$ , určíme světelný tok jednoho svítidla pomocí vztahu  $\phi_{zs} = \phi_z \cdot n_z$ , kde  $\phi_z$  je světelný tok jednoho zdroje a  $n_z$  – počet zdrojů; stanovíme činitel  $\eta$  a činitel stárnutí  $z$  (pokud není uveden uvažuje se obvykle 0,7); vypočítáme  $\phi_c$ ; dopočítáme počet svítidel  $n_s = \frac{\phi_c}{\phi_{zs}}$ ; stanovíme skutečný počet svítidel  $n_{sk}$  podle rozmístění nebo potřeby.

Bodová metoda

Bodovou metodou se určuje osvětlenost v konkrétním bodě na plochách vodorovných, svislých nebo nakloněných. Předpokládá se, že rozměr zdroje je menší než 1/3 vzdálenosti od nejbližšího měřeného místa.

Podle obrázku určíme osvětlenost  $E_{pp}$  v bodě  $P$  ze zdroje  $Z$  na rovině  $\rho$  pomocí vztahu

$$E_{pp} = \frac{I_\gamma \cdot \cos \beta}{l^2} = \frac{I_\gamma \cdot \cos \beta}{h^2 + p^2}, \quad (3.9)$$

$I_\gamma$  je svítivost zdroje při úhlu  $\gamma$  určená z křivky svítivosti (obvykle  $\varphi = 1000$  lm) světelného zdroje  
 $\beta$  – úhel dopadu světla na kontrolní rovinu  $\rho$   
 $l, h, p$  – vzdálenosti.

[předmět TZ40, Frolík ČVUT]

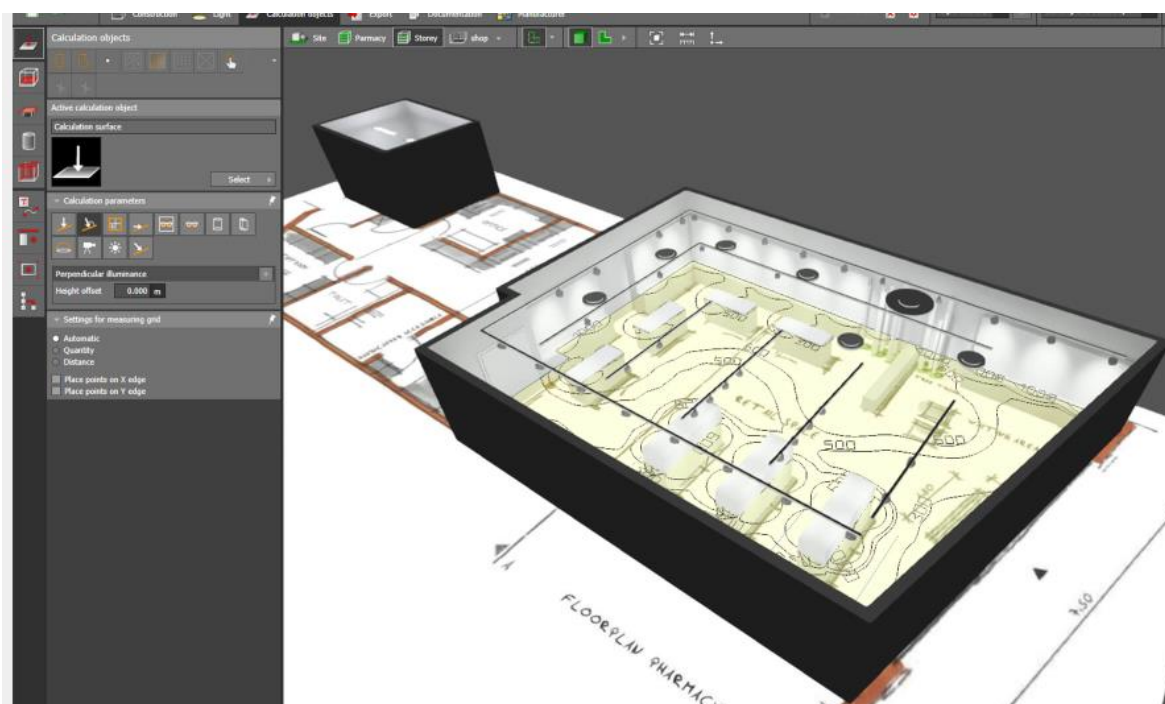


### 3.6.3 Softwarové řešení výpočtů

Výše popsané metody výpočtů jsou podkladem pro návrhy osvětlení, avšak v dnešní době se samozřejmě osvětlení navrhuje pomocí software, který tyto postupy a metody přejímá a využívá a doplňuje je o grafické výstupy, výpočty a návrhy samozřejmě výrazně urychluje a usnadňuje.

Jedním z nejpoužívanějších software je například Dialux, pomocí tohoto bezplatného softwaru lze profesionálně navrhovat, počítat a vizualizovat osvětlení v pokoji, celém patře v celé budově a venku. DIALux používá jako plánovací nástroj více než 700 000 návrhářů osvětlení po celém světě. Můžete plánovat a navrhovat pomocí katalogů elektronických svítidel předních světových výrobců svítidel. Je kompatibilní s CAD programy a daty jiných architektonických programů.

Mnoho výrobců svítidel má vlastní vyvinuté programy, jako např. český výrobce osvětlení Modus vyvinul program Wils, který pracuje přímo podle českých norem. Firemní program určený pro výpočty umělého osvětlení interiérů dle ČSN EN 12 464-1 a veřejného osvětlení dle ČSN EN 13 201



Obrázek 7 Dialux prostředí

<https://www.dial.de/en/dialux/>

### 3.6.4 Legislativa a hygienické normy osvětlení pracovišť

Bližší hygienické požadavky na osvětlení pracoviště uvádí § 45 a § 45a nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. V těchto dvou paragrafech se dozvíte vše podstatné o osvětlení pracoviště, minimálních hodnotách umělého osvětlení, včetně osvětlení konkrétních pracovišť.



Světlem a osvětlením prostorů se dále zabývají tyto normy:

- ČSN 36 0020 - Sdružené osvětlení
- ČSN 36 0011-3 - Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů
- ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

Doporučená intenzita osvětlení

Doporučená intenzita osvětlení na pracovišti, přesněji hodnoty pro denní a umělé osvětlení, je individuální a liší se v závislosti na níže uvedených faktorech:

- typ pracovní činnosti, respektive nároky na přesnost a rychlost práce
- druh povrchu - zda odráží nebo absorbuje světlo
- využití a vlastnostech pracovní plochy
- technické konstrukci budovy
- překážky bránící průniku světla
- barevné prostředí pracoviště
- konkrétní zrakové vlastnosti a handicap jedince

[<https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>]

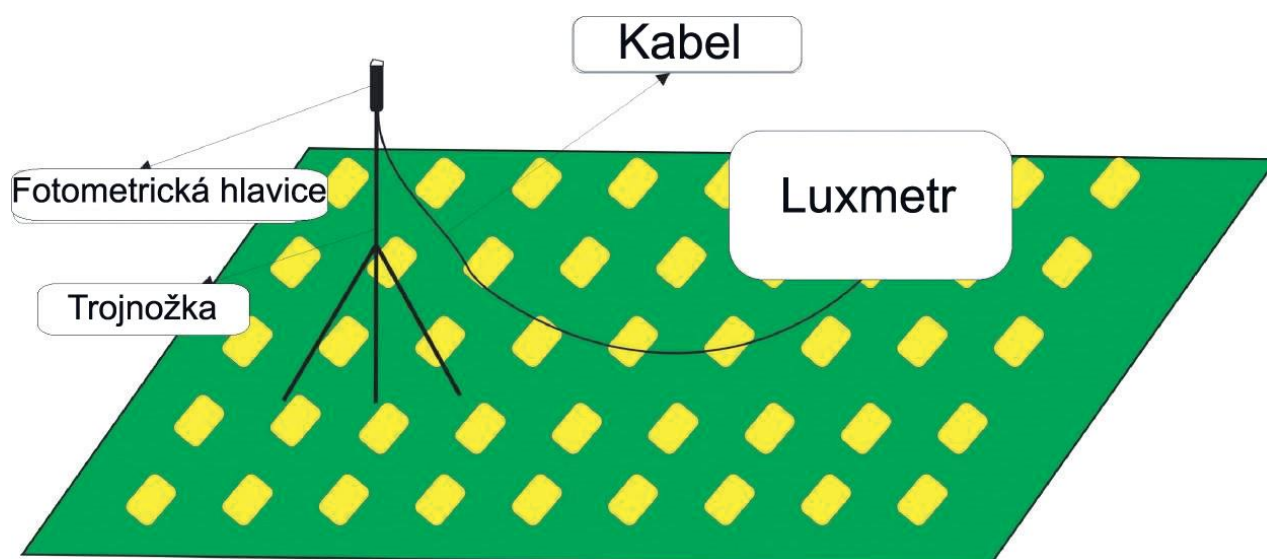
Druh pracovní činnosti	Intenzita osvětlení - množství světla na m <sup>2</sup>
veřejné venkovní pracoviště	30 lux
osvětlení místnosti pro základní orientaci při občasném pobytu	50 lux
pracoviště s příležitostnými činnostmi, ale se zásadní rolí zraku	100 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci na zařízení s vysokým kontrastem	300 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci se středním kontrastem	500 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci s předměty s nízkým kontrastem	1000 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci s předměty na hranici viditelnosti	3000 - 10000 lux
chodby a místa pro komunikaci	100 lux
recepce	300 lux
šatny a toalety	200 lux
kanceláře - psaní, čtení, zpracování dat	500 lux
kanceláře - třídění dokumentů, kopírování	300 lux
odpočinkové prostory	100 lux
nákladové rampy	150 lux
regálové sklady bez obsluhy	20 lux
regálové sklady s obsluhou	150 lux
pekárna	300 lux
prádelna a čistírna	300 lux
kadeřnictví	500 lux
šperkařství	1000 lux
montáž elektroniky	1000 lux
hodinářství	2000 lux

Tabulka 2 osvětlení doporučené hodnoty

<https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>

### 3.6.5 Verifikace

Fotometrické parametry osvětlení v pracovním prostředí se hodnotí pomocí kvantitativních a kvalitativních parametrů. Provádějí ho odborně způsobilé osoby s osvědčením Úřadu veřejného zdravotnictví. Intenzita osvětlení a jeho rovnoměrnost se měří a hodnotí pomocí luxmetrů na rovinnou osvětlenost. Toto měření je podkladem pro kolaudaci prostor. Verifikace osvětlovací soustavy vyplývá ze zákona MZ SR č. 355/2007. Jako fotometrický parametr z hlediska povahy intenzity osvětlení se měří celková intenzita osvětlení a následně intenzita osvětlení místa zrakové úlohy. Fotometrická hlavice luxmetru na měření celkové osvětlenosti je umístěna ve výšce 0,85 m na trojnožce, přičemž na spodku trojnožky je umístěn laser kvůli zajištění stejné polohy luxmetru v měřicích bodech zvolené sítě. (Dubnička, Lipnický. 2017)



Obrázek 8 měření osvětlenosti

<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/osvetleni-a-elektroinstalace/navrh-vnitrnich-osvetlovacich-soustav-v-budovach-a-jejich-verifikace>

Výsledky se porovnávají s požadavky pro osvětlovací soustavy vnitřních pracovišť. Jako příklad měření intenzity osvětlení s rozšířenou nejistotou 9 % z naměřené hodnoty lze uvést následující případ, u nějž je výsledek snížen o tuto hodnotu s ohledem na udržovací činitel osvětlovací soustavy:

$$575 \text{ lx} - (0,09 \cdot 575) \text{ lx} = 523,3 \text{ lx}$$

Výsledky měření fotometrických veličin by měly být srozumitelně interpretované, aby bylo podle oblasti měření kompetentním osobám jasné, co se měřilo, jakou měřicí metodou se měřilo, podle jakého postupu se postupovalo, v jakých podmínkách, jakým měřicím přístrojem (přístroji) bylo měření provedeno a kým bylo provedeno. Toto všechno by mělo být zpracováno do vhodné formy protokolu, v němž jsou podrobně popsány všechny okolnosti měření. Výsledek měření, tak jak je definovaný v metrologickém slovníku, je výsledkem měření s přiřazenou hodnotou (odhadu) nejistoty s požadovaným intervalem pokrytí.

## 4 Metodika práce

### 4.1 Praktické řešení projektu

Pro praktické využití poznatků jsem zvolil projekt rekonstrukce administrativní budovy paláce ARA v centru Prahy. V rámci svého zaměstnání jsem měl tuto rekonstrukci na starosti za obory elektro jako je Silnoproud, Měření a regulace, slaboproud a elektronické systémy požární. V této práci se věnuji návrhu osvětlení společných prostor jako jsou zázemí, recepce a schodiště. Nájemní plochy nebyly realizovány a řeší si je budoucí nájemce každý podle svých představ. V této práci následně detailněji řeším konkrétní prostor vstupní recepce.

### 4.2 Historie budovy paláce ARA

V letech 1930 až 1932 společnost A. a R. Amschelberg postavila na rohu Perlové ulice a ulice 28. října v Praze nový obchodní dům ARA, jehož budovu projektoval Milan Babuška. Portál byl dílem architekta a designera Maxe Gerstla. Podle přání investora byla vybudována oblouková výkladní skříň bez nosného sloupu v rohu. Po 2. světové válce byla ARA přejmenovaná na OD Perla. V té době byl zrušen boční vchod z ulice 28. října a byl upraven jako výloha. V této ulici zůstal pouze domovní vchod pro administrativní personál. Další personální vchod se šatnami a přístupem k nákladnímu výtahu byl v Perlové ulici. Zákazníkům nadále sloužil impozantní nárožní vchod. V roce 1992 prošel palác přestavbou, následně fungoval jako sedmipatrová administrativní budova a byl určen k pronájmu. Od počátku roku 2018 do roku 2019 probíhala na paláci ARA velká rekonstrukce za přibližně 200 milionů korun. Z původní konstrukce zůstal jen skelet, v budově jsou nové výtahy, technologie, vzduchotechnika, elektroinstalace či okna. Na fasádu se vrátilo také původní neonové podsvícení.

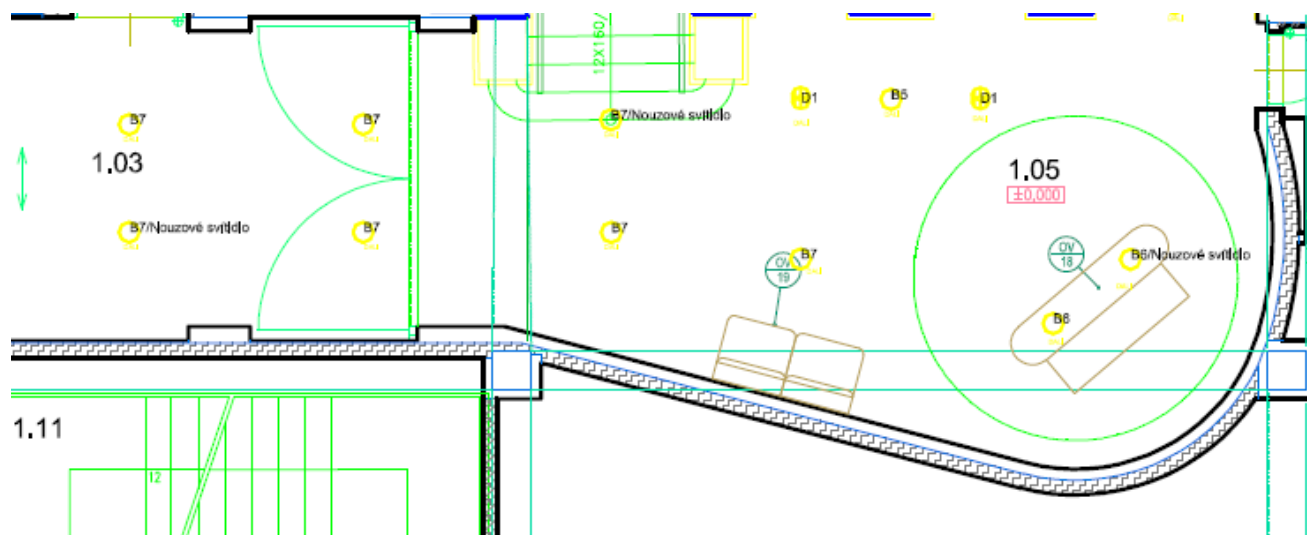


Obrázek 9 palác ARA

### 4.3 Zadání

V rámci celkové rekonstrukce celého objektu byla rekonstruována i elektroinstalace a osvětlovací soustava ve veřejných prostorech objektu jako jsou strojovny, schodiště a terasy. V rámci této práce je dále prezentován detailněji prostor recepce, která je umístěna v prvním nadzemním podlaží a je vstupem k výtahům a schodišti do všech pater budovy

#### 4.3.1 Půdorys recepce objektu v 1 NP



Obrázek 10 půdorys paláce ARA 1NP

#### 4.3.2 Technická zpráva – část osvětlení

##### **OSVĚTLENÍ:**

Osvětlení je zajištěno převážně svítidly s LED zdroji, v prostorách s podhledy (soc. zázemí a chodby) jsou použity kompaktní zářivkové zdroje v zapuštěných svítidlech (downlight). Na chodbách, schodištích a výtahových lobby použita svítidla s LED zdroji. Veškerá svítidla jsou vybavena neřízenými elektronickými předřadníky.

V kancelářských prostorech je počítáno s výkonovou rezervou pro osvětlení kanceláří na 500lx, pomocí LED svítidel.

Ve skladech jsou použita průmyslová svítidla, přisazovaná přímo ke stropu, nebo zavěšovaná pod potrubí TZB, ovládání je vždy lokální, ovladačem z příslušného prostoru.

V technických prostorách (strojovny, rozvodny) jsou svítidla zavěšena pod potrubí TZB (v rozvodnách pod hlavní kabelové trasy), ovládání je vždy lokální, ovladačem z příslušného prostoru. V ostatních prostorách (sociální zázemí, šatny, dílny, neveřejné chodby apod.) jsou svítidla osazena buď jako přisazená, zavěšená pod potrubím, nebo zapuštěná v podhledu, ovládání je vždy lokální, ovladačem nebo čidlem z příslušného prostoru.

Na schodištích jsou použita zářivková svítidla přisazená ke stropu.

Ovládání je centrální pomocí řídicího systému budovy (MaR) ve dvou stupních (podesty / mezipodesty) a pomocí čidel.

Osvětlení v recepci je stmívatelné a je ovládáno pomocí inteligentního systému řízení osvětlení pomocí DALI sběrnice.

Nouzové osvětlení je zajištěno ve všech prostorách samostatnými pohotovostními nouzovými svítidly s vlastním zdrojem (baterií) a automatickým přepnutím na vlastní zdroj při ztrátě referenčního napětí. Vybraná běžná svítidla jsou navíc vybavena vestavěnými inventory nouzového osvětlení, k aktivaci dochází automaticky při ztrátě napětí na příslušném okruhu.

Funkce nouzového osvětlení musí být v pravidelných intervalech zkoušena a o výsledcích testů musí být vedeny písemné záznamy. Nouzové osvětlení je v rozvaděčích zapojeno tak, aby bylo umožněno jeho testování bez nutnosti vypínat běžné osvětlení v celém prostoru.

Z rozvaděčů RS20.1 a RS70.1 jsou napojeny rozvaděče pro osvětlení neonů na objektu. Z těchto rozvaděčů jsou napojeny i osvětlení hodin.

#### Hodnoty průměrné osvětlenosti (Em) stanovené na základě požadavků ČSN EN 12464-1

Chodby	100 lx
Schodiště	150 lx
Sklady	150 lx
Dílny	500 lx
Kanceláře	500 lx
Šatny, umývárny, WC	200 lx
Technické místnosti (strojovny, rozvodny)	200 lx

### 4.3.3 Kniha svítidel

Původní kniha svítidel navržená projektantem a architektem navrhuje výrobce UNI light a jím dodávaná svítidla se zářivkovými a halogenovými zdroji. Podkladem je technická zpráva vypracovaná projektantem a vzorkování svítidel podle katalogů a dodaných vzorků s majitelem objektu. V tabulce je uveden celý seznam použitých, respektive navrhovaných, svítidel do všech prostor objektu, tzv. „shell and core“, tzn. prostory společné.

Tato kniha svítidel byla dodána dodavateli stavebních prací jako součást DPS a byla výchozím zdrojem informací a požadavků pro tvorbu rozpočtů a technologických postupů.

Rekonstrukce paláce byla úplná a kromě statické konstrukce tvořené ocelovými pilíři, obvodových stěn a historických schodišť zahrnovala velké množství stavebních a přípravných prací. V průběhu rekonstrukce se úzce komunikovalo s majitelem a hlavním projektantem o vzniklých situacích, změnách a možnostech, které vyplývali z momentálních potřeb.

Osvětlení tedy přišlo na řadu až v průběhu stavby a při prezentaci knihy svítidel vznikla otázka energetické náročnosti. V původním projektu byla předepsána výměna transformátoru umístěného ve druhém podzemním podlaží objektu, tuto se však technický dozor, vedený zřejmě potřebou zalíbit se a ušetřit investorovi peníze, rozhodl nerealizovat, tzn. že transformátor zůstal původní (630kVa) a nastal problém, zda spočítaná energetická bilance objektu je správně odhadnuta. Majitel navíc trval na určitých představách a navyšoval počty svítidel „za pochodu“ a momentálního rozpoložení. Za dodavatelem jsme tedy přišli s návrhem vyměnit určité typy svítidel, zejména v technickém zázemí, z klasických na LED a při diskusích se nám podařilo přesvědčit investora o vhodnosti výměny všech svítidel za LED, jelikož v dnešní době není problém zachovat stejný design a vyměnit zdroj.



Vybrané typy svítidel z knihy svítidel:



Obrázek 11 použitá svítidlo downlight, závěsná koule na schodiště, průmyslové prachotěsné svítidlo

#### 4.4 Porovnání přepracovaného projektu

##### 4.4.1 Původní nabídka - výpočet příkonů

Podle projektové dokumentace a nabídky obchodního oddělení byla původním zadání svítidla firmy Unilight se zdroji zářivkovými. Důvodem takovéto nabídky byla pravděpodobně snaha nabídnout nižší cenu tak, aby zakázka byla vyhraná.

		ks		technologie	příkon celkem
<b>celkem</b>		<b>223</b>		zářivky	<b>9120</b>

Tabulka 3 původní nabídka svítidel

Celkový rozpis svítidel z původní nabídky je v příloze 10.2

##### 4.4.2 Přepracovaný návrh – výpočet příkonů

V průběhu rekonstrukce byla nabídka svítidel přepracována tak, aby bylo dosaženo energetické úspory. Na první pohled je jasné, že nové řešení by nabídlo téměř 2,5 násobnou úsporu ve spotřebě elektrické energie. Nabídku vypracovala firma Hormen a.s., která své řešení podložila detailním výpočtem osvětlení a dokázala podstatně snížit počet potřebných svítidel, což má za důsledek další úspory při realizaci elektroinstalací.

			ks		technol.	příkon celkem
<b>celkem</b>			<b>160</b>		LED	<b>3628</b>

Tabulka 4 přepracovaný návrh svítidel

Celkový rozpis svítidel z přepracované nabídky je v příloze 10.3

#### 4.4.3 Původní rozpočet – pořizovací cena svítidel

Při původní nabídce, jak bylo zmíněno, obchodní zástupce vycházel pravděpodobně ze zkušenosti, že levnější svítidla zaručí získání zakázky. Toto se pravděpodobně potvrdilo, jelikož zakázka byla dohodnuta právě s původními svítidly.

	ks	cena Kč
<b>Celkem</b>	223	<b>1 191 065,-</b>

Tabulka 5 původní rozpočet cenový

Celkový rozpis svítidel z přepracované nabídky je v příloze 10.4

#### 4.4.4 Nový rozpočet – pořizovací cena svítidel

Tento jednoduchý přehled ukazuje, že LED svítidla jsou výrazně dražší než klasická a pokud vznikne požadavek na doplnění o předřadníky DALI tak, aby celá soustava mohla být tímto systémem řízena, je cena opravdu důvodem k mnoha diskusím s investorem. Nicméně výpočty o budoucích úsporách na spotřebě elektrické energie, které jsou dále uváděny, jsou natolik přesvědčivé, že dlouhodobý provoz je technologie LED přesvědčivě výhodnější.

	ks	cena celkem
<b>Celkem</b>	160	<b>1 354 082,-</b>

Tabulka 6 přepracovaný rozpočet svítidel

Celkový rozpis svítidel z přepracované nabídky je v příloze 10.5

#### 4.5 Ekonomický výsledek změny projektu osvětlení

Pro jednoduchý výpočet při obhajobě změny projektu jsme vycházeli z průměrné ceny elektřiny 3,5 Kč za 1kWh, která je odhadní cenou při velkoodběratelském tarifu u PRE.

Pro možnost výpočtu předpokládáme svícení 6 hodin denně 300 dní v roce

varianta	příkon soustavy kW	cena el. energie za 1Kwh	denní spotřeba kWh (6h)	cena spotřeby za 1 rok (300 dní)
zářivky	9,11	3,5	54,66	896 315
LED	3,62	3,5	21,72	141 528

Tabulka 7 srovnání nákladů na elektrickou energii

Již na první pohled je jasné, že investice do LED osvětlení se vyplatí a rozdíl v pořizovací ceně se velmi rychle vrátí a to i při další investici do systému ovládání DALI. Je potřeba navíc zohlednit vyšší životnost LED zdrojů a náklady vzniklé s údržbou a výměnou zdrojů.

## 5 Výpočet osvětlovací soustavy podle navržených svítidel

### 5.1 Typ svítidel

Pro výpočet byl zvolen prostor recepcy. V rámci této práce pracuji se zjednodušeným modelem prostor, které ve skutečnosti ještě obsahují vstupy na schodiště (viz výpočet profesionálního dodavatele).

Typ svítidel

1. Vestavný downlight LED 195mm, COB-29W, smooth reflector UGR<19, 3000/90+, DALI
2. Vestavný downlight LED 195mm, COB-19W, smooth reflector UGR<19, 3000/90+, DALI



*Obrázek 12 vestavný downlight*






Hormen a.s.



## B6, B6-nz

### Receptce



-  Index podání barv
-  Splňuje požadavky evropské legislativy
-  Vestavní svítidlo
-  Přímé vyzařování
-  Stupeň krytí

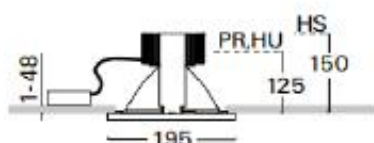
Ø 195 x 125 mm

Vestavné kruhové LED svítidlo typu downlight.  
Tělo svítidla z ocelového plechu. Montážní kroužek z hliníkového odlitku.  
Kvalitní hliníkový reflektor HU s UGR < 19.  
Elektronický stmívatelný DALI předřadník.

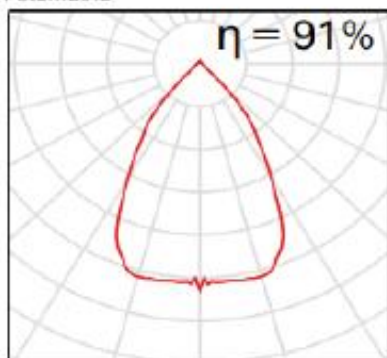
**Svítidlo B6-nz obsahuje nouzový modul 1hod.**

### Popis produktu:

Typ zdroje světla LED	Typ montáže vestavní
Celkový příkon 29 W	Material ocelový plech, hliník
Světelný tok 3600 lm	Rozptylný systém AL reflektor
Teplota chromatičnosti 3000 K	Barva bílá
Hmotnost 0,70 kg	Příslušenství -----
Stupeň krytí IP 20	



### Fotometrie



Obrázek 13 Katalogový list svítidla receptce

Hormen a.s.

## 5.2 Vlastní výpočet pomocí programu Dialux EVO

Dialux evo je volně dostupný software na návrh a výpočet osvětlení. Pomocí tohoto programu jsem se pokusil porovnat výpočty profesionálního studia dodavatele osvětlení s vlastním výpočtem osvětlení prostoru recepce. Z volně dostupných zdrojů na internetu jsem zjistil, že v prostorách recepce je obvykle požadováno osvětlení 300Lx, tato hodnota je uvedena i výše v kapitole 3.7.4.

Program dialux ve svém prostředí umožňuje vytvořit konstrukci půdorysu místnosti, následně zadáme výšku prostor a stavební otvory. V rámci této práce pracuji se zjednodušeným modelem prostor, které ve skutečnosti ještě obsahují vstupy na schodiště (viz výpočet profesionálního dodavatele).

Dalším krokem je volba svítidel, které je možno vybírat z katalogů prodejců, ovšem ve free verzi ve velmi omezeném množství. Parametry jsou nicméně shodné.

### 5.2.1 Plán rozmístění svítidel

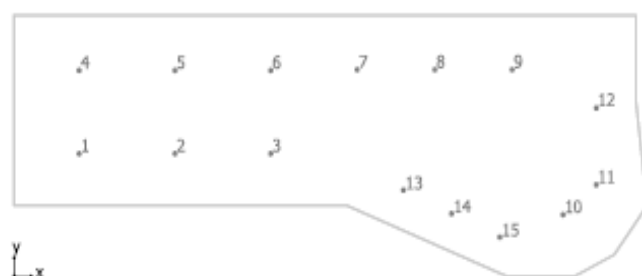
dialux recepoe

25.12.2019

# DIALux

Plocha 1 / Budova 1 / recepce / Místnost 1 / Plán rozmístění svítidel

#### Místnost 1



#### lednlux 2KAL55xxx LNL-KALI 55

Č.	X [m]	Y [m]	Montážní výška [m]	Činitel údržby
1	1.666	2.867	4.380	0.80
2	4.116	2.867	4.380	0.80
3	6.566	2.867	4.380	0.80
4	1.666	4.817	4.380	0.80
5	4.116	4.817	4.380	0.80
6	6.566	4.817	4.380	0.80
7	8.780	4.834	4.380	0.80
8	10.761	4.834	4.380	0.80
9	12.743	4.834	4.380	0.80
10	14.041	1.438	4.380	0.80
11	14.891	2.138	4.380	0.80
12	14.891	3.938	4.380	0.80
13	9.958	2.013	4.380	0.80
14	11.191	1.463	4.380	0.80
15	12.425	0.913	4.380	0.80

Obrázek 14 plán rozmístění svítidel Dialux

## 5.2.2 Shrnutí modelu

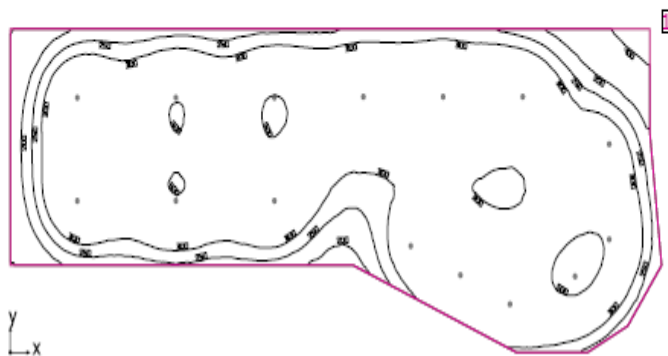
dialux recepcce

25.12.2019

# DIALux

Plocha 1 / Budova 1 / recepcce / Místnost 1 / Shrnutí

### Místnost 1



Světla výška prostoru: 4.300 m, Stupně odrazu: Strop 70.0%, Stěny 50.0%, Podlaha 20.0%, Činitel údržby: 0.80

#### Uživatelská úroveň

Plocha	Výsledek	Průměr (Pož.)	Min	Max	Min/střední	Min/Max
1	Uživatelská úroveň (Místnost 1) Svislá intenzita osvětlení (adaptivní) [lx] Výška: 0.800 m, Okrajová zóna: 0.000 m	355 (≥ 500)	69.8	555	0.20	0.13

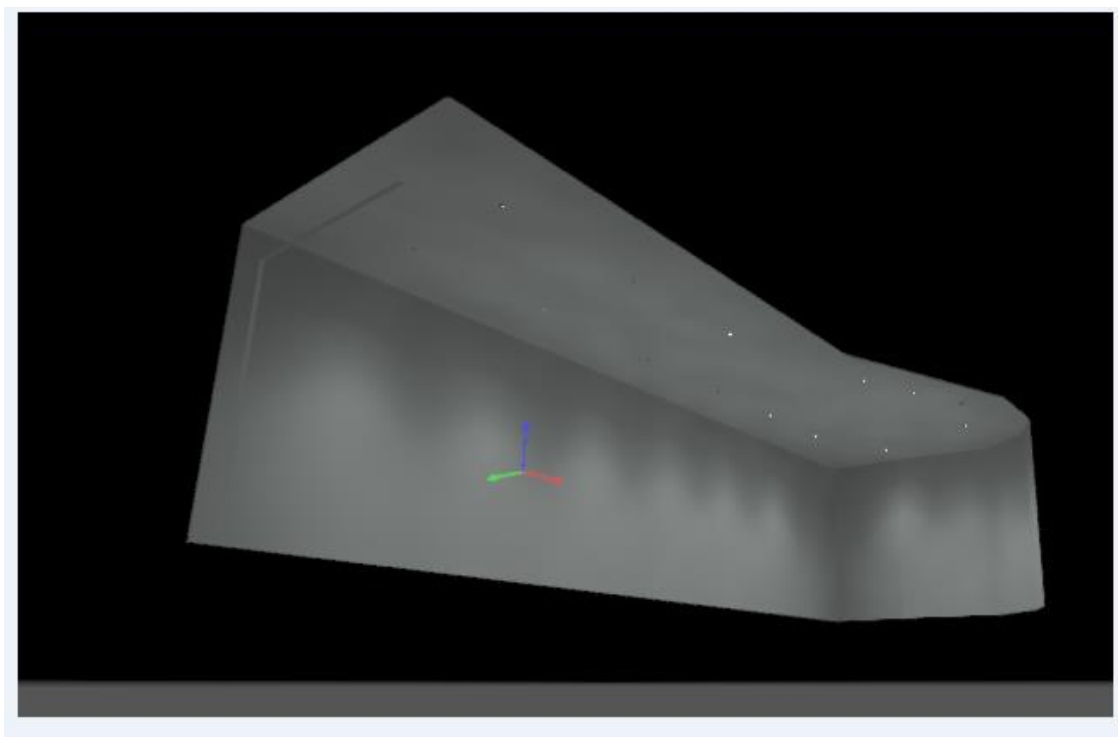
#	Svítilno	Φ(Svítilno) [lm]	Výkon [W]	Světelný výtěžek [lm/W]
10	ledlux - 2KAL55xxx LNL-KALI 55	2926	29.0	100.9
5	ledlux - 2KAL55xxx LNL-KALI 55	1900	19.0	100.0
	Součet všech svítidel	38760	385.0	100.7

Specifický příkon:  $4.84 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha prostrou 79.47 m<sup>2</sup>)

Spotřeba: 670 - 1050 kWh/a od maximálně 2800 kWh/a

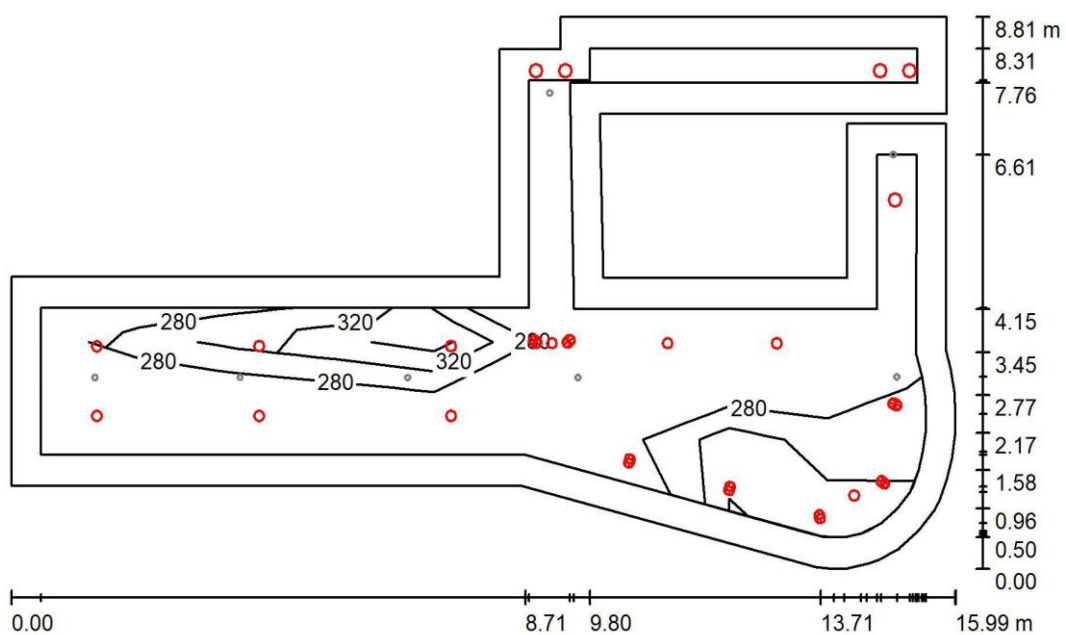
Obrázek 15 shrnutí modelového výpočtu dialux

### 5.2.3 3D model výstup Dialux



Obrázek 16 3D model Dialux

### 5.3 Výpočet dodavatele světél - 1.05 Recepce / Umělé osvětlení / Shrnutí



Výška místnosti: 4.300 m, Činitel údržby: 0.75

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:115

Plocha	□ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	338	253	408	0.748
Podlaha	20	249	89	394	0.357
Strop	70	82	27	240	0.324
Stěny (30)	50	167	26	1844	/

#### Uživatelská úroveň:

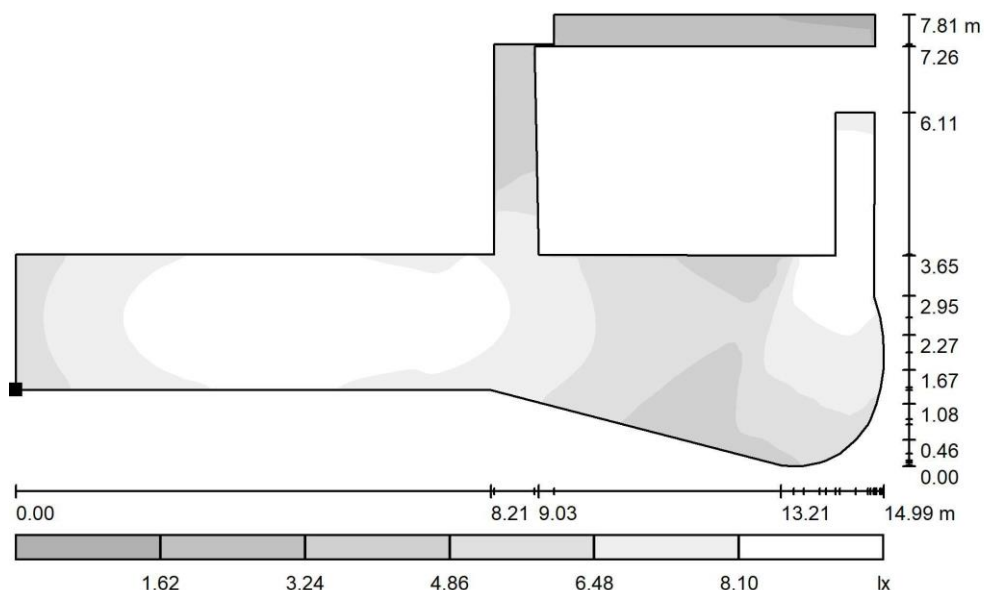
Výška:	0.850 m
Rastr:	9 x 5 Body
Okrajová zóna:	0.500 m

#### Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)
		OMS s.r.o. AD-PRETTUS M POLISHED IP40 19W
1	5	1900lm 3000K 80Ra (1.000) www.DEOS.CZ V170sCW1129HDA3 V170.1x29W
2	10	(COB 25W), smooth reflector HD, opal acryl (1.000) www.DEOS.CZ V718sCW1120SP V718.1x20W,
3	2	COB-20W, refl.SPOT-11°, 3000K/80+ (1.000) www.DEOS.CZ V718sCW1120WF V718.1x20W,
4	5	COB-20W, refl.WIDEFLOOD-62°, 4000K/80+ (1.000)

☑ (Svítidlo) [lm]	☑ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1900	1900	19.0
2926	3600	29.0
2099	2600	20.0
2346	2600	20.0
Celkem: 54692	Celkem: 63700	525.0

Recepce/ Nouzové osvětlení /Protipaniková plocha /Stupně šedi kolmo



#### 5.4 Návrh systému ovládání osvětlení DALI

Projekt předpokládal ovládání DALI pouze pro určité prostory. V rámci změn bylo dodavatelem navrženo celkové ovládání společných prostor přes tento systém, díky čemuž je možno dosáhnout úspory při rozvodech elektroinstalací, ale zejména při dlouhodobém provozu tento systém umožní regulaci intenzity osvětlení a samozřejmě i času spínání. A tím zajistí dlouhodobě úspory el. energie.

Princip DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

Svítilidlo je osazeno předřadníkem (driverem) který DALI podporuje a každý má svojí unikátní adresu (něco jako IP u PC). Tato krátká adresa je generována adresovacím zařízením. Na jedné sběrnici může být maximálně 64 adres. Pokud je více svítidel, systém se rozšiřuje o dalších 64 atd. DALI je dvou vodičová sběrnice, při jejímž zapojování (podobně jako u sběrnice M-Bus) nezáleží na polaritě. Sběrnice pracuje na pevné komunikační rychlosti 1200 bps, sběrnici lze libovolně větvit a její maximální délka závisí na průřezu použitých vodičů. Na sběrnici musí být připojen zdroj, který je často již součástí hlavního řídicího členu sběrnice. Řídicí jednotka DALI umožňuje jakoukoli regulaci a programování spínání, po jednom, po skupinách atd. Tento systém ovládání je také šetrnější ke zdrojům a další jeho velkou výhodou je vzdálená správa. Složitější systémy řízení pomocí protokolu DALI lze navíc prostřednictvím sběrnicových systémů (např. KNX, BACnet nebo MODBUS) integrovat do nadřazeného řídicího systému a začlenit do celkové automatizace budovy.

Tento princip je právě použit v ovládání nejen osvětlení v popisovaném paláci ARA, kde obsluha objektu má možnost řídit, ovládat, měřit potřebné výstupy pomocí vizualizace na monitoru centrálního PC.

[<https://www.wago.com/cz/dali>]

## 5.5 Měření nainstalovaného osvětlení

Měření podle čl. 4.4 ČSN 36 0011-1:2006

- Měření orientační - ověření základních podmínek
- Místo měření – palác ARA, Praha 1
- Datum – 17/12 2019 18 – 21,00
- Měření bez uživatelů
- Srovnávací vodorovná rovina 0,20 m, bod 83 ještě ve výšce 0,85m = 415Lx – pracoviště recepční
- Způsob měření - měření provedeno v soustavě dostatečně zahořených svítidel, která jsou v provozu více jak 500hod a jsou v provozu od 7,00 tzn. min 10 hodin. Navržena čtvercová soustava kontrolních bodů o straně cca 1,5m
- Měřicí přístroj – Luxmeter 407026 Heavy Duty Light Meter- laskavě zapůjčený školou
- 



Obrázek 17 soustava měřících bodů

### 5.5.1 Naměřené hodnoty a výpočet

- Počet měřících bodů  $i = 27$
- Průměrné osvětlení  $E_m = \frac{\sum E}{i} = 298 \text{ lx}$
- Průměrná osvětlenost přepočítaná udržovacím činitelem  $0,8 = 238 \text{ lx}$
- Maximální osvětlení  $E_{\max} = 389 \text{ lx}$
- Minimální osvětlení  $E_{\min} = 187 \text{ lx}$
- Rovnoměrnost  $U_o = \frac{E_{\min}}{E_m} = 0,63$

Vyhodnocení - měřený objekt vyhovuje

	Lx		Lx		Lx		Lx		Lx
<b>11</b>	245	<b>21</b>	295	<b>31</b>	310	<b>41</b>	312	<b>51</b>	308
<b>12</b>	202	<b>22</b>	284	<b>32</b>	324	<b>42</b>	287	<b>52</b>	310
<b>13</b>	220	<b>23</b>	260	<b>33</b>	328	<b>43</b>	330	<b>53</b>	300
	Lx		Lx		Lx		Lx		Lx
<b>61</b>	315	<b>71</b>	335	<b>81</b>	342	<b>91</b>	242		
<b>62</b>	328	<b>72</b>	310	<b>82</b>	367	<b>92</b>	210		
<b>63</b>	340	<b>73</b>	315	<b>83</b>	365	<b>93</b>	289		

<b>výška srovnávací roviny</b>	0,2m		
<b>udržovaná osvětlenost Em</b>		310,00	
<b>minimální osvětlenost Emin</b>		210	
<b>maximální osvětlenost Emax</b>		367	
<b>rovnoměrnost Uo Emin/Em</b>		0,70	

Tabulka 8 naměřené hodnoty osvětlenosti

## 6 Vyhodnocení

Provedený model návrhu osvětlení celkem koresponduje s výpočtem odborné dodavatelské firmy. Výpočty a simulace v programu Dialux prokazují, že navržená svítidla jsou pro prostor recepce vhodná a zaručují dostatečnou osvětlenost prostoru. Při vlastním měření bylo taktéž potvrzeno, že model osvětlení je věrohodný a realita skutečně odpovídá simulovaným výpočtům.

Prostor recepce je osvětlen dostatečně, prostor je jasný, živý a reprezentativní tak jak se na recepci, kde je vstup do poměrně exklusivních administrativních nájemních prostor, sluší. Poměrně vysoké hodnoty osvětlenosti i ve srovnávací rovině u podlahy jsou pravděpodobně zajištěny velmi světlým prostředím a velmi světlou litou broušenou podlahou, která je vybroušena a vyleštěna do vysokého lesku. Tyto skutečnosti například nebyly v době realizace známy. Dostatečně dimenzované výkony a počty svítidel právě v kombinaci s finální povrchovou úpravou stěn, podlah a stropů přinesly tedy kýžený efekt. Pracoviště recepčních je taktéž osvětleno velmi dobře (měření ve výšce 0,8m nad recepčním pultem je hodnota větší než 450lx). Prostor recepce je navíc ještě dovybaven dekorativním světelným LED kruhem v podhledu stropu, který samozřejmě přispívá k celkovému dojmu nejen esteticky, ale i prakticky.



## 7 Závěr

Cílem této práce bylo praktické základní zvládnutí problematiky návrhu a měření osvětlení ve vnitřních prostorách administrativní budovy. Modelování a výpočty pomocí moderních software je možné zvládnout v poměrně krátkém čase a výsledky jsou skutečně použitelné v praxi. Pro mne osobně je toto modelování spíše druhořadým bonusem a obohacením pro mou další praxi, ale skutečně podstatným faktem je prokázání a úspěšná obhajoba změny navrhovaných svítidel v době realizace rekonstrukce objektu. Moderní zdroje LED jsou prakticky dnes již jedinou možnou alternativou, která umožňuje ušetřit náklady na provoz velmi zásadním způsobem v řádech mnoha desítek tisíc korun ročně a co je stejně důležité je i pozitivní dopad na životní prostředí při úsporách spotřeby elektrické energie.

Jediným jakýmsi důvodem k zamyšlení pro mne osobně je určitá složitost celé koncepce ovládání systému budovy, do které osvětlení také patří. Obsluha objektu je naprosto závislá na počítačovém systému ovládání měření a regulace, kdy jakýkoli problém je potřeba řešit s odbornou firmou a programátorem a „prostá výměna žárovky“, již dnes nepřipadá v úvahu a to již jen z důvodu, kdy svítidlo osazené LED čipy tvoří komplet a je potřeba jej měnit celý, což přináší o mnoho složitější proceduru (zejména při novém adresování předřadníků apod.).

Tato skutečnost však je skutečně bohatě vyvážena již zmiňovanými úsporami a komfortem při ovládání všech systémů, pokud tyto pracují správně a spolehlivě.

## 8 Seznam použité literatury a zdrojů

1. PLCH, Jiří. *Světelná technika v praxi*. Praha: IN-EL, 1999. Knižnice Elektro. ISBN 80-86230-09-0.
2. SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
3. prof. MUDr. Jarmila Boguszaková, DrSc 04/2003. Časopis Světlo. Zrak a vidění [cit. 10/9-30/9 2019] dostupné z:  
<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zrak-a-videni--16756>
4. Jaroslav Reichl, Martin Všetická 2006-2019. Encyklopedie fyziky. Fotometrické veličiny [cit. 15/9-30/11 2019]. Dostupné z:  
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/535-fotometricke-veliciny>
5. HABEL, Jiří, a kol. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. 624 s. ISBN 978-80-86534-21-3.
6. Mgr. Roman Dubnička, Ing. Lukáš Lipnický Návrh vnitřních osvětlovacích soustav v budovách a jejich: verifikace. [cit.20/11-10/12 2019] dostupné z: <https://www.asb->

portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/osvetleni-a-elektroinstalace/navrh-vnitrnich-osvetlovacich-soustav-v-budovach-a-jejich-verifikace

7. Mgr.Ing. Marie Kurešová. Historie svícení 2013-2019.[cit. 15/12 2019]dostupné z:  
<http://www.antik-kures.cz/zajimavost-41.html>
8. ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení: osvětlení pracovních prostorů. Část 1: Vnitřní pracovní prostory.
9. ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení vnitřních prostorů: část 3: Měření umělého osvětlení  
Lighting measurement in interiéře - Part 3: Artificiallighting measurement
10. ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů: část 1: Základní ustanovení  
Lighting measurement in interiéře - Part 1: General regulations

## 9 Seznam obrázků, tabulek a příloh

### Seznam obrázků

Obrázek 1 schema oka.....	15
Obrázek 2 svítivost .....	18
Obrázek 3 chromatičnost.....	19
Obrázek 4 index podání barev.....	20
Obrázek 5 rozložení jasu a odrazivost.....	21
Obrázek 6 LED dioda .....	24
Obrázek 7 Dialux prostředí .....	27
Obrázek 8 měření osvětlenosti .....	29
Obrázek 9 palác ARA .....	30
Obrázek 10 půdorys palaáce ARA 1NP.....	31
Obrázek 11 použitá svítidlo downlight, závěsná koule na schodiště , průmyslové prachotěsné svítidlo.....	33
Obrázek 12 vestavný downlight.....	35
Obrázek 13 Katalogový list svítidla recepce .....	36
Obrázek 14 plán rozmístění svítidel Dialux.....	37
Obrázek 15 shrnutí modelového výpočtu dialux .....	38
Obrázek 16 3D model Dialux.....	39
Obrázek 17 soustava měřicích bodů .....	42

## Seznam tabulek

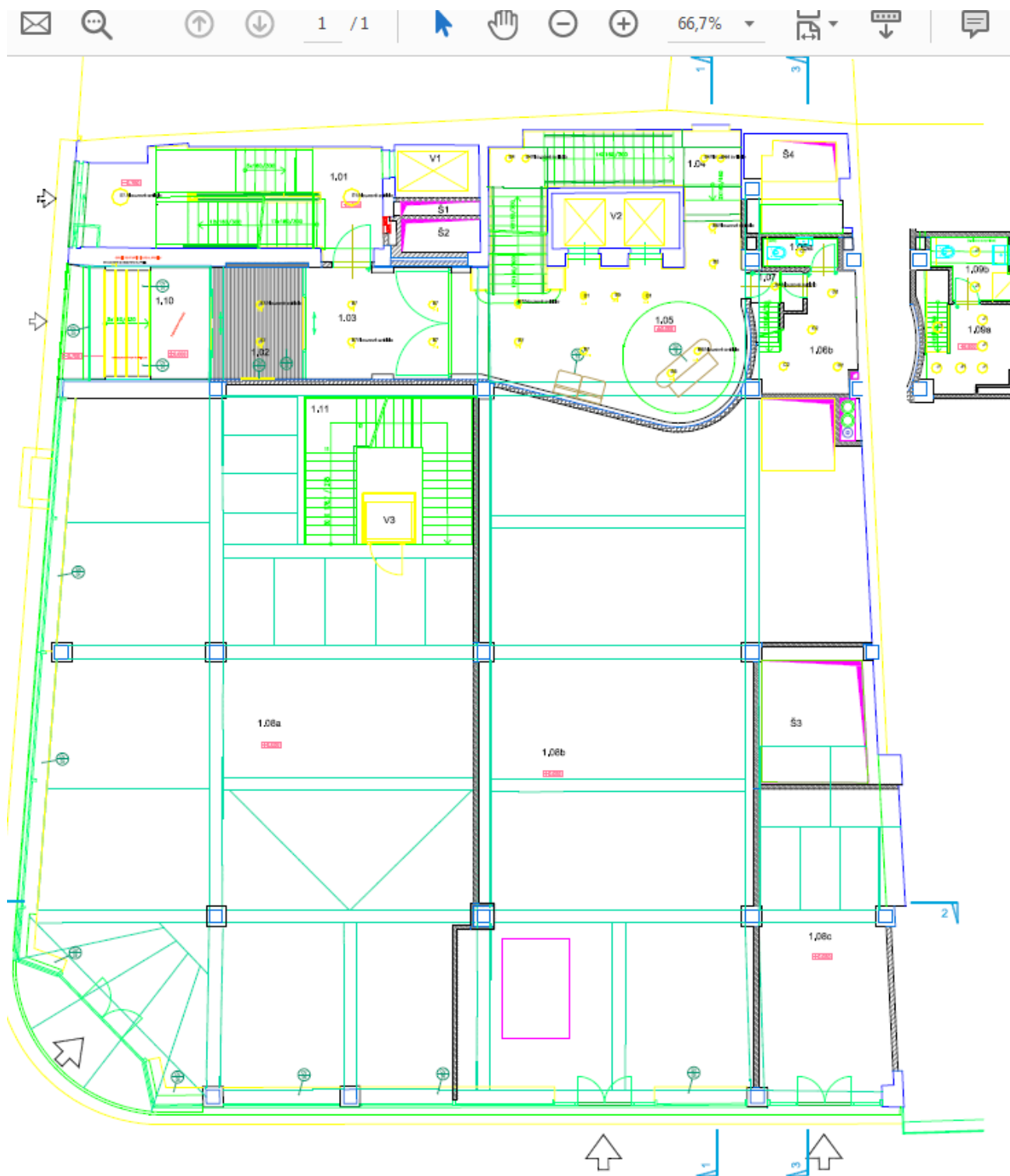
Tabulka 1 poměrný příkon .....	25
Tabulka 2 osvětlení doporučené hodnoty .....	28
Tabulka 3 původní nabídka svítidel .....	33
Tabulka 4 přepracovaný návrh svítidel .....	33
Tabulka 5 původní rozpočet cenový .....	34
Tabulka 6 přepracovaný rozpočet svítidel .....	34
Tabulka 7 srovnání nákladů na elektrickou energii .....	34
Tabulka 8 naměřené hodnoty osvětlenosti .....	43

## Seznam příloh

příloha 1 půdprys 1NP .....	47
příloha 2 původní nabídka - výpočet příkonů detailní rozpis .....	48
příloha 3 přepracovaný návrh – výpočet příkonů detailní rozpis .....	49
příloha 4 původní rozpočet – pořizovací cena svítidel, detailní rozpis.....	50
příloha 5 nový rozpočet – pořizovací cena svítidel, detailní rozpis.....	51
příloha 6 fotografie.....	52

## 10 Přílohy

### 10.1 Půdorys objektu v 1NP



příloha 1 půdorys 1NP

## 10.2 Původní nabídka - výpočet příkonů detailní rozpis

Popis položky	měr.jedn.	množství	příkon	technol.	příkon celkem
B svítidlo erco	ks	1	55	zářivka	55
B1	ks	6	32	zářivka	330
B3 svítidlo erco	ks	8	32	zářivka	440
B5 svítidlo erco	ks	23	32	zářivka	1265
C svítidlo erco	ks	1	15	led	15
C1 svítidlo erco	ks	9	15	led	135
C1N	ks	3	15	led	45
C2 svítidlo erco	ks	1	15	led	15
D svítidlo erco	ks	11	19	led	209
E1N	ks	18	32	zářivka	576
H1	ks	2	49	zářivka	98
H1N	ks	4	49	zářivka	196
H2	ks	16	98	zářivka	1568
H2N	ks	11	98	zářivka	1078
I1	ks	2	24	zářivka	48
I1N	ks	1	24	zářivka	24
J1	ks	1	36	zářivka	36
K1	ks	4	17	led	68
L1	ks	18	4	led	72
L1N	ks	1	4	led	4
M1N svítidlo	ks	1	78	zářivka	78
M1N svítidlo	ks	1	78	zářivka	78
N1,N2,N3,N4 - svítidlo nouzové, pohotovostní, vl. baterie 1h,	ks	35	36	zářivka	1260
O1N	ks	3	39	zářivka	117
R1	ks	1	39	zářivka	39
R1N	ks	3	39	zářivka	117
V1 svítidlo	ks	16	35	zářivka	560
<b>celkem</b>		<b>223</b>			<b>9120</b>

*příloha 2 Původní nabídka - výpočet příkonů detailní rozpis*

### 10.3 Přepřracovaný návrh – výpočet příkonů detailní rozpis

	<b>Popis položky</b>	<b>měr.je dn.</b>	<b>množství</b>	<b>příkon</b>	<b>technol.</b>	<b>příkon celkem</b>
B4	Vestavný downlight LED 195mm, COB-14W, smooth reflector UGR<19, 3000K/90+, EVG	ks	7	14	LED	98
B5	Vestavný downlight LED 195mm, COB-19W, smooth reflector UGR<19, 3000K/90+, DALI	ks	9	19	LED	171
B4-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-14W, smooth reflector UGR<19, 3000K/90+, EVG + NO1H	ks	2	14	LED	38
B5-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-19W, smooth reflector UGR<19, 3000K/90+, DALI + NO1H	ks	12	19	LED	168
B6	Vestavný downlight LED 195mm, COB-29W, smooth reflector UGR<19, 2969/90+, DALI	ks	10	29	LED	290
B7	Vestavný downlight LED 195mm, COB-29W, smooth reflector UGR<19, 3000K/90+, DALI + NO1H	ks	1	29	LED	29
B6-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-20W, smooth reflector UGR<19,	ks	6	20	LED	120
B7-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-20W, smooth reflector UGR<19,	ks	3	20	LED	60
C1	Vestavný downlight LED IP44 20W 3000K,	ks	5	20	LED	100
C2	Vestavný downlight LED IP44 15W 3000K,	ks	4	15	LED	60
D1	Vestavný výklopný LED downlight 170mm, COB-14W, refl.FLOOD-39° , ,	ks	8	14	LED	112
E1nz	Závěsné kruhové LED svítidlo IP40, 44W, d-500mm, stínítka třívrstvé	ks	13	44	LED	572
H1	Prachotěsné LED svítidlo IP66, 4335lm	ks	2	27	LED	54
H1nz	Prachotěsné LED svítidlo IP66, 4335lm 4000K CRI80, EVG, 27W, PMMA OPAL,	ks	13	27	LED	351
H2	Prachotěsné LED svítidlo IP66, 7040lm 4000K CRI80, EVG, 48W, tajfun	ks	10	49	LED	480
H2nz	Prachotěsné LED svítidlo IP66,7040lm 4000K CRI80, EVG, 48W, tajfun,	ks	8	49	LED	384
J1	Přisazené LED svítidlo 16W, CRI 80,	ks	9	16	LED	144
K	Venkovní vestavné LED svítidlo IP65, DIA 190mm, 1 COB 41W 3000K, 70° ,	ks	2	41	LED	82
O1n	Přisazené kruhové LED svítidlo, d=440mm, 29W, 3000K, DALI + NO1H +	ks	7	29	LED	203
N2	x ONTEC C M2 102 M ST 1 LED 1h M	ks	1	2	LED	2
V1	x LIGMAN GINO 6, 10W, T4, 820lm,	ks	13	10	LED	130
V2	x LIGMAN Gino 1 wall down, 1 LED 4W 2700K, driver, Bronze RAL6014	ks	8	4	LED	32
V3	x LIGMAN RADO 1 RCSSD 1 COB 4W	ks	16	4	LED	64
	<b>celkem</b>		<b>160</b>			<b>3628</b>

příloha 3 Přepřracovaný návrh – výpočet příkonů detailní rozpis

#### 10.4 Původní rozpočet – pořizovací cena svítidel, detailní rozpis

Popis položky ROZPOČET	měr.jedn.	množství	cena	
B svítidlo erco	ks	1	11222	11222
B1	ks	6	11222	67332
B3 svítidlo erco	ks	8	11252	90016
B5 svítidlo erco	ks	23	9680	264500
C svítidlo erco	ks	1	3506	3506
C1 svítidlo erco	ks	9	3698	33282
C1N	ks	3	3879	11637
C2 svítidlo erco	ks	1	3598	3598
D svítidlo erco	ks	11	8519	93709
E1N	ks	18	9266	166788
H1	ks	2	1449	2898
H1N	ks	4	2649	10596
H2	ks	16	1425	22800
H2N	ks	11	2653	29183
I1	ks	2	2024	4048
I1N	ks	1	3536	3536
J1	ks	1	2709	2709
K1	ks	4	7209	28836
L1	ks	18	2837	51066
L1N	ks	1	3351	3351
M1N svítidlo	ks	1	7369	7369
M1N svítidlo	ks	1	7369	7369
N1,N2,N3,N4 - svítidlo nouzové,	ks	35	1325	46375
O1N	ks	3	10695	32085
R1	ks	1	6014	6014
R1N	ks	3	9017	27051
V1 svítidlo	ks	16	3572	57152
V2 svítidlo	ks	11	9367	103037
<b>Celkem</b>		<b>223</b>		<b>1 191 065,-</b>

příloha 4 Původní rozpočet – pořizovací cena svítidel, detailní rozpis

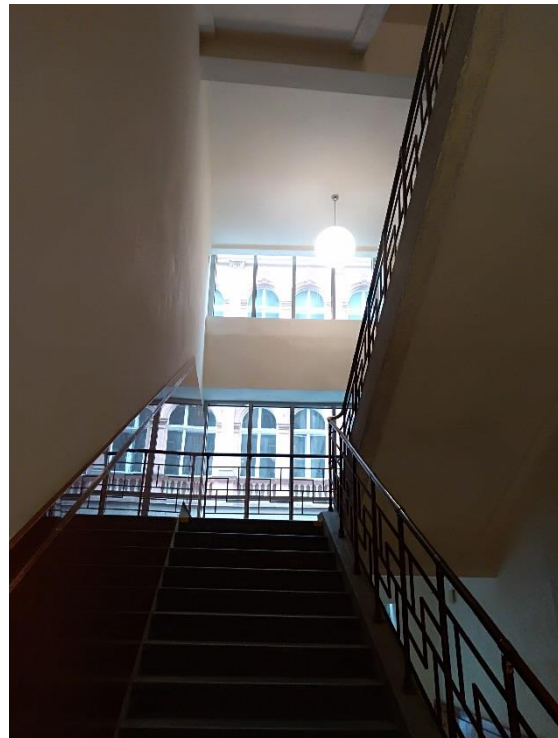
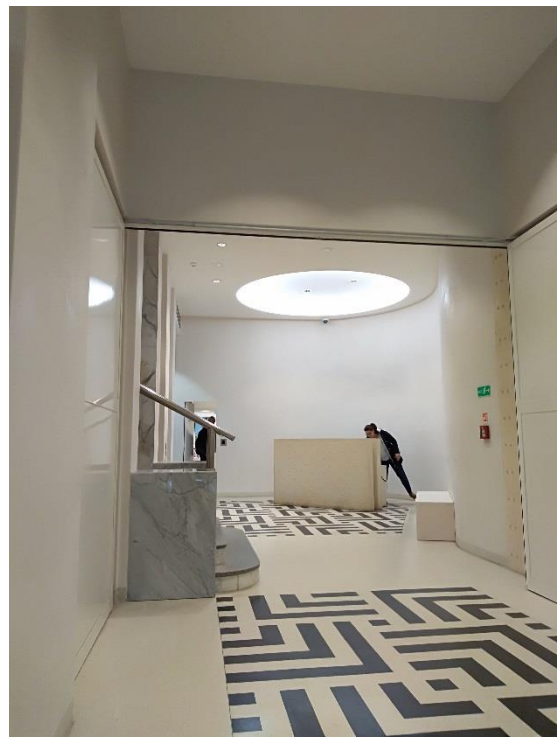
## 10.5 Nový rozpočet – pořizovací cena svítidel, detailní rozpis

Popis položky		měr.jedn	množství	Cena	cena celkem
B4	Vestavný downlight LED 195mm, COB-14W, smooth reflector,	ks	7	4393	30751
B5	Vestavný downlight LED 195mm, COB-19W, smooth reflector	ks	2	6192	12383
B4-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-14W, smooth reflector	ks	9	9089	81797
B5-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-19W, smooth reflector	ks	12	10886	130637
B6	Vestavný downlight LED 195mm, COB-29W, smooth reflector	ks	10	6248	6248
B6-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-29W, smooth reflector	ks	1	10944	10944
B7	Vestavný downlight LED 195mm, COB-20W, smooth reflector	ks	1	6305	37831
B7-nz	Vestavný downlight LED 195mm, COB-20W, smooth reflector	ks	3	11001	33002
C1	Vestavný downlight LED IP44 20W	ks	5	1175	5875
C2	Vestavný downlight LED IP44 15W	ks	4	887	3548
D1	Vestavný výklopný LED downlight 170mm, COB-14W, refl.FLOOD-39°,	ks	8	6476	51805
E1nz	Závěsné kruhové LED svítidlo IP40, 44W, d-500mm, stínítko třívrstvé	ks	13	22831	296799
H1	Prachotěsné LED svítidlo IP66, 4335lm 4000K CRI80, EVG, 27W,	ks	2	3581	7163
H1nz	Prachotěsné LED svítidlo IP66, 4335lm 4000K CRI80, EVG, 27W,	ks	13	7638	99299
H2	Prachotěsné LED svítidlo IP66, 7040lm 4000K CRI80, EVG, 48W,	ks	10	3771	37706
H2nz	Prachotěsné LED svítidlo IP66,7040lm 4000K CRI80, EVG,	ks	8	7828	62621
J1	Přisazené LED svítidlo 16W, CRI	ks	9	1676	15084
K	Venkovní vestavné LED svítidlo IP65, DIA 190mm, 1 COB 41W	ks	2	9620	19239
O1n	Přisazené kruhové LED svítidlo, d=440mm, 29W, 3000K, DALI +	ks	7	15361	107524
N2	x ONTEC C M2 102 M ST 1 LED 1h	ks	1	2619	2619
V1	x LIGMAN GINO 6, 10W, T4, 820lm,	ks	13	16037	208484
V2	x LIGMAN Gino 1 wall down, 1 LED	ks	8	3432	27457
V3	x LIGMAN RADO 1 RCSSD 1 COB	ks	16	4079	65267
	<b>Celkem</b>		<b>160</b>		<b>1 354 082,-</b>

příloha 5 Nový rozpočet – pořizovací cena svítidel, detailní rozpis



## 10.6 Fotografie prostor po rekonstrukci



*příloha 6 fotografie*