



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

Diplomová práce

Návrh umělého osvětlení v kostele svatého Jiljí

Praha 2020/21

Vypracovala: Gainanová Kristina

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Odborný konzultant: Ing. Petr Žák, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Gainanová Jméno: Kristina Osobní číslo: 453122

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Inteligentní budovy

Studijní obor: Inteligentní budovy

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh umělého osvětlení v kostele sv. Jiljí

Název diplomové práce anglicky: Design of artificial lighting in the church of St.Jiljí

Pokyny pro vypracování:

Proveďte analýzu současných světelných podmínek a pasportizaci současné soustavy umělého osvětlení v prostorách kostela sv. Jiljí.

Specifikujte požadavky na osvětlení v jednotlivých částech kostela sv. Jiljí pro různé situace a příležitosti.

Navrhněte novou osvětlovací soustavu umělého osvětlení a řídicí systém osvětlení v kostele sv. Jiljí.

Proveďte porovnání technických parametrů a vlastností původní a nově navržené osvětlovací soustavy.

Seznam doporučené literatury:

Simulační program DIALux evo (<https://www.dial.de/>)

DALI Comparison between DALI & DALI-2 - Tridonic (<https://www.tridonic.com>)

IES TM Lighting Control Protocols (<https://www.usalighting.com>)

ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. 3.2012

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 18.2.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 16.5.2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

18.02.2021

Datum převzetí zadání

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh umělého osvětlení v kostele svatého Jiljí“ vypracovala samostatně, s užitím literatury a pramenů sepsaných v seznamu literatury, který je součástí této práce.

V Praze dne

.....

Bc. Gainanova Kristina

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za vedení práce a pomoc, které mi během diplomové práce poskytl.

Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Petru Žákovi, Ph.D. z FEL ČVUT za konzultaci o umělém osvětlení a systémech řízení, cenné rady, poskytnutí odborných materiálů a podkladů, pomoc a podporu.

Kolegům z ateliéru světelné techniky s.r.o., u nichž jsem strávila praxi a díky nimž jsem nabyla mnoha potřebných vědomostí týkajících se navrhování a projektování osvětlení. Taky bych ráda poděkovala za důvěru při předání takového unikátního a významného zadání.

V neposlední řadě bych ráda poděkoval své nejbližší rodině a přátelům.

Abstrakt

Diplomová práce vznikla na žádost dominikánského kláštera o návrh nové osvětlovací soustavy pro sakrální prostor kostela svatého Jiljí, který se nachází v centru Prahy mezi ulicemi Husova, Zlatá a Jilská. Práce analyzuje sakrální prostor z pohledu denního světla v prostoru a také stávající osvětlovací soustavy. Na základě analýzy stávající osvětlovací soustavy a představ zástupce dominikánského kláštera byly definovány požadavky na novou osvětlovací soustavu.

Cílem diplomové práce je vytvořit novou osvětlovací soustavu, která bude využívat soudobých světelných zdrojů. Dalším bodem je návrh řízení osvětlovací soustavy za účelem naplnění stanovených provozovatelem požadavků.

Klíčová slova

Svítidlo, světelný zdroj, osvětlenost, umělé osvětlení, osvětlovací soustava, sběrnice DALI, rekonstrukce osvětlení, kostel, liturgie

Abstract

The diploma thesis was created at the request of the Dominican monastery for the design of a new lighting system for the Church of St. Giles, which is located in the center of Prague between Husova, Zlatá and Jilská streets. The work analyzes the sacral space from the point of view of daylight in the space and also the existing lighting system. Based on the analysis of the existing lighting system and the ideas of the representative of the Dominican monastery, the requirements for the new lighting system were defined.

The aim of the diploma thesis is to create a new lighting system that will use contemporary light sources. The next point is the design of control of the lighting system in order to meet the requirements set by the operator.

Key words

Luminaire, light source, illuminance, artificial lightning, lighting system, DALI bus, lighting reconstruction, church, liturgy

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Čestné prohlášení | 3 |
| Poděkování..... | 4 |
| Abstrakt | 5 |
| Klíčová slova | 5 |
| Abstract..... | 6 |
| Key words..... | 6 |
| Seznam obrázků..... | 9 |
| Seznam tabulek | 11 |
| 1. Úvod | 12 |
| 2. Popis sakrálního prostoru..... | 14 |
| 2.1. Historie | 14 |
| 2.2. Současné využití | 14 |
| 2.3. Uspořádání interiéru kostela..... | 14 |
| 2.4. Příspěvek denního světla..... | 16 |
| 2.4.1. Denní osvětlení..... | 16 |
| 2.4.2. Činitelé odrazu hlavních povrchů | 17 |
| 2.4.3. Hierarchie prostoru dle denního osvětlení | 18 |
| 3. Popis stávající osvětlovací soustavy | 20 |
| 3.1. Měření umělého osvětlení | 21 |
| 3.1.1. Shrnutí naměřených hodnot osvětlenosti..... | 22 |
| 3.2. Svítidla a světelné zdroje stávající osvětlovací soustavy | 23 |
| 3.2.1. Typy svítidel | 23 |
| 3.2.1. Typy světelných zdrojů | 26 |
| 3.3. Ovládání stávající osvětlovací soustavy..... | 26 |
| 3.3.1. Světelné scény | 28 |
| 3.4. Energetická náročnost stávající osvětlovací soustavy | 28 |
| 3.5. Nedostatky stávající osvětlovací soustavy | 29 |
| 3.5.1. Zvýšení hodnot osvětlenosti..... | 29 |
| 3.5.2. Ovládání a světelné scény | 33 |
| 3.5.3. Varhany..... | 33 |
| 3.5.4. Energetická náročnost | 34 |
| 4. Návrh nové osvětlovací soustavy..... | 35 |
| 4.1. Požadavky na novou osvětlovací soustavu..... | 35 |
| 4.1.1. Hodnoty osvětleností | 35 |
| 4.1.2. Ovládání a světelné scény | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.3. Trasování kabelů..... | 37 |
| 4.1.4. Energetická náročnost..... | 37 |
| 4.1.5. Hierarchie a liturgie..... | 37 |
| 4.2. Koncept nové osvětlovací soustavy..... | 38 |
| 4.2.1. Režimy využití sakrálního prostoru. Definování světelných scén..... | 38 |
| 4.3. Návrh nové osvětlovací soustavy..... | 39 |
| 4.3.1. Osvětlené oblasti..... | 40 |
| 4.3.2. Volba svítidel a světelných zdrojů..... | 40 |
| 4.3.3. Svítidla a světelné zdroje..... | 42 |
| 4.3.4. Požadavky na provoz a údržbu..... | 47 |
| 4.4. Výpočet osvětlenosti pomocí výpočetního programu..... | 47 |
| 4.4.1. Shrnutí a porovnání výsledků výpočtu..... | 48 |
| 4.5. Ovládání nové osvětlovací soustavy..... | 50 |
| 4.5.1. Protokol DALI..... | 51 |
| 4.5.2. Popis řídicího systému..... | 52 |
| 4.6. Prvky řídicího systému DALI/CUE..... | 55 |
| 4.6.1. Přenos dat pomocí Ethernet..... | 56 |
| 4.6.2. Řídicí jednotka..... | 57 |
| 4.6.3. Ovládací panel..... | 57 |
| 4.6.4. Schéma zapojení řídicí části..... | 57 |
| 4.6.4. Trasování kabeláže..... | 58 |
| 4.7. Energetická náročnost nové osvětlovací soustavy..... | 58 |
| 4.8. Požadavky na realizaci..... | 59 |
| 5. Porovnání stávající a nové osvětlovací soustavy..... | 60 |
| 5.1. Minimální požadavky na osvětlenost..... | 60 |
| 5.2. Liturgie a hierarchie prostoru..... | 60 |
| 5.3. Energetická náročnost..... | 60 |
| 5.4. Řízení osvětlovací soustavy..... | 60 |
| 5.5. Shrnutí porovnání soustav osvětlení..... | 61 |
| 6. Závěr..... | 62 |
| Použitá literatura..... | 64 |
| Seznam příloh..... | 66 |

Seznam obrázků

- Obrázek 1:** Lavice s místem pro osazení individuálního svítidla
- Obrázek 2:** Schéma uspořádání interiéru kostela
- Obrázek 3:** Osvětlení interiéru kostela denním světlem
- Obrázek 4:** Osvětlení obětního stolu denním světlem
- Obrázek 5:** Osvětlení kůru denním světlem
- Obrázek 6:** Návrh umělého osvětlení interiéru kostela. Půdorys 1.NP, 1969
- Obrázek 7:** Návrh umělého osvětlení interiéru kostela. Příčný a podélný řez, 1969
- Obrázek 8:** Fotografie rozvaděče
- Obrázek 9:** Schéma světelných okruhů stávající osvětlovací soustavy (červená – horní svítidla; modrá – dolní svítidla)
- Obrázek 10:** Fotografie presbytáře a obětního stolu, kdy osvětlení zajišťují pouze lustry
- Obrázek 11:** Fotografie presbytáře a obětního stolu při osvětlení lustry a světlometry z kůru
- Obrázek 12:** Fotografie osvětlení centrální a boční lodě
- Obrázek 13:** Fotografie fresky na centrální klenbě
- Obrázek 14:** Fotografie prostoru kůru
- Obrázek 15:** Hierarchie prostoru
- Obrázek 16:** Oblasti pro návrh nové osvětlovací soustavy
- Obrázek 17:** Prostorové (vlevo) a plošné (vpravo) znázornění fotometrické křivky
- Obrázek 18:** Znázornění rozdílu ve vnímání barev při různém indexu podání barev
- Obrázek 19:** Teplota chromatičnosti
- Obrázek 20:** Vlevo: stávající závěsný lustr. Vpravo: ilustrativní náhradní lustr od firmy Framo
- Obrázek 21:** Vzor osazení LED modulu do svítidla, výrobce Ecolight
- Obrázek 22:** Svítidlo Palco InOut
- Obrázek 23:** Svítidlo Tecnica EVO
- Obrázek 24:** Svítidlo Agorà
- Obrázek 25:** Svítidlo View
- Obrázek 26:** Vizualizace výsledků výpočtu z programu DIALux evo
- Obrázek 27:** Příklad systému řízení osvětlení DALI
- Obrázek 28:** LED předřadník s rozhráním DALI

Obrázek 29: Příklady ovládacích zařízení

Obrázek 30: Topologie DALI sběrnice a Ethernet sítě

Obrázek 31: Rozdělení svítidel do skupin

Obrázek 32: Schéma přepínače Advantech

Seznam tabulek

- Tabulka 1:** Průměrné hodnoty denního osvětlení v kontrolních bodech
- Tabulka 2:** Analýza povrchu
- Tabulka 3:** Osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlenosti pro první situaci
- Tabulka 4:** Osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlenosti pro druhou situaci
- Tabulka 5:** Seznam svítidel stávající osvětlovací soustavy
- Tabulka 6:** Světelné scény stávající osvětlovací soustavy
- Tabulka 7:** Elektrická spotřeba základních světelných scén
- Tabulka 8:** Náklady na osvětlení kostela
- Tabulka 9:** Přehled požadovaných osvětleností
- Tabulka 10:** Svítidla nové osvětlovací soustavy
- Tabulka 11:** Shrnutí výsledků výpočtu osvětlení v programu Dialux při zapnutí všech svítidel
- Tabulka 12:** Shrnutí výsledků výpočtu osvětlení v programu Dialux při zapnutí základní části osvětlení
- Tabulka 13:** Řídící prvky nové osvětlovací soustavy
- Tabulka 14:** Příkony DALI skupin
- Tabulka 15:** Příkony základních světelných scén
- Tabulka 16:** Příkony ostatních světelných scén
- Tabulka 17:** Shrnutí porovnání stávající a nové osvětlovací soustavy

1. Úvod

Duchovní spojení mezi světlem a vírou začíná obrazy, které nám připomíná známá pasáž Genesis: *Bud' světlo*. Světlo se v mnoha pasážích Bible používá k vyjádření Božího ducha, který se projevuje ve světě.

V křesťanském a konkrétně v katolickém kontextu jsou sakrální stavby (kostely, katedrály, kaple, rotundy, modlitební místnosti) chápány jako budovy, které identifikují, shrnují a definují posvátný prostor – představují tři úzce související dimenze: symbolickou, liturgickou a architektonickou.

Před milánským ediktem vydaným v roce 313 n.l. císařem Konstantinem I (v důsledku čehož se jeho poddaní mohli svobodně hlásit ke svému křesťanství) neexistoval žádný architektonický výraz, protože všechny liturgické činnosti byly prováděny tajně v *domus ecclesiae* (dům – chrám), které nebyly nic víc než soukromé pokoje zřízené v domech. Poté, co se podmínky pro budoucí vydání Konstantinova ediktu začaly zpříšňovat, se ve 3. století začaly objevovat speciální budovy, obsahující první projevy architektonického stylu, který se snažil uspokojit liturgické požadavky. V různých architektonických stylech sakrálních staveb tedy nacházíme jak reprezentaci symbolických prvků, v nichž jsou shrnuty teologické aspekty, tak možnost naplnění rituálních akcí (liturgie).^[2] Vzhledem k tomu, že evropská kultura výstavby sakrálních staveb byla velmi výrazně ovlivněna tímto konceptem, je třeba respektovat základní myšlenky založené na liturgických prvcích, detailech a celkovém uspořádání objektu.

Návrh umělého osvětlení sakrální stavby by měl být v souladu s principy působení denního světla v daném sakrálním prostoru, a současně by měl respektovat, a v případě potřeby zvýraznit, symbolické hodnoty, různých částí prostoru a strukturálních prvků používaných v liturgii (křtitelnice, presbytář a oltář, kůr, řečnický pult, katedra, kazatelna atd.).

I v dnešní době dochází k výstavbě moderních sakrálních staveb. Řešení osvětlení novodobých kostelů je odlišné, od osvětlení kostelů klasických (tradičních, historických), stejně jako jsou jiné novodobé materiály, formy a uspořádání. Přestože je výraz a vzhled odlišný, funkce je vždy stejná – oslava Boha. V projektu se využívají pravidla, která se týkají klasických katolických kostelů, což je právě případ kostela svatého Jiljí. Dále pod pojmem "sakrální stavba" budou myšleny pouze sakrální stavby s klasickým uspořádáním vnitřních prostorů (půdorys ve tvaru kříže).

Jak je zřejmé z odstavců výše, je k dispozici bohatá tradice, z níž lze při návrhu umělého osvětlení čerpat. Osvětlení sakrálních staveb významně působí, jak při účasti lidí na bohoslužbách, tak i při celkovém vjemu stavby jako uměleckého díla a i individuálním vjemu jednotlivých uměleckých děl, která jsou součástí objektu. Vzhled a poloha svítidel pomáhají pochopit prostorové uspořádání sakrálního objektu. Charakteristiky osvětlovací soustavy jsou také důležité při určování nákladů a při ochraně uměleckých děl, které by mohly být poškozeny působením optického záření.

Světlo v sakrálních stavbách zpravidla není utilitární, je vodičem smyslů a hluboce symbolickou částí interiéru, proto musí být pečlivě promyšleno a správně umístěno. Kromě zajištění minimální požadované úrovně osvětlenosti pro dané úkoly (čtení, poslech, pohyb), je třeba pomocí architektonického osvětlení vyzdvihnout osvětlené objekty a plochy. Střídání tmavých a světlých

oblastí, správné přechody od příšeří k polosvětlu, kombinace přímého a odraženého světla, hra barevných odstínů, akcentů a reflexí – všechno uvedené je předpokladem pro vytvoření harmonické světelně-prostorové kompozice chrámu.

Předmětem diplomové práce je návrh nové osvětlovací soustavy v kostele sv. Jiljí v Praze.

Z důvodu shodností záměru a cílů, byl postup práce a její rozdělení na kapitoly převzat z analogické diplomové práce z roku 2018 jejíž autorem je Jakub Šimmer. Tento postup zahrnuje čtyři základní kroky. Prvním krokem je popis sakrálního prostoru. Druhá část se zabývá pasportizací a analýzou současné osvětlovací soustavy. V třetím kroku bude proveden návrh nové osvětlovací soustavy a jejího řízení. V poslední části budou porovnány výsledné parametry a vlastnosti stávající a nové osvětlovací soustavy^[1].

2. Popis sakrálního prostoru

Kostel sv. Jiljí je sakrální stavba s dlouhou historií a tradicí, proto je třeba rozebrat strukturu a hierarchii prostoru, aby při návrhu nové osvětlovací soustavy bylo možné respektovat současný charakter daného prostoru. Porozumění interiéru kostela napomůže správně navrhnout umělé osvětlení nezávisle na denním osvětlení a podpořit elementy stávajícího složitého interiéru. To má za následek zvýšení vizuální váhy objektů (jednotlivých částí prostoru), a tedy vytvoření hierarchie mezi objekty (těmito částmi prostoru) charakteristické pro sakrální stavby.

2.1. Historie

Výstavbu kostela sv. Jiljí započal biskup Jan IV. z Dražic v roce 1339 a pokračoval v ní Arnošt z Pardubic. Celá stavba byla koncipována jako vysoká trojlodní síň, pro účely kapituly, která tu nahradila řád německých rytířů, sídlící předtím u staršího románského kostelíka. Kostel svatého Jiljí v Praze byl vysvěcen 4. května 1371. Roku 1420 zanikla kapitula a kostel připadl utrakvistům.

V roce 1626 byl kostel darován řádu dominikánů, kteří tou dobou obývali klášter sv. Anežky na Františku (před příchodem Jezuitů do Prahy dominikáni sídlili u kostela sv. Klimenta – dnešní Klementinum). Dominikáni zbudovali klášter v bezprostředním okolí kostela sv. Jiljí, na místě přilehlých objektů a staré farní školy. Dominikáni se do té doby gotický kostel sv. Jiljí rozhodli barokizovat. Barokizace přikryla i krásný gotický portál na jižní straně chrámu, který byl při obnově kostela provedené po roku 1968, objeven a odhalen. Komplex kláštera s kostelem zasahuje do ulic Zlatá, Husova a Jilská, a Jalovcova. ^{[3], [4]}

2.2. Současné využití

Kostel sv. Jiljí slouží nejen k bohoslužbám, ale také jako zázemí několika společností, které zde organizují své vzdělávací a kulturní programy – konají se zde různé debaty, přednášky, výstavy a další aktivity. Prostor kostela je pravidelně využíván, několikrát do týdne. Pro různé aktivity se využívá další části kostelního prostoru, jako například presbytář, kur, oblast lavic a obětního stolu. V kostele a klášteře probíhají koncerty vážné a duchovní hudby. Kostel sv. Jiljí je místem, kde Miloš Forman natočil scény svého slavného filmu Amadeus. ^{[3], [4]}

2.3. Uspořádání interiéru kostela

Kostel hlavním vstupem směřuje na západ a hlavní oltář je tedy orientován na východ. Prostor svým celkovým hmotným charakterem je gotický (výška lodí je několikanásobně větší než šířka), ne barokní, tedy pro základní tvar je typické spíše pološero v klenbě. Charakter denního osvětlení je v podstatě obdobný působení denního osvětlení v gotických sakrálních stavbách. Na jižní straně je již zmíněný původní gotický portál.

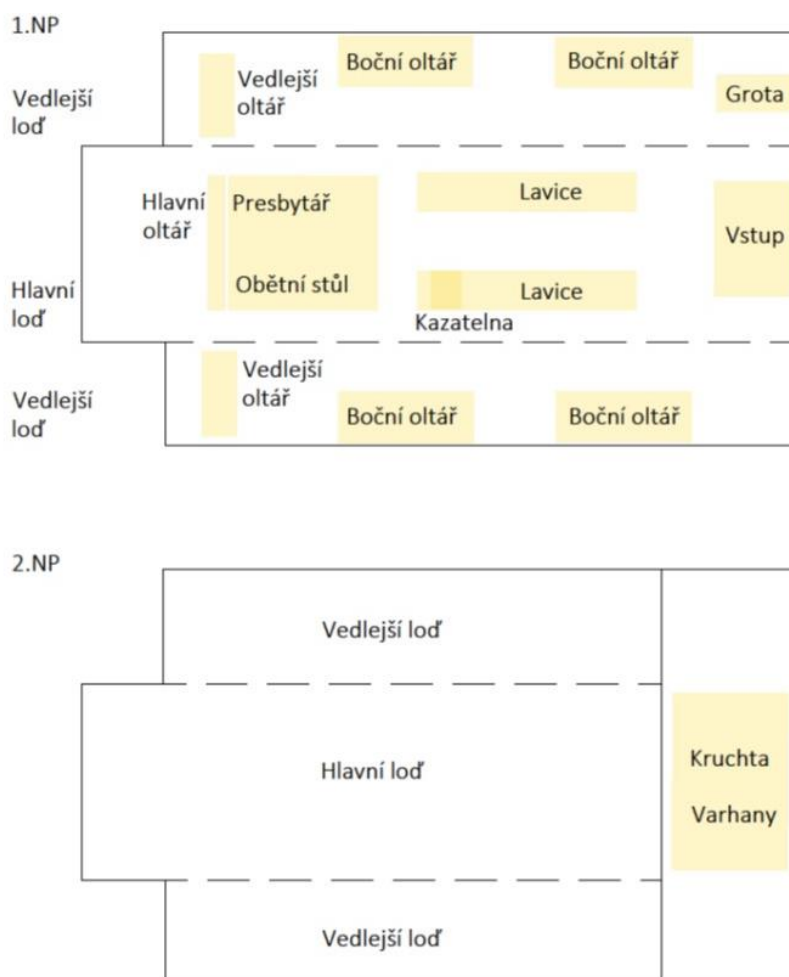
Prostorovým uspořádáním je kostel gotickým síňovým trojlodím o stejně vysokých lodích. V úrovni přízemí ve střední lodi jsou umístěné směrem od vstupu k hlavnímu oltáři: lavice, kazatelna (po levé straně u pilíře), obětní stůl, presbytář a hlavní oltář a prostorově odsazený oltářní obraz.

Lavice pro věřící v centrální lodi jsou dřevěné a mají v sobě místa pro osazení menších individuálních svítidel.



Obrázek 1 – Fotografie lavice s místem pro osazení individuálního svítidla

Za obětním stolem směrem k hlavnímu oltáři se nachází presbytář. Nad presbytářem a hlavním oltářem je v klenbě umístěna lucerna (světlík), určena k osvětlení prostoru chóru denním světlem. V prostoru chóru jsou umístěny dřevěné lavice, které jsou používány dominikány pro společné i individuální modlitby a rozjímaní. Pro tento účel jsou zde instalována místní svítidla. V současné době se připravuje návrh rekonstrukce presbytáře, se kterou se následně při návrhu umělého osvětlení bude počítat. Součástí této rekonstrukce je návrh místního osvětlení v nově navrhovaných lavicích chóru.



Obrázek 2 – Schéma uspořádání interiéru kostela

V bočních lodích jsou umístěny boční oltáře. U vstupu po pravé straně je Grotta. Nad hlavním vstupem se v druhém nadzemním podlaží nachází kůr s varhany.

Jak bylo již zmíněno, původně gotický prostor byl důsledně barokizován, takže v detailu je v podstatě jednotně slohově interiérem barokním. Pro barokní prostorové cítění je charakteristické oddělení svislých podpor od klenby širokou římsou, která opticky ukončuje daný prostor, zatímco klenba svým tvarem a výzdobou, souvislou freskovou malbou, symbolizuje nebeskou kopuli. Z tohoto pohledu je pro daný interiér charakterističtější zcela obrácené pojetí světla, než je charakteristické pro gotiku, tedy intenzivní osvětlení klenby a méně intenzivní osvětlení stěn a ostatního obvodového pláště interiéru.^[5]

2.4. Příspěvek denního světla

Z výše provedeného rozboru prostoru chrámu je zřejmé, že v něm se setkávají dvě protikladné koncepce: gotická a barokní. Gotický charakter proporcí prostoru vyžaduje spíše pološero v klenbě a intenzivnější osvětlení spodních částí chrámu. Barokní architektonický detail, včetně vyvinuté římsy výrazně oddělující podpory od klenby, vyžaduje spíše intenzivnější osvětlení klenby a méně intenzivnější osvětlení stěn a podlahy. Chování denního osvětlení a zmíněné protiklady, obsažené v interiéru, je třeba mít na paměti při návrhu osvětlení umělého.

2.4.1. Denní osvětlení

V rámci rozboru sakrálního prostoru byla provedena dvě orientační měření příspěvku denního osvětlení. První měření bylo při jasné obloze dne 12.02.2021 a druhé měření při polojasné obloze dne 12.03.2021. Obě měření byla provedena mezi 11:00 a 12:00.

Kontrolní body, ve kterých bylo provedeno měření, jsou vyznačeny v následující příloze:

- *Příloha IV: Stávající osvětlovací soustava – Výkresy (Půdorys 1.NP)*

Výsledky měření denního osvětlení jsou součástí přílohy:

- *Příloha I: Naměřené hodnoty E_d denního osvětlení a L jasu ploch kostela sv. Jiljí*

Hodnoty horizontální osvětlenosti od denního světla v jednotlivých kontrolních bodech jsou následující:

| Body, h = 0 m | $E_{d,hor}$ [lx] |
|---------------|------------------|
| D1 | 410 |
| D2 | 355 |
| D3 | 288 |
| D4 | 153 |
| D5 | 340 |
| D6 | 385 |
| D7 | 144 |
| D8 | 280 |
| D9 | 310 |
| D10 | 99 |

Tabulka 1: Hodnoty příspěvku denního osvětlení v kontrolních bodech

2.4.2. Činitelé odrazu hlavních povrchů



Pro účely modelování osvětlení a šíření světla v sakrálním prostoru ve výpočetním programu byly z naměřených hodnot osvětleností a jasů na vybraných hlavních plochách prostoru stanoveny jejich činitelé odrazu (za předpokladu difúzního charakteru odrazu). Vzorec pro výpočet činitele odrazu difúzního povrchu je následující:

$$\rho = \pi \frac{L}{E} [-]$$

Kde ρ – činitel odrazu povrchu [-]

L – jas povrchu [cd/m²]

E – osvětlenost povrchu [lx]

| Povrch | E [lx] | L [cd/m ²] | ρ [-] | Fotografie povrchu |
|--------------------|--------|------------------------|------------|---|
| P1: Šedá, zeď | 67 | 9,2 | 0,43 |  |
| P2: Šedá, pilíř | 71 | 7,55 | 0,33 |  |
| P3: Růžová, zeď | 80 | 9,2 | 0,36 |  |
| P4: Dřevěná lavice | 197 | 10 | 0,16 |  |
| P5: Světlá dlažba | 120 | 4,90 | 0,13 |  |
| P6: Tmavá dlažba | 101 | 2,1 | 0,07 |  |

Tabulka 2: Stanovení činitelů odrazu hlavních ploch interiéru

Z vypočítaných činitelů odrazu je zřejmé, že u stěn se hodnota činitele odrazu pohybuje okolo 0,3, u podlahy je hodnota činitele odrazu 0,07 pro tmavou dlažbu a 0,12 pro dlažbu světlou. Tmavé dřevěné lavice mají činitel odrazu 0,16. Pilíře jsou malované šedou barvou s mírou béžovou. Barvy stěn jsou kombinací šedé a růžové.

Tyto hodnoty a barevná řešení povrchů byla použita při modelování kostela ve výpočetním programu pro zajištění vyšší přesnosti vstupních údajů a vizuální věrnosti při modelování osvětlení.

2.4.3. Hierarchie prostoru dle denního osvětlení

Výsledkem měnících se epoch a slohů je uspořádání, které na první pohled vyvolává pocit ztížené čitelnosti hierarchie interiéru. Tam, kde gotický sloh vyjadřuje výrazný rozdíl mezi dimenzí člověka a Stvořitele se baroko snaží distanci mezi Stvořitelem a jeho dílem zkrátit. S vědomím těchto zdánlivě protikladných rozdílů je světlo vodící linií hierarchie, atmosféry (vizuálního prožitku) i liturgického řádu.

Podstatná část denního světla proniká do prostoru hlavní lodí kostela prostřednictvím bočních oken. Okna zde mají funkci pomyslných "světlometů" směřujících denního světla do prostoru centrální lodě s lavicemi, obětním stolem a kazatelnou, tedy do prostoru, kde se odehrává nejvíce aktivit spojených s liturgickým využitím sakrálního prostoru. Tato situace byla ověřena měřením úrovně denního osvětlení (E_d) v jednotlivých částech sakrálního prostoru. Úroveň horizontální osvětlenosti v kontrolních bodech hlavní lodě (D1, D3, D5, D9) je největší a směrem do bočních lodí postupně klesá.



Obrázek 3 – Osvětlení interiéru kostela denním světlem [6]

Částí sakrálního prostoru, kde je vyšší úroveň denního světla v porovnání s hlavní lodí je chór. Tuto část reprezentuje nejvíce kontrolní bod D1. Lucerna umístěná v klenbě nad chórem přivádí určitou část denního světla do této části sakrálního prostoru a zvýrazňuje ji.



Obrázek 4 – Osvětlení obětního stolu denním světlem

Do prostoru kůru s varhany denní světlo téměř vůbec neproniká, což může být odkazem toho, že hudebník má být skryt před posluchači a návštěvníky kostela.



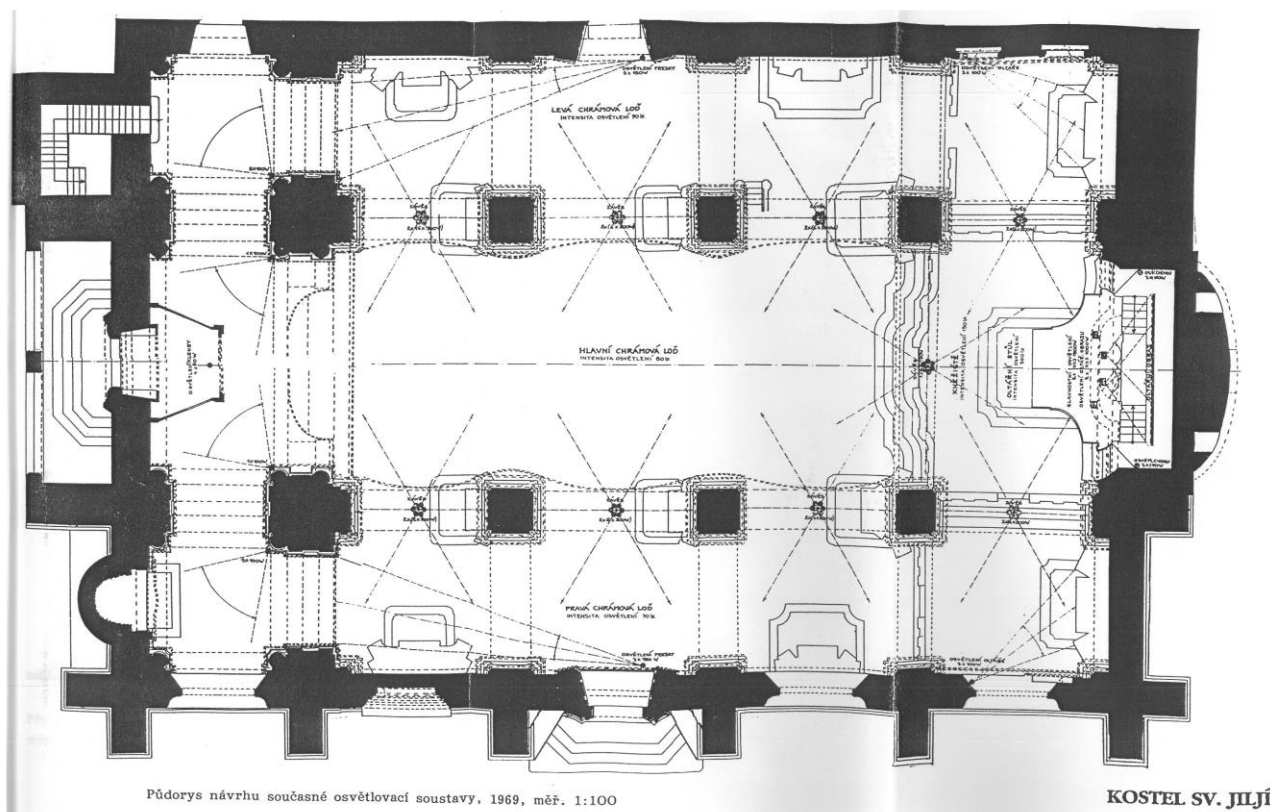
Obrázek 5 – Osvětlení kůru denním světlem

Výsledky provedených měření denního osvětlení sakrálního prostoru poukazují na význam presbytáře a obětního stolu. V prostorové hierarchii na hlavní loď navazují lodě boční. V poslední významové rovině pak navazuje prostor kůru a vstupního prostoru.

3. Popis stávající osvětlovací soustavy

Stávající osvětlovací soustava umělého osvětlení kostela sv. Jiljí pochází z roku 1969 a posledními úpravami prošla v roce 1994. Základním principem návrhu osvětlení z roku 1969 bylo využití závěsných svítidel (lustrů) v hlavní chrámové lodi. Tato svítidla byla zavěšená z vrcholu klenbových pasů oddělujících klenbu hlavní chrámové lodí od kleneb lodí bočních ve stávajících průchodech stropem. Tento způsob osvětlení umožnil provést většinu kabelového vedení půdou, a tím se vyhnout poškození povrchů uvnitř kostela. V takto zvolených polohách svítidla splýnula se slohově jednotným barokním interiérem. Toto řešení současně zachová volné průhledy hlavní a bočními loděmi, bez vizuálně rušivého působení viditelných částí svítidel. Návrh lustrů a jeho rozdělení na část pro přímé a nepřímé osvětlení sakrálního prostoru vychází ze slohového členění kostela, determinuje určitý přirozený rozsah charakteru osvětlení řešeného sakrálního prostoru (viz. Kapitola 2.3).

Základní tvar svítidla vyplývá z jeho světelně technické funkce, s charakterem spíše vertikálním, s ohledem na tvarové spolupůsobení vislé hmoty sousedních pilířů. Svítidlo je ve své hmotě rozčleněno, aby se svým měřítkem přiblížilo měřítku členění oltářních dřevostaveb a hlavic pilířů. Závěsná výška svítidel i jejich světelné technické řešení zaručuje, že se svítidla uplatní pouze svojí hmotovou siluetou, a nikoliv výtvarným detailem, který by bylo velmi těžké výtvarně přizpůsobit bohaté barokní výzdobě kostela. [5]



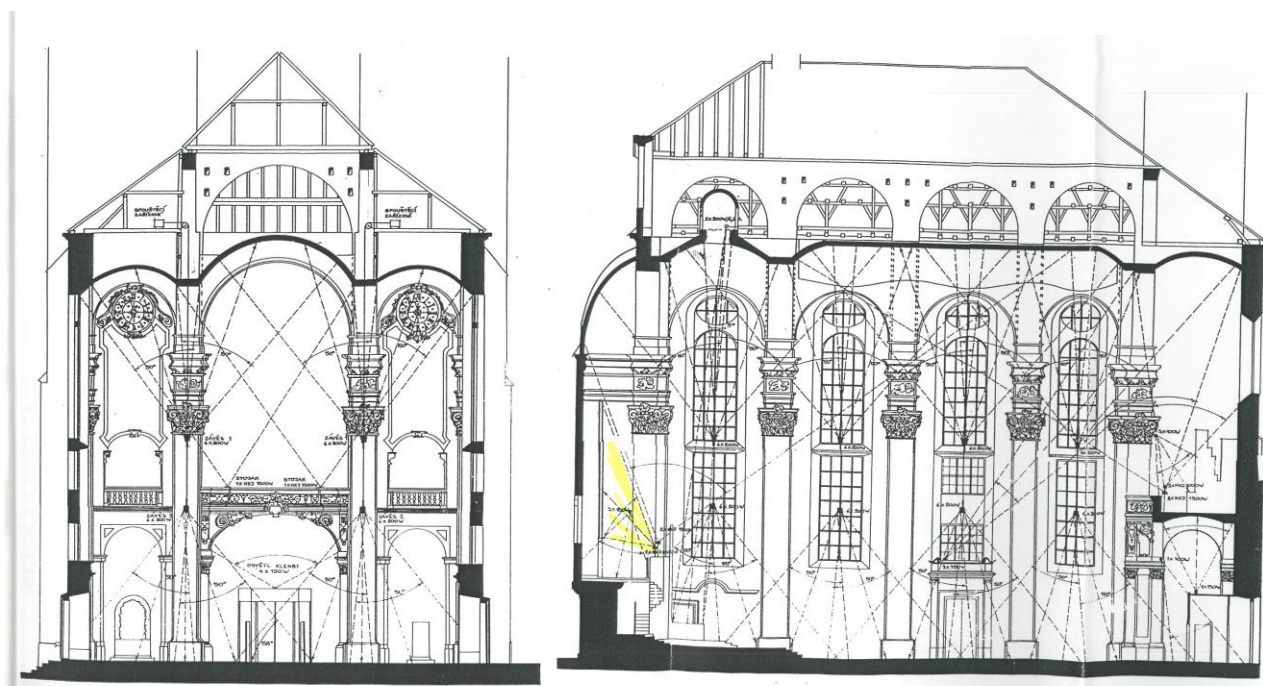
Obrázek 6 – Návrh umělého osvětlení interiéru kostela. Půdorys 1.NP, 1969 [5]

Liturgický významný prostor oltářního stolu tváří k lidu měl být podle návrhu roku 1969 osvětlen jedním závěsným svítidlem přímo shora. Pro neúplnost dodávky však nebylo svítidlo instalováno.

Osvětlení tohoto místa bylo přidáno teprve v roce 1994. Vzhledem ke stávajícímu uspořádání mensy (obětního stolu) a ambonu (řečniště) po levé straně byly pro osvětlení této části sakrálního prostoru využity tři větrací otvory v klenbě. Z těchto otvorů byly spuštěné tři závěsná svítidla malých rozměrů s pozlaceným povrchem (jako zlacení ozdob u ostatních lustrů).

Ostatní svítidla určená k osvětlení chóru, varhanního kůru, oltářního obrazu atd., jsou umístěná tak, aby při pohledech z hlavní chrámové lodi byla skryta.

Při rekonstrukci osvětlovací soustavy v roce 1994 bylo navrženo soustavu stávajících svítidel opravit, vyčistit, tam kde to bylo potřebné vyměnit elektrotechnické prvky, a osadit účinnějšími a hospodárnějšími světelnými zdroji. U některých svítidel byli přidány kryty a reflektory. V některých případech byly tyto úpravy provedeny z důvodů eliminace oslnění, v některých případech pro usměrnění světelného toku světelných zdrojů.



Obrázek 7 – Návrh umělého osvětlení interiéru kostela. Příčný a podélný řez, 1969 ^[5]

3.1. Měření umělého osvětlení

Pro rozbor stávající osvětlovací soustavy umělého osvětlení bylo provedeno měření úrovně osvětlení v hlavních provozních zónách prostoru kostela. Zvolené měřené oblasti a body reprezentují veškeré části interiéru zmíněné v kapitole 2.3.

Výsledky měření umělého osvětlení jsou součástí přílohy:

- *Příloha II: Naměřené hodnoty E stávající soustavy umělého osvětlení kostela sv. Jiljí*

Měřené pole a body jsou vyznačené v následujících přílohách:

- *Příloha IV: Stávající osvětlovací soustava – Výkresy (Půdorys 1.NP a 2.NP)*

3.1.1. Shrnutí naměřených hodnot osvětlenosti

Měření osvětlení bylo provedeno pro dvě situace. V první situaci byla zapnuta všechna svítidla. V druhé situaci byly zapnuty pouze závěsné lustry (označené ve výkresech jako A2), určené k základnímu osvětlení interiéru kostela.

Z naměřených hodnot byly vypočteny hodnoty průměrné horizontální a vertikální osvětlenosti $E_{m,h}$ a $E_{m,v}$ a rovnoměrnost osvětlenosti U_o . Hodnoty E_m a U_o byli vypočteny pouze v situaci při zapnutí všech svítidel. Rovnoměrnost U_o je definována vztahem:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_m} [-],$$

Kde E_{min} – minimální hodnota osvětlenosti [lx]

E_m – střední hodnota osvětlenosti [lx]

Hodnoty osvětlenosti E_{min} a E_m se vyhodnocují v rámci zvolené srovnávací roviny. Přehled průměrných hodnot osvětleností a hodnot rovnoměrnosti v jednotlivých oblastech pro první situaci jsou následující:

| Měřená oblast | E_m [lx] | E_{min} [lx] | U [-] |
|---------------------------------|------------|----------------|-------|
| Horizontální osvětlenost | | | |
| Komunikace A | 35 | 16 | 0,5 |
| Komunikace B | 93 | 64 | 0,7 |
| Komunikace C | 38 | 19 | 0,5 |
| Lavice | 114 | 75 | 0,7 |
| Obětní stůl | 73 | 70 | 1,0 |
| Vstup | 8 | 7 | 0,9 |
| Kůr s varhany | 45 | 21 | 0,5 |
| Vertikální osvětlenost | | | |
| Vedlejší oltáře | 110 | - | - |
| Boční oltáře | 20 | - | - |
| Oltáře na pilířích | 73 | - | - |

Tabulka 3: Osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlenosti pro první situaci

Průměrné osvětlenosti ve vybraných oblastech pro druhou situaci se zapnutými závěsnými lustry A2:

| Měřená oblast | E_m [lx] |
|---------------|------------|
| Komunikace B | 11 |
| Lavice | 12 |
| Obětní stůl | 39 |

Tabulka 4: Osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlenosti pro druhou situaci

Z naměřených hodnot je zřejmé, že osvětlení zajištěné pouze závěsnými lustry je velmi slabé a nedostatečné. V ostatních oblastech, kromě prostorů uvedených v tabulce 4, měření provedeno nebylo, vzhledem k velmi nízkým osvětlenostem.

Celkové osvětlení ze všech svítidel je nedostatečné. Průměrné hodnoty na v komunikačních částech kostela se pohybují mezi 7–64 lx. Rovnoměrnost U_0 se pohybuje mezi obecně požadovanými hodnoty 0,5 – 0,7. Tato rovnoměrnost nám ukazuje na vhodnost stávajících poloh svítidel.

3.2. Svítidla a světelné zdroje stávající osvětlovací soustavy

Soustavu celkového osvětlení kostelních lodí tvoří závěsná svítidla v počtu 8 ks, každé osazené 12 ks světelných zdrojů. V původním návrhu byly lustry osazeny reflektorovými žárovkami s příkonem 200 W. Později byly z úsporných důvodů nahrazeny obyčejnými žárovkami 100 W. Návrh úprav osvětlovací soustavy z roku 1994 předpokládal jejich nahrazení úspornými reflektorovými kompaktními zářivkami Osram Dulux El Reflector s teple bílým barevným tónem světla, příkonem 20 W. Horní svítidla, sloužící liturgickému osvětlení, bylo doporučeno také osadit kompaktními zářivkami (Dulux).

Rekonstrukce z roku 1994 měla spíše charakter *doporučení* úprav původního návrhu. Při těchto úpravách byla navržena svítidla a světelné zdroje od různých výrobců.

Všechny zjištěné a dostupné informace, včetně uspořádání svítidel v prostoru kostela, popis jednotlivých svítidel a světelných zdrojů, je uvedeno a popsáno v následujících přílohách:

- *Příloha IV: Stávající osvětlovací soustava – Výkresy*
- *Příloha III: Stávající soustava – soupis svítidel, okruhů a scén. Schéma rozvaděče*

3.2.1. Typy svítidel

Jelikož rekonstrukce roku 1994 měla charakter *doporučení*, některá současně instalovaná svítidla a zdroje úplně neodpovídají starší technické dokumentaci. Například u závěsných lustrů je příkon jednoho světelného zdroje v technické zprávě uváděn 200 W (příkon jednoho lustru je 2,4 kW). V dnešní době jsou v lustrech instalovány světelné zdroje LED s příkonem 15 W (tedy příkon lustru je 180 W).

Svítidla v kostele sv. Jiljí jsou od různých výrobců (iGuzzini, Napako, Enika aj.). U některých svítidel a světelných zdrojů nejsou štítky a výrobce tak nelze identifikovat. Důležitou skutečností je, že ne všechna instalovaná svítidla jsou využívána, resp. připojena na rozvod elektrické energie. To se týká například pěti svítidel pro reflektorové žárovky, umístěných za bočními oltáři v jižní lodí, nebo dvou venkovních širokoúhlých světlometů u okna za hlavním oltářem. U těchto svítidel dokonce chybí informace o okruzích, ze kterých jsou tato svítidla napájena. Z těchto důvodů jsou v práci uváděny dva příkony – první je návrhový, uváděný v dokumentacích, a druhý je stávající (skutečný) podle četností současně používaných svítidel a příkonu současně používaných světelných zdrojů.

Celkově se stávající osvětlovací soustava skládá ze 17 různých typů svítidel. Následující tabulka shrnuje počet jednotlivých typů svítidel v prostoru kostela:

| Ozn. | Výrobce | Název | Popis | Typ zdroje | Počet | Příkon svítidla [W] | Fotografie |
|------|--------------------|-----------------|--|------------------|-------|---------------------------|---|
| A1 | - | - | Halogenová žárovka na lankách 12V/DC, 50W | Decostar 50W | 17 | 55 |  |
| A2 | Atypická výroba | - | Přímo/nepřímé závěsný lustr 230V/50Hz, žárovka down 6x200W / up 6x200W | GLS 200W, E27 | 8 | 2 400 |  |
| A3 | iGuzzini | Plafoni 44 | Závěsné přímé svítidlo 230/50Hz, kompaktní zářivky 2x26W / 830 | Dulux D | 3 | 60 |  |
| A4 | iGuzzini | Lingotto (M) | Venkovní světlomet 230V/50Hz, halogenidová výbojka 400W/840, M | - | 2 | 400 |  |
| A5 | iGuzzini | Lingotto (S) | Venkovní světlomet 230V/50Hz, halogenidová výbojka 400W/840, S | - | 2 | 400 |  |
| A6 | Lustry a.s. | 870 014.1 | Místní svítidlo 230V/50Hz, kompaktní zářivka 11W/827 | Dulux S 11 W | 14 | 15 |  |
| A7 | Napako | - | Světlomet 230V/50Hz, reflektorová žárovka 100W, R100, E27 | R100 | 18 | 100 |  |
| A8 | Enika | Fluospot PC | Širokoúhlý světlomet 230V/50Hz, kompaktní zářivka 4x9W/830, 2G10 | Dulux S 9 W | 8 | 50 |  |
| A9 | - | - | Světlomet 230V/50Hz, halogenidová výbojka 70(150W)/830, WFL | - | 2 | 150 |  |

| | | | | | | | |
|-----|--------|------|---|----------------|---|-----|---|
| A10 | - | - | Venkovní širokoúhlý světlomet 230V/50Hz, halogenová žárovka 150, WFL | Haloline 150 W | 3 | 150 |  |
| A11 | - | - | Stropní svítidlo s rozptylným krytem 230V/50Hz, 100W, GLS, E27 | - | 1 | 100 |  |
| A12 | - | - | Venkovní lucerna 3x60W, GLS, E27 | - | 1 | 180 |  |
| A13 | - | - | Závěsné svítidlo s kulovým krytem 100W, GLS, E27 | - | 2 | 100 |  |
| A14 | - | - | Nástěnné svítidlo 230V/50Hz, 11W/830, TC-L | Dulux L | 1 | 15 |  |
| A15 | Napako | - | Nástěnný světlomet 230V/50HZ, halogenová reflektorová žárovka 12V/DC, 50W | Decostar 50 W | 6 | 55 |  |
| A16 | Lival | CB50 | Nástěnný světlomet 230V/50Hz, halogenová žárovka 12V/DC, 50W | Decostar 50 | 4 | 55 |  |
| A17 | - | - | Světlomet 230V/50Hz, reflektorová žárovka 50W, R100, E27 | Halospot 111 | 1 | 55 |  |

Tabulka 5: Seznam svítidel stávající osvětlovací soustavy

Více informací o svítidlech, včetně skutečného počtu použitých svítidel a skutečných příkonu, je uvedeno v příložených souborech:

- Příloha III: Stávající soustava – soupis svítidel, okruhů a scén. Schéma rozvaděče

Nejčastějšími typy svítidel v kostele sv. Jiljí jsou svítidla A7 (18ks), A1 (17 ks) a A6 (14 ks). Většina svítidel A7 (9 ks), osazených reflektorovými žárovky, je umístěna na římsách u vstupu do kostela a svítí směrem do kleneb. Další jsou svítidla A7 jsou umístěna na římsách sloupů u hlavního oltáře, který osvětlují. Zbývající svítidla A7 jsou nefunkční a jsou umístěny za bočními oltáři v jižní lodi. Svítidla A1 pro reflektorové halogenové žárovky jsou umístěna v různých částech prostoru kostela.

Většina z nich je zavěšena na laňkách v prostoru kruchty. Jedno svítidlo A1 svítí na Grottu vpravo od hlavního vstupu, čtyři svítidla A1 jsou instalována na hlavním oltáři, a dvě v kazatelně (nefunkční). Svítidla A6 v počtu 14 ks jsou určena pro místní osvětlení lavic v prostoru chóru.

Dalším typem svítidla podle četnosti jsou závěsná svítidla (lustry) A2 pro přímé i nepřímé osvětlení, znázorněná na výkresech a v technické zprávě roku 1969. Tyto atypické lustry ve zlaté povrchové úpravě jsou osazeny šesti světelnými zdroji nasměřovanými vzhůru pro osvětlení klenby a šesti světelnými zdroji nasměřovanými dolů pro osvětlení komunikací a lavic. Tyto lustry jsou umístěny mezi sloupy oddělující hlavní loď od lodí bočních. Různé směry svícení odpovídají potřebám gotického i barokního slohu. Tyto lustry však nedostatečně osvětlují jak na komunikační prostory hlavní i bočních lodí, tak také nedostatečně osvětlují klenby, a tedy fresky na klenbách jsou nečitelné. Další typ svítidel, světlomety A8, slouží k osvětlení oltářního obrazu, prostoru presbytáře a prostoru kruchty. Poslední svítidlo A8 je umístěno za bočním oltářem severní lodi nedaleko vstupu do sakristie a je určeno k nasvícení vedlejšího oltáře.

Svítidla A15 v počtu 6 kusů jsou umístěny v prostoru za hlavním oltářem spolu se dvěma světlometry A10 (oba nejsou funkční), a svítidlem A14, které je umístěno nad schodištěm.

Svítidla A3 jsou přímá svítidla na závěsech, určené pro osvětlení obětního stolu a jeho okolí. Ostatní (A4, A5, A9 a A16) jsou světlomety, které byly doplněny podle návrhu rekonstrukce. Světlomety jsou umístěny na pilířích a kůru tak, aby byly nasměřovány na hlavní oltář a nebyly viditelné z pohledu návštěvníků (věřících v lavicích). Tohle řešení zesiluje vzhled chóru a hlavního oltáře pro návštěvníky, kteří zůstávají v šeru.

Zbývající svítidla se vyskytují v počtech jednoho až dvou kusů a nejčastěji mají sloužit k osvětlení menší oblasti, jako například zádveří nebo bočních prostorů kůru.

V současné době obsahuje osvětlovací soustava kostela sv. Jiljí 93 ks svítidel, ze kterých je funkčních pouze 84 ks svítidel.

3.2.1. Typy světelných zdrojů

Podle původního návrhu mají mít všechny navržené světelné zdroje teple bílý barevný tón světla, tedy náhradní teplotu chromatičnosti cca 3000 K (teplá bílá). Ve stávající osvětlovací soustavě jsou pouze ve svítidlech A5 osazeny halogenidové výbojky s náhradní teplotou chromatičnosti 4000 K (neutrálně bílá). Typy použitých světelných zdrojů v jednotlivých svítidlech jsou uvedeny v tabulce 5 anebo v příloze III.

3.3. Ovládání stávající osvětlovací soustavy

Rozvaděč, ze kterého je napájena stávající osvětlovací soustava, se nachází v sakristii vlevo od chóru. Rozvaděč je místem, ze kterého se zapínají a vypínají jednotlivé okruhy, zajišťující osvětlení určitých částí interiéru kostela sv. Jiljí, například oblast chóru, horní část lustrů osvětlující klenby a dolní část lustrů osvětlující nižší část prostoru, kůr s varhany a jiné. V některých částech se osvětlení ovládá lokálními vypínači. Osvětlovací soustavu tvoří celkem třicet tři světelných okruhů. Podrobné

informace o rozvaděči, okruzích, svítidlech daných okruhů a jejich příkony jsou popsány v následujících příloze:

- Příloha III: Stávající soustava – soupis svítidel, okruhů a scén. Schéma rozvaděče

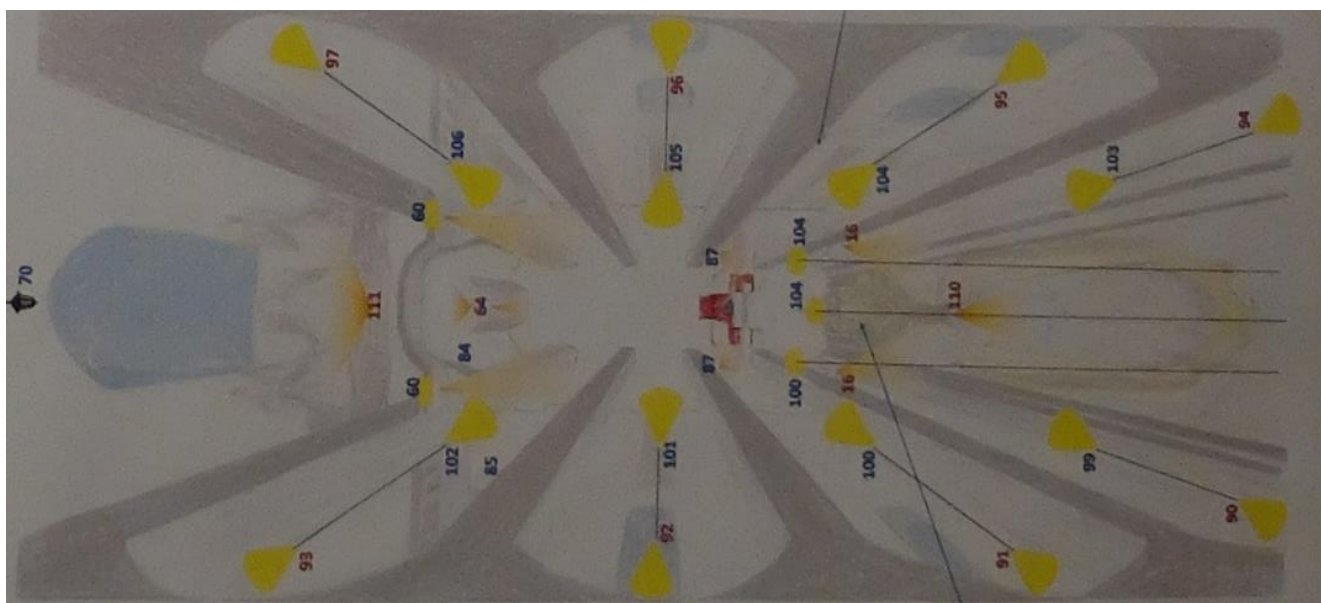
V soupise světelných okruhů jsou uvedeny skutečné počty svítidel. V tomto soupisu nejsou z důvodu chybějící informací nepřipojená nefunkční svítidla.

Na následujícím obrázku je stávající rozvaděč:



Obrázek 8 – Fotografie rozvaděče

Následující schéma zobrazuje jednotlivé okruhy a svítidla, která k nim patří. Toto schéma spolu se seznamem příslušných jističů a spínačů se v současné době používá jako návod k ovládní osvětlení v interiéru kostela. Nicméně na tomto schématu nejsou všechna svítidla zobrazená.



Obrázek 9 – Schéma světelných okruhů stávající osvětlovací soustavy (červená – horní svítidla; modrá – dolní svítidla)

3.3.1. Světelné scény

Světelné scény jsou vytvořeny pro jednotlivé způsoby využití sakrálního prostoru nebo jeho částí. Každé scéně odpovídají požadavky na míru osvětlení a příslušená svítidla, která tyto požadavky zajišťují. V případě liturgického prostoru správným nastavením scén je možné dosáhnout potřebné atmosféry a rozčlenit prostor vizuálně. Kombinací zapnutí, vypnutí, snížení a zvýšení intenzity svítidel zdůrazňují objekty důležité pro liturgii a skryjí objekty rušivé. Dalšími přínosy správně nakonfigurovaných světelných scén jsou úspory energie, lepší výkonnost, větší bezpečnost a řada dalších.

V současné době se světelné scény vytvářejí kombinací sepnutí různých okruhů. Svítidla nejsou stmívatelná a nelze je překonfigurovat. U současné osvětlovací soustavy jsou dva hlavní režimy, z nichž každý má několik základních světelných scén. Jsou to režimy *za denního světla* a *za šera*. Základními světelnými scénami jsou *otevřený kostel* (pro turisty) a *bohoslužby* (oficium, mše). Světelné scény pro bohoslužby se liší podle typu bohoslužby. Další světelné scény jsou určeny pro kulturní a společenské příležitosti (koncerty, výstavy a přednášky).

V tabulce 6 jsou popsány současné světelné scény, okruhy a příkony:

| Ozn. | Název světelné scény | Návrhový příkon (kW) | Skutečný příkon (kW) |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|
| I.1 | Otevřený kostel | 1,135 | 1,135 |
| I.2 | Oficium | 1,135 | 1,135 |
| I.3 | Mše svatá | 20,675 | 2,915 |
| II.1 | Otevřený kostel | 11,635 | 2,755 |
| II.2 | Nešpory + růženec | 21,415 | 3,655 |
| II.3 | Mše svatá | 22,525 | 4,765 |
| II.4 | Nešpory po mši svaté | 21,725 | 3,965 |
| II.5 | Adorace | 10,91 | 2,03 |
| III. | Vše svítí | 44,465 | 8,945 |

Tabulka 6: Světelné scény stávající osvětlovací soustavy

Z tabulky je zřejmé, že návrhový a skutečný příkon světelných scén se výrazně liší. Tento rozdíl je primárně způsoben odlišnými světelnými zdroji v závěsných svítidlech. V současné době má osvětlovací soustava výrazně nižší energetickou náročnost, ale nezajišťuje požadované úrovně osvětlenosti a neplní tak svoji primární funkci, tj. zajistit dostatečnou úroveň osvětlení pro dané využití prostoru.

3.4. Energetická náročnost stávající osvětlovací soustavy

Základním parametrem pro hodnocení energetické náročnosti osvětlovací soustavy je příkon P [W] světelných zdrojů, resp. svítidel. Příkon světelného zdroje se uvádí zpravidla na štítcích svítidel nebo v katalogových listech. Jelikož pasportu stávající osvětlovací soustavy byly k dispozici pouze částečné informace o použitých světelných zdrojích a svítidlech, byla energetická náročnost u některých typů světelných zdrojů stanovena odborným odhadem. Spotřeba elektrické energie kWh se vypočítá jako

součin příkonu osvětlovací soustavy nebo části soustavy a doby provozu za rok. Celkový příkon je uveden v předchozí kapitole.

Tabulka 7 obsahuje odhad roční spotřeby elektrické energie základních světelných scén (příkony scén za šera).

| Název scény | Příkon [kW] | Průměrná denní doba provozu [hod] | Roční spotřeba elektrické energie [kWh/rok] |
|---------------------------|-------------|-----------------------------------|---|
| Otevřený kostel | 11,635 | 2 | 8 494 |
| Bohoslužba (Oficium, Mše) | 22,525 | 2 | 16 443 |
| Vše zapnuto (návrh) | 44,465 | 0,5 | 16 230 |
| Vše zapnuto (skutečnost) | 8,945 | 0,5 | 1 632 |

Tabulka 7: Elektrická spotřeba elektrické energie základních světelných scén

V další tabulce je uveden odhad nákladů na osvětlení kostela, pro různý průměrný počet hodin za den, kdy je příkon soustavy 3 kW. Cenu za 1 kWh je uvažována 4,83 Kč (na rok 2021) ^[20].

| Průměrný počet hodin denně při příkonu 3 kW | Roční spotřeba W [kWh/rok] | Roční náklady [Kč/rok] |
|---|----------------------------|------------------------|
| 3 | 3285 | 15834 |
| 4 | 4380 | 21112 |
| 5 | 5475 | 26390 |
| 6 | 6570 | 31667 |
| 7 | 7665 | 36945 |

Tabulka 8: Náklady na osvětlení kostela

3.5. Nedostatky stávající osvětlovací soustavy

Základní řešení stávající osvětlovací soustavy částečně odpovídá nárokům pro základní funkční osvětlení, tj. splňuje hodnoty osvětlení k zajištění základní zrakové činnosti, konkrétně pohybu a čtení. Podmínky pro poslední činnost jsou splněné pouze v některých částech kostela. Dalším problémem je, že jednotlivé technické prvky jsou již zestaralé jak fyzicky, tak i morálně. V následující části jsou shrnuty a popsány nedostatky stávající osvětlovací soustavy, z nichž vyplynou požadavky na novou osvětlovací soustavu.

3.5.1. Zvýšení hodnot osvětlenosti

Z měření je vidět, že osvětlenost některých částí prostoru pro určité druhy zrakové činnosti je nízká a nedostatečná, tím není splněno funkční osvětlení kostela. Z pohledu architektonického je problém, že kostel není světlem liturgicky členěn. Hlavní oltář je sice zvýrazněn světlomety, avšak obětní stůl, který je těžištěm kostela, není zdůrazněn. Úplně opomenuty jsou boční a vedlejší oltáře. Kruchta naopak vypadá přесvícenou, což z pohledu hierarchie kostela není správné.

3.5.1.1. Obětní stůl a jeho okolí

Horizontální osvětlenost obětního stolu se pohybuje kolem 70–75 lx. Tato hodnota osvětlení není dostatečná pro čtení, i když tato úroveň je dostatečná pro rozeznání písmen, působí to únavu zraku a zhoršení schopnosti zraků. Tuto hodnotu je třeba navýšit minimálně na úroveň 200 lx.

Nicméně obětní stůl je také liturgické těžiště sakrálního prostoru, proto mělo by být zdůrazněno oproti ostatním částem prostoru. Současná průměrná hodnota 70-75 lx je blízka průměrným hodnotám horizontální osvětlenosti změřeným na komunikacích, tj. obětní stůl není v prostoru kostela dostatečně světelně zvýrazněn. Pro dostatečné světelné zvýraznění této části prostoru je třeba, aby se osvětlenosti pohybovaly okolo 400–500 lx. Podobných hodnot dosahuje úroveň osvětlení při denním světle, které má v tomto bodě nejvyšší účinek světla. Podobným způsobem by měl být osvětlen ambon a jeho bezprostřední okolí. V současné době je jeho úroveň osvětlení 55 lx.

Osvětlení hlavního oltáře spolu s obětním stolem pomocí světlometu z kůru a pilířů je problematické pro člověka stojícího čelem k lavicím. Při tomto směru pohledu dochází k velmi výraznému oslnění. Svítidla je třeba umístit tak, aby presbytář zůstal světelně zdůrazněn, ale přitom nebyl člověk světlem rušen. Člověk stojící za obětním stolem nebo ambonem musí být schopný bez překážek vidět na věřící v lavicích hlavní lodě. Obráceně věřící by měli bez problému pohodlně vidět a rozlišovat mimiku a kontury tváře člověka za obětním stolem.

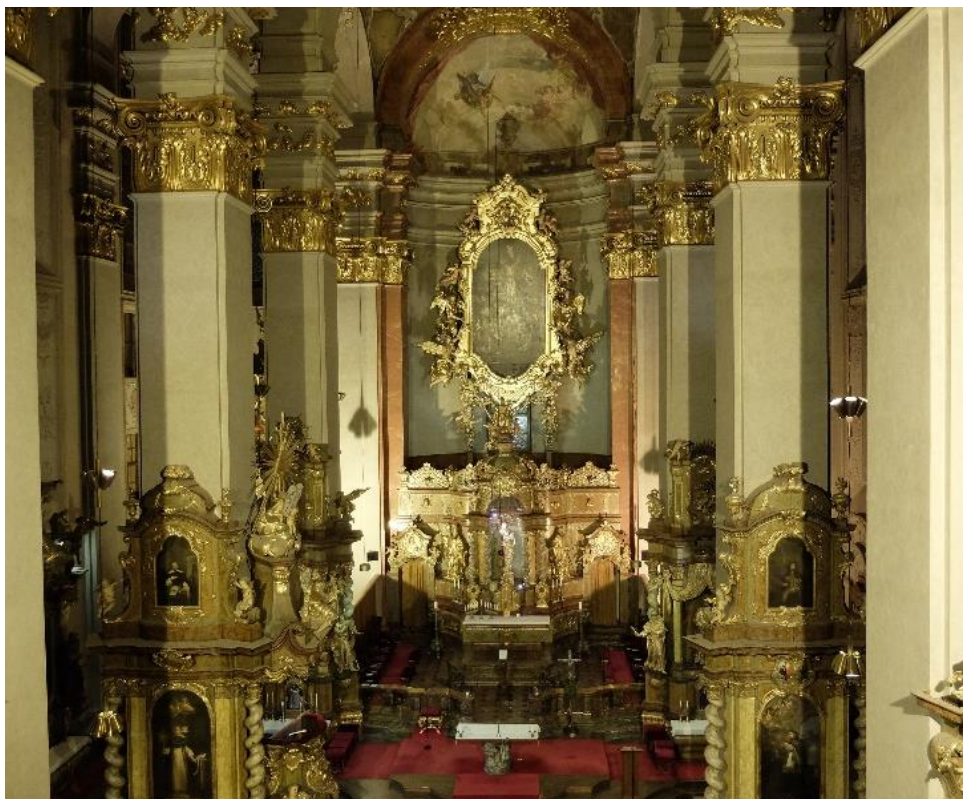
V situaci, kdy prostor osvětlují pouze závěsné lustry k architektonicko-liturgickému problému nedochází, ale dramatický klesá úroveň průměrné horizontální osvětleností na hodnotu 39 lx pro obětní stůl, 18 lx pro chór, a 12 lx pro komunikaci. Fotografie na obrázku 10 znázorňuje režim při kterém jsou v provozu pouze závěsné lustry.



Obrázek 10 – Fotografie presbytáře a obětního stolu, kdy osvětlení zajišťují pouze lustry

3.5.1.2. Presbytář

Presbytář, který se používá k mimo jiné také k různým kulturním účelům není, stejně jako obětní stůl, dostatečně osvětlen. Přitom je třeba, aby tento prostor byl spolu s obětním stolem dobře viditelný. Fotografie na obrázku 11 znázorňuje problém popsány výše.



Obrázek 11 – Fotografie presbytáře a obětního stolu při osvětlení lustry a světlomety z kůru

3.5.1.3. Lavice v hlavní chrámové lodi

Průměrná horizontální osvětlenost lavic hlavní chrámové lodi je v současné 114 lx. Tato hodnota je nedostatečná pro čtení textu, zejména pro seniory.

3.5.1.4. Oltáře

Problém nedostatečného osvětlení v případě oltářů se netýká se hlavního oltáře, ale oltářů vedlejších, bočních a oltářů umístěných na pilířích. Toto nedostatečné osvětlení není problematické při bohoslužbách, ale při prohlídkách kostela, kdy pro pozorování jednotlivých oltářů jsou obrazy na nich obtížně čitelné. Vertikální osvětlenost se pohybuje okolo desítek luxů. Pouze u vedlejších oltářů přesahuje osvětlenost 110 lx.

3.5.1.5. Komunikace

Rozložení osvětlení na komunikacích kopíruje chování denního osvětlení, které nejvíce osvětluje komunikaci v hlavní lodi. U komunikací v bočních lodích je hodnota horizontální osvětlenosti o 55-60 lx nižší než u hlavní lodi. Samotné rozložení není kritické a slouží k vytváření přirozené hierarchie a atmosféry prostoru, nicméně hodnoty osvětlenosti jsou nízké.

Osvětlenost bočních komunikací je průměrně 35 lx v úrovni podlahy, u komunikace v hlavní lodi je 90 lx.



Obrázek 12 – Fotografie osvětlení centrální a boční lodě

3.5.1.6. Fresky

Fresky na klenbách nejsou dobře vidět při žádné ze současných světelných scén. Světelný tok světelných zdrojů v závěsných lustrech není dostatečný pro vytvoření takové úrovně osvětlení, která by zajišťovala dobrou čitelnost obrazu. Největší nedostatek světla v klenbách je v zónách u vstupu do kostela, kde nejsou liturgické významné objekty, které by vyžadovaly větší úroveň osvětlení. Na obrázku 13 je fotografie centrální fresky. Však problém nedostatečného osvětlení kleneb vyskytuje se i v bočních lodích, kde obrazy na freskách nejsou téměř viditelné.



Obrázek 13 – Fotografie fresky na klenbě hlavní lodě

3.5.2. Ovládání a světelné scény

Ovládání osvětlení v kostele sv. Jiljí je velmi zastaralé, nesrozumitelné a neflexibilní. Svítidla nelze stmívat, jsou pevně provázána se svým okruhem a nelze je napojit na okruhy jiné. Světelné scény jsou proto dány napevno a nelze je přizpůsobit vnějším podmínkám a různému využití sakrálního prostoru.

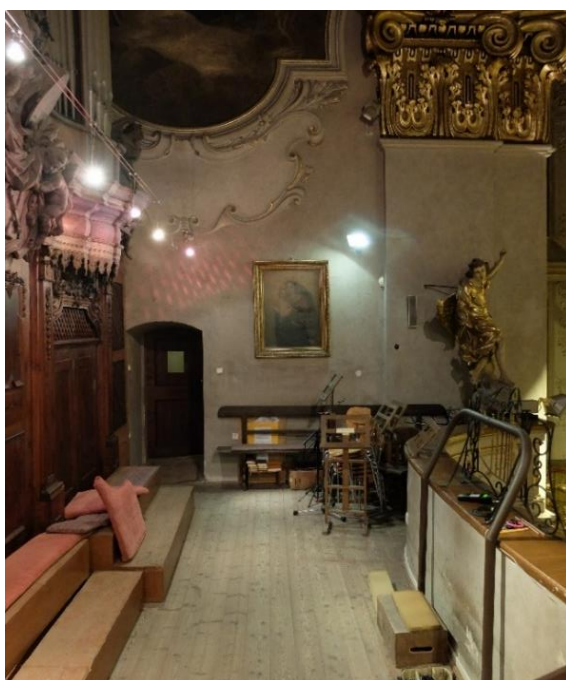
Umělé osvětlení zčásti napodobuje osvětlení denní, je však potřeba toto napodobení zesílit a taky zajistit možnost reakce umělého osvětlení na chování osvětlení denního, což současně v kostele neexistuje.

3.5.3.1. Provozní režimy

Provozní scény a režimy nejsou jasně dané a nejsou jasně nastavitelné. Je třeba znovu definovat potřebné scény dle přání uživatele, a to tak, aby ovládání a programování scén zůstávalo po co nejdelší dobu jasně chápané při provozu.

3.5.3. Varhany

Kůr se v interiéru nadměrně vyjímá buď příšeřím nebo jasným osvětlením. V tomto prostoru je třeba vytvořit takové osvětlení, které bude v souladu s osvětlením ostatních prostorů kostela a nebude působit rušivě. Tím se vyjví i funkce tohoto prostoru, který je pro bohoslužby důležitý, ale jeho funkce je převážně pomocná. Úroveň horizontální osvětlenosti by měla dosahovat stejných hodnot jako na obětním stole s chórem, protože zde uživatel potřebuje mít dostatek světla na čtení textů nebo not. Z naměřených hodnot stávajícího osvětlení je problematická také rovnoměrnost, která neodpovídá požadováním hodnotám. Je důležité, aby tento prostor vizuálně nepůsobil hierarchický výše než presbytář. Světelné zdroje zavěšené na lankách a určené pro osvětlení kůru jsou spíše zdrojem rušení než normálního osvětlení.



Obrázek 14 – Fotografie prostoru kůru

3.5.4. Energetická náročnost

Použité světelné zdroje jsou ve své většině případů již zastaralé a mají vyšší spotřebu elektrické energie než soudobé LED zdroje. Další nevýhodou klasických světelných zdrojů oproti LED světelným zdrojům je krátká doba života, tedy potřeba časté výměny.

4. Návrh nové osvětlovací soustavy

4.1. Požadavky na novou osvětlovací soustavu

Z definovaných nedostatků stávající soustavy v předchozí kapitole lze specifikovat část požadavků na novou osvětlovací soustavu v kostele sv. Jiljí.

4.1.1. Hodnoty osvětleností

V předchozí kapitole bylo prokázáno, že v některých částech interiéru kostela je nedostatečná úroveň osvětlenosti. Pro návrh nové osvětlovací soustavy je třeba definovat hodnoty osvětlenosti v jednotlivých zónách sakrálního prostoru s ohledem na funkční využití, liturgický význam a hierarchii prostoru.

4.1.1.1. Obětní stůl a okolí

Obětní stůl je geometrickým i liturgickým středem interiéru sakrálních staveb, právě zde se koná většina liturgické činnosti. Z tohoto důvodu má být obětní stůl a jeho okolí osvětlen na nejvyšší hodnotu vzhledem k ostatním částem kostela, tedy na 500 lx. Touto úrovní osvětlení zajistíme světelné zvýraznění dané zóny a dostatečnou úroveň osvětlení ke čtení a jiným zrakovým činnostem.

Dalším požadavkem je dobrá rozpoznatelnost obličejů všech, kteří vystupují směrem k návštěvníkům sedícím v lavicích hlavní chrámové lodi. Pro dosažení dobré viditelnosti osob u obětního stolu je třeba zajistit, aby vertikální osvětlenost byla minimálně 150 lx. Současně je třeba zajistit, aby osoba u obětního stolu dobře vnímala přítomné věřící, tedy je třeba minimalizovat její oslnění.

4.1.1.2. Hlavní chrámová loď s lavicemi

Prostor hlavní chrámové lodi s dřevěnými lavicemi je určen pro věřící na bohoslužbě a pro účastníky kulturních a společenských akcí (koncerty, přednášky apod.). V úrovni lavic musí být zajištěná dostatečná hodnota horizontální osvětlenosti, aby návštěvníci mohli bez problému sledovat tištěné texty (kancionál, Bible aj). Dostatečnou úrovní osvětlenosti je přibližně 200 lx. Úroveň osvětlení nesmí být vyšší, než je úroveň osvětlení hlavního oltáře a presbytáře, aby byla zachována gradace a hierarchie jasů v interiéru. Při koncertech nebo přednáškách není potřeba tak vysokou hodnotu osvětlenosti dodržovat.

4.1.1.3. Presbytář

Kněžiště či presbytář, někdy též chór, je část prostoru kostela, připomínající scénu, která zpravidla slouží více účelům. Zde je potřeba zajistit jednoduchou regulaci osvětlení. Pro běžný provoz je dostatečná úroveň horizontální osvětlenosti 200-300 lx v úrovni podlahy. Tato zóna by měla vystupovat dle hierarchie prostoru jako druhá po oblasti obětního stolu.

U presbytáře proběhne v blízké době úprava interiéru s tím, že nově navržené lavice budou mít v sobě integrována svítidla pro místní osvětlení. Součástí návrhu rozmístění ovládacích bodů celkového a lokálního osvětlení, bude tato nová úprava interiéru.

4.1.1.4. Oltáře

U vedlejších a bočních oltářů je třeba zajistit hladinu vertikální osvětlenosti okolo 150 lx, kterou bude možné plynule regulovat. Však na maximální úroveň by rozsvěcováno pouze v speciálních případech, jako například prohlídky.

4.1.1.5. Komunikace v lodích

Gradace osvětlení, která současně v lodích kostela již existuje, má být zachována, ale minimální úroveň osvětlenosti lodi v úrovni podlahy je třeba zvýšit na hladinu minimálně 50 lx. Stejnou úroveň osvětlenosti jako v bočních lodích je třeba zajistit u vstupu do kostela. Tím se podtrhne stejná funkce těchto prostorů – komunikační.

4.1.1.6. Shrnutí požadovaných hodnot osvětleností

Následující tabulka shrnuje požadavky na osvětlenosti na horizontálních (E_H) a vertikálních (E_V) rovinách. Tam, kde stačí pouze jedna rovina, druhá je vynechána.

| Osvětlována zóna nebo objekt | Požadovaná osvětlenost | |
|--------------------------------|------------------------|------------|
| | E_H [lx] | E_V [lx] |
| Obětní stůl | 500 | 150 |
| Okolí obětního stolu (podlaha) | 300 | - |
| Presbytář | 300 | - |
| Hlavní oltář | - | 200 |
| Obraz nad hlavním oltářem | - | 300 |
| Hlavní chrámová loď | 200 | - |
| Lavice (hlavní loď) | 200 | - |
| Vedlejší lodě | 50 | - |
| Boční oltáře | 50 | 100 |
| Vedlejší oltáře | 100 | 150 |
| Vstup | 100 | - |
| Zádveří | 100 | - |
| Obraz nad zádveří | - | 150 |
| Grota | - | 50 |
| Kruchta (centr – podlaha) | 100 | - |
| Kruchta (boční – podlaha) | 50 | - |
| Kruchta (centr – katedra) | 200 | - |
| Klenby | 200 | - |

Tabulka 9: Přehled požadovaných osvětleností

4.1.2. Ovládání a světelné scény

Ovládání nové osvětlovací soustavy by mělo být flexibilní, mělo by umožňovat jednoduché nastavení světelných scén, ovládání jednotlivých svítidel a také možnost jejich regulace od 0 % do 100 %

výkonu. Nové ovládání by mělo umožňovat přednastavit světelné scény pro různé využití sakrálního prostoru. Přístupnost a správně navržené umístění poloh ovládání osvětlení je následujícím bodem návrhu. Řešením jsou nejen klasické vypínače a dotykový panel, ale také ovládání z mobilních zařízení.

4.1.3. Trasování kabelů

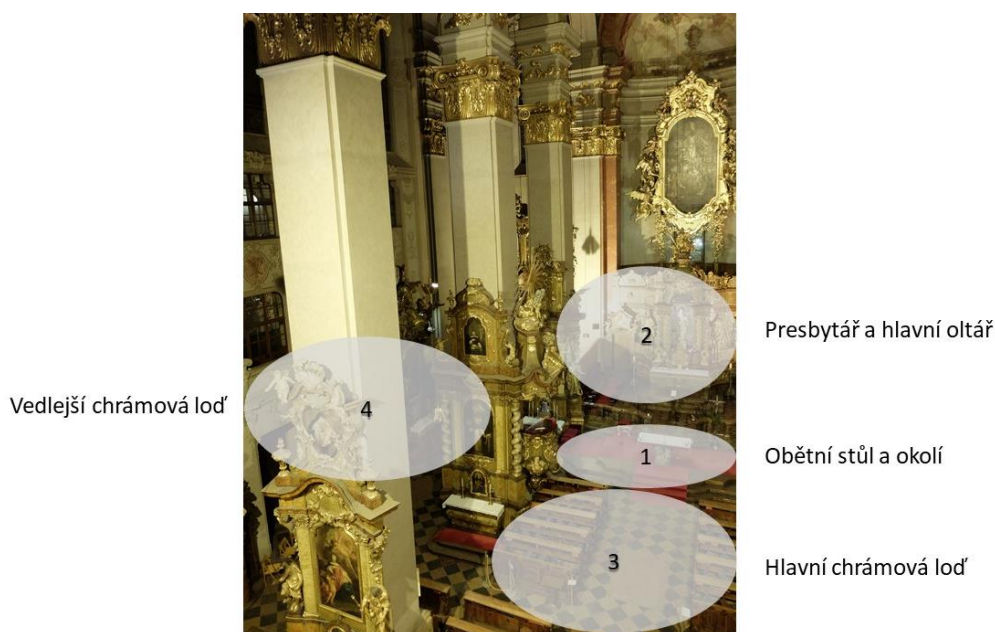
Ochrana maleb a uměleckých děl klade zvýšené požadavky na umístění tras kabeláže pro napájení a ovládání svítidel. Je třeba hledat takové trasy, kdy bude minimalizována potřeba nového sekání do stěn nebo stropů. Z tohoto důvodu se v rámci trasování nových rozvodů preferuje využití stávajících vedení nebo bezdrátový přenos signálu pro ovládání osvětlovací soustavy.

4.1.4. Energetická náročnost

Stávající světelné zdroje by měli být vyměněné za LED zdroje jednak z důvodu snížení energetické náročnosti a jednak z důvodu údržby. Spolu s výměnou tradičních světelných zdrojů (teplotní, výbojové) za LED zdroje, by se měla v případě zachování některých stávajících svítidel, provést jejich repase. Svítidla, která nejsou zapojena nebo se nepoužívají, je třeba odstranit. Pokud by byly zachovány stávající lustry, je třeba je osadit takovými světelnými zdroji, které zajistí vedle dostatečné úrovně osvětlení také potřebnou úroveň osvětlení a jednotný barevný tón světla (teplotu chromatičnosti).

4.1.5. Hierarchie a liturgie

Váha liturgického významu jednotlivých prostorů lze podpořit umístěním svítidel a světelnými scénami. Standardní gradace osvětlení (jasů) u sakrálních prostorů je následující: obětní stůl, hlavní oltář a presbytář, hlavní chrámová loď, a nakonec boční chrámové lodě, vstup a kruchta. Nejen hlavní, ale i zbývající oltáře mají vysokou uměleckou váhu a je vhodné je světelně podpořit, ale bez narušení celkové světelné hierarchie sakrálního prostoru.



Obrázek 15 – Hierarchie prostoru

4.2. Koncept nové osvětlovací soustavy

Cílem nové osvětlovací soustavy je co nejvíce podpořit liturgický prostor, vyjádřený jeho proporcemi a hierarchií, uměleckými díly a jejich uspořádáním. Osvětlovací soustava bude flexibilní a bude obsahovat provozní režimy, podle požadavků farnosti kostela sv. Jiljí.

Koncepce osvětlení kostela sv. Jiljí vychází ze základního schématu liturgického prostoru a chování denního světla v tomto prostoru. Z obou hledisek je významovým těžištěm prostoru obětní stůl, hlavní oltář a prostor presbytáře, části, které budou světlem zdůrazněny. Gradace jasu je tedy realizována odstupňováním hladin osvětlení, kde jednotlivé stupně představuje vstupní prostor, boční lodě kostela, hlavní loď, presbytář a obětní stůl.

Osvětlovací soustava pro vnitřní osvětlení kostela má dvě základní části.

První část zajišťuje základní funkční osvětlení prostoru a tvoří ji závěsné lustry které budou ponechaný v původních polohách a světlomety v lucerně a vedle presbytáře. Patří sem také osvětlení kruchty. Zachováním lustrů ve stávajících polohách se využije silné stránky stávajícího řešení. První část zajišťuje osvětlení kleneb, hlavní a bočních lodí, osvětlení lavic, obětního stolu, chóru a kruchty. Osvětlení kleneb s freskami a bočních oltářů bude ztlumené tak, aby umožnilo vnímat fresky a malby, ale současně příliš nezatěžovalo osvětlovaná umělecká díla. Je třeba zajistit, aby zrak věřících byl během bohoslužby veden světlem do centra prostoru, tedy směrem k obětnímu stolu a hlavnímu oltáři.

Druhá část osvětlovací soustavy je doplňující a zajišťuje osvětlení všech oltářů a obrazů. Osvětlení by mělo zajistit dostatečnou úroveň osvětlení pro pozorování oltářních obrazů a různých liturgických důležitých detailů a míst v prostoru.

Veškeré osvětlení je realizováno jako skryté a téměř celá osvětlovací soustava je umístěna na hlavních římsách. Mimo římsu jsou umístěna svítidla pro osvětlení vstupního prostoru pod kůrem a na kůru světlomety pro přisvětlení oltáře v presbytáři. Viditelné budou závěsné lustry, které budou ponechány ve své původní poloze, ale budou výškově přeuspořádané. Horní nepřímá svítidla, určená k nasvícení kleneb, budou posunuta výše, stejně tak dolní svítidla budou posunutá nahoru.

Všechny svítidla budou vybavena stmívatelnými předřadníky umožňující nastavení požadované úrovně osvětlení. Vzhledem k hladinám osvětlenosti je z pohledu barevných vlastností světla zvolen teplý bílý barevný tón.

4.2.1. Režimy využití sakrálního prostoru. Definování světelných scén

Potřebné provozní režimy byly definovány a popsány farností kostela sv. Jiljí. V následujícím textu jsou rozepsané jednotlivé světelné scény dle zadání:

1. **Otevřený kostel** – Základní režim, určený pro prohlídky pro turisty.

- orientační osvětlení celého kostela
- automatické spínání (popř. regulace intenzity) pomocí soumrakového čidla

2. **Bohoslužba. Mše svatá** – skládá se ze dvou hlavních částí: bohoslužby slova, jejímž jádrem je předčítání biblických textů, a bohoslužby oběti.
 - zvýrazněné osvětlení presbytáře (oltář, ambon)
 - základní osvětlení lavic v chóru
 - 3 stupně slavnostního osvětlení
3. **Bohoslužba. Liturgie hodin** – nebo také **Denní modlitba** církve tvoří oficiální liturgickou modlitbu římskokatolické církve. Liturgii hodin tvoří několik modliteb během dne, které tvoří především žalmy a biblická čtení. Tyto texty se obvykle zpívají nebo společně recitují.
 - zvýrazněné osvětlení chóru (lavice, pulpit)
 - základní osvětlení presbytáře a prvního bloku lavic
 - orientační osvětlení ve zbytku kostela
4. **Adorace** – jedním z projevů úcty ke Kristu, přítomnému v proměněné (konsekrované) hostii.
 - bodový reflektor na oltář
 - ztlumené orientační osvětlení v celém kostele
5. **Velikonoční vigilie** – je v liturgickém kalendáři noc z Bílé soboty na neděli Zmrtvýchvstání Páně, noc nocí – noc, kdy vstal z mrtvých Ježíš Kristus.
 - základní osvětlení presbytáře
 - ztlumené orientační osvětlení v celém kostele
6. **Koncert** – proces duševního načerpaní, kdy středem pozornosti je presbytář s pěveckým sborem.
 - zvýrazněné osvětlení presbytáři
 - orientační osvětlení v celém kostele

Po diskusi s architekty a investorem byly původně zadané světelné scény upraveny a některé scény byly sloučené. Sloučení bylo provedeno za předpokladu shodností provozu scén anebo možnosti přechodu za pomoci jednoduchého stmívání bez zbytečného přepínání mezi scénami. Výsledné základní provozní režimy mají následující podobu:

- I. **Celkové osvětlení** – rovnoměrné osvětlení všech ploch určené k orientaci a seznámení s interiérem kostela. Je určené pro případné prohlídky kostela.
- II. **Bohoslužby, liturgické kalendářní dny (mše, liturgie hodin, adorace, velikonoční vigilie)** – scéna se zvýrazněným celkovým osvětlením v hlavní lodi a nejvíce zdůrazněným chórem. Jelikož u některých typů bohoslužeb je třeba rozsvítit celou hlavní loď a u některých bohoslužeb pouze prostor presbytáře, budou u této scény navrženy jednoduché přechody pomocí jednoduchého stmívání.
- III. **Koncerty, mimořádné události** – režim v základu odpovídá režimu I., který je doplněn o světelné zvýraznění některých důležitých bodů prostoru kostela: bočních a vedlejších oltářů, obrazů aj.

4.3. Návrh nové osvětlovací soustavy

Nová osvětlovací soustava kostela je navržena tak, aby splňovala všechny uvedené požadavky. Veškeré výpočty byly provedené v programu DIALux evo. Jedná se o speciální software určený k projektování osvětlení.

Jelikož norma ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov se netýká sakrálních prostorů, není úroveň denního osvětlení kontrolována.

Následující přílohy zobrazují celý proces návrhu:

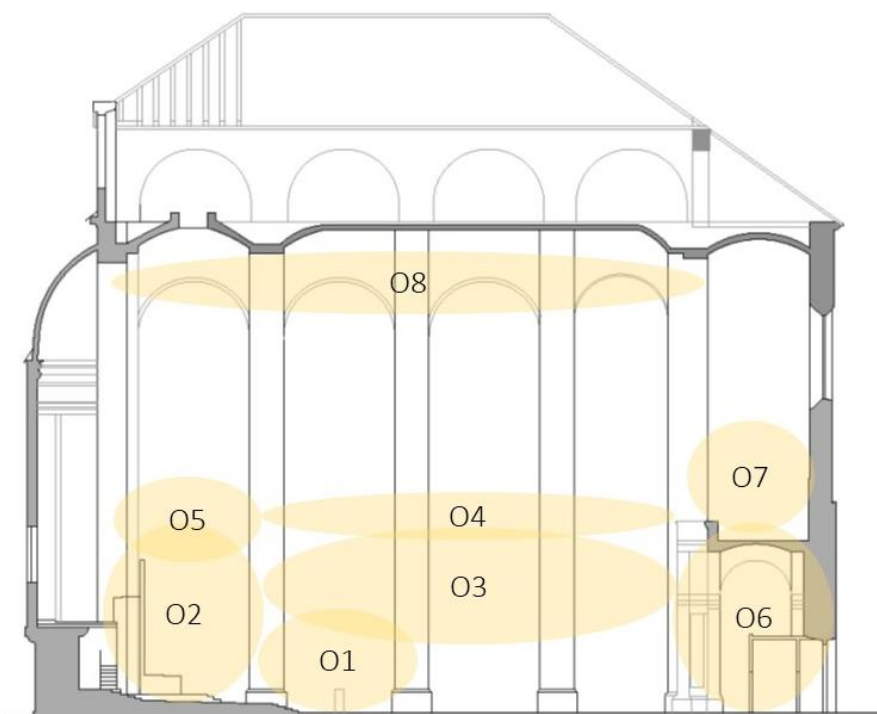
- *Příloha V – Nová soustava – výkresy.*

4.3.1. Osvětlené oblasti

Vzhledem k tomu, že jde o rozsáhlý objekt, je třeba jej rozdělit do dílčích oblastí. Na základě popisu kostela a vydefinovaných požadavků na osvětlení, byl interiér rozdělen na základní oblasti. Právě tyto oblasti budou použity při návrhu nové osvětlovací soustavy – od umístění svítidel po návrh regulace.

Oblasti zobrazené na schématu (obrázek 16) níže jsou následující:

O1 – Osvětlení obětního stolu a jeho okolí; O2 – Osvětlení hlavního oltáře a presbytáře; O3 – Osvětlení hlavní chrámové lodi s lavicemi; O4 – Osvětlení bočních lodí s bočními oltáři; O5 – Osvětlení vedlejších oltářů; O6 – Osvětlení vstupního prostoru; O7 – Osvětlení kůru; O8 – Osvětlení kleneb.



Obrázek 16 – Oblasti pro návrh nové osvětlovací soustavy

4.3.2. Volba svítidel a světelných zdrojů

Volba svítidel vychází z několika technických parametrů. Jedná se o *svítivost, příkon, světelný tok, náhradní teplotu chromatičnosti, index podání barev, úhel poloviční svítivosti (vyzařovací úhel svítidla), umístění svítidla a požadované osvětlenosti plochy.*

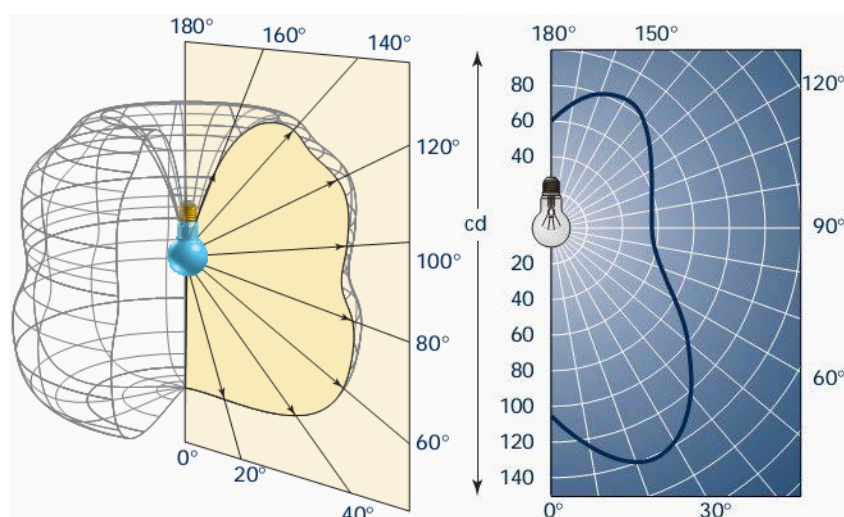
4.3.2.1. Světelný tok

Světelný tok [lm] je zářivý tok zhodnocený podle citlivosti lidského oka. Vyjadřuje množství světla vyzářeného do okolí (do všech směrů prostoru) [16].

4.3.2.2. Svítivost svítidel

Svítivost I [cd] udává množství světelného toku vyzářeného do prostorového úhlu bodovým světelným zdrojem v určitém směru. Jinými slovy je svítivost prostorová hustota vyzářovaného světelného toku [16].

Svítivost zdroje se v různých směrech liší. Prostorové rozložení svítivosti se vyjadřuje pomocí *křivek svítivosti*, která se uvádí v katalogových listech svítidla. Křivky svítivosti se zakreslují v polárních nebo pravouhlých souřadnicích pro zdroj se světelným tokem 1000 lm.



Obrázek 17 – Prostorové (vlevo) a plošné (vpravo) znázornění fotometrické křivky svítivosti [7]

4.3.2.3. Vyzařovací úhel (úhel poloviční svítivosti)

Vyzařovací úhel (úhel poloviční svítivosti) svítidla je část prostorového úhlu vymezeného svítivostmi, jejichž hodnota je minimálně 50% hodnoty svítivosti ve vztažném směru. Například, svítidlo s vyzařovacím úhlem 70° ve skutečnosti vyzářuje světlo i za hranicí 70°, ale se svítivostí menší než 50% svítivosti ve vztažném směru.

4.3.2.4. Index podání barev

Index podání barev R_a nebo CRI (*color rendering index*) uvádí, jak věrně jsme schopni vnímat barvy předmětů ve světle použitých světelných zdrojů v porovnání s vjemem barev stejných předmětů osvětlených denním světlem. Index podání barev nabývá hodnot od 0 do 100 [16]. Hodnota $R_a = 0$ znamená, že při tomto osvětlení není možné rozlišit žádnou barvu. Za dostatečně z pohledu kvalitního vjemu barev se považuje rozmezí R_a od 80 do 100.



Obrázek 18 – Znárodnění rozdílů ve vnímání barev při různém indexu podání barev [8]

4.3.2.4. Teplota chromatičnosti

Při ohřátí černého tělesa na určitou teplotu začne těleso vyzařovat elektromagnetické záření ve viditelné oblasti (380nm až 780nm). Barevný tón vyzařovaného viditelného záření se popisuje parametrem, který se nazývá teplota chromatičnosti [16]. Vizuální vjem světla různých teplot chromatičnosti je zobrazen obr. 19.



Obrázek 19 – Teplota chromatičnosti [9]

4.3.3. Svítidla a světelné zdroje

Rozmístění nových svítidel bylo voleno tak, aby pokud je to možné byly v běžných pohledech skryté a nenarušovali vizuální vjem sakrálního prostou. Současná moderní svítidla nejsou vhodná do klasického sakrálního interiéru, proto jsou umístěna buď na římsách ve výšce cca 17 metrů nebo na sloupech ze stran, kde jsou skryty běžným pohledům návštěvníků. Tam kde to bude možné a vhodné budou využity stávající polohy svítidel z důvodu trasování kabeláže. Důležitými aspekty je počet svítidel a jeho snížení z důvodu snazšího a přehlednějšího ovládání a také energetická náročnost osvětlení.

Hlavní část osvětlovací soustavy, tj. její první část, tvoří závěsné atypické lustry A2, které jsou umístěny ve stejné půdorysné poloze jako lustry současné. Dolní přímá část osvětlení slouží výhradně k osvětlení hlavní lodi spolu s lavicemi, a horní nepřímá část slouží k osvětlení kleneb. Závěsné lustry A2 z původního návrhu bylo navrženo vyměnit za novodobý atypický kuželový lustr, který bude podobným materiálově a rozměrově lustru originálnímu. Jedním z důvodů pro kompletní výměnu lustrů, za místo jednoduchého osazení vhodných světelných zdrojů do lustrů stávajících, je

absence takových zdrojů na trhu. Soudobé LED zdroje s odpovídající patiči nemají dostatečné parametry k zajištění splnění požadavků na osvětlení.



Obrázek 20 – Vlevo: stávající závěsný lustr. Vpravo: ilustrativní náhradní lustr od firmy Framma ^[10]

Volba nového tvaru zajistí větší rovnoměrnost a jednodušší osazení a umožní použití dostatečně výkonného diodového modulu, podobného panelům, které se používají v uličních svítidlech.



Obrázek 21 – Vzor osazení LED modulu do svítidla, výrobce Ecolight ^[11]

Volba ostatních svítidel je založena na parametrech popsaných v předchozích kapitolách a na odhadu požadované úrovně osvětlenosti. Navržená svítidla jsou výrobky firmy iGuzzini s výjimkou závěsných atypických svítidel, která budou speciálně vyrobeny na zakázku.

Pro osvětlení vstupního prostoru a centrálního prostoru na kůru jsou použity světlometry S2 – S4, umístěné na římsách pilířů, a stropní kruhové svítidlo S1 pro osvětlení zádveří a bočních prostoru kůru. Tyto světlometry budou svítit pod sebe.

Světlometry S7 a S8 jsou určeny pro osvětlení chóru při pohledu z hlavní lodě a dále osvětlují hlavní oltář. K osvětlení presbytáře bude použito širokoúhlé svítidlo S11 umístěné v lucerně přímo nad chórem. Světlometry S6 a S7 jsou určeny pro nasvětlení bočních a vedlejších oltářů. Výkonný světlomet S13 nahradí tři původní světlometry pro osvětlení obrazu hlavního oltáře.

K osvětlení obětního stolu budou sloužit tři světlometry – dva S9, umístěné na pilířích z výhodní strany v nástěnné svise upevněné liště délky 1 m, a S10, umístěné v lucerně nad chórem. Tyto světlometry budou osazeny válcovými clonami pro omezení přímého oslnění.

Pro přisvětlení hlavního oltáře jsou určeny dvě menší svítidla S12. K přisvětlení Groty vpravo od hlavního vstupu slouží svítidlo S5.

Pro upevnění světlometů S2, S3, S4, S6 a S7 ke sloupů kostela na římsách jsou použity atypické stavitelné úchyty (zámečnické výrobky), které slouží pro ukotvení světlometů ke stěně a současně umožňují posun světlometů v podélném směru. Tím lze umístění světlometů upravit tak, aby byly maximálně skryty a jejich pohledové uplatnění se minimalizovalo. Jejich schematické řešení je uvedeno ve výkresech v Příloze V. Při realizaci je třeba pro tyto konzole zpracovat dílenskou dokumentaci a ověřit jejich statické vlastnosti (statický posudek).

Všechna svítidla obsahují LED světelné zdroje, a mají v sobě zabudovaný DALI předřadník, nebo mají možnost DALI předřadník integrovat. Všechna svítidla jsou osazena světelnými diodami s náhradní teplotu chromatičnosti 3000 K.

V návrhu je použito celkem 53 svítidel, z toho 14 různých typů svítidel: S1 až S14. Podrobnější informace o počtech a základních parametrech svítidel jsou uvedena tabulce 10.

| Ozn. | Název | Příkon P [W] | Světelný tok Φ [lm] | Svítivost I [cd] | R _a [-] | Vyzař. úhel [°] | Počet [ks] |
|------|--------------------------------|--------------|--------------------------|------------------|--------------------|-----------------|------------|
| S1 | Isola QL65 | 43,1 | 6950 | 5282 | 80 | - | 3 |
| S2 | Palco P243+MXB9 | 51 | 6400 | 5450 | 90 | 38 | 4 |
| S3 | Tecnica Evo R300 | 28 | 3105 | 18658 | 80 | 18 | 2 |
| S4 | Tecnica Evo R278 | 19,7 | 2600 | 3198 | 80 | 56 | 4 |
| S5 | Palco Low Voltage QP09 + MY23 | 12,8 | 860 | 4340 | 90 | 16 | 1 |
| S6 | Palco InOut EF49+X309 | 42 | 6250 | 21619 | 80 | 16 | 8 |
| S7 | Palco InOut EF49+X305 | 42 | 6250 | 30038 | 80 | 16 | 6 |
| S8 | Palco InOut EF69 | 23 | 3100 | 9011 | 80 | 28 | 2 |
| S9 | Tecnica EVO R354 | 33 | 4450 | 22022 | 90 | 18 | 2 |
| S10 | Palco InOut EI75 | 53 | 7350 | 37955 | 80 | 16 | 1 |
| S11 | Agorà EU33 | 120 | 18300 | - | 80 | 50 | 1 |
| S12 | Opti Beam Lens round QH04 | 25 | 2600 | 18944 | 97 | 16 | 2 |
| S13 | Agorà EU32 | 120 | 14274 | - | 80 | 28 | 1 |
| S14 | Agorà EU86 (atypické svítidlo) | 235 | 38200 | 24071 | 78 | 78 | 16 |

Tabulka 10: Svítidla nové osvětlovací soustavy

Základní řady použitých svítidel jsou Palco, Tecnica Evo, Agorà, Isola a View (Opti Beam Lens). S výjimkou svítidel řad Agorà a Palco InOut, jsou svítidla určena primárně pro osvětlení interiéru. Základní rozdíl mezi interiérovými a exteriérovými svítidly je v konstrukci svítidla, která je u

venkovních svítidel odolnější, a v parametru R_a [-], tj. v indexu podání barev, který je u venkovních svítidel nižší.

Všechna použitá svítidla mají hodnotu R_a v požadovaném rozmezí od 80 do 100.

Pro informaci je dále uveden základní popis použitých svítidel. Podrobnější specifikace jednotlivých svítidel je předmětem následujících příloh:

- Příloha VII – Nová soustava – Soupis svítidel. DALI skupiny a scény – Zařazení a příkony.
- Příloha VI – Nová soustava – Výpočet Dialux (popis svítidel je uveden na začátku)

4.3.3.1. Palco a Palco InOut

Tato řada svítidel je v návrhu nejvíce zastoupena. Celkem je v projektu použito 6 typů těchto světlometů – od větších světlometů Palco InOut EF49 s průměrem 153 mm a po menší světlometry Palco Low Voltage QP09 s průměrem 62 mm. Celkový počet použitých světlometů řady Palco je 22 kusy.

Světlometry Palco jsou použity v několika základních vyzařovacích úhlech: superspot - $<10^\circ$, spot - $10-20^\circ$, medium $20-30^\circ$, flood $30-40^\circ$ a wide flood $>40^\circ$. Verze s větším vyzařovacím úhlem flood a wide flood jsou ideální pro osvětlení rozsáhlejších povrchů a objektů (např. oltářní obrazy). Ostatní světlometry s menším vyzařovacím úhlem jsou vhodné pro osvětlení menších objektů, jako jsou např. menší umělecká díla. Použité světlometry jsou stmívatelné, umožňují směřování kolem svislé osy o 360° a naklápění v rozmezí uhlů 0° až 90° . Pro dosažení různých světelně technických parametrů lze světlometry osadit optickým příslušenstvím (čochky, difuzory, clony).

Na obrázku 22 je uveden příklad svítidla řady Palco InOut EF49+X309 (S6).



Obrázek 22 - Svítidlo Palco InOut ^[12]

4.3.3.2. Tecnica EVO

Druhou nejpoužívanější řadou jsou světlometry řady Tecnica EVO. V projektu jsou použity 3 typy těchto světlometů – celkový počet je 8.

Kompaktní a výkonný světlomet s vynikajícím podáním barev a s různými možnostmi náhradní teploty chromatičnosti pro zvýraznění konkrétních barevných tónů beze změny sytosti okolních barev. Jsou podobné řadě Palco, ale výhodnější pro osvětlení menších ploch z kratší vzdálenosti.

Na obrázku 23 je uveden příklad svítidla Tecnica Evo R300 (S3).



Obrázek 23 - Svítidlo Tecnica EVO ^[12]

4.3.3.2. *Agorà*

V projektu jsou použity dva světlořady Agorà. Jeden světlořad nahradí tři současné světlořady za hlavním oltářem pro osvětlení hlavního oltářního obrazu. Druhý světlořad bude umístěn v prostoru lucerny a bude simulovat denní světlo přicházející do prostoru chóru přes den.

Světlořady Agora se vyrábějí v různých velikostech a s různými vyzařovacími úhly, výkony, svítivostmi a dalšími parametry. V horizontální rovině jsou nastavitelné v rozsahu $-50^{\circ}/+90^{\circ}$.

Na obrázku 24 je uveden příklad svítidla Agorà EU32 (S13).



Obrázek 24 - Svítidlo Agorà ^[12]

4.3.3.3. *Isola*

Stropní kruhové svítidlo vyráběné ve třech základních velikostech s průměrem 590 mm, 870 mm a 1150 mm jednoduchého tvaru. Hodnoty světelného toku se pohybují od 5 770 do 22 436 lumenů. Základní varianty osazení: závěs, zapuštěné a instalace na povrchu.

4.3.3.4. *View*

Světlořad s možnostmi otáčení stejnými jako u svítidel řady Palco. Vyzařovací úhel může být v rozsahu velmi úzkého (superspot) až velmi široký (wide flood). Vyrábí se ve dvou základních velikostech s průměrem 126 mm a 156 mm. Tyto světlořady jsou primárně určeny k osvětlení interiérově významných objektů. Na obrázku 24 je uveden příklad svítidla View QH04 (S14).



Obrázek 25 - Svítidlo View ^[12]

4.3.4. Požadavky na provoz a údržbu

Pro zajištění navržených parametrů osvětlení v průběhu provozu osvětlovací soustavy je třeba provádět pravidelnou údržbu v souladu s montážními návody svítidel a výměnu nefunkčních světelných zdrojů a svítidel. Pro zajištění navržených úrovní osvětlenosti je třeba provádět pravidelné čištění světlometů a svítidel, a to v intervalu 4 roků.

4.4. Výpočet osvětlenosti pomocí výpočetního programu

Počítačový model nové osvětlovací soustavy kostela sv. Jiljí byl vytvořen v programu Dialux evo 9.2. Svítidla byla implementována do vymodelovaného interiéru, který byl zjednodušen. Základní gotické proporce odpovídají realitě, nebyli vymodelované menší detaily jako například římsy, zábradlí a barokní dekorace.

Činitele odrazu stěn, pilířů a podlah (40/33/20 %) modelového prostoru jsou průměrné hodnoty z naměřených hodnot uvedených v kapitole 2.4.2. (viz. Tabulka 2). Činitel odrazu stropu byl ponechán přednastavený (50 %), jelikož skutečná hodnota není k dispozici a je těžko měřitelná (celková výška kostela v nejvyšším bodě centrální klenby je cca 25 m). U průsvitných ploch (okna, světlíky) byl činitel prostupu světla zvolen 80 %.

Výpočtové kontrolní horizontální a vertikální plochy byly přidány do míst modelu, odpovídajících oblastem vyznačeným v kapitole 4.3.1. Jednotlivé výpočtové plochy jsou v Příloze V označené následovně:

O1.1.H(V) – Řešená oblast. Číslo plochy/objektů. Horizontální/Vertikální kontrolní rovina.

Výsledek výpočtu osvětlení u modelu nové osvětlovací soustavy zahrnují hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech, průměrné osvětlenosti srovnávacích rovin a rovnoměrnost osvětlenosti na srovnávacích rovinách.

Každé svítidlo je definováno kódem:

SX.Y.Z - SX určuje typ svítidla. Y určuje číslo oblasti umístění svítidla. Z je pořadové číslo svítidla v oblasti.

Výkresy a celkový výstup výpočtu nové osvětlovací soustavy jsou součástí přiložených souborů:

- Příloha V – Nová soustava – Výkresy.
- Příloha VI – Nová soustava – Výpočet Dialux.

4.4.1. Shrnutí a porovnání výsledků výpočtu

Následující tabulka shrnuje výstupy výpočtu v kontrolních oblastech a porovná je s požadovanými hodnoty. Výpočet byl proveden při zapnutí všech svítidel v prostoru, tedy při zapnutí obou částí osvětlovací soustavy, jak první – základní tak i druhé – doplňující.

| Osvětlována zóna nebo objekt | Oblast | Požadovaná osvětlenost | | Vypočtená osvětlenost | |
|--------------------------------|--------|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | | E _H [lx] | E _V [lx] | E _H [lx] | E _V [lx] |
| Obětní stůl | O1 | 500 | 150 | 519 | 189 |
| Okolí obětního stolu (podlaha) | O1 | 300 | - | 400 | - |
| Presbytář | O2 | 300 | - | 518 | - |
| Hlavní oltář | O2 | - | 200 | 425 | 241 |
| Obraz nad hlavním oltářem | O2 | - | 300 | - | 420 |
| Hlavní chrámová loď | O3 | 200 | - | 262 | - |
| Lavice (hlavní loď) | O3 | 200 | - | 399 | - |
| Vedlejší loď | O4 | 100 | - | 337 | - |
| Boční oltáře | O4 | 50 | 100 | 257 | 108 |
| Vedlejší oltáře | O5 | 50 | 150 | 330 | 155 |
| Vstup | O6 | 100 | - | 127 | - |
| Zádveří | O6 | 100 | - | 130 | - |
| Obraz nad zádveří | O6 | - | 150 | - | 179 |
| Grota | O6 | - | 50 | - | 76 |
| Kruchta (centr – podlaha) | O7 | 100 | - | 130 | - |
| Kruchta (boční – podlaha) | O7 | 50 | - | 78 | - |
| Kruchta (centr – katedra) | O7 | 200 | - | 227 | - |
| Klenby | O8 | 200 | - | 295 | - |

Tabulka 11: Shrnutí výsledků výpočtu osvětlení v programu Dialux při zapnutí všech svítidel

Většina oblastí jsou obsahuje větší počet výpočtových ploch, proto jsou v tabulce zaznamenány průměrné hodnoty osvětleností zastoupených kontrolních polí. Vidíme, že všechny hodnoty osvětleností u navržené osvětlovací soustavy odpovídají požadovaným hodnotám.

Pro kontrolu základní části osvětlovací soustavy byl proveden druhý výpočet, protože nikdy nebudou zapnuta všechna svítidla najednou a na 100 % výkon. Nejčastěji bude provozována právě základní část osvětlovací soustavy, tj. bez doplňkového osvětlení oltářů z pilířů.

Další tabulka shrnuje výsledky druhého výpočtu. Pro tento výpočet nejsou kontrolovány požadavky na svícení oltářů, groty a obrazů, protože nejsou základní částí osvětlovací soustavy svícené.

| Osvětlována zóna nebo objekt | Oblast | Požadovaná osvětlenost | | Vypočtená osvětlenost | |
|--------------------------------|--------|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | | E _H [lx] | E _V [lx] | E _H [lx] | E _V [lx] |
| Obětní stůl | O1 | 500 | 150 | 515 | 187 |
| Okolí obětního stolu (podlaha) | O1 | 300 | - | 395 | - |
| Presbytář | O2 | 300 | - | 507 | - |

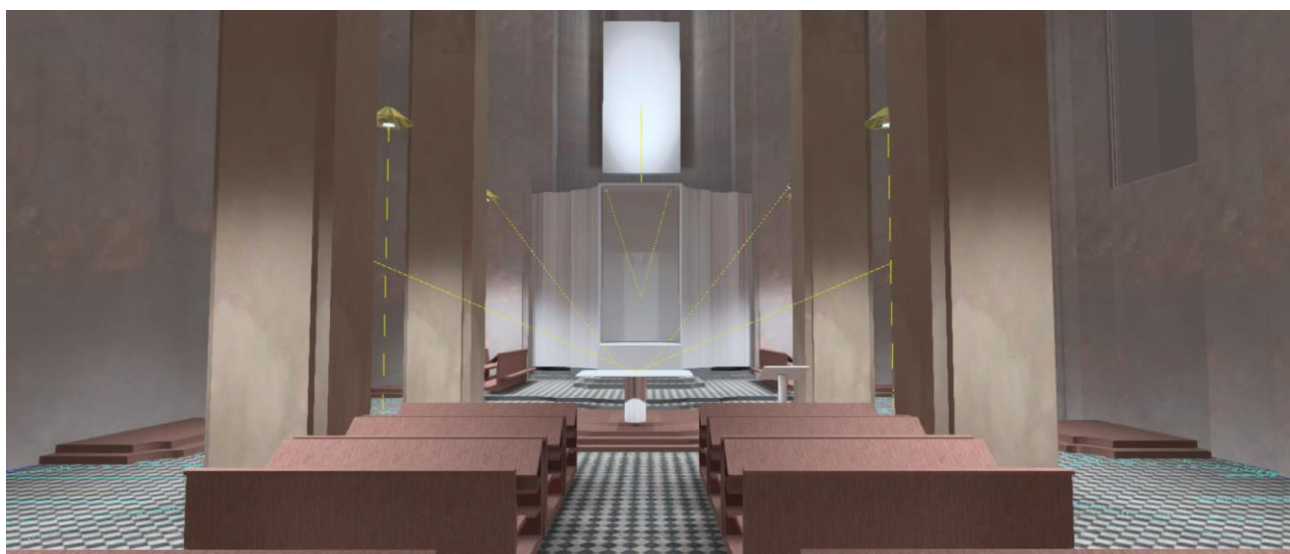
| | | | | | |
|---------------------------|----|-----|---|-----|---|
| Hlavní chrámová loď | O3 | 200 | - | 260 | - |
| Lavice (hlavní loď) | O3 | 200 | - | 396 | - |
| Vedlejší loď | O4 | 100 | - | 332 | - |
| Vstup | O6 | 100 | - | 125 | - |
| Zádveří | O6 | 100 | - | 130 | - |
| Kruchta (centr – podlaha) | O7 | 100 | - | 130 | - |
| Kruchta (boční – podlaha) | O7 | 50 | - | 77 | - |
| Kruchta (centr – katedra) | O7 | 200 | - | 223 | - |
| Klenby | O8 | 200 | - | 293 | - |

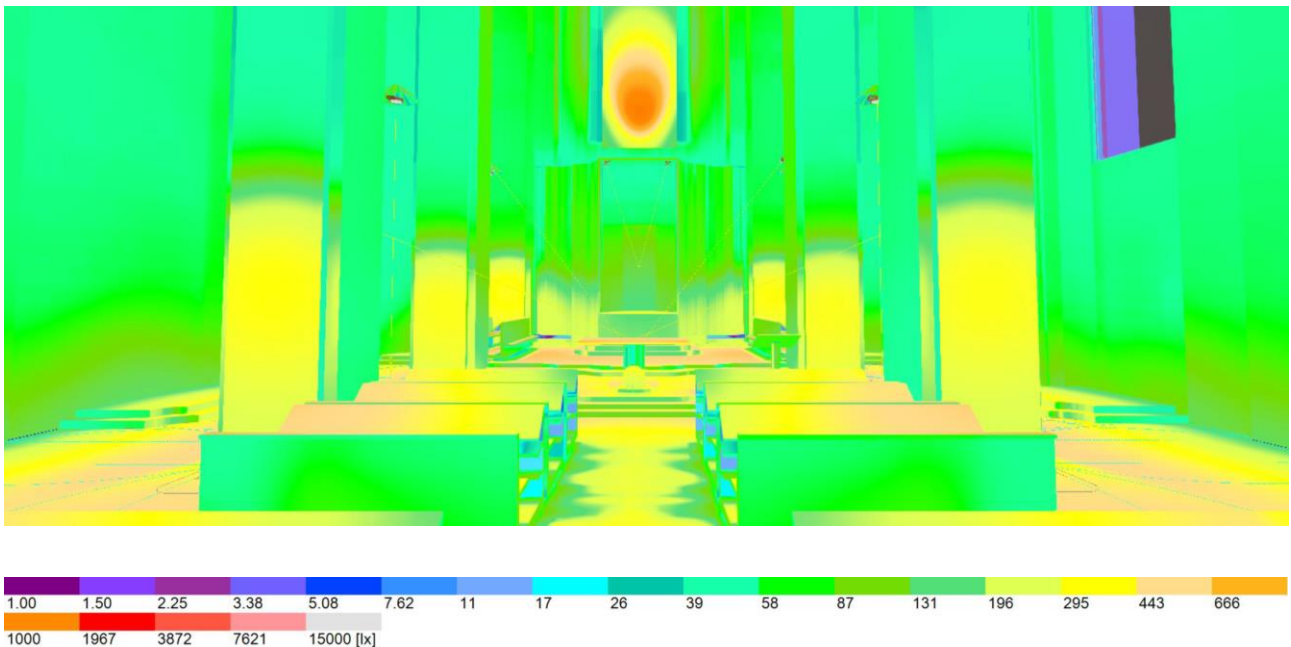
Tabulka 12: Shrnutí výsledků výpočtu osvětlení v programu Dialux při zapnutí základní části osvětlení

Výsledek ukazuje, že při vypnutí doplňujícího osvětlení, požadavky na hlavní provozní zóny jsou splněny. Pokles obvykle není větší než o několik luxu. To neplatí pro části prostoru osvětlené zhasnutými světly. Tam byl pozorován pokles průměrně o 100 lx, ale při základním osvětlení hodnoty na ozdobách nejsou důležité.

Jednou ze zásadních oblastí jsou lavice v centrální lodi. Zde bylo výpočtem prokázáno, že při vypnutí doplňujícího osvětlení, požadavky na hlavní provozní zóny jsou splněny. Pokles obvykle není větší než několik luxu.

Co se týká rovnoměrnosti, pro plochy *O3.2.H* a *O3.3.H* reprezentující lavice, *O1.1.H* reprezentující obětní stůl, parametr $U [-]$ se pohybuje mezi 0,5 až 0,9, což je v souladu s požadovaným rozmezím. U ostatních ploch tento ukazatel není důležitý, jelikož na nich neprobíhají složitější zrakové úkoly. Níže je výsledek výpočtu osvětlení pro oblast obětního stolu – *O1* a oblast lavic – *O3*. Podrobnější výpočet je součástí přílohy V.





Obrázek 26 – Vizualizace výsledků výpočtu z programu DIALux evo

4.5. Ovládání nové osvětlovací soustavy

Řídicí systémy osvětlení se neustále vyvíjí. V současné době existuje mnoho způsobů, umožňujících komunikaci mezi ovládacími a ovládanými zařízeními. Jsou to protokoly – sady pravidel pro komunikaci mezi dvěma nebo více zařízeními.

Jedním z úkolů řídicího systému osvětlení je udržování předepsaných hodnot osvětlenosti v daném prostoru. Samotné řízení by mělo probíhat zejména při nedostatečném příspěvku denního světla. V průběhu dne, kdy je dostatek denního světla není nutno provozovat soustavu umělého osvětlení na maximální úrovni světelného toku, a tedy i příkonu. Z tohoto důvodu je třeba, aby se osvětlovací soustava byla schopna přizpůsobit podmínkám denního osvětlení. Ke sledování denního osvětlení budou instalována příslušná čidla sledující kvantitativní parametry denního světla. Takovýmto přístupem lze splnit požadavky na:

- osvětlenost, tj. kvantitativní požadavky,
- rovnoměrnost osvětlení, omezení oslnění, tj. kvalitativní požadavky,
- nízkou energetickou náročnost.

Veškerá soudobá svítidla jsou osazena smývatelnými DALI (Digital Addressable Lighting Interface) předřadníky (*control gear*), umožňující plynule nastavit úroveň výstupního světelného toku. Protokol DALI je primárně určen k řízení jednotlivých svítidel nebo jejich skupin v domácí automatizaci, budovách a také ve větších objektech (stadiony, koncerty, halové průmyslové objekty aj.).

Všechna svítidla použitá k osvětlení kostela sv. Jiljí obsahují DALI předřadníky, u lustru při výrobě se bude počítat s možností použití DALI předřadníků instalovaných mimo svítidla v prostoru půdy.

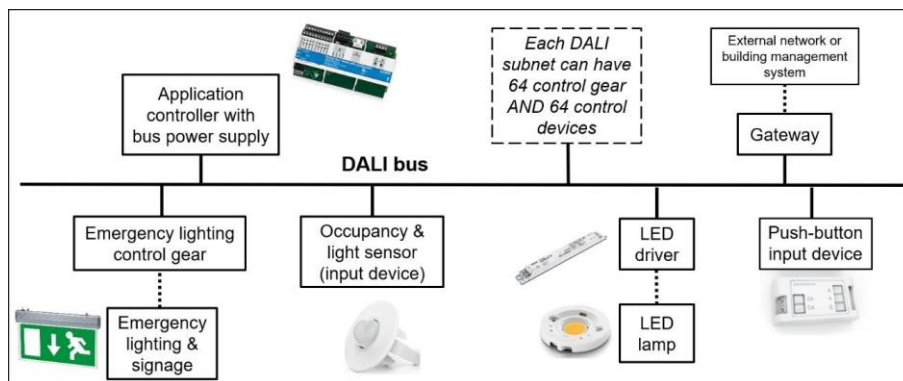
4.5.1. Protokol DALI

Komunikace probíhá po dvou vodičové sběrnici (napájení a data, svorky se obvykle značí DA+/DA-, +DALI/-DALI), umožňující obousměrnou výměnu dat. Řídicí systémy s protokolem DALI umožňují nejen spínání a stmívání, ale také zasílání stavové hlášení do přístroje. Sběrnice může být jak z klasických samostatných elektroinstalačních vodičů, stejně tak v rámci silového kabelu. Lze použít různou topologie, kupříkladu hvězdicovou nebo sběrniceovou.

Standard DALI přináší maximální flexibilitu, díky snadným úpravám řízení osvětlení pomocí softwaru beze změn hardwaru. Svítidla lze beze změn v zapojení snadno přiřazovat nebo seskupovat i po instalaci, například na základě změn účelu místností. Složitější systémy řízení pomocí protokolu DALI lze navíc prostřednictvím sběrnice systémů (např. KNX, CUE) integrovat do nadřazeného řídicího systému a začlenit do celkové automatizace budovy.

Systém DALI tvoří:

- a. **Sběrnice (bus power supplies)** - každá linka může mít maximálně 64 ovládaných přístrojů (control gear) a stejně tak 64 ovládacích přístrojů (control device). Každý ovládaný přístroj lze přiřadit k 16 jednotlivým skupinám a 16 světelným scénám. Ovládací přístroje zahrnují řídicí jednotky (které rozhodují a odesílají příkazy) a vstupní přístroje, jako jsou senzory, spínače a tlačítka. Pro provoz je potřebuje sběrnice napájecí zdroj, poskytující až 250 mA a obvykle 16 V.



Obrázek 27 – Příklad systému řízení osvětlení DALI [13]

- b. **Předřadné přístroje (control gear)** - například LED předřadníky, které dodávají elektrickou energii světelným zdrojům a upravují parametry napájecí sítě pod podmínkami napájení světelných zdrojů. Protokolem DALI lze ovládat různé typy předřadníků, jako jsou předřadníky pro zářivky, transformátory pro halogenové žárovky, LED zdroje apod.



Obrázek 28 – LED předřadník s rozhráním DALI [14]

- c. Řídicí jednotka (*Application controllers*) sbírá informace z ovládacích zařízení. Na základě těchto informací a vnitřního nastavení (programu) následně posílá příkazy jednotlivým ovládaným zařízením (předřadníkům, žaluziím, stmívačům apod.).
- d. Ovládací přístroje (*input devices*) jsou poměrně jednoduchá zařízení, která poskytují systému pro řízení osvětlení uživatelské informace a informace o okolí. Například jsou to tlačítka, senzory pohybu aj.



Obrázek 29 – Příklady ovládacích zařízení [15]

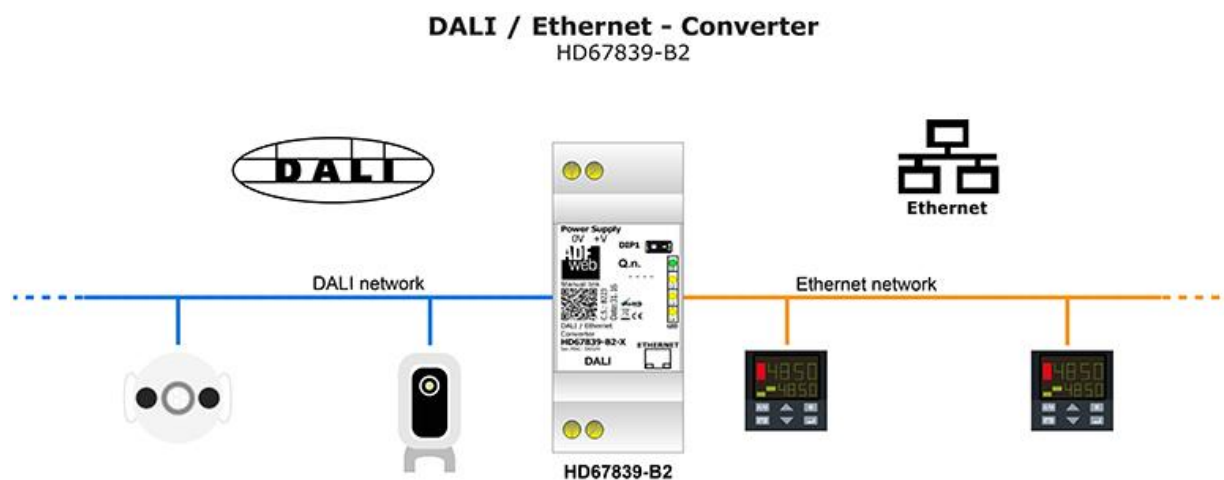
4.5.2. Popis řídicího systému

Svítlidla s DALI předřadníky budou připojeny na DALI sběrnici. Jelikož jedna DALI sběrnice dovoluje připojení pouze 64 zařízení, je nutné, aby byla svítidla zapojena do menších okruhů a přes bránu (rozhraní) napojena na nadřazený řídicí systém. Navržena osvětlovací soustava má celkem 54 svítidla, ale protože se počítá s rezervou pro možné budoucí rozšíření osvětlovací o další zařízení, konkrétně o různá čidla sledující například přítomnost osob nebo úroveň denního osvětlenosti, potřebuje napojení nadřazeného systému. Tento systém dále umožní osazení doplňkových svítidel a čidel v případě potřeby. Dalším důvodem je trasování kabeláže. Závěsná svítidla a světlomety na římsách budou napojeny na stávající vedení umístěné nad klenbami v půdním prostoru, stejně tak v půdním prostoru bude vedena jedna DALI sběrnice. Svítidla nacházející v nižší úrovni budou napájená na druhou nově vybudovanou DALI sběrnici, umístěného pod dlažbou a v lištách na sloupech. Vedení kabeláže je navrženo tak, aby bylo co nejkratší, bylo vedeno pouze dlažbou a vždy mimo oltáře a freska, z důvodu minimalizace zásahu do povrchů kostela.

Obě sběrnice DALI budou zavedené do nového rozvaděče, kde budou napojeny do nadřazeného řídicího systému CUE (Ethernet), do kterého bude připojen ovládací dotykový panel, a komunikační rozhraní pro bezdrátovou komunikaci (Wi-Fi routery). Veškeré přístroje řídicího systému budou umístěny v nově vybudovaném rozvaděči. Ovládání osvětlovací soustavy bude možné z ovládacího dotykového panelu umístěného v sakristii. V dotykovém panelu budou vytvořeny světelné scény. První úroveň ovládání bude zapínání přednastavených světelných scén. Druhou úrovní bude ovládání jednotlivých skupin svítidel z dotykového panelu. K této úrovni bude do dotykového panelu importován půdorys kostela a k němu budou přiřazeny ikony pro ovládání jednotlivých skupin svítidel. Další úrovní bude bezdrátové WIFI ovládání osvětlovací soustavy přes mobilní telefon. Pro osvětlení vstupního prostoru v době, kdy bude umožněn vstup pouze do zádveří kostela, bude pro ovládání vybraných svítidel použita dvojice pohybových čidel, které při přítomnosti lidí zapnou

vybraná svítidla. Pro osvětlení v době prohlídek kostela turisty soustava bude regulována pomocí čidel sledujících úroveň denního osvětlení.

Nově instalovaná svítidla v rekonstruovaných lavicích v chóru budou ovládána místně. Celkové osvětlení bude možné ovládat přes speciální mobilní aplikaci.



Obrázek 30 – Topologie DALI sběrnice a Ethernet sítě^[17]

4.5.2.1. Skupiny

Jak již bylo zmíněno je pro ovládání nové osvětlovací soustavy třeba dvou DALI sběrnic. Na jednu sběrnici budou připojena horní svítidla, tj. závěsné lustry spolu s horní svétlometry a svétlometry v lucerně. Na druhou sběrnici budou připojena dolní svítidla určená k přisvětlení oltářů a obrazů, osvětlení vstupu, zádveří, chóru a kruchty.

DALI sběrnice (*DALI-bus*) jsou v projektu označeny B1 (*Bus - 1*) a B2 (*Bus - 2*). Na sběrnici B1 je připojeno 32 svítidel, a sběrnici B2 22 svítidel.

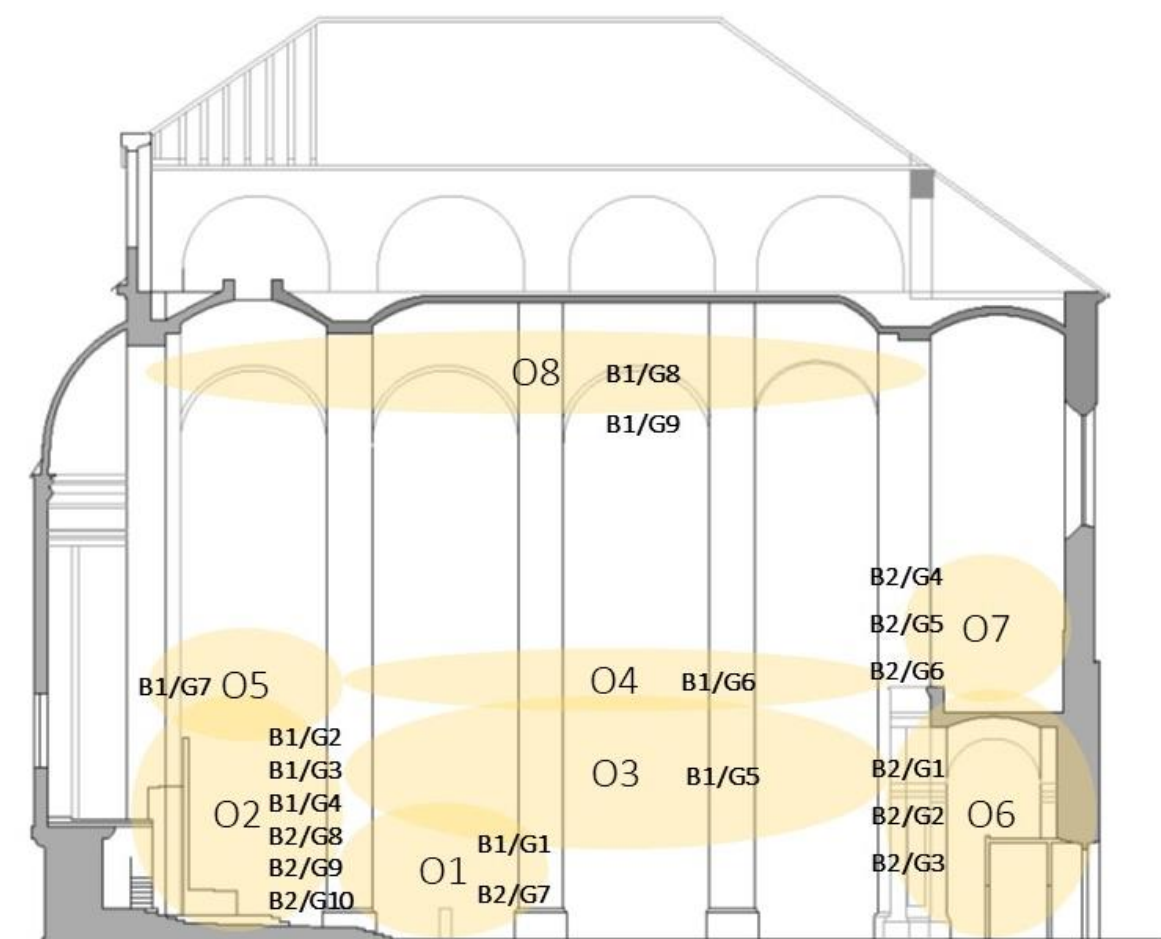
Na základě rozdělení kostela do oblastí v kapitole 4.3.1. byli svítidla v rámci těchto oblastí rozdělena na skupiny. V rámci jedné oblasti může být několik DALI skupin. Současně v rámci jedné DALI sběrnice může být svítidlo součástí až 16 skupin. Smyslem skupin je sdružení svítidel, která jsou součástí logického celku – místnosti či skupiny stejně rozsáhlých místnosti blízko sobě.

Skupina v rámci sběrnice se značí Bx/Gx, například B1/G4. Sběrnice B1 zahrnuje 9 skupin, sběrnice B2 – 10 skupin. Skupiny vypadají následně:

- B1/G1 – 1x svétlomet S10 pro osvětlení obětního stolu z lucerny. Oblast 1.
- B1/G2 – 2x dolní lustry S14, základní přímé osvětlení nad chórem. Oblast 2.
- B1/G3 – 2x svétlometry S7 pro osvětlení chóru. Oblast 2.
- B1/G4 – 1x svítidlo S11 pro osvětlení chóru z lucerny. Oblast 2.
- B1/G5 – 6x dolní lustry S14, základní přímé osvětlení. Oblast 3.
- B1/G6 – 8x svétlometry S6 pro osvětlení bočních oltářů. Oblast 4.
- B1/G7 – 4x svétlometry S7 pro osvětlení vedlejších oltářů. Oblast 5.
- B1/G8 – 2x horní lustry S14, základní nepřímé osvětlení nad chórem. Oblast 8.
- B1/G9 – 6x horní lustry S14, základní nepřímé osvětlení. Oblast 8.

- B2/G1 – Svítidlo S1 v zádveří. Oblast 6.
- B2/G2 – 2x světlomety S4 pro osvětlení centrálního vstupu + 2x světlomety S3 pro osvětlení bočního vstupu + 1x S5 světlení Grotty. Oblast 6.
- B2/G3 – 2x světlomety S2 pro osvětlení obrazu nad zádveří. Oblast 6.
- B2/G4 – 2x svítidla S1 pro osvětlení bočních části kruchty. Oblast 7.
- B2/G5 – 2x světlomet S2 pro osvětlení centrální části kůru. Oblast 7.
- B2/G6 – 2x světlomet S4 pro osvětlení centrální části kůru. Oblast 7.
- B2/G7 – 2x světlomety S9 pro osvětlení obětního stolu. Oblast 1.
- B2/G8 – 2x světlomety S8 pro osvětlení chóru. Oblast 2.
- B2/G9 – 2x svítidlo S12 pro osvětlení hlavního oltáře. Oblast 2.
- B2/G10 – 1x svítidlo S13 pro osvětlení hlavního oltářního obrazu. Oblast 2.

Rozdělení na skupiny a počet skupin v jednotlivých oblastech je znázorněn na schématu níže.



Obrázek 31: Rozdělení svítidel do skupin

4.5.2.2. Světelné scény

Jedna DALI skupina může být součástí až šestnácti světelných scén. Světelná scéna definuje procentní výkony DALI skupin, které jsou součástí scény. Popis světelných scén a výkonů světelných je součástí příloženého souboru:

- Příloha VII: Nová soustava – Soupis svítidel. DALI skupiny a scény – Zařazení a příkony.

Pro ovládání osvětlení byli nadefinované následující základní světelné scény (viz. kapitola 4.2.1.), které lze následně přizpůsobit případně rozšířit podle požadavků zadavatele.

S1. Celkové osvětlení – B1: G2, G4, G5, G8 – G9; **B2:** G1 – G2, G4 – G5, G9 – zapnuto a nastaveno na maximální hodnotu.

S2. Bohoslužby, liturgické kalendářní dny (mše, liturgie hodin, adorace, velikonoční vigilie) – B1: G1, G3, G4, (100 %), G5, G8 – G9 (50 %); **B2:** G2 (20 %), G7 – G9 (100 %), 10 (50 %).





S3.1. Koncerty – B1: G2 – G4 (100 %); **B2:** G2 (20 %), G5 (50 %), G8 (100 %).






S3.2. Mimořádné události – B1: G2 – G4, G6 – G9 (100 %); **B2:** G2 (20 %), G5 (50 %), G8 (100 %).

S4. Vypnuto – vše vypnuto (0 %).

4.6. Prvky řídicího systému DALI/CUE

Kromě DALI přístrojů, konkrétně *DALI předřadníků, DALI relé a řídicí jednotky DALI*, výše definovaný řídicí systém budou tvořit navíc *pohybová čidla, snímač denního světla, wi-fi router, dotykový panel, napájecí napěťový zdroj a Ethernet switch*.

| Ozn. | Typ | Umístění | Výrobce | Popis | Foto [18] | Kusy [ks] |
|------|-------------------------|--------------|---------------|---|---|-----------|
| P1 | Předřadný přístroj DALI | Rozvaděč | Foxtrot | P1 – napájecí zdroj DALI sběrnice 230 V/50Hz, 240 mA, DIN, IP20 |  | 2 |
| P2 | Řídicí jednotka DALI | Rozvaděč | CUE, a.s. | P2 – řídicí jednotka DALI 24VDC/PoE, 15 W, web server, 1 DALI linka, RTC, Ethernet, DIN, IP20 |  | 2 |
| P3.1 | Pohybové čidlo | Zádvěří, kůr | B.E.G. Luxoma | P3.1 – pohybové čidlo na stěnu, 230V/AC, 200W (LED), 180°, l=4m, IP20 |  | 2 |
| P3.2 | Pohybové čidlo | Zádvěří, kůr | B.E.G. Luxoma | P3.2 – pohybové čidlo na stěnu, 230V/AC, 200W (LED), 270°, l=8m, IP20 |  | 2 |

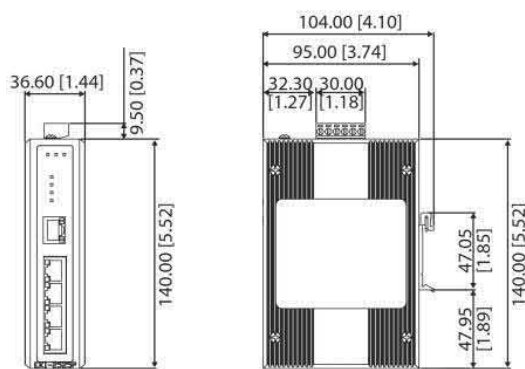
| | | | | | | |
|----|-------------------------|-------------------------|-----------|--|---|---|
| P4 | Čidlo denního osvětlení | Kruchta | Elko | P4 – čidlo denního osvětlení, 27VDC, IP65 |  | 1 |
| P5 | Wi-Fi Router | Lod' u sakristie, vstup | Mikrotik | P5 – WIFI router, PoE 15W, 2,4 / 5,0 GHz, Ethernet 10/100 Mbps, RJ45, IP20 |  | 2 |
| P6 | Dotykový panel | Sakristie | CUE, a.s. | P6 – dotykový nástěnný panel, PoE, 10W, 10,0" , 1280x800pxl., 300 cd/m2, 800:1, šedý, IP20 |  | 1 |
| P7 | Ethernet Switch | Rozvaděč | Advantech | P7– Ethernet switch 48V/DC, 65W, 4xPoE, 1xEthernet, 10/100 Mbps, DIN, IP20 |  | 1 |
| P8 | Napájení switch | - | Meanwell | P8 – napájecí napěťový zdroj 230VAC/48VDC, 70W, DIN, IP20 |  | 1 |

Tabulka 13: Řídící prvky nové osvětlovací soustavy

4.6.1. Přenos dat pomocí Ethernet

Produkt *Ethernet Switch* od společnosti Advantech je průmyslový pětiportový ethernetový přepínač PoE (Power over Ethernet – technologie umožňující přes ethernetový síťový kabel dodávat oba data i energii). PoE přístroje realizují centralizované napájení a poskytuje až 15,4 wattů energie na port. Advantech PoE lze použít k napájení zařízení ethernetovým kabelem a tím zredukovat potřebu dalšího napájecího vedení.

Jeho implementace rozšíří řídicí systém DALI, a právě do ethernetového přepínače budou připojeny senzory a komunikační rozhraní umožňující bezdrátovou komunikaci. ^[19]



Obrázek 32: Schéma přepínače Advantech [18]

4.6.2. Řídící jednotka

Pro řízení jednotlivých DALI sběrnic byli navrženy dvě řídicí jednotky *ControlCUE-dali-d* od společnosti CUE, a.s. *ControlCUE-dali-d* obsahují jeden port DALI, jeden obousměrný port RS-232/485 a čtyři univerzální porty, každý z univerzálních portů může sloužit jako vstup a výstup. Jednotka je kompatibilní s dotykovými panely CUE. Připojení pomocí kabelu Ethernet zajišťuje snadnou integraci do sítě.

Ovladač je vybaven technologií Power over Ethernet (PoE). Programování jednotek je založeno na standardním programovacím nástroji CUE Cue Visual Composer. Řídící jednotka je napájena napětím 24VDC [19].

4.6.3. Ovládací panel

Pro ovládání jednotlivých světelných scén soustavy bude k dispozici dotykový panel *TouchCUE-10-M* od společnosti CUE, a.s. Tento panel je plně kompatibilní s řídicí jednotkou *ControlCUE-dali-d*.

TouchCUE-10-M je nástěnný dotykový panel s čelním sklem od okraje k okraji a hliníkovým tělem. Je určen pro nástěnnou aplikaci. Lze jednoduše zapojit do sítě pomocí kabelu Ethernet a má zabudovanou technologii Power over Ethernet (PoE). [19]

4.6.4. Schéma zapojení řídicí části

Zapojení řídicího systému osvětlení se skládá ze všech zařízení uvedených v tabulce 13 kapitoly 4.6.

První DALI sběrnice B1 má řídicí jednotku, která reguluje horní svítidla, je napojená na DALI/CUE přepínač, poskytující informaci Wi-Fi routerům a ovládacímu panelu. Ovládacímu panelu bude přiřazená adresa na první sběrnici B1. Ovládací panel pro ovládání světelných scén bude umístěn v sakristii, která se nachází vlevo od chóru. Routery budou mít adresy na lince B2 a budou umístěny na protějších stranách kostela – jeden vedle sakristie, druhý na kůru.

B2 bude zapojená obdobně, s tím rozdílem, že bude ovládat jinou skupinu svítidel a budou taky na něj osazená různá čidla.

Při autonomním provozu mění intenzitu osvětlení podle dat získaných z referenčního čidla denního osvětlení umístěného na kruchtě. Čidlo denního osvětlení bude instalováno pouze jedno v prostoru

kruchty, a na základě poměru osvětlenosti v prostoru kostela (známá z již provedeného zaměření úrovně denního osvětlení) se bude určovat úroveň osvětlení i ve zbývající části interiéru. Další čidla přítomností budou napojena na sběrnici B2 a budou instalována v zádveřích a na kruchtě.

Schéma řídicího systému je součástí přiloženého souboru:

- *Příloha V: Nová osvětlovací soustava – Výkresy*

4.6.4. Trasování kabeláže

Sběrnice budou natažené kabelem SYKFY 3x2x0,5 (1 pár jako rezerva pro zesílení napájení). Specifikace a dimenze kabelů pro napájení svítidel bude stanovena v projektu silnoproudé elektroinstalace, který bude navazovat na projekt osvětlení. Část kabelů od horních lustrů a světlometů je vedena v půdních prostorech ve stávající poloze. Druhá část pro svítidla dolní bude vedena v podlaze pod dlažbou, v ohebných elektroinstalačních PVC trubkách Ø25mm. V místech odbočení kabeláže jsou použity propojovací elektroinstalační krabice pod omítku, vybaveny letovacími propojkami.

4.7. Energetická náročnost nové osvětlovací soustavy

Údaje o energetické náročnosti jsou uvedeny v příloze:

- *Příloha VII: Nová soustava – Soupis svítidel. DALI skupiny a scény – Zařazení a příkony.*

Příkon osvětlovací soustavy při provozu svítidel na maximální výkon, tj. bez regulace je rovna 5299,1 W ~ 5,3 kW.

Příkony jednotlivých DALI skupin na sběrnících B1 a B2 udává následující tabulka.

| Skupiny | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | G8 | G9 | G10 |
|------------------------|------|-------|-----|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| P _{BUS 1} (W) | 53 | 470 | 84 | 120 | 1410 | 336 | 168 | 470 | 1410 | - |
| P _{BUS 2} (W) | 43,1 | 123,4 | 102 | 86,2 | 102 | 39,4 | 66 | 46 | 50 | 120 |

Tabulka 14: Příkony DALI skupin

Příkony jednotlivých základních světelných scén jsou uvedeny v tabulce níže. Význam světelných scén udává kapitola 4.2.1.

| | 1 | 2 | 3.1. | 3.2. |
|------------------|--------|---------|--------|---------|
| Příkony scén [W] | 4284,7 | 2148,68 | 795,68 | 3179,68 |

Tabulka 15: Příkony základních světelných scén

Další tabulka udává příkony rozšířených světelných scén, popsanych v originálním zadání.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|--------|----------|--------|---------|---------|
| Příkony scén [W] | 1926,23 | 2670,25 | 1047,68 | 2417,74 | 941,02 | 1026,655 | 795,68 | 1717,75 | 2077,05 |

Tabulka 16: Příkony ostatních světelných scén

Znázornění některých světelných scén je součástí následující přílohy:

- *Příloha VIII: Nová soustava – Soupis svítidel. DALI skupiny a scény – Zařazení a příkony.*

4.8. Požadavky na realizaci

Instalaci osvětlovací soustavy je nutno provést dle platných bezpečnostních předpisů ČSN 33 2000 pro elektrická zařízení. Jednotlivá svítidla musí být nainstalována a připojena v souladu s montážními návody a dle projektové dokumentace osvětlení.

Doporučuje se začít výměnou atypických svítidel. U nichž, je třeba, aby při realizaci byla použita svítidla, která svými technickými parametry odpovídají navrženým referenčním typům (S14), aby bylo možné garantovat navržené kvalitativní a kvantitativní parametry osvětlovací soustavy.

Ostatní svítidla též lze zaměnit při dodržení požadovaných základních technických parametrů, uvedených v kapitole. Před schválením náhrad referenčních výrobků musí dodavatel ke každému svítidlu předložit dokumentaci potvrzující shodnost parametrů se svítidly referenční.

Po dokončení instalace a připojení osvětlení bude provedeno jeho nastavení. Před uvedením do provozu musí být provedena výchozí revize všech částí elektrického zařízení dle ČSN 33 2000-6-61.

5. Porovnání stávající a nové osvětlovací soustavy

5.1. Minimální požadavky na osvětlenost

Nová osvětlovací soustava vyhovuje požadavkům na minimální osvětlenost, definovaným v tabulce kapitoly 4.1.1.6. Stávající osvětlovací soustava těmto požadavkům neodpovídá i při zapnutí všech aktuálně instalovaných svítidel.

Minimální hodnoty osvětleností byli dosaženy. Například v oblasti lavic došlo ke zvýšení osvětlenosti na hodnotu 396 lx oproti původní 73 lx. Podrobněji viz. tabulka 17 na konci této kapitoly.

5.2. Liturgie a hierarchie prostoru

Základní osvětlení pro návštěvníky kostela je rovnoměrné a nepodporuje definovaný požadavek na hierarchii interiéru. Nastavením potřebné světelné scény lze tuto prostorovou gradaci vytvořit – rozmístění a regulovatelnost od 0 do 100 % výkonu svítidel dovoluje vytvořit potřebnou atmosféru v kostele v závislosti na aktuálním využití. Tedy vizuální hierarchie prostoru lze dosáhnout zvýšením osvětlenosti důležitých oblastí. Proto požadavek na standardní gradaci sakrálního prostorů (obětní stůl, hlavní oltář a presbytář, hlavní chrámová loď, vedlejší chrámové lodě, vstup a kruchta) je splněn.

Požadavek na podporu vizuální váhy liturgicky významných částí prostoru je taky dodržen pomocí speciálně přidanými světlometů na římsách, které nesvětlují oltáře a obrazy.

5.3. Energetická náročnost

V porovnání se stávající osvětlovací soustavou, kde jsou použity tradiční světelné zdroje tj. teplotě a výbojové, nová osvětlovací soustava je osazena pouze novými světelnými zdroji, světelnými diodami. Tato změna má za následek nižší energetickou náročnost a větší hospodárnost (starší zdroje mají kratší životnost).

Skutečná příkon stávající osvětlovací soustavy je 9 kW. Příkon nové osvětlovací soustavy je 5,3 kW, což je o 41 % menší hodnota příkonu než u stávající osvětlovací soustavy. Oproti návrhové hodnotě příkonu 44,5 kW se hodnota liší o až 88 %.

K další úspoře dojde využíváním světelných scén, v rámci, kterých je příkon svítidel nastaven na potřebnou hodnotu. Tj. nedojde ke zbytečnému zapnutí svítidel na plný výkon.

K úsporám bude také přispívat automatická regulace na základě informací z čidel senzory a na základě časových harmonogramů Tedy nenastane situace, že za dostatečného denního osvětlení bude současně svítit soustava umělého osvětlení.

5.4. Řízení osvětlovací soustavy

Svítidla lze jednoduše stmívat a DALI protokol umožňuje ovládání svítidel libovolně konfigurovat (vytvářet libovolné skupiny a světelné scény), což zajišťuje flexibilní provoz a ovládání osvětlovací soustavy.

Prostřednictvím software lze konfiguraci řídicího systému jednoduše měnit a upravovat – nastavitelné stmívání, časy využití, možnost komunikace s řídicí jednotkou za účelem sledování stavu svítidel.

Dotykový panel se schématem kostela je názornější a jednodušší pro ovládání. Osvětlovací soustavu lze navíc ovládat přes mobilní aplikaci připojením na síť Wi-Fi, což dělá regulaci dostupnou z jakéhokoliv bodu kostela.

Stávající osvětlovací soustava je ovládána pouze vypnutím a zapnutím jednotlivých okruhů. Tento přístup je velmi zastaralý a neflexibilní.

5.5. Shrnutí porovnání soustav osvětlení

Nová osvětlovací soustava splňuje definované požadavky. Porovnání jednotlivých parametrů stávající a nově navržené osvětlovací soustavy je uvedeno v tabulce 17.

| Porovnávaný parametr | Stávající (návrh 1969) | Skutečný stávající stav | Nová soustava | Rozdíl (návrh 1969) | Rozdíl (skutečný) |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|-------------------|
| Počet svítidel n [-] | 93 | 84 | 53 | -40 | -31 |
| Typ svítidel | různé typy | | LED | | |
| Počet okruhů [-] | 33 | | 19 | -14 | |
| Příkon osvětlovací soustavy P [kW] | 44,5 | 9 | 5,3 | -39,2 | -3,7 |
| Řízení soustavy | zapnutí/vypnutí | | DALI | | |
| Osvětlenost obětního stolu E [lx] | 73 | | 515 | 442 | |
| Osvětlenost lavic E [lx] | 114 | | 396 | 282 | |
| Osvětlenost vedlejší lodě E [lx] | 35 | | 332 | 297 | |

Tabulka 17: Shrnutí porovnání stávající a nové osvětlovací soustavy

6. Závěr

Předmětem této práce byl návrh soustavy vnitřního osvětlení kostela svatého Jiljí a regulace této osvětlovací soustavy.

První část práce byla věnovaná popisu sakrálního prostoru, jeho základních rysů za účelem porozumění jeho atmosféry a hierarchii. Tato kapitola je velmi důležitou z hlediska dalšího přístupu k návrhu a zhodnocení stávající osvětlovací soustavy. U tak složitých interiérů jako jsou interiéry sakrálních staveb, navíc s tak složitou historií, a slohovou náplní, je důležité zvážit každý element a jeho umístění v prostoru vůči elementům ostatním. V případě sakrálních prostorů žádná norma neurčuje, jak má být prostor osvětlen.

Druhá část se zabývala průzkumem a popisem stávající osvětlovací soustavy. Na nedostatky této soustavy pomohly ukázat znalosti získané v kapitole předchozí. Jak již bylo zmíněno, není dostačující pouze říct, že prostor má nízkou úroveň osvětlení. Je důležité zjistit co stávající soustava osvětlení osvětluje nedostatečně, jako například prostor presbytáře, a co naopak zajišťuje dostatečně, například gradaci osvětlení mezi hlavní a bočními loděmi.

Při průzkumu stávající osvětlovací soustavy bylo největším problémem získat relevantní informace o stávajících svítidlech a světelných zdrojích. Od doby základního návrhu osvětlení již uplynulo více než 50 let, a od poslední úpravy osvětlení 27 let. Za tento čas se několikrát měnila svítidla i světelné zdroje. Navíc je třeba zmínit, že úpravy měly spíše charakter doporučení a většina svítidel instalovaných dle tohoto návrhu je jiná, než jsou svítidla uvedená v dokumentaci. Navíc k úpravám byla nalezena pouze technická zpráva, bez doložených výkresů. Výkresy uváděné v kapitole tři jsou z návrhu z roku 1969, ze kterého zbyly pouze závěsné lustry. Nicméně se v rámci analytické části návrhu podařilo získat dostatečné množství informací, aby bylo možné vyhodnotit jaké jsou nedostatky stávající osvětlovací soustavy.

V třetí části byly na základě nedostatků stávající soustavy definovány příslušné požadavky na osvětlení, a na základě těchto požadavků byla navržena osvětlovací soustava se systémem řízení osvětlení. Vhodnost použitých svítidel a jejich rozmístění byla ověřena kontrolním výpočtem osvětlení v softwaru Dialux evo. Momentálně začíná probíhat úprava interiéru chóru, po níž teprve bude následovat rekonstrukce osvětlení, která bude probíhat po etapách. Nejvíce času zabere výroba atypických lustrů, jejich instalace a odzkoušení.

V závěrečné kapitole bylo na základě informací z druhé a třetí kapitoly provedeno srovnání nově navržené soustavy v kapitole čtyři se soustavou stávající. Na základě tohoto srovnání lze konstatovat, že v rámci návrhu byli dosaženy všechny definované cíle.

Jedním z cílů této práce bylo také nastínit problematiku architekturního osvětlení sakrálního prostoru a vyznačit důležité kroky při zpracování podobných návrhů. Jak již bylo naznačeno v úvodní kapitole světlo je důležitou stránkou životního, kulturního a duchovního prostředí. Je potřeba vždy mít na paměti, že projektování architekturního osvětlení pokaždé vychází ze specifických a individuálních podmínek, obzvláště u sakrálních prostorů.

Vnímání světa jako „stavebního“ materiálu, pečlivé zvážení okolních podmínek pro jeho aplikování, přístup nejen technický, ale taky architektonický je základem úspěšného návrhu. Takovýto byl i přístup architekta Ladislava Monzera, či návrh z roku 1969, který odolal běhu času, a jeho hlavní myšlenka funguje dodnes a bude ve svém základu zachována.

I když návrh ve svém základu zůstane, jsou detaily, které dávají prostor pro další vývoj, zkoušení a zkoumání. V rámci další analýzy by bylo zajímavý, vyzkoušet, zda navržená soustava z obecně posuzovaných hledisek (finančních, materiálových, architektonických a světelných) nejde dále vylepšit.

V dalších navazujících pracích by se mohla pozornost zaměřit na řídicí systémy, konkrétně na identifikaci a korekci situací, při kterých automatické řízení selhává. Proces takového odladění automatizačních řídicích procesu je však časově náročný. Minimální doba na odladění spolupráci umělého a denního osvětlení je rok (aby proběhla většina stavů oblohy za různých ročních období). Ale výsledně takováto analýza pomohla upřesnit senzorové vybavení – počty a jejich rozmístění.

Použitá literatura

- [1] ŠIMMER, Jakub. *Umělé osvětlení sakrálních prostorů*. Praha, 2018. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky.
- [2] *Guide to church lighting*. iGuzzini, Itálie. Návod k projektování osvětlení [reklamní brožura].
- [3] Kostel svatého Jiljí. In *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. Wikimedia Foundation, 2003.
Stránka byla naposledy editována 8. 2. 2021 v 16:14. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Jilj%C3%AD_\(Praha\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Jilj%C3%AD_(Praha))
- [4] *Historie kostela sv. Jiljí v Praze* [online]. Klášter dominikánů Praha, © 2019. [vid. 12. 03. 2021]. Dostupné z: <https://praha.op.cz/kostel/>
- [5] Etna zastoupení iGuzzini, Ateliér Světelné Tvorby s.r.o. [Dokumentace k rekonstrukci]. *Rekonstrukce umělého osvětlení kostela sv. Jiljí*. Praha, 1969, Prosinec 1994.
- [6] Fotografie interiéru kostela sv. Jiljí v Praze. In *Historie kostela sv. Jiljí v Praze* [online]. Klášter dominikánů Praha, © 2019. [vid. 12. 03. 2021].
Dostupné z: <https://praha.op.cz/kostel/>
- [7] Fotometrická pevná žárovka. Fotometrická křivka pro žárovku. In *Grafické znázornění světelného měření* [online]. Energie a energie pro všechny, © 2019. [vid. 15. 04. 2021].
Dostupné z: <https://crushtymks.com/cs/lighting/1105-luminous-measurement-graphic-representation.html>
- [8] Index podání barev Ra (CRI – color rendering index). In *Co znamená u LED hodnota CRI?* [online]. LEDme s. r. o., © 2015. [vid. 15. 04. 2021].
Dostupné z: https://ledme.cz/textove-novinky/6_co-znamena-u-led-hodnota-cri.html
- [9] Barva světla (teplota chromatičnosti). In *Barvy světla a jejich využití v praxi* [online]. Donoci, s.r.o., © 1994-2021. [vid. 15. 04. 2021].
Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/clanky-barvy-svetla-a-jejich-vyuziti-v-praxi/>
- [10] Brass Cone Pendant Light Large by Frama (obrázek vpravo). In *DLAGUNA* [online katalog]. DLAGUNA. [vid. 17.04. 2021]. Dostupné z: <https://www.dlaguna.com/brass-pendant-light-large-cone.html>
- [11] LED prachotěsné svítidlo LIBRA – 60 W, bílá 4100K, IP65, 5100Lm. In *DLAGUNA* [online katalog]. TELMO, a.s. [vid. 17.04. 2021]. Dostupné z: <https://www.jabloshop.cz/led-prachotesne-prumyslove-svitidlo-libra-60w>
- [12] Luminaire picture. In *Katalog iGuzzini* [online katalog]. iGuzzini, © 2016–2021. [vid. 28.04. 2021]. Dostupné z: <https://www.iguzzini.com/>
- [13] An example of a DALI lighting-control system. In *DALI-2 systems and components* [online]. Digital Illumination Interface Alliance, © 2021. [vid. 1.05. 2021]. Dostupné z: <https://www.dali-alliance.org/systems/#bps>

- [14] OSRAM DRIVER.LED. In *Kratochvíl* [online katalog]. Digital Illumination Kratochvíl, spol. s r.o., © 2021. [vid. 3.05. 2021]. Dostupné z: <https://www.kratochvil-elektro.cz/osram-driver-led-optotronic-ot-75-170-240-1a0-4dimlt2-g2-ce-d111233.htm>
- [15] Input Devices. In *DALI-2 systems and components* [online]. Digital Illumination Interface Alliance, © 2021. [vid. 1.05. 2021]. Dostupné z: <https://www.dali-alliance.org/systems/#bps>
- [16] Ing. HABELA Jiří, DrSc., Ing. DVORÁČEK Karel, Ing. DVORÁČEK Vladimír, Ing. ŽÁK Petr Ph.D. *Světlo a osvětlování*. FCC Pubic s.r.o., 2013
- [17] DALI / Ethernet – Converter. In *DALI / Ethernet – Converter* [online]. Adfweb.com, © 2017. [vid. 8.05. 2021].
Dostupné z:
https://www.adfweb.com/home/products/DALI_EtherNet.asp?frompg=nav7_24
- [18] Product picture. In *Katalog CUE* [online katalog]. CUE, a.s. [vid. 28.04. 2021]. Dostupné z: <https://www.cuesystem.com/>
- [19] *CUE Product overview* [katalogové listy]. CUE, a.s. © 2020. Dostupné z: https://www.cuesystem.com/product_overview.aspx
- [20] *Aktuální cena elektřiny za kWh v roce 2021* [online]. Našetřeno.cz [vid. 9.04.2021].
Dostupné z: <https://www.nasetreno.cz/cena-elektřiny/#:~:text=Pr%C5%AFm%C4%9Brn%C3%A1%20cena%20elekt%C5%99iny%202021,v%C3%ADce%20ne%C5%BE%20v%20roce%202020>

Seznam příloh

- i. **Příloha I** – Naměřené hodnoty E_d denního osvětlení a L jasů kostela sv. Jiljí
- ii. **Příloha II** – Naměřené hodnoty E stávající soustavy umělého osvětlení kostela sv. Jiljí
- iii. **Příloha III** – Stávající soustava – soupis svítidel, okruhů a scén. Schéma rozvaděče
- iv. **Příloha IV** – Stávající osvětlovací soustava – Výkresy
- v. **Příloha V** – Nová osvětlovací soustava – Výkresy
- vi. **Příloha VI** – Nová soustava – Výpočet Dialux
- vii. **Příloha VII** – Nová soustava – Soupis svítidel. DALI skupiny a scén – Zařazení a příkony
- viii. **Příloha VIII** – Nová soustava – Světelné scéný