

**ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA
PROJEKTU STUDENTSKÉ GRANTOVÉ SOUTĚŽE ZA ROK 2014
poskytnuté v rámci účelové podpory na specifický
vysokoškolský výzkum**

ŘEŠITEL:

doc. MgA. Marie Jirásková, Ph.D.;
BcA. Tomáš Příkrý, student ATD; (spoluřešitel)
BcA. Václav Olšar, student SD; (spoluřešitel)

NÁZEV PROJEKTU:

**Výzkum fyzikálních vlastností světla v mobilním simulačním světelném
modelu a jejich využití v praxi**

PŘIDĚLENÁ ČÁSTKA:

190 000 Kč

Anotace

Studie „Výzkum fyzikálních vlastností světla v mobilním simulačním světelném modelu a jejich využití v praxi“ se zabývá měřením základních fotometrických veličin v simulačním modelu, vybaveným zmenšenými funkčními modely konvenčních svítidel. Práce má především praktické zaměření, popisuje základní fotometrické veličiny a postupy měření. Může být zároveň i podnětem pro tvorbu, cvičení a výuku v oblasti světelného designu, scénografie a uměleckého svícení.

Klíčová slova

světelná laboratoř, osvětlenost, světelný model, světelný design, světlo, propustnost filtru, fotometrické veličiny

Annotation

The study „Research of physical sides of light in portable simulation lighting laboratory and application to practice“ follow up measurement of basic photometric quantities of light in portable simulation laboratory, equipped of a mini conventional lights. The orientation of study is more practical, describes photometric quantities and measurement procedure. This study aims to be inspirative for creation, practice a schooling in area of lighting design, scenography and lighting arts.

Keywords

filter transmission, illuminance, light, lighting laboratory, lighting design, lighting model, photometric quantities.

Obsah

Úvod	4
1 Cíle projektu	6
2 Postup a řešení projektu	7
2.1 Světelný simulační model.....	7
2.1.1 Vybavení světelného modelu	10
3 Průběh a realizace projektu.....	16
3.1 Přípravná fáze	16
3.2 Realizace projektu	29
3.3 Finalizace projektu.....	30
4 Výsledky a výstupy projektu, jejich prezentace	31
4.1 Fotometrické veličiny	31
4.1.1 Měření svítivosti	31
4.1.2 Měření světelného toku	32
4.1.3 Měření osvětlenosti	33
4.2 Měření osvětlenosti pro dané svítidlo	37
4.2.1 Výsledky měření	37
4.3 Měření osvětlenosti pro dané svítidlo s filtry.....	40
4.3.1 Postup měření prostupnosti filtru	40
4.3.2 Výsledky měření	50
4.4 Měření osvětlenosti ploch	53
4.4.1 Výsledky měření	54
4.5 Měření odraženého světla ze scény	57
4.5.1 Výsledky měření	58
4.5.2 Vizualní porovnání.....	59
5 Změny v projektu	61
6 Použití finančních prostředků.....	62
Závěr	63
Použité zdroje a literatura	65
Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	66
Seznam příloh.....	70

Úvod

Pro práci osvětlovače či světelného designéra je nepochybně nutná znalost nejen nástrojů, se kterými přicházejí při své profesi do styku (svítidla, světelné zdroje, osvětlovací technologie atd.), ale i jejich komplexní provázání s uměleckou a výrazovou rovinou. Velmi důležitá je také alespoň základní znalost reakce zrakového orgánu (oka) člověka na vyzařované viditelné elektromagnetické záření, tj. světlo. Touto oblastí optiky se zabývá fotometrie.

Z předchozí zkušenosti výuky práce se světlem a její malé časové dotace v rámci studia, vyvstala potřeba vytvoření plně funkčního prostředí, ve kterém by bylo možné jednodušeji a rychleji aplikovat získané teoretické poznatky a zároveň poskytnout studentům prostor pro jejich samostatnou tvůrčí práci. Nejvhodnějším řešením bylo vytvoření zmenšeného světelného modelu, který by umožňoval rychlou přípravu scény, rozmístění svítidel, změnu textilních výkrytů, podlahy atd., v řádech několika minut, zatímco ve skutečném divadelním prostoru tyto činnosti obsáhnou i desítky minut. Zároveň by v něm mohl vzniknout prostor pro osvojení si základů a pochopení hlubší podstaty fyzikálních vlastností světla, na které v běžných hodinách nezbyvá prostor.

Využitím základních fotometrických veličin ve zmenšeném světelném modelu, který je vybaven reálnými svítidly a figurínami, by bylo snadnější a rychlejší pochopit chování světla v prostoru a také simulovat a zkusit vhodné varianty umístění světla, jejich barvení a světelné kompozice. V tomto multifunkčním simulačním modelu reagujícím na okamžitou potřebu studenta či výuky, by bylo možné ověřovat základní světelné zákony (čtvercový zákon, kosinový zákon apod.), měřit vlastnosti jednotlivých materiálů (odrazivost, propustnost), světelných zdrojů, svítidel atd., mnohem jednodušeji, než by tomu bylo v klasickém divadelním prostoru. Nabyté zkušenosti a vědomosti tímto způsobem by bylo možné dále využít při práci na osvětlení či světelném designu divadelního představení, a zároveň je uplatnit i v dalších odvětvích zahrnujících svícení a práci se světlem (galerijní svícení, svícení koncertů a veřejných prostor aj.).

Prvním impulzem pro vytvoření námi vybraného typu projektu byla myšlenka zaměřená na propojení jednotlivých principů práce se světlem s využitím fotometrických veličin. Od tohoto tématu se následně rozvíjela struktura a koncepce celého projektu.

Předkládaná studie se zabývá základním měřením fotometrických veličin v simulačním modelu, vybaveném zmenšenými funkčními modely konvenčních svítidel. První část práce se věnuje základní definici světelného modelu, jeho použití a vybavení, seznamuje s průběhem celého projektu, jeho přípravou, realizací a ukončením. Ve druhé části, která má především praktické zaměření, popisuje základní fotometrické veličiny a postupy měření intenzity světla daného svítidla, světelného toku svítidel s filtry, měření osvětlenosti ploch a odraženého světla z prostoru a předkládá výsledky těchto měření spolu s doprovodnou obrazovou přílohou. Poslední část popisuje změny v průběhu projektu a využití finančních prostředků specifického výzkumu. Tato studie by zároveň mohla být i podnětem nebo inspirací pro tvorbu, cvičení a výuku v oblasti světelného designu, scénografie a uměleckého svícení, případně by výsledky projektu mohly sloužit jako základní pomůcka při práci ve světelném modelu.

1 Cíle projektu

Cílem projektu bylo vytvořit mobilní světelný model, který by dokázal simulovat reálný divadelní prostor či danou scénu, měřit osvětlenost ploch v závislosti na základních světelných nástrojích, využívajících halogenových zdrojů a analyzovat naměřená data ze světelného modelu, tvořeného funkčními miniaturami dostupných jevištních svítidel (konvenčními svítidly, tj. bodovými s optickou soustavou čoček) a běžných druhů materiálů využívaných ve scénografii s různými optickými vlastnostmi (výkryty, podlahy, speciální tkaniny). Následně bylo cílem tato data získaná z měřícího zařízení (luxmetr) porovnat s daty uváděnými výrobcem a komparovat jednotlivá zařízení mezi sebou.

2 Postup a řešení projektu

Nákladnost světelných technologií měřících přístrojů a dalšího vybavení (hliníková konstrukce, software, spotřební materiál, odborná literatura atd.) vedla k vytvoření finanční rozvahy již v počátcích celého projektu. Jelikož se celý výzkum uskutečňoval v prostorách Divadelní fakulty Janáčkovy akademie múzických umění v Brně (dále jen DIFA JAMU), bylo možné v projektu počítat s vybavením, kterým škola disponuje. Byl tedy sestaven rozpočet pouze na ty nejnnutnější položky a technologie. Další potřebné vybavení bylo zapůjčeno z DIFA JAMU. Především díky základnímu vybavení „světelné laboratoře“ (určené pro výuku ateliéru Světelného designu a studentů jevištní technologie¹, navštěvujících předmět „Základy scénického svícení“), která disponuje hliníkovou rozebíratelnou variabilní konstrukcí, elektrickými rozvody s mobilními stmívacími jednotkami a černými výkryty, mohlo vzniknout zázemí pro realizaci tohoto projektu. Z těchto důvodů bylo reálné splnit maximální stanovený limit pro podání projektu ve výši 200 000 Kč. Za jiných podmínek by nebylo možné projekt zrealizovat.

2.1 Světelný simulační model

Při samotném hledání inspirací, variant a forem jsme chtěli vycházet z již existujících světelných modelů vybudovaných v jiných institucích zaměřených na umělecké svícení. V dostupné literatuře je „světelný simulační model“ spíše zastoupen termínem „světelná laboratoř“. V publikaci *Scene Design and Stage Lighting* R. Craiga Wolfa a Dicka Blockeho je světelná laboratoř definována jako nezbytné pracoviště pro „výzkum a vývoj“ inscenace:

„Stále více a více institucí, které skutečně usilují o vzdělávání světelných designérů, hledá a nachází prostor a vybavení pro světelnou laboratoř. Světelná laboratoř se vyskytuje v různých rozměrech a formách; mnoho již existujících laboratoř, které byly založeny, vybavili studenti a fakulty s omezeným rozpočtem. Dostupné vybavení je často zastaralé a může být pro současnou produkci nepoužitelné. Nicméně laboratoř je také místem pro experimenty

¹ V současné době studijní obor Divadelní manažerství se zaměřením na jevištní management a technologie.

s nejmodernějšími nástroji; mnoho institucí vybere a zakoupí každý rok jeden až dva nové kusy vybavení, které slouží účelům laboratoře. V ideálním případě bude světelná laboratoř přiměřená výšce postavy člověka, se závěsným roštem ve výšce mezi 3,5 až 4,5 metry. Měla by mít svůj vlastní řídicí systém a elektrické okruhy, třebaže nebudou propracované co do počtu[...]

Laboratorní cvičení se liší od pouhého kopírování kreseb a obrazů se světelnými atmosférami [pozn. překladatele: myšleno jako učební materiály pro studenty] možností demonstrace barvy, úhlu a kvality světla. Různá laboratorní cvičení jsou k dispozici v publikaci Ústavu pro divadelní technologie Spojených států (USITT) s názvem *Practical Projects for Teaching Lighting Design: A Compendium (2nd ed.)*. Je pozorovatelný fakt, že se dnešní studenti učí lépe ve světelné laboratoři, než v jiném prostředí.

Student je méně znepokojen měřítkem a vybavením pokud pracuje v laboratoři, než když pracuje rovnou v divadle. Na základě praktických zkušeností s prací v laboratoři se učení urychluje a upevňuje se pojmový materiál získaný ve třídě. Pokud navíc mají studenti volný přístup do laboratoře, mohou se učit vlastním tempem. Následující obrázek nabízí vynikající příklad použití modelu ve velkém měřítku pro demonstraci ve světelné laboratoři. Všimněte si různého úhlu světla použitého kvůli struktuře a kompozici.“²

² (pozn. volný překlad autora) WOLF, R. Craig a Dick BLOCK. *Scene Design and Stage Lighting*. 10th ed. Boston: Wadsworth Pub Co, 2009. s. 326. „More and more institutions that are genuinely committed to training lighting designers are seeking and finding the space and equipment for lighting labs. The light lab comes in various sizes and forms; many exist in found spaces that have been equipped by students and faculty with a limited budget. The available equipment is often ancient and may be less than useful in an actual production. However, the lab is also the place for experimentation with state-of-the-art instrumentation; many facilities select for purchase one or two new pieces of equipment each year to be used in the lab. Ideally, the light lab will be on a human scale, with a grid somewhere between 12 and 15 feet high. It should have its own control system and circuitry, although neither need be elaborate[...] Lab exercises vary from reproduction of light in a painting to demonstrations of color, angle, and quality of light. A variety of laboratory exercises is available in a publication by the United States Institute for Theatre Technology (USITT) titled *Practical Projects for Teaching Lighting Design: A Compendium (2nd ed.)*. It is an observable fact that today's student learns better in a lighting laboratory than in any other environment. The student is less intimidated by scale and equipment when working in the lab as opposed to the theatre. The hands-on experience of laboratory work accelerates learning and solidifies conceptual material received in the classroom. Further, if students have free access to the lab, they can learn at their own pace. Figure 14-14 offers an excellent example of the use of a large-scale model for demonstration in the lighting lab. Note the various uses of light angle for texture and composition.“



Obr. 1: Kompoziční osvětlení ve světelném modelu

Jak již bylo uvedeno, světelná laboratoř by měla být nástrojem nejen pro výuku studentů světelného designu, ale především pro praktické zdokonalení studentů a osvojení si základních principů funkce světla v prostoru a práci se světlem a stínem jako uměleckým výrazovým prostředkem, který je v současnosti nezbytnou složkou nejen divadelní inscenace či produkce. Světelný model je jedním ze základních nástrojů pro různé varianty hledání a rozvoje světelného myšlení studentů. Nabízí nepřehledné možnosti jak technické (měření intenzity osvětlení, práce se svítidly a osvojení si jejich obsluhy v prostoru – rychlá změna pozice, fokus...), fyzikální (rychlejší pochopení principu aditivního

a substraktivního míšení barev, úbytek osvětlenosti se čtvercem vzdálenosti apod.), tak umělecké (práce s různými materiály, možnost vnímání komplexního prostoru...). Nejdůležitější výhodou je však možná presimulace scény a umožnění procesu „výzkumu“³ v oblasti scénického svícení na dané inscenaci.

2.1.1 Vybavení světelného modelu

Pro vybavení světelného modelu a následné měření bylo nutné si nejprve stanovit, jaké světelné nástroje, chcete-li svítidla, budou zahrnuta do měření. Současný trh nabízí řadu svítidel s různými typy optických soustav, světelných zdrojů a dalších parametrů. Jelikož jsme již měli zběžnou představu o dostupnosti zmenšenin jednotlivých typů světelných nástrojů na trhu a možnostech zapůjčení „klasických“ svítidel na DIFA JAMU, zaměřili jsme se pouze na skupinu svítidel konvenčních. Automatizovaná a efektová svítidla jsme z důvodu vysoké ceny a špatné dostupnosti jejich zmenšených modelů na trhu zavrhlí. Pro vytvoření světelného modelu bylo podstatné vybrat několik druhů referenčních konvenčních svítidel, která se běžně vyskytují v divadelních prostorech.⁴

Světelný designér Nick Moran ve své publikaci *Světelný design pro divadlo, koncerty, výstavy a živé akce* uvádí základní charakteristiku jednotlivých typů konvenčních svítidel, jejich vlastnosti a způsob použití.

Plošná svítidla (vany, floods)

„Tato svítidla umožňují pokrýt světlem široký úhel určený tvarem reflektoru a samotného světlometu. Vana nemá čočku. Při divadelním představení je jejím hlavním úkolem osvětlení velkých částí kulis, jako je zadní horizont

³ Myšleno jako proces variabilního komplexního hledání a objevování daných prvků a celků světelných scén v průběhu zkoušení konkrétního projektu.

⁴ Mezi tyto druhy svítidel patří například: plošná svítidla (vany, floods) a bodová svítidla (s plankonvexní čočkou (PC), s fresnelovou čočkou (fresnel), PAR, profilová a nízkovoltová svítidla).

*nebo cykloráma. Vany jsou užitečné i jako pracovní světla a někdy jako světlo v hledišti, ačkoliv v takovém případě může nastat problém s jeho usměrněním.*⁵

Plošná svítidla se vyrábí nejčastěji ve dvou provedeních, a to jako symetrická a asymetrická. Rozdíl spočívá v umístění světelného zdroje vůči reflektoru svítidla.⁶ Výsledkem jsou pak světelné paprsky vyzařované ve stejném úhlu na obě strany od zdroje svítidla (symetrický reflektor), nebo paprsky, které jsou v jednom směru úhlově omezeny (asymetrický reflektor). Velikost světelné stopy je závislá pouze na vzdálenosti svítidla od osvětlované plochy z důvodu indispozice optické soustavy.



Obr. 2: Příklad plošného svítidla (tzv. vany) s reflektorem

⁵ MORAN, Nick. *Světelný design pro divadlo, koncerty, výstavy a živé akce*. Vyd. 1. Praha: Institut umění, Divadelní ústav, 2010, s. 25-27.

⁶ Reflektor je (nejčastěji) hliníkový plech vytvarovaný tak, aby odrážel dopadající světlo požadovaným směrem.

Fresnel a PC

„Oba názvy odkazují na typ čoček ve světlometech. Vydávají světlo s kruhovitým světelným tokem, jehož velikost se upravuje pohybem soustavy reflektorů a žárovky k čočce (širší kužel) nebo od čočky (užší kužel). Okraj světelné stopy je ‚neostrý‘, což znamená, že se její intenzita na okraji snižuje relativně pomalu. Světlo několika těchto svítidel se tak dá poměrně snadno spojit a použít pro osvětlení velké plochy (zalití světlem). Světelná stopa se dá tvarovat pomocí klapek. Tyto světlometry se používají většinou na krátkou až střední vzdálenost mezi 2 a 12 metry.“⁷

Zásadní rozdíl mezi PC a fresnelem je v typu čočky umístěné ve svítidle. PC neboli plankonvexní/pebblekonvexní čočka je vypuklá čirá/vrypy změkčená skleněná čočka s vyzařovacím kuzelem, který má ostřejší hrany, zatímco fresnelova čočka je sice stejně jako PC vypuklá, avšak s několika vyfrézovanými soustřednými kruhy, díky kterým je odlehčená, lépe odvádí teplo a světelný kužel vyzařovaný ze svítidla je měkčí a rozptýlenější.



Obr. 3: Příklad svítidla s PC čočkou



Obr. 4: Příklad svítidla s fresnelovou čočkou

PAR 64

„Jde o výrazný podtyp, který dosahuje stejné neostrosti světelné stopy. Má tutéž schopnost slévat světelné stopy jako Fresnel a PC, ale nedokáže změnit úhel světelného kužele. PARová lampa je uzavřený celek obsahující kromě vlákna též zrcadlo a čočku. Ty určují úhel světla i jeho stopu, která bývá většinou oválná.“

⁷ Tamtéž.

Pro změnu úhlu světelného toku nestačí pohnout páčkou, ale je nutné vyměnit celou lampu. PARy 64 jsou relativně levné, bytelné světlomety. Díky své spolehlivosti a snadnému ovládní jsou oblíbeným nástrojem mnoha osvětlovačů.⁸



Obr. 3: Příklad svítidla PAR

Profilová svítidla (profily)

„Profily se v tradičním kukátkovém divadle většinou používají pro svícení zředu (používá se zkratka FOH). Existují v mnoha různých podobách, téměř všechny však mají společné části. Umějí vytvořit ostře ohraničenou světelnou stopu, čímž je myšleno, že intenzita světla na jeho okraji prudce klesá. Světelnou stopu lze přesně vytvarovat pomocí ořezávacích clon neboli nožů. Zoomovací profily se dají nastavit tak, aby vytvořily různé úhly světelného toku. Profily je možné použít k projekci vzorů pomocí gobo obrazců, známých též jako masky. Světelná stopa se dá rozostřit tak, aby měla neostrý okraj, což umožní spojit několik profilů k nasvícení souvislé plochy. Profily se často používají i jako tzv. „speciály“⁹

Profilová svítidla umožňují vytvořit ostré hrany vyzařovaného světelného kužele díky možnosti posouvání čočky (případně systému čoček – u zoomovacích svítidel) vůči pevně umístěnému světelnému zdroji a reflektoru. U PC a fresnel svítidel je princip přesně opačný.

⁸ Op. cit., s. 28.

⁹ Tamtéž.



Obr. 4: Příklad profilového svítidla

Naše požadavky na zmenšené modely skutečných svítidel používaných běžně v divadlech byly zpřísněny požadavkem na kvalitu optického aparátu svítidla, typu světelného zdroje a dalších součástí svítidla. Tyto požadavky byly zcela účelné, jelikož není možné předpokládat podobné nasvícení scény v modelu inscenačního prostoru a v reálném prostoru, v případě kdy světelný designér použije nestandardní světelné zdroje ve svítdlech, použitých ve světelném modelu.

Je třeba si uvědomit, že základní vizuální podoba „světla“ je závislá na dopadu, odrazu, pohlcení a úhlu světla, případně na jeho funkci a psychologickému významu takto užitých „světelných hmoty“ a barev v prostoru. Pro přesnou simulaci světelných efektů a atmosféry, kde velice záleží na výše uvedených ovlivňujících ukazatelích kvality světla dopadajícího na plochy či světla ambientního, odrážejícího se do prostoru (do hlediště, zákulisí atd.), je potřeba v přípravné simulaci použít zmenšené svítidlo s téměř totožnými parametry jako má svítidlo simulované. Zjednodušeně by se dalo konstatovat, že v takovém případě by bylo možné získat téměř totožný výsledek v modelu i na reálné scéně.

Svítidla s těmito nároky se však na současném trhu nenacházejí, jak bylo zjištěno po absolvování návštěvy veletrhu světelných a zvukových technologií s celosvětovým významem „Prolight+Sound 2014“ v německém Frankfurtu nad Mohanem. Objevují se ale na trhu produkty, které jsou na jednu stranu designově shodné s reálným svítdlem, případně jsou od stejného výrobce, ale na druhou stranu jsou jejich parametry výrazně odlišné od klasického svítdla, neboť jsou upraveny pro použití ve veřejných prostorech jako jsou bary, restaurace, ale třeba i galerie nebo výstavy či pro domácí potřebu. Převážně mají tato svítdla

sloužit pouze jako designový doplněk interiéru či exteriéru. Zásadní odlišnost od standardních divadelních svítidel je u těchto produktů typ použitého světelného zdroje, který je základním pilířem každého svítidla a ovlivňuje spolu s optickou soustavou výslednou kvalitu světelného paprsku. Převážná většina takto designovaných svítidel používá dva typy světelných zdrojů, a to klasické žárovky s wolframovým vláknem a závitovou patičí E27 nebo nízkovoltové halogenové žárovky s reflektorem. Převážná většina divadelních konvenčních svítidel používá jako světelné zdroje halogenové lampy s patičí GY 9.5 a barevnou teplotou 3 200K.



Obr. 7: Klasická žárovka s wolframovým vláknem a patičí E27



Obr. 8: 12 V halogenová žárovka s reflektorem



Obr. 5: Halogenová lampa s patičí GY 9.5

3 Průběh a realizace projektu

Samotná realizace projektu byla členěna do tří fází. Nejvíce času obsáhla přípravná fáze, která spočívala v podrobné analýze trhu s divadelními svítidly, softwarovými aplikacemi a doplňkovým materiálem (textilní výkryty, podlahové krytiny apod.) a selekcí měřidel (na základě platných norem). Analýza jednotlivých složek byla zcela zásadní pro přesnost výsledků projektu. Následná práce spočívala v sestavení poptávek a technických specifikací pro podklady k výběrovým řízením a nákupům spotřebního materiálu. Druhou fází byla samotná realizace obsahující instalaci zařízení a měřidel, podrobné seznámení se s funkcemi a ovládáním měřidel a softwaru, selekce nejvhodnějších postupů a metod pro měření na základě platných norem dle ČSN a samotný proces měření. Poslední fází projektu bylo roztrídění a analýza naměřených hodnot a vyhodnocení výsledků. Podrobnější popis jednotlivých fází je upřesněn na následujících stranách.

3.1 Přípravná fáze

Veletrh Prolight+Sound 2014 - březen

Nejjednodušší a zároveň nejvhodnější cestou pro efektivní analýzu trhu s divadelními svítidly, maximální rozhled o výrobcích, které jsou v současné době k dispozici, a možnost vyzkoušet si tato svítidla se jevila návštěva veletrhu většího rozsahu zaměřujícího se právě na divadelní svícení. Východiskem pro analýzu trhu se stal veletrh Prolight+Sound 2014 pořádaný v březnu 2014. Jednalo se o jeden z největších a nejprestižnějších veletrhů světelné a zvukové techniky v Evropě, pořádaný již řadu let na výstavišti ve Frankfurtu nad Mohanem. Prezентují se zde se svými výrobky stovky firem. Veletrhu Prolight+Sound 2014 se zúčastnilo 897 firem z celého světa a celkem 42 000 návštěvníků. U jednotlivých vystavovatelů bylo možné konzultovat danou problematiku se zástupci firem a případně si nechat představit jejich produkty či přímo si je vyzkoušet.

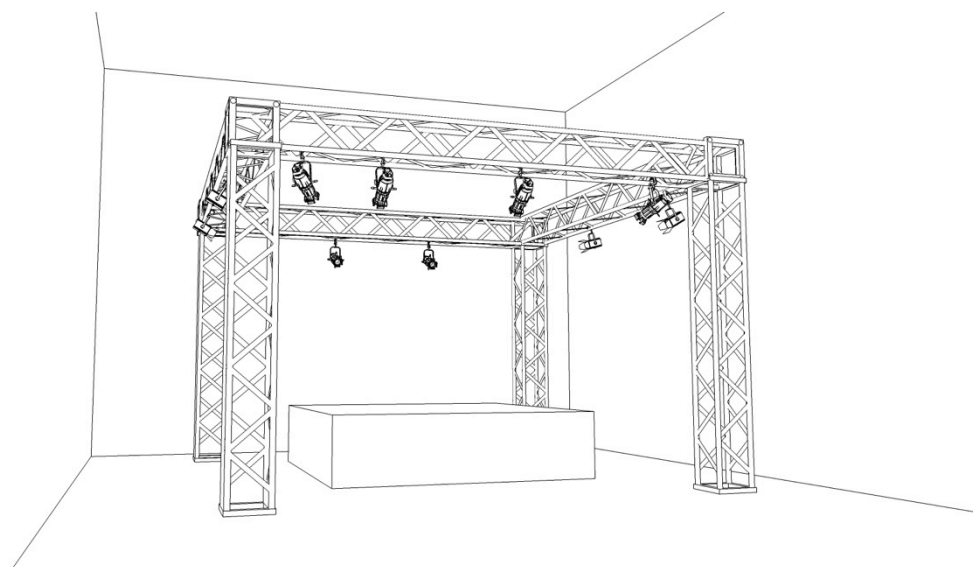
Cílem naší návštěvy byla důkladná analýza trhu, navázání kontaktů a čerpání inspirací pro výzkum. Svítidla pro vybavení světelné laboratoře jsou

velmi specifickým produktem, a proto našim požadavkům vyhověli pouze dva výrobci, a to firmy ETC a Spotlight, u kterých jsme měli možnost námi vybrané produkty vystavené v rámci expozice vyzkoušet.

Dále jsme se zajímali o příslušenství ke svítidlům - barevné gelové filtry. Zásadní pro nás byl vzorník filtrů v designerské edici, který má větší formát, a tak lze každý filtr ze vzorníku použít do většího svítidla, oproti běžným vzorníkům, které mají minimální rozměry. Na veletrhu byly zastoupeny i firmy vyvíjející vizualizační software, u kterých jsme mohli osobně konzultovat možnosti a limity jejich výrobků. Firmy zaměřující se na měřicí přístroje v oblasti fotometrických veličin zde zastoupeny nebyly.

Podarilo se nám v rámci veletrhu navázat kontakt s firmou Tüchler, zabývající se výrobou jevištních materiálů, krytin a technických prvků jeviště. Ve svém portfoliu nabízí jevištní techniku, projekční plochy, podlahové krytiny, textil, fólie, efektní materiály a protipožární prostředky. Jedna z poboček firmy sídlí přímo ČR, konkrétně v Újezdě u Brna. Jelikož zástupce firmy v minulosti spolupracoval s JAMU jako lektor workshopu v Ateliéru divadelního manažerství a jevištní technologie, využili jsme jeho přítomnosti a představili mu náš projekt. Zvolené téma projektu zástupce firmy oslovilo a byla přislíbena pomoc formou darování textilií, podlah, projekčních ploch a efektních materiálů. Následné jednání a upřesnění našich požadavků dále probíhalo v době kompletace technického vybavení laboratoře.

Po návratu z Frankfurtu nad Mohanem bylo nutné skloubit představu funkčnosti modelu s produkty, které jsme měli možnost shlédnout a získat o nich podrobnější informace. Díky přislíbeným scénickým materiálům od společnosti Tüchler bylo nutné vypracovat konkrétní vizuální podobu světelného simulačního modelu, aby bylo možné upřesnit rozměry pro dodání jednotlivých druhů textilií. Zároveň bylo potřeba zaměřit se na výběr a předběžné nacenění jednotlivých typů zmenšených svítidel z důvodu určení množství svítidel k zakoupení a vytvořit jejich specifikace pro výběrová řízení.



Obr. 10: Počítačový návrh simulačního světelného modelu ve světelné laboratoři

Nezbytnou součástí měření jsou měřicí přístroje fotometrických veličin. Na trhu se v současné době vyskytuje mnoho těchto přístrojů s rozdílnou přesností a cenou. Bylo třeba definovat přístroje, které by byly pro náš projekt využitelné. Pro naše měření bylo nezbytné pořídit luxmetr, přístroj pro měření osvětlenosti prostorů, a dále chromametr, přístroj měřící barevnou teplotu světelného zdroje.

Dle norem je nutné mít v každé laboratoři základní měřicí přístroje: teploměr, tlakoměr a vlhkoměr, aby bylo možné pro každé měření určit přesné klimatické podmínky, které mohou zásadně ovlivnit výsledky měření. V měsíci dubnu proběhla návštěva veletrhu Amper, který byl již poněkolkáté pořádán na brněnském výstavišti a který se zaměřuje především na oblast elektrotechniky, elektroniky, automatizace, komunikace, osvětlení a zabezpečení. Součástí jeho expozic byli i vystavovatelé nabízející měřicí přístroje.

V průběhu měsíce května jsme se rozhodli pro pořízení deseti kusů zmenšených svítidel pro možnou simulaci základního nasvícení scény. Typy svítidel byly vybrány tak, aby práce v modelu odpovídala reálné práci se světly v divadelním prostoru.

Ze světelných zařízení tak byly vybrány následující:

- 2 ks svítidel s fresnelovou čočkou
- 2 ks svítidel s plankonvexní čočkou
- 6 ks profilových svítidel

Návštěva Rose Bruford College v Anglii

V červnu 2014 jsme se v rámci programu Erasmus+ zúčastnili zahraniční cesty do Anglie za účelem návštěvy Rose Bruford College v Londýně. Při návštěvě školy jsme měli možnost vidět prostředí, ve kterém probíhá výuka, a projít si celé zázemí školy, včetně světelných laboratoří Světelného designu. Při prohlídce jsme shlédli tři učebny, ve kterých byl postaven model se zmenšenými, ale i reálnými světly. Laboratoře byly rozděleny mezi skupiny studentů Světelného designu, kteří v nich vypracovávali jednotlivé světelné úkoly a plnili zadání svých prací. V laboratořích byla vždy konstrukce z hliníkových (lešenářských) trubek a na této konstrukci byly nainstalovány elektrorozvody od stmívacích jednotek. Student měl tedy možnost zvolené svítidlo zavěsit téměř kdekoli. Zvolené typy svítidel odpovídaly předpokladům našeho projektu (vybavit světelný model prozatím pouze konvenčními svítidly) a mohli jsme se tak ujistit, že je možná i následná využitelnost vybavení pro výuku světelného designu. Studenti běžně využívají tyto světelné laboratoře k ověření svých myšlenek a světelných plánů a také zde probíhá pravidelná výuka světelného designu.

V České republice s podobným modelem pracoval již před desetiletími především scénograf a světelný designér Josef Svoboda, který využíval svoji pracovnu jako vlastní světelný model (laboratoř) pro tvorbu vlastních scénografických a světelných koncepcí. Díky takovému modelu mohl zkoumat různé možnosti práce se světlem v interakci s rozličnými materiály.



Obr. 11: Světelná laboratoř na Rose Bruford College

Po návratu z Anglie byly dokončeny specifikace svítidel pro výběrové řízení a vytvořen seznam spotřebního materiálu.

V průběhu července bylo vyhlášeno výběrové řízení na svítidla a proběhla také specifikace pro software a měřidla. Jelikož se žádná z firem do výběrového řízení nepřihlásila, bylo nutné toto výběrové řízení vyhlásit znovu v měsíci září, kdy již proběhlo úspěšně.

Během září proběhlo osobní jednání s firmou Tüchler ohledně jevištních materiálů pro náš projekt. Byly domluveny materiály, které budou pro tento projekt vhodné, a sestaven jejich celkový seznam. Firma poskytla veškeré textilie, folie a podlahové krytiny zcela zdarma.

Molton / výkryty		Počet ks	Délka
	Černá	3 ks	2,5 m
	Bílá	1 ks	6 m
	Šedá	1 / 3 ks	2,5 m
	Modrá	1 / 3 ks	2,5 m
	Vínová	1 / 3 ks	2,5 m
Tyly a síťoviny			
	Bílá	1 ks	2,5 m
	Černá	1 ks	2,5 m
Projekční folie			
	Černá	1 ks	2 m
	Bílá	1 ks	2 m
	Šedá	1 ks	2 m
	Prospekt	1 ks	2 m
Podlahové krytiny			
	Černá (lesk/mat)		2 x 2 m
	Bílá (lesk/mat)		2 x 2 m
	Šedá (lesk/mat)		2 x 2 m
Ostatní			
	Blue Box cs	1 ks	3 m
	Green box cs	1 ks	3 m
	Reflex	1 ks	2 x 1 m
	Kouzelná látka	1 ks	2,5 m

Tab. 1: Textilie, folie a podlahové krytiny darované firmou Tüchler

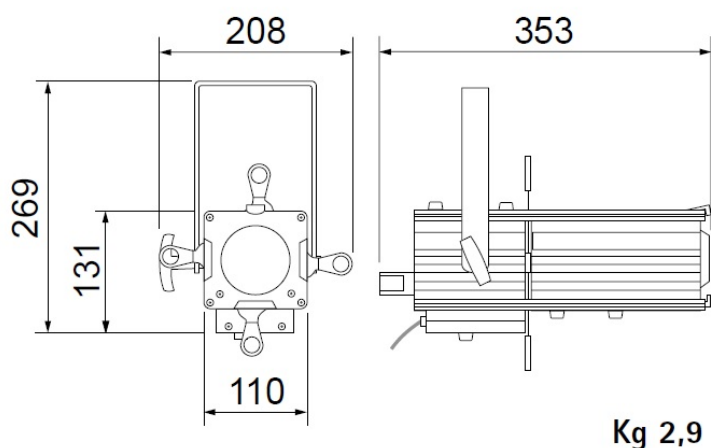
V říjnu byla dodána svítidla a vizualizační software, proběhl nákup měřícího přístroje (luxmetr) a byl postupně nakupován spotřební materiál potřebný při měření. V místnosti č. 17 (Světelná laboratoř) na DIFA JAMU byla postavena kostra simulačního modelu z hliníkového trusového systému, aby se mohlo měření realizovat ihned po dodání veškerého potřebného vybavení.

Na základě výběrového řízení byla dodána tato svítidla:¹⁰ čtyři profilová svítidla Spotlight mini profile zoom v rozsahu 20°–40°; dvě profilová svítidla ETC Source Four Mini s výměnnými optickými tubusy v úhlech 19°, 26°, 36° a 50°; dvě svítidla s plankonvexní čočkou Spotlight mini PC; dvě svítidla s fresnelovou čočkou Spotlight mini FR.

¹⁰ Následující parametry jsou uváděny převážně pro následující praktickou část.

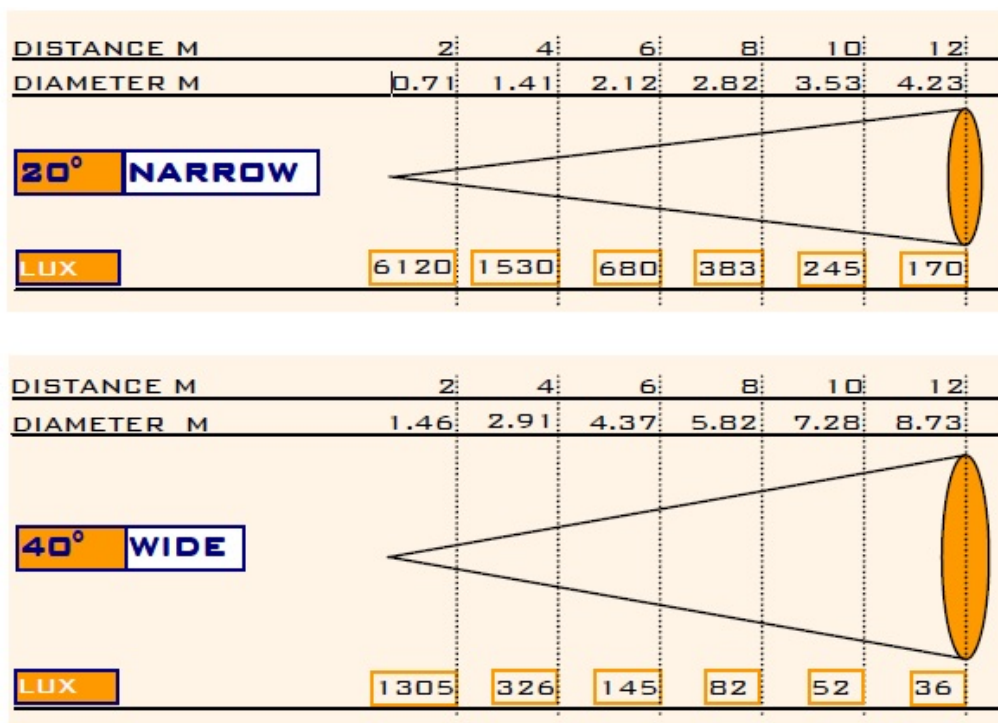
Spotlight mini profile zoom

Jedná se o profilové svítidlo italské firmy Spotlight s volitelnou optickou soustavou, které má rozsah vyzařovacího úhlu 20°–40°. Napájeno je síťovým napětím 230 V a vybaveno 300 W halogenovou lampou CP81 o barevné teplotě 3 200K s patičí GY 9.5. Svítidlo je vybaveno čtveřicí ořezových nožů, rámečkem pro vložení gelového filtru a držákem pro gobo obrazec velikosti M.



Kg 2,9

Obr. 12: Svítidlo Spotlight mini profile zoom a jeho rozměry

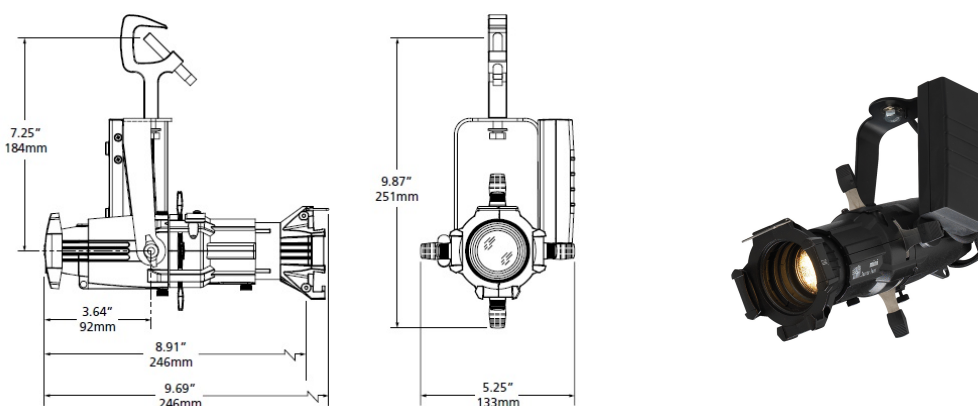


Test with CP 81 Lamp

Obr. 13: Fotometrická specifikace svítidla Spotlight mini profile zoom

ETC Source Four Mini

Firma ETC vyrábí designově totožnou zmenšeninu profilového svítidla Source Four s pevnou optickou soustavou s možností výměny tubusu s vyzařovacími úhly 19°, 26°, 36° a 50°. Svítidlo je oproti standardnímu modelu napájeno síťovým napětím 230 V, které je převáděno za pomoci transformátoru, zajišťujícího stálý výstup 12 V. Svítidlo je vybaveno odlišnou lampou a to 50 W Eurostar™ IR MR-16 o barevné teplotě 3 000K. Součástí svítidla je čtveřice ořezových nožů, rámeček pro vložení gelového filtru a držák pro gobo obrazec velikosti E.

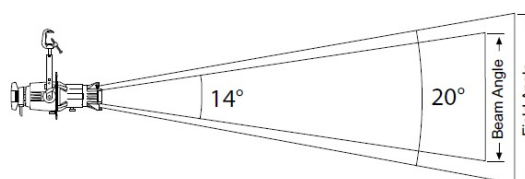


Obr. 14: Svítidlo ETC Source Four mini a jeho rozměry

19 degree

FIELD LUMENS	BEAM LUMENS	BEAM ANGLE	FIELD ANGLE	CANDELA	LUMENS PER WATT
440	320	14.10°	19.54°	8,830	8.76

THROW DISTANCE	10'	15'	20'	30'
	3.0m	4.6m	6.1m	9.1m
FIELD DIAMETER	3.4'	5.2'	6.9'	10.3'
	1.0m	1.6m	2.1m	3.1m
ILLUMINANCE (FC)	88.3	39.2	22.1	9.8
ILLUMINANCE (LUX)	950	422	238	106



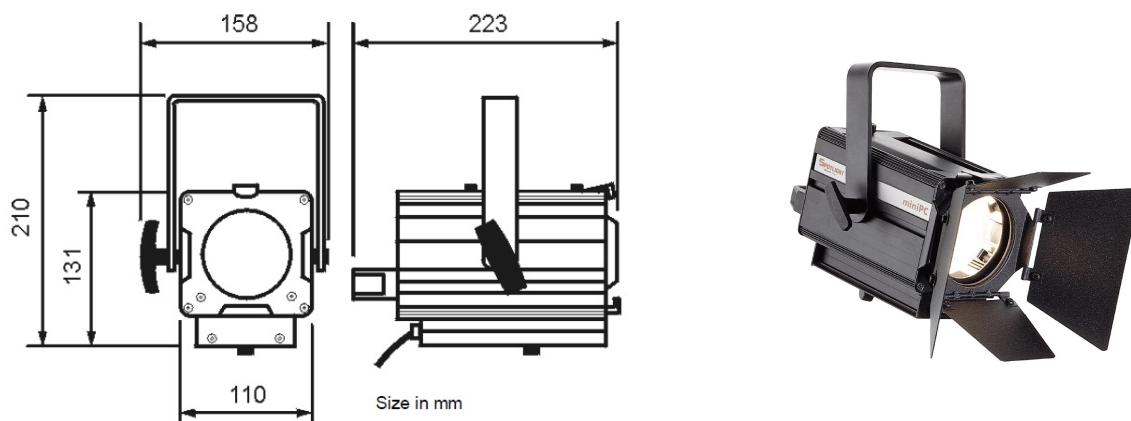
Obr. 15: Fotometrická specifikace svítidla ETC Source Four mini s tubusem 19



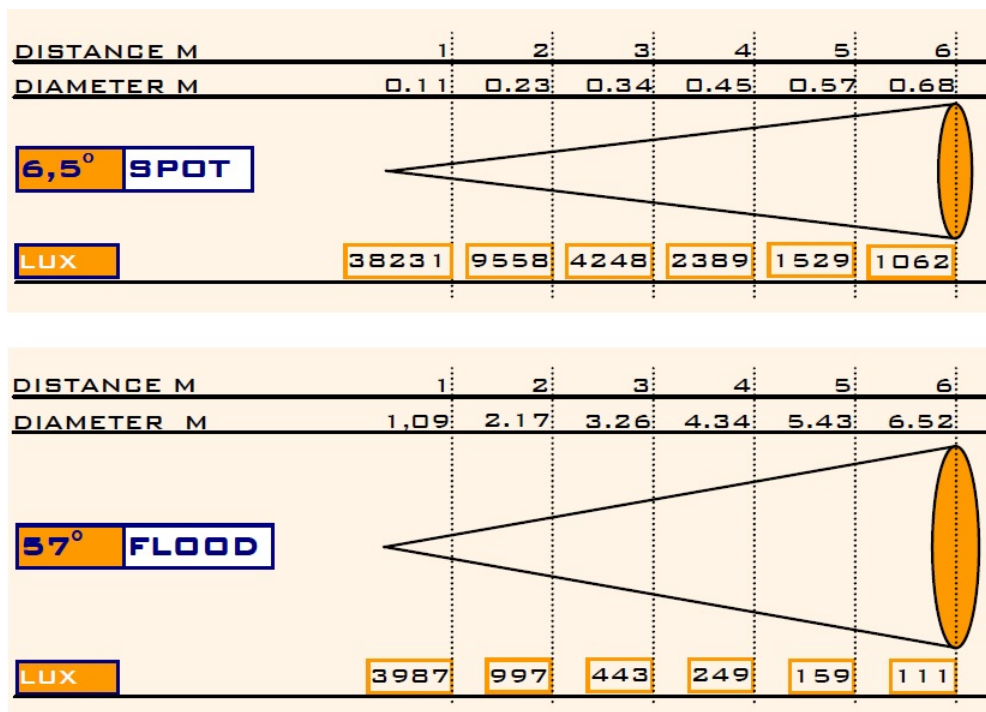
Obr. 16: Výměnné tubusy (optické členy) pro ETC Souce Four mini

Spotlight mini PC

Svítlidlo od firmy Spotlight s volitelnou optickou soustavou využívající plankonvexní čočku, které má rozsah 6,5°–57°. Napájeno je síťovým napětím 230 V a vybaveno 300 W halogenovou lampou CP81 o barevné teplotě 3 200K, s patičí GY 9.5. Svítidlo je vybaveno rámečkem pro vložení gelového filtru a stínícími klapkami.



Obr. 17: Svítidlo Spotlight mini PC a jeho rozměry

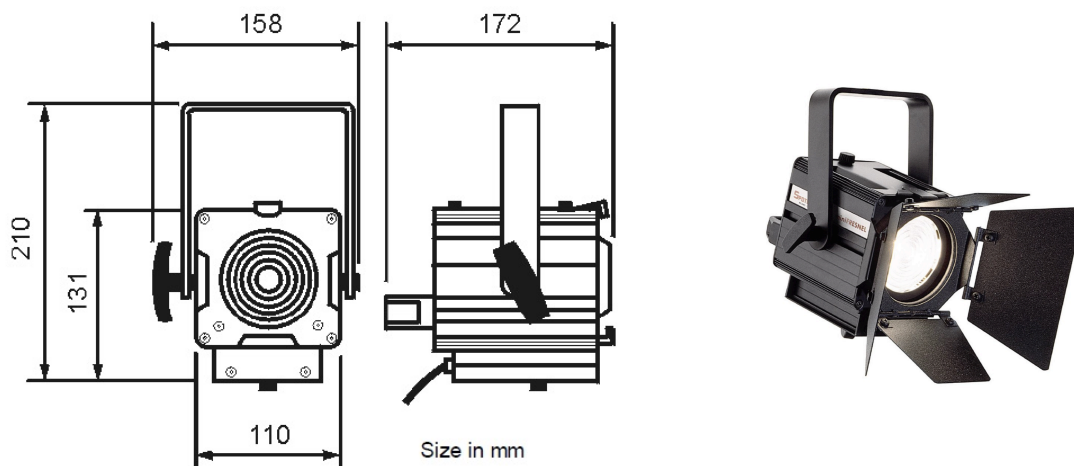


Test with CP 81 Lamp

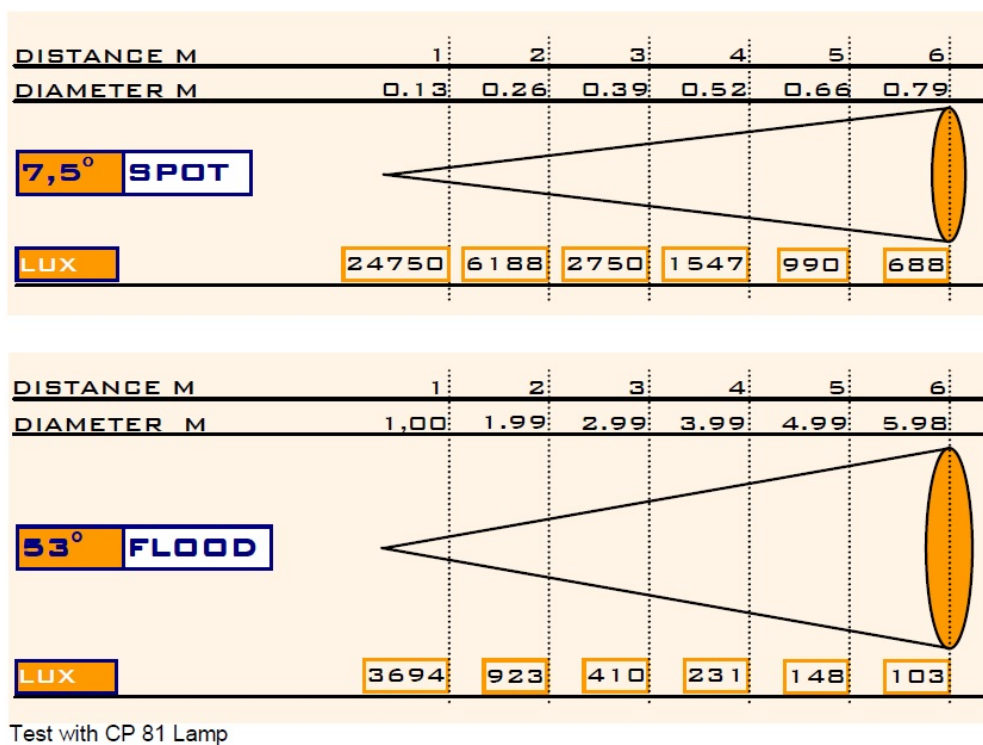
Obr. 18: Fotometrická specifikace svítidla Spotlight mini PC

Spotlight mini Fresnel

Jedná se o svítidlo firmy Spotlight s volitelnou optickou soustavou využívající fresnelovu čočku, které má rozsah 7,5°–53°. Napájeno je síťovým napětím 230 V a vybaveno 300 W halogenovou lampou CP81 o barevné teplotě 3 200K s patičí GY 9.5. Svítidlo je vybaveno rámečkem pro vložení gelového filtru a stínícími klapkami.



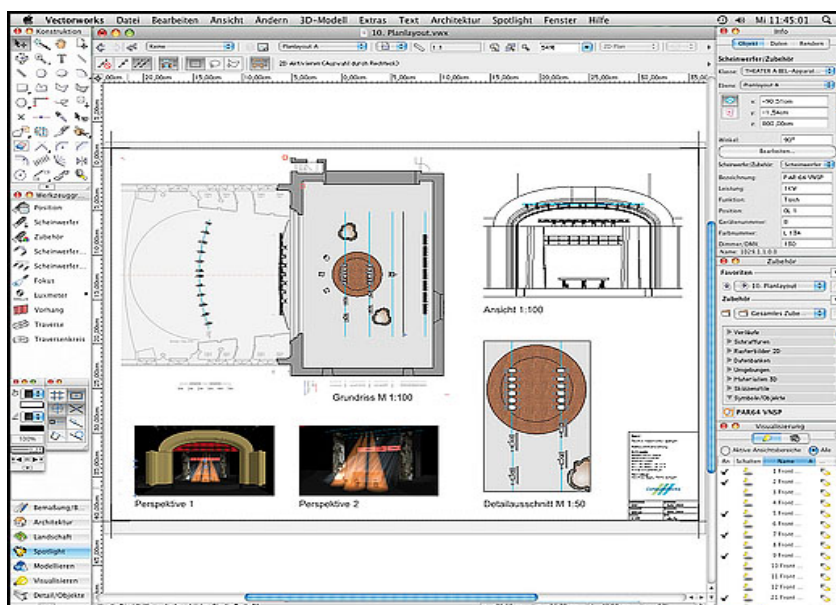
Obr. 19: Svítidlo Spotlight mini Fresnel a jeho rozměry



Obr. 20: Fotometrická specifikace svítidla Spotlight mini Fresnel

Vizualizační software Vectorworks Spotlight 2015

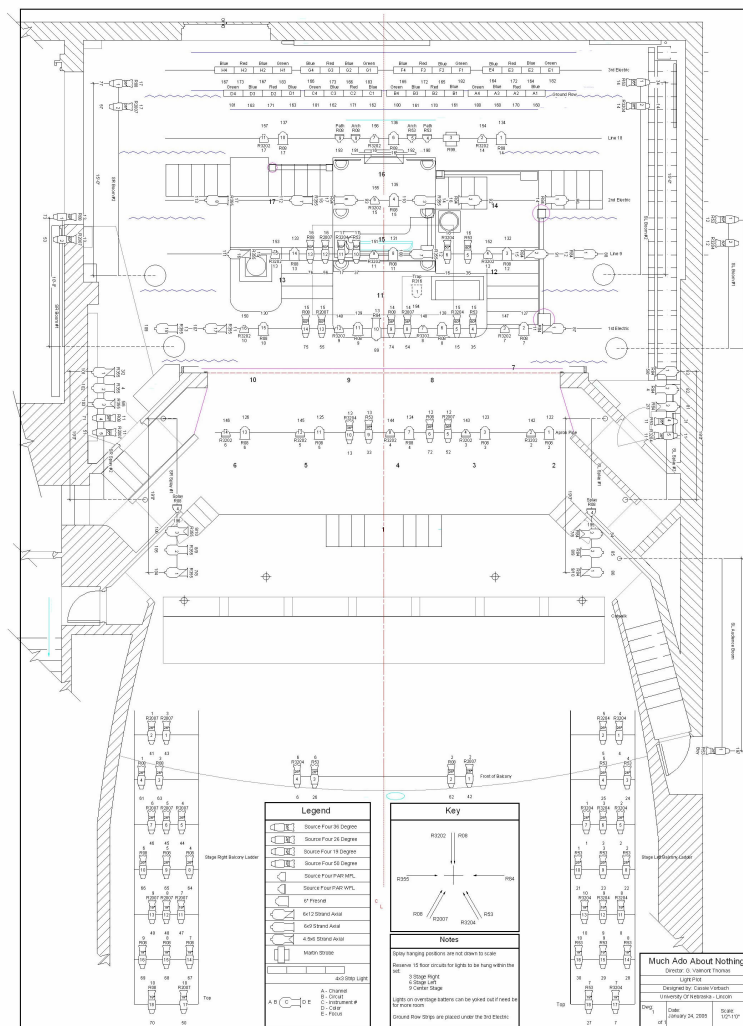
Software od německé firmy Nemetschek slouží především pro projektantskou činnost. Pracuje na bázi CAD software, umožňuje vytvořit 2D plány a 3D modely. Verze tohoto software Spotlight umožňuje vkládání obsáhlých balíčků světelných zdrojů a zařízení od nejrůznějších výrobců. Tento nástroj je tak schopen reálně napodobit vizuální podobu scény ve vytvořeném 3D prostředí a je také schopen zjednodušit logistické plánování celého projektu díky pokročilým návrhářským funkcím. Především umožňuje tvorbu světelných plánů a celé dokumentace. Mezi světelnými designéry patří tento software mezi nejpoužívanější.



Obr. 21: Prostředí softwaru Vectorworks



Obr. 22: 3D vizualizace v softwaru Vectorworks



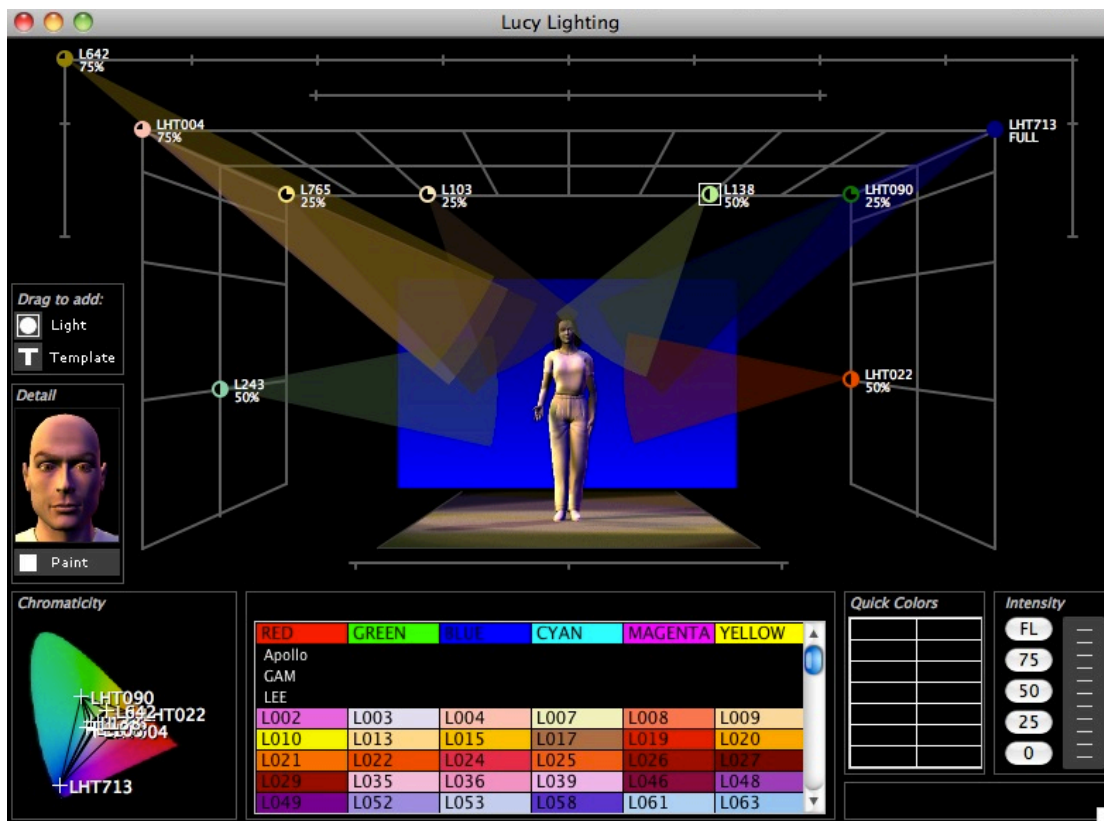
Obr. 23: Světelný plán vytvořený softwarem Vectorworks

Virtual Light Lab 2010

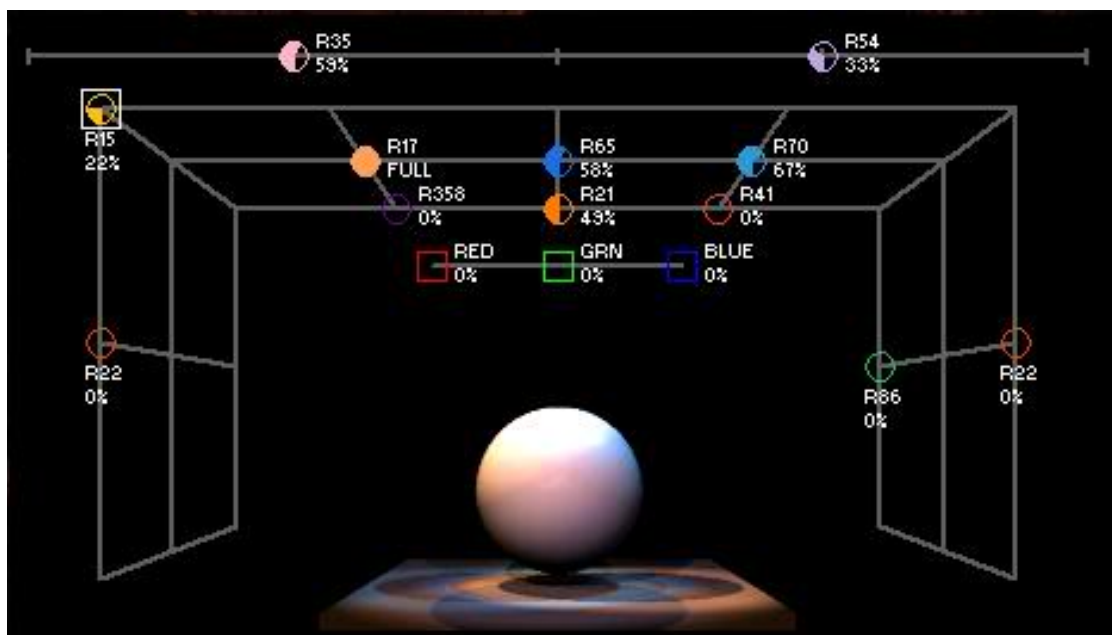
Software Virtual Light Lab 2010 nabízí možnost virtuálně simulovat rozmístění světel v prostoru a zároveň umožňuje ovládat základní atributy, jako je barva světelného kužele, intenzita a úhel vůči nasvětlovanému objektu.

V podstatě jde o jednoduchý virtuální model světelné laboratoře v třírozměrném prostoru. Světelná kompozice je zobrazována na objektech, případně přímo na virtuálních postavách. Software umožňuje i zobrazení detailu obličeje lidské tváře a uživatel tak může pozorovat změny její struktury vlivem rozdílných barev, intenzity či směru světelných paprsků.

Software obsahuje databázi gelových filtrů pěti největších výrobců: Apollo, GEM, LEE, Rosco a Wybron, které lze jednoduše aplikovat do vybraného svítidla.



Obr. 24: Software Virtual Light Lab



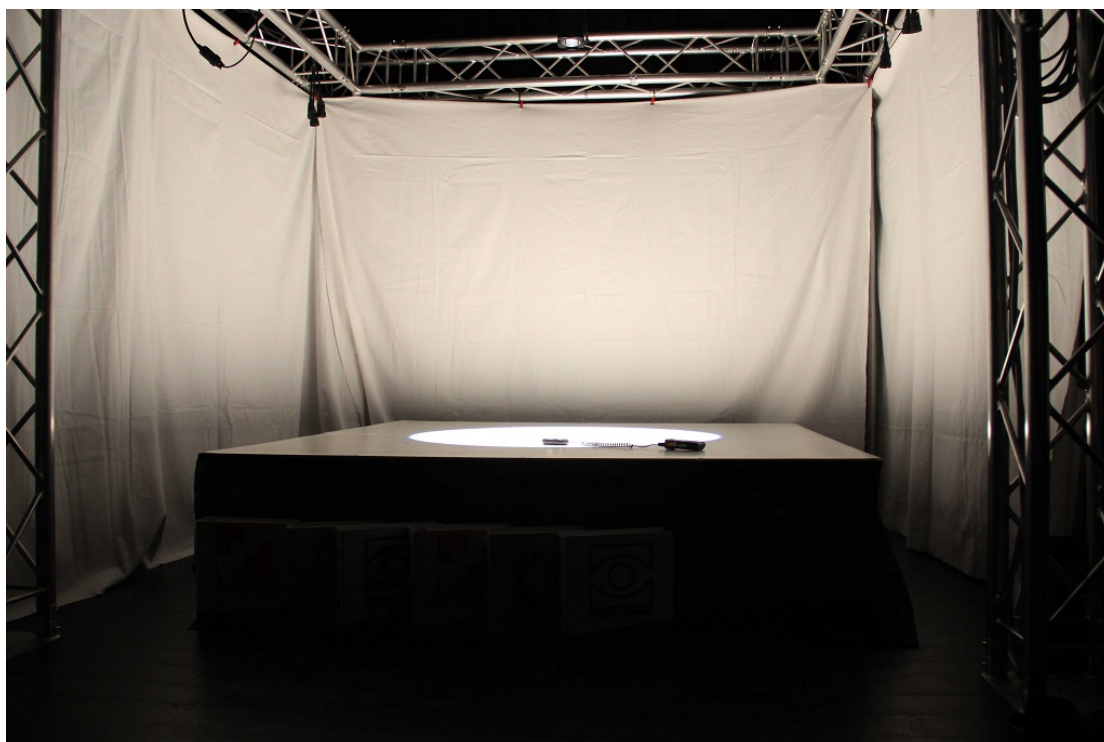
Obr. 25: Virtuální simulační model v softwaru Virtual Light Lab

Výhodou virtuální laboratoře je rychlé a vcelku i reálné aditivní míchání barev, dále možnost detailního náhledu tváře a vykreslení stínů.

Nevýhodou tohoto software je jeho přílišná jednoduchost – neumožňuje vybrat typ svítidla a nastavit mu další parametry, jako je velikost světelného kužele a jiná pozice než směrem do středu modelu. Další nevýhodou je zastaralost software a jeho pozastavený vývoj – software umožňuje simulovat pouze v maximálním rozlišení 800 px, což výrazně omezuje možnost rozeznávání detailů či práci v režimu celé obrazovky se zachováním maximální kvality obrazu, dále pak malá databáze 3D objektů a nemožnost importu vlastních objektů.

3.2 Realizace projektu

V měsíci listopadu bylo postupně dodáváno zbylé zakoupené vybavení, proběhlo samostatné zaškolení s novými technologiemi a laboratoř byla postupně dovybavována. Samotné měření bylo možné uskutečnit až v měsíci prosinci, jelikož nebyl dodán luxmetr a bylo nutné zápůjčené vybavení ze světelné laboratoře poskytnout pro veletrh TheatreTech 2014. Po ukončení veletrhu, bylo možné znovu konstrukci postavit a připravit ji na měření. Rozměry simulačního modelu tedy byly následující: šířka 2,5 m, délka 2,5 m a výška 2,61 m. V druhé části měsíce listopadu probíhalo testovací měření a seznamování se s vyhodnocovacím softwarem luxmetru. Na základě norem o měření světla, byly vyčleněny metody a postupy pro měření jednotlivých oblastí a získávání dat. Konstrukce byla uzpůsobena pro uchycení textilních materiálů (výkrytů) a byla dodána i poslední část spotřebního materiálu (lepící pásky, filtry, goba, kapaliny do kouřostroje atd.). Popis jednotlivých postupů a výsledky měření jsou uvedeny v kapitole 4. V první polovině prosince probíhalo časově náročné měření a získávání dat.



Obr. 26: Simulační model – white box

3.3 Finalizace projektu

Tato část projektu obnášela zpracování naměřených dat, jejich analýzu a následné vyhodnocení výsledků dle příslušných parametrů. Jednalo se o velmi časově náročnou práci spočívající v exportu dat ze specializovaného softwaru luxmetru a následné tvorbě velkého množství tabulek a grafů, jelikož se v průběhu zpracování dat ukázalo, že software určený pro komunikaci s luxmetrem a následné vyhodnocení dat je co do komplexnosti funkcí velmi omezený, a tedy pro naši práci nevyhovující. Součástí finalizační fáze projektu bylo i vypracování této závěrečné zprávy do konce roku 2014.

4 Výsledky a výstupy projektu, jejich prezentace

4.1 Fotometrické veličiny

Norma ČSN 36 0010 uvádí základní pravidla, principy a metody pro měření světla. Dále člení jednotlivé přístroje a zařízení dle přesnosti a účelu měření. Abychom dosáhli co nejpřesnějších výsledků, snažili jsme se co nejvíce dodržet tuto kmenovou normu pro měření světla. Jelikož jsme neměli k dispozici světelné etalony pro jednotlivé světelné veličiny a zakoupení všech přístrojů pro měření těchto veličin by bylo značně nákladné, bylo nutné rozhodnout, které veličiny jsme schopni za dostupných podmínek s kvalitním, avšak cenově dostupným vybavením změřit. Je nutné podotknout, že pro porovnání jednotlivých svítidel, byla pro náš projekt dostačující fotometrická veličina osvětlenost. Níže uvedené fotometrické veličiny jsou spíše orientační, zároveň je i uveden důvod, proč nebylo možné či proč bylo nepodstatné tyto veličiny měřit.

4.1.1 Měření svítivosti

Svítivost je definována jako prostorová hustota světelného toku v různých směrech. Norma pro měření světla (ČSN 36 0010) specifikuje měření svítivosti jako veličiny takto:

„Svítivost jako fotometrická veličina se přímo neměří, ale převádí se při subjektivním měření na měření jasu nebo na měření osvětlení při měření objektivním[...]subjektivní měření je možno provádět přímým porovnáním s etalonem svítivosti, nebo substituční metodou s použitím srovnávacího světelného zdroje.“¹¹

Jelikož nebylo možné provést subjektivní měření pomocí etalonu svítivosti z důvodu jeho nedostupnosti a neměli jsme k dispozici fotometrickou lavici, kterou škola nedisponuje, svítivost nemohla být pro daná svítidla měřena. Zároveň je nutné podotknout, že svítivost je možné přepočítat na základě tzv. čtvercového zákona.

¹¹ ČSN 36 0010. *Měření světla: Kmenová norma*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1965. s. 17.

Čtvercový zákon

„Tento zákon říká, že intenzita osvětlení klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje. Prakticky to znamená, že při dvojnásobné vzdálenosti zdroje od osvětlované plochy při jejím kolmém nasvícení (optická osa svítidla svírá s osvětlovanou plochou úhel 90°) je intenzita osvětlení čtyřikrát menší, při trojnásobné devětkrát, [sic] atd.“¹²

Matematicky lze tento zákon definovat jako:

$$E = \frac{I}{a^2} \quad [lx]$$

kde I je svítivost zdroje nebo svítidla [cd], E intenzita osvětlení [lx] a a vzdálenost zdroje od osvětlované plochy [m].

Z toho plyne, že svítivost lze vyjádřit:

$$I = E a^2 \quad [cd]$$

Čtvercového zákona bylo využito při přepočtu technických parametrů svítidla definovaného výrobcem a při srovnávání s naměřenými hodnotami (viz kapitola 4.2, tabulka č. 2)

4.1.2 Měření světelného toku

Světelný tok vyjadřuje množství světelné energie, kterou přenese záření nebo zdroj vyzáří za časovou jednotku s přihlédnutím k citlivosti průměrného lidského oka na různé vlnové délky světla.

„Světelný tok světelných zdrojů či svítidel je možné stanovit graficko-početními metodami z naměřených křivek svítivosti nebo přímým měřením světelného toku v integrátoru s použitím normálu světelného toku.“¹³

¹² ČÁP, Vladislav. *Světlo ve výtvarných disciplínách*. Praha 1: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1984. s. 17.

¹³ HABEL, Jiří, K. DVOŘÁČEK, V. DVOŘÁČEK a P. ŽÁK. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. s. 106-107.

Měření světelného toku svítidla pro naše měření nebylo podstatné, proto jsme jej vynechali.

4.1.3 Měření osvětlenosti

Osvětlenost neboli intenzita osvětlení je fotometrická veličina definovaná jako světelný tok dopadající na jednotku plochy. Jednotkou osvětlenosti je lux (lx).

$$E = \frac{\Phi}{S} \text{ [lx]}$$

Pro měření osvětlenosti (intenzity osvětlení) se používá luxmetr. Luxmetr je měřicí zařízení, které se skládá z korigovaného fotočlánku (dnes již převážně křemíkového) opatřeného kosinovým nástavcem a z vyhodnocovacího systému s digitálním nebo analogovým indikátorem. Luxmetry řadíme do čtyř tříd přesnosti označovaných písmeny L, A, B, C, resp. číslicemi 1, 2, 3 a 4. Každé třídě odpovídá největší dovolené souhrnné chyby luxmetrů 2, 5, 10 a 20%. Luxmetry třídy L a A se používají pro laboratorní či přesné měření, přípustná chyba je zde max. 2 a 5% a kalibrace těchto zařízení vyžaduje maximální interval 2 roky. Zařízení třídy B jsou určena pro tzv. provozní měření, kdy maximální chyba luxmetru je stanovena do 10% a kalibrace je nutná každé 3 roky. Poslední třída C je určena pouze pro orientační měření s nepřesností 20% a vyžaduje kalibraci jedenkrát za 5 let. Cena jednotlivých tříd měřících přístrojů je přímo úměrná jejich přesnosti.

Pro měření osvětlenosti byl zakoupen luxmetr KIMO LX200 spadající do třídy B, avšak s chybovou odchylkou 6%.

Luxmetr KIMO LX200

Jedná se o přenosný profesionální luxmetr se záznamem a měřicím rozsahem 0,1 až 200 000 lux. Jeho fotočlánkem je křemíková fotodioda

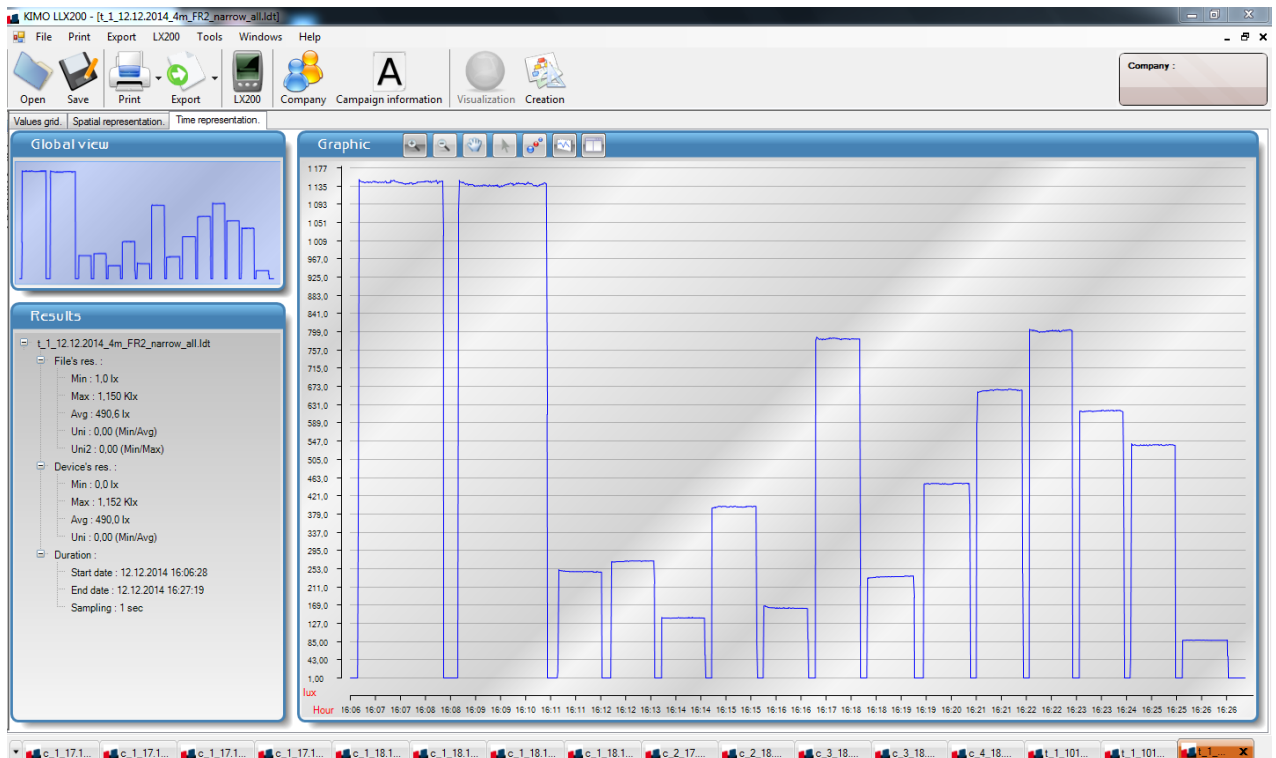
se spektrální citlivostí v souladu s křivkou CIE.¹⁴ Měří, zobrazuje a ukládá okamžitou, maximální a minimální naměřenou hodnotu a umožňuje měření relativní intenzity osvětlení. Součástí luxmetru je i software LLX200 pro okamžité vyhodnocení naměřených hodnot.

Velmi podstatným parametrem luxmetru při jeho výběru byla jeho procentuální nepřesnost, pohybující se na rozmezí třídy A-B, čili jeho určení pro přesná a provozní měření. Dalším kritériem byl jeho rozsah. Převážná většina luxmetrů dostupných na současném trhu dosahuje maximální hodnoty kolem 20 000 luxů. Požadovali jsme co nejvyšší rozsah, aby bylo možné luxmetr dále využít i v běžném školním provozu a při měření ve velkých divadlech. Posledním kritériem byla nutnost uložit naměřená data do paměti luxmetru a následně je vyhodnotit v počítači vzhledem k velkému množství měřených vzorků a z toho vyplývající rozsáhlé časové zátěži celého měření a vyhodnocování dat. Zvolený luxmetr KIMO LX 200 výše uvedené požadavky splňoval a jeho pořizovací hodnota nepřekročila odhadovaný limit.

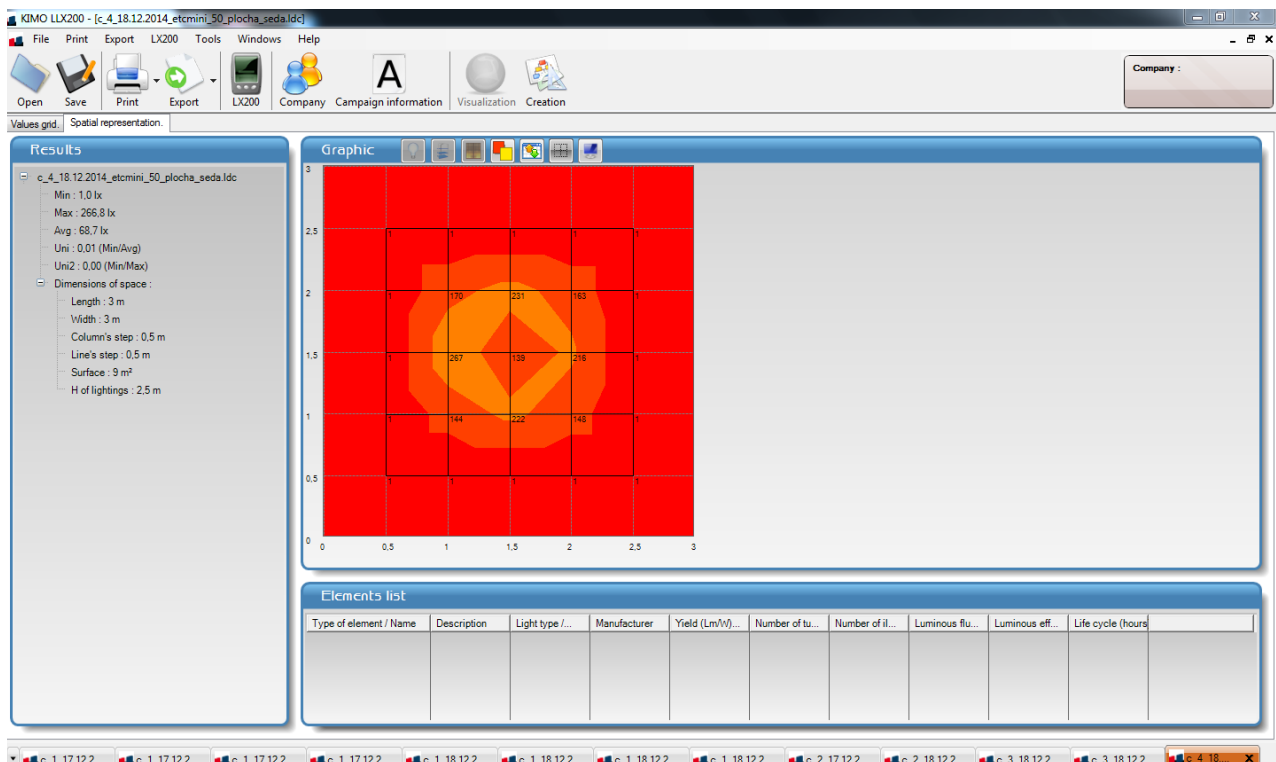


Obr. 27: Luxmetr KIMO LX 200

¹⁴ CIE křivka viditelného spektra je mezinárodní standard pro barevnou odezvu průměrného lidského oka.



Obr. 28: Software LLX200 pro vyhodnocení dat luxmetru KIMO LX200 – ukázka vyhodnocení osvětlenosti v časovém intervalu



Obr. 29: Ukázka software LLX200 – Kartografie znázornění intenzity osvětlení prostoru

Postup měření

Pro měření každého svítidla bylo nejprve nutné splnit základní požadavky dle norem. Bylo nutné měřit teplotu, tlak a vlhkost vzduchu v místnosti při každém měření, jelikož tyto veličiny mohou přímo ovlivnit výsledné hodnoty měření. Dále kmenová norma pro měření světla stanovuje i parametry pro světelné zdroje:

„S ohledem na vlastnosti světelných zdrojů je třeba při měření osvětlenosti dodržovat především tyto pokyny:

- *[...]před měřením osvětlení musí nové zdroje výbojové odsvítit min. 100 hodin, žárovky nejméně 10 hodin[...]*
- *[...]před každým měřením musí být světelný tok zdrojů stabilizován[...]*
- *[...]fotočlánky je třeba před měřením osvětlit po dobu 5 až 15 minut.. přibližně stejnými hladinami osvětlenosti, jaké budou měřeny[...].“¹⁵*

Bylo tedy nutné před prvním měřením svítidel nejprve jejich světelné zdroje nechat odsvítit 10 hodin, jelikož se jednalo o svítidla a světelné zdroje zcela nové. Před každým měřením muselo být svítidlo v provozu minimálně 20 minut a fotočlánek byl osvětlován minimálně po dobu 5 minut.

Použité světelné zdroje

Při porovnání získaných výsledků je nutné srovnávat svítidla se stejnými světelnými zdroji, aby bylo porovnání relevantní, neboť každý světelný zdroj má jiné vlastnosti a konstrukci.

Ve svítidlech značky Spotlight byly použity halogenové 300 W světelné zdroje s teplotou chromatičnosti 3 200K. Ve svítidlech Lampo 500 a Art Lighting FHR 1000 se užívaly obdobné světelné zdroje s výkonem 500 W a 1000 W. Všechny světelné zdroje byly od výrobce OSRAM, napájené 230 V. Pro Source Four mini svítidla od výrobce ETC byly použity 50 W s parabolickým zrcadlem

¹⁵ HABEL, Jiří, K. DVOŘÁČEK, V. DVOŘÁČEK a P. ŽÁK. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. s. 98.

a vyzařovacím úhlem 38°, tyto zdroje jsou napájené 12 V, teplota chromatičnosti nebyla na výrobku uvedena.

Měření se skládalo ze čtyř typů: měření osvětlenosti pro dané svítidlo, měření propustnosti filtru, měření osvětlenosti ploch a měření odraženého světla ze scény.

4.2 Měření osvětlenosti pro dané svítidlo

Pro tento typ měření bylo čidlo luxmetru umístěno ve výšce 1,25 m a ve vzdálenosti 2 m, posléze 4 m od zdroje světla umístěného ve svítidle. Svítidlo bylo, pro zachování přesnosti měření, umístěno kolmo na čidlo luxmetru. Fotočlánek byl umístěn u zadní stěny světelného modelu tvořené černými moltonovými výkryty, aby se co nejvíce eliminivalo případné odražené světlo z prostoru a jeho dopad na čidlo luxmetru.

Měření byla provedena na všech svítidlech (2x mini PC, 2x mini Fresnel, 2x mini Profil, 2x mini Profil ETC 19°, 1x PC Lampo 500 W a 1x FHR 1000 W) v obou vzdálenost od fotočlátku. Měření byla provedena pro každé svítidlo dvakrát, aby byl výsledek co nejpřesnější. Každé svítidlo bylo měřeno min. 1 minutu za pomocí automatického intervalového odečtu luxmetru v rozmezí intervalu 1 sekunda. Z tohoto souboru dat bylo náhodně vyčleněno deset vzorků, které byly zprůměrovány pomocí vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1} x_i$$

kde \bar{x} je aritmetický průměr; n počet opakovaných měření; x_i součet všech naměřených hodnot.

4.2.1 Výsledky měření

Při měření osvětlenosti ze vzdálenosti 2 m vykazoval luxmetr rozdílné hodnoty v rozsahu až 70 lx. Se změnou vzdálenosti se tento rozsah výrazně snížil na cca 20 lx. Jelikož toto rozmezí následně spadalo do spočítané nepřesnosti (odchylky) luxmetru 6%, byly takto naměřené hodnoty považovány za relevantní.

Při následujících měřeních se zafiltrováním svítidla barevnými filtry se tento nežádoucí efekt již nevyskytoval.

Následující tabulka shrnuje průměrnou osvětlenost pro daný typ svítidla ve vzdálenosti 2 m a 4 m od fotočlánku luxmetru při maximálním možném zúženém světelném paprsku daného svítidla.

narrow	6,5°	7,5°	20°	19°	11°	8°
	mini PC 1	mini Fresnel 2	mini profil 1	ETC mini profil 19° 1	Lampo 500	FHR 1000
vzdálenost 2m 1	9 363,7	5 212,1	5 281,7	938,75	12 634,5	50 453,6
vzdálenost 2m 2	9 149,7	5 267,1	5 248,7	947,07	12 872,1	49 498
průměrná hodnota na 2m	9 256,7	5 239,6	5 265,2	942,91	12 753,3	49 975,8
vzdálenost 4m 1	2 344,1	1 143,6	1 165,6	174,14	3 531,4	13 486,5
vzdálenost 4m 2	2 341,8	1 136	1 163,8	174,22	3 555,8	13 470,7
průměrná hodnota na 4m	2 342,95	1 139,8	1 164,7	174,18	3 543,6	13 478,6
techn. spec.2m	9558	6188	6120	2138	7500	11580
techn. spec.4m	2389	1547	1530	534,5	1875	5860
absolutní odchylka na 2m	301,30	948,40	854,80	1195,09	5253,30	38395,80
absolutní odchylka na 4m	46,05	407,20	365,30	360,32	1668,60	7618,60
odchylka Luxmetru 6% - 2m	± 555,4	± 314,38	± 315,91	± 56,57	± 765,2	± 2998,55
odchylka Luxmetru 6% - 4m	± 140,58	± 68,39	± 69,88	± 10,45	± 212,62	± 808,72
překročení odchylky na 2m o	v rozsahu	634,02	538,89	1138,52	4488,10	35397,25
překročení odchylky na 4m o	v rozsahu	338,81	295,42	349,87	1455,98	6809,88

Tab. 2: Průměrná osvětlenost minimálního vyzařovaného úhlu světla

Pozn.: Hodnoty nad každým svítidlem udávají, jaký vyzařovací úhel má dané svítidlo při jeho maximálním možném zúženém světelném paprsku. *Vzdálenost 2m(4m) 1 a 2* udávají průměrné hodnoty naměřené ze vzdálenosti 2m(4m) při prvním a druhém měření; *průměrná hodnota na 2m(4m)* je aritmetickým průměrem; *vzdálenost 2m(4m) 1 a 2*; *techn. spec 2m(4m)* udávají hodnoty uvedené v technické specifikaci produktu výrobcem; *absolutní odchylka na 2m(4m)* je odvozena rozdílem technické specifikace a naměřené průměrné hodnoty na 2m(4m), *odchylka Luxmetru* je odvozena ze vztahu:

$$\text{odchylka luxmetru} = \frac{\text{průměrná hodnota na 2m(4m)}}{100} \cdot 6;$$

překročení odchylky na 2 m (4 m) o je určeno jako rozdíl mezi odchylkou luxmetru a absolutní odchylkou. Červená čísla indikují naměření vyšší hodnoty osvětlenosti než uvádí výrobce; fialová políčka jsou hodnoty přepočtené pomocí čtvercového zákona na základě hodnot poskytnutých výrobcem.

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že jediné svítidlo, které je i po započítání 6% možné odchytky měřícího přístroje v rozsahu, je mini PC od firmy Spotlight. Svítidla, která měla naměřenou nižší hodnotu než uvádí výrobce, jsou mini Fresnel a mini profil od výrobce Spotlight. ETC mini profil s tubusem 19° vykazoval výrazně nižší hodnoty než uvádí výrobce, a to až o polovinu (na 2 m). Naopak svítidla Lampo 500 a FHR 1000 W vykazovala vyšší osvětlenost než uvádí výrobce, dvojnásobnou až trojnásobnou v případě FHR 1000. Osvětlenost mini PC je 1,7 krát vyšší než u mini Fresnelu a mini profilu.

Svítidla byla měřena i v jejich maximálním možném vyzařovacím úhlu, za stejných podmínek jako v předchozím případě. Výsledky měření uvádí tabulka č. 3.

wide	57°	53°	40°	44°	50°	
	mini PC 1	mini Fresnel 2	mini profil 1	ETC mini profil 50° 1	Lampo 500	FHR 1000
vzdálenost 2m 1	472,6	781,9			1205,6	2254,4
vzdálenost 2m 2	467,8	783,6			1213,3	2276
průměrná hodnota na 2m	470,2	782,75			1209,45	2265,2
vzdálenost 4m 1	120,73	198,79			370,35	618,47
vzdálenost 4m 2	121,72	199,2			372,96	622,03
průměrná hodnota na 4m	121,225	198,995			371,655	620,25
techn. spec.	997	923			1500	1566
techn. spec.4m	249	231			375	435
absolutní odchytka na 2m	526,80	140,25			290,55	699,20
absolutní odchytka na 4m	127,78	32,01			3,35	185,25
odchytka Luxmetru 6% - 2m	± 28,21	± 46,97			± 72,57	± 135,91
odchytka Luxmetru 6% - 4m	± 7,27	± 11,94			± 22,3	± 37,22
překročení odchytky na 2m o	498,59	93,29			217,98	563,29
překročení odchytky na 4m o	120,50	20,07			v rozsahu	148,04

Tab. 3: Průměrná osvětlenost maximálního vyzařovaného úhlu světla

Zde je v porovnání s předchozí tabulkou patrné, že se změnou vyzařovacího úhlu se výrazně mění osvětlenost. V případě mini PC klesla intenzita osvětlení při maximálním rozšíření světelného kužele až 19 krát. U mini Fresnel svítidla se snížila 6 krát. U svítidla Lampo 500 byla hodnota nižší zhruba 10 krát a FHR 1000 mělo hodnotu v nejširším úhlu 22 krát nižší! Pro profilová svítidla tato měření neproběhla, jelikož nebyla nutná. Jediné svítidlo, které i po odečtení, resp. přičtení 6% odchytky luxmetru bylo v rozsahu oproti technické specifikaci, bylo Lampo 500 (ve vzdálenosti 4m od měřícího čidla). Ostatní svítidla vykazovala nižší osvětlenost, než uvádí výrobce, mini PC až o polovinu. Na svítidle FHR 1000 byla opět naměřena větší svítivost než uvádí výrobce.

4.3 Měření osvětlenosti pro dané svítidlo s filtry

Světlo, tedy světelné záření, vyzařované zdrojem, ať už umělým (žárovka, výbojka, halogenová lampa apod.) či přírodním (Slunce) a schopné vyvolat zrakový vjem, je označováno jako viditelné záření. Jedná se o elektromagnetické záření zahrnující rozmezí vlnových délek zhruba 360nm–760nm. Aby bylo možné měnit chromatičnost (barevný vjem) nebo změnu množství výstupního záření primárního zdroje, je nutné selektovat pouze určité části spektra viditelného září. K tomuto účelu slouží tzv. světelně činné části svítidel (filtry).

V praxi jsou běžně používány dva typy barevných filtrů:

- interferenční filtry, které propustí danou část vlnové délky a zbytek odrazí (jedná se o tzv. dichroické filtry - skleněné tabulky s nanesenou polopropustnou vrstvou na bázi stříbra),

- absorpční filtry, které propustí vybranou část spektra a zbytek absorbují (přemění pohlcené záření na teplo). Jedná se o skleněné či plastové filtry.

Dále pro zvýšení či snížení teploty chromatičnosti záření světelného zdroje slouží tzv. konverzní filtry. Pro změkčení či rozptyl optické stopy zdroje jsou používány tzv. filtry difúzní.

4.3.1 Postup měření prostupnosti filtru

V této části výzkumu jsme zjišťovali procentuální prostupnost filtrů. Výrobci filtrů u každého výrobku zpravidla uvádějí jeho procentuální propustnost a grafický průběh ve spektrální oblasti pro světelný zdroj o určité chromatičnosti.

Pro naše měření jsme vybrali šest konkrétních „základních“ filtrů dle Maxe Kellera, které jsou nejčastěji používány pro aditivní i substraktivní míchání barev (červenou – LEE 164, zelenou – LEE 124, modrou – LEE 132, azurovou – LEE 115, purpurovou – LEE 113, a žlutou – LEE 101), dále tři korekční filtry zvyšující barevnou teplotu (LEE 200, 201, 202), tři korekční filtry snižující barevnou teplotu (LEE 205, 604, 651) a rozptylový filtr LEE 220.

Na všech svítidlech proběhlo měření pro každý filtr ve vzdálenosti 2 m a 4 m od fotometrického článku, kdy jsme zaznamenávali hodnotu výsledné osvětlenosti pro každou barvu. Na základě náhodného výběru deseti vzorků v daném spektru, byla vypočítána místně průměrná hodnota osvětlenosti každého svítidla s daným filtrem.

Prostupnost pro daný filtr byla vypočítána ze vztahu:

$$\mathbf{propustnost} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \cdot \mathbf{100} \quad [\%]$$

kde \bar{x} značí průměrnou osvětlenost svítidla bez filtru a \bar{y} průměrnou hodnotu osvětlenosti svítidla s filtrem.

Následující tabulka je přehledem všech průměrných hodnot naměřených pro daná svítidla v maximálně zúženém (narrow) světelném kuželu či maximálně rozšířeném (wide).

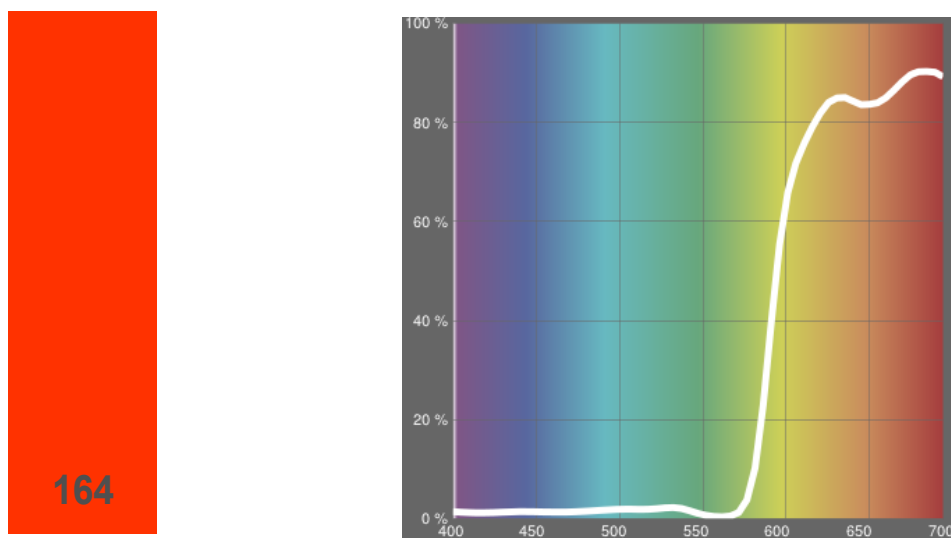
Na dalších stranách této kapitoly jsou uvedeny jednotlivé filtry spolu s průběhovou křivkou spektrální propustnosti filtru - jedná se o průběhový graf, který zobrazuje procentuální množství propustnosti dané vlnové délky v celkovém spektru viditelného záření, kdy osa x znázorňuje rozsah vlnové délky viditelného záření (v nm) a osa y spektrální činitel propustnosti (v %). V tabulce pod grafem jsou zaneseny hodnoty propustnosti, které zveřejňuje výrobce, dále absolutní minimální a absolutní maximální naměřená hodnota na svítidlech, a poté aritmetický průměr všech vzorků svítidel daného filtru.

	mini PC 1 narrow	mini PC 1 wide	mini Fresnel 2 wide	mini Fresnel 2narrow	mini profil 1	Lampo 500 narrow	Lampo 500 wide	FHR 1000 narrow	FHR 1000wide	ETC mini profil 19° 1
průměrná hodnota x na 2m	9256,7	470,2	782,75	5239,6	5265,2	12753,3	1209,45	49975,8	2265,2	946,91
R	1895	100,9	163	1100,5	1144,5	2786,8	267,6182	10661,2	490,07	235,57
G	2282,4	128,5	189,6	1354,6	1392,9	3138	325,74	11763,9	627,96	249,67
B	1249	65,7	92,3	731,93	740,48	1735,2	170,23	7037,1	319,36	128,86
C	3127,3	178,7	287	1900,5	1913,8	4368,9	442,76	16381,3	871,02	341,79
M	1321,5	66,6	99,2	752,86	793,57	1927,2	181,48	7454,9	322,48	159,42
Y	6228,3	334,1	547,1	3635,9	3716,8	8914,8	866,34	31764,9	1635,4	709,69
200	1965,7	109	170,8	1155,7	1167,9	2663,3	268,42	10635	529,65	206,68
201	3583,3	201	330,8	2150,2	2148,2	4409	511,48	19224	973,59	392,39
202	5210	287,2	476,1	3056	3121	7442,5	728,76	28242,3	1410,6	567,91
205	6369,7	343,9	562,1	3721,4	3792,3	6857	884,85	34494,2	1687,2	722,13
604	4786,5	262,5	436,1	2836,4	2888,7	9010,3	675,4	25922,6	1300	551
651	4266,2	230	378,5	2496,8	2573,9	6100,8	591,57	23258,8	1131	493,51
220	4297,8	204,3	269,6	454,29	602,89	612,36	341,1	1679	789,08	175,34
průměrná hodnota x na 4m	2342,95	121,225	198,995	1139,8	1164,7	3543,6	371,655	13478,6	620,25	174,18
R	487,22	25,693	41,102	246,13	254,07	764,87	80,71	2893,8	131,42	41,83
G	584,6	32,766	46,339	270,99	306,99	876,61	98,361	3399,1	170	46,934
B	319,01	16,902	22,224	139,9	161,69	470,8	52,276	1849,4	83,332	24,442
C	815,99	45,427	71,05	396,1	421,35	1221,8	134,81	4423,5	237,69	70,99
M	334,52	17,497	25,465	162,28	173,9	529,17	54,008	1847,4	84,781	33,099
Y	1560,9	86,125	138,79	782,81	819,35	2442,2	265,77	9262,4	442,32	131,91
200	484,59	28,43	42,923	234,6	253,56	742,81	82,626	2699,4	140,7	38,582
201	895,47	51,141	84,424	448,26	468,8	1407,7	156,05	4987,8	263,85	72,766
202	1286,2	73,42	121,5	665,64	675,27	2019	223,39	7332,3	378,58	106,52
205	1559,9	88,017	142,65	801,13	831,96	2504,6	268,66	9406,3	456,65	134,23
604	1206,1	66,873	110,08	617,23	-	1895,7	208,05	6668,5	347,86	103,17
651	1046,3	58,468	95,859	538,49	557,28	1682	183,07	5999	306,98	91,487
220	99,675	49,4	65,61	88,306	126,52	157,55	90,666	398,17	212,39	39,299

x je osvětlenost nezafiltrovaného svítidla

Tab. 4: Souhrn naměřených hodnot pro daný filtr ve vzdálenosti 2 m a 4 m

Červený filtr (LEE 164 - Flame red)

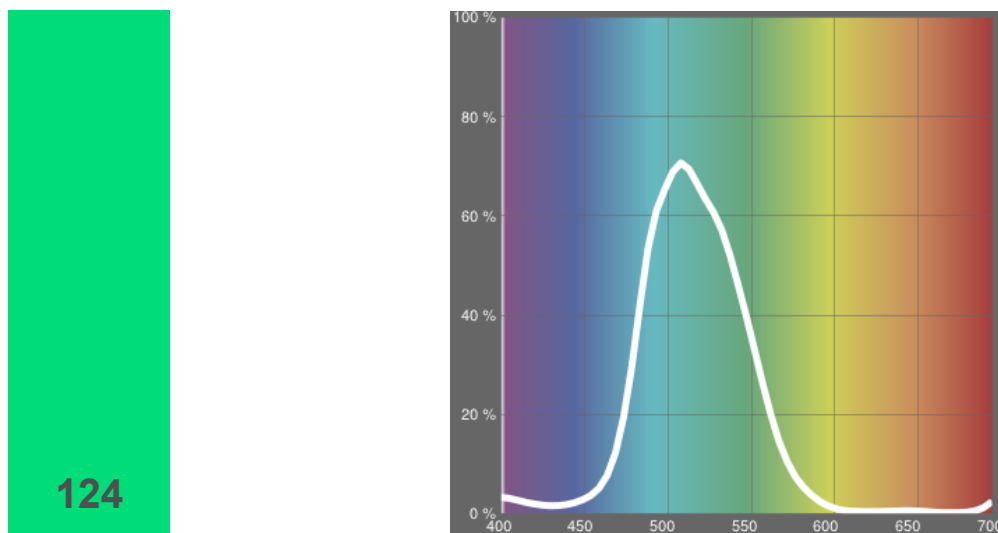


Obr. 30: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 164

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 164	20,47%	24,88%	21,67%	23,20%

Tab. 5: Propustnost filtru LEE 164

Zelený filtr (LEE 124 - Dark green)

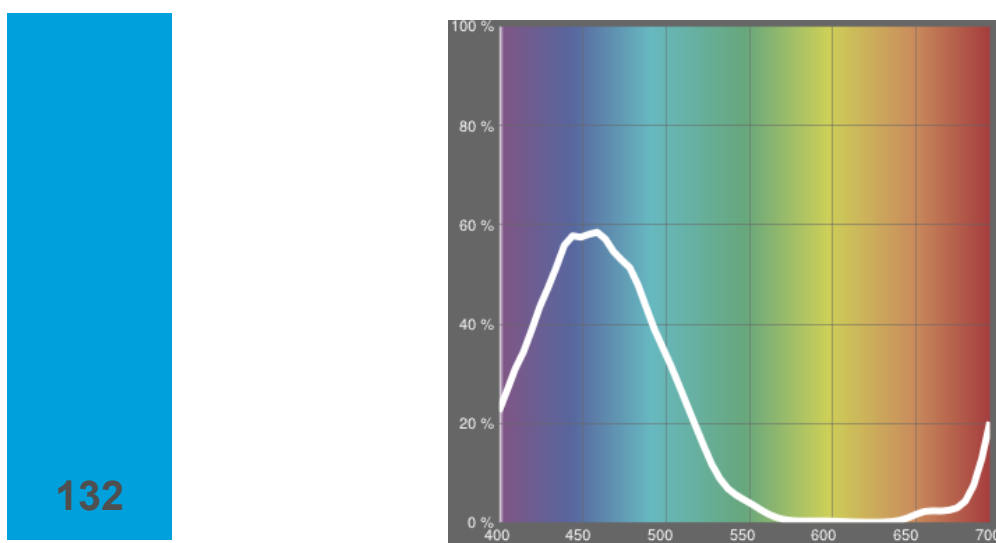


Obr. 31: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 124

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 124	23,29%	27,72%	25,69%	25,60%

Tab. 6: Propustnost filtru LEE 124

Modrý (LEE 132 – Medium Blue)

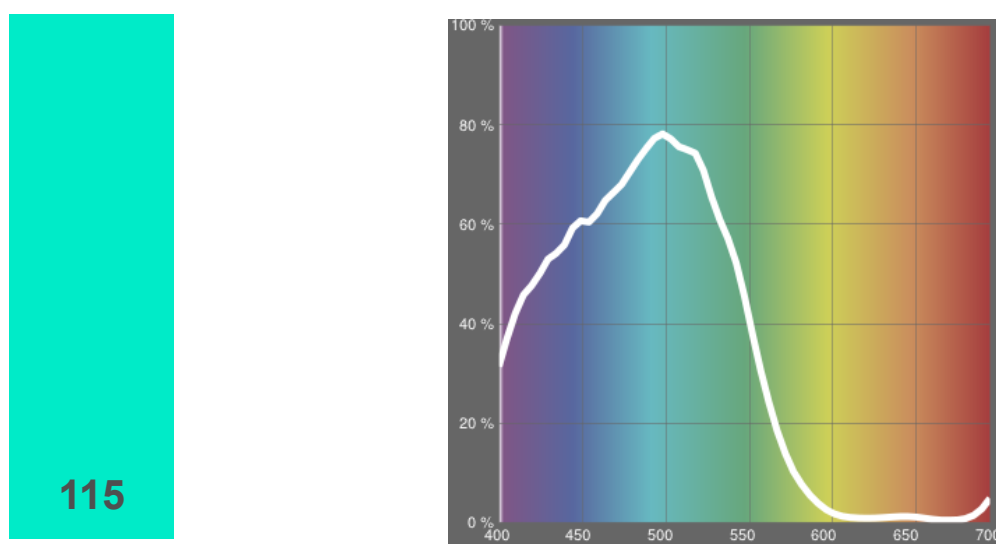


Obr. 32: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 132

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 132	11,17%	14,10%	13,51%	7,00%

Tab. 7: Propustnost filtru LEE 132

Azurová (LEE 115 – Peacock Blue)

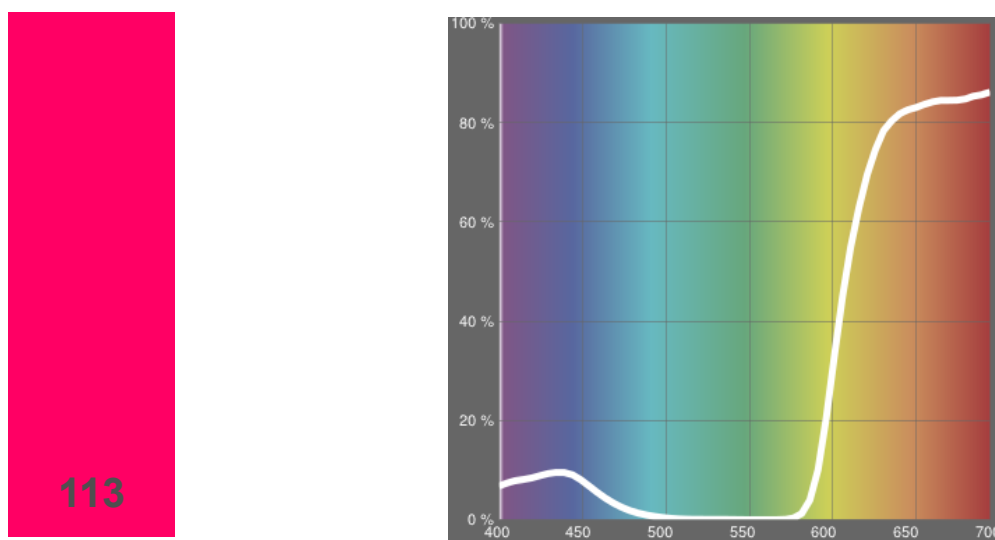


Obr. 33: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 115

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 115	32,78%	40,76%	36,04%	28,60%

Tab. 8: Propustnost filtru LEE 115

Purpurová (LEE 113 - Magenta)

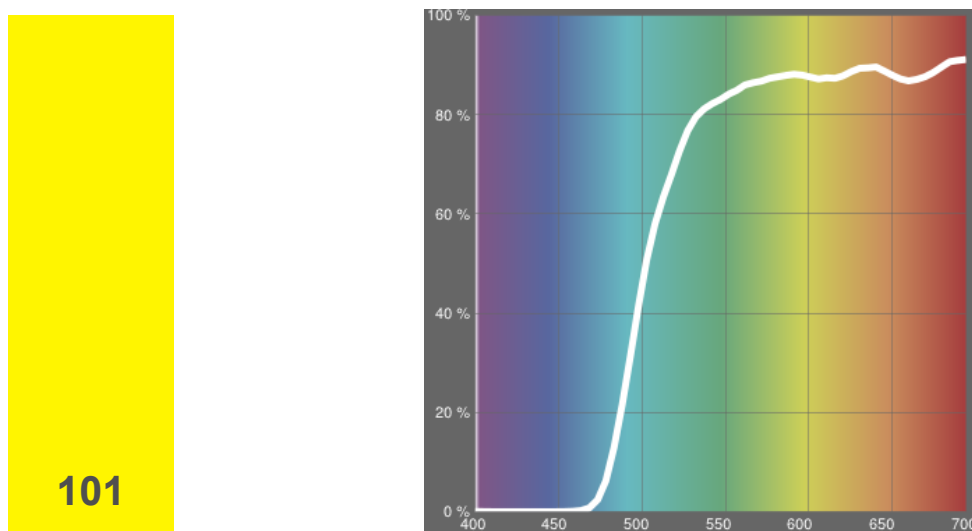


Obr. 34: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 113

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 113	12,67%	19,00%	14,66%	14,70%

Tab. 9: Propustnost filtru LEE 113

Žlutá (LEE 101 - Yellow)

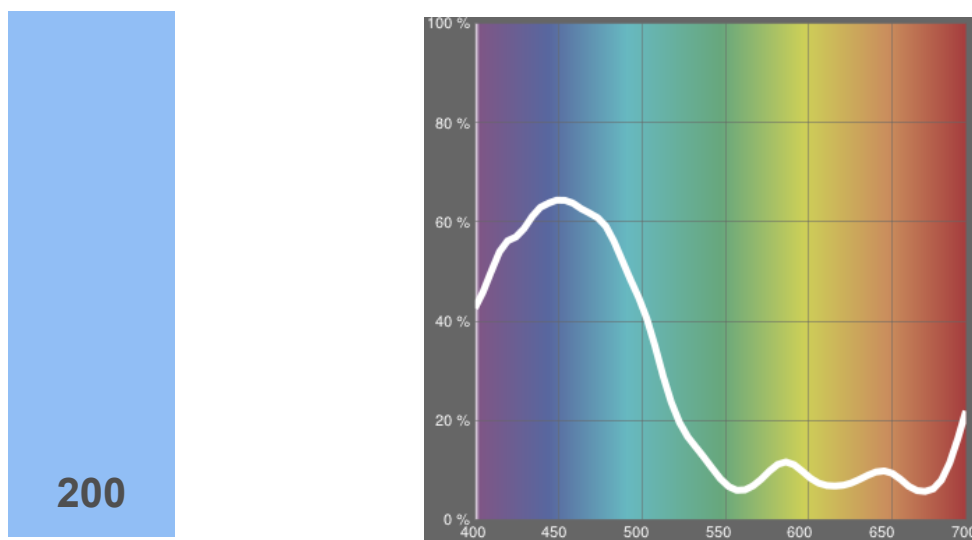


Obr. 35: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 101

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 101	63,56%	75,73%	70,15%	80,70%

Tab. 10: Propustnost filtru LEE 101

Korekční filtr 200 (LEE 200 – Double C.T. Blue)¹⁶

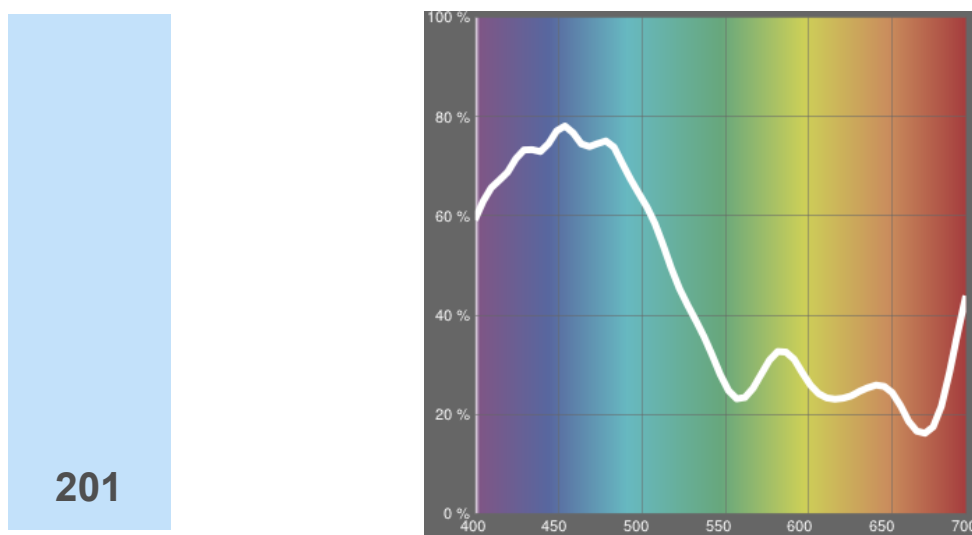


Obr. 36: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 200

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 200	20,03%	23,45%	21,81%	14,90%

Tab. 11: Propustnost filtru LEE 200

Korekční filtr 201 (LEE 201 – Full C.T. Blue)¹⁷



Obr. 37: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 201

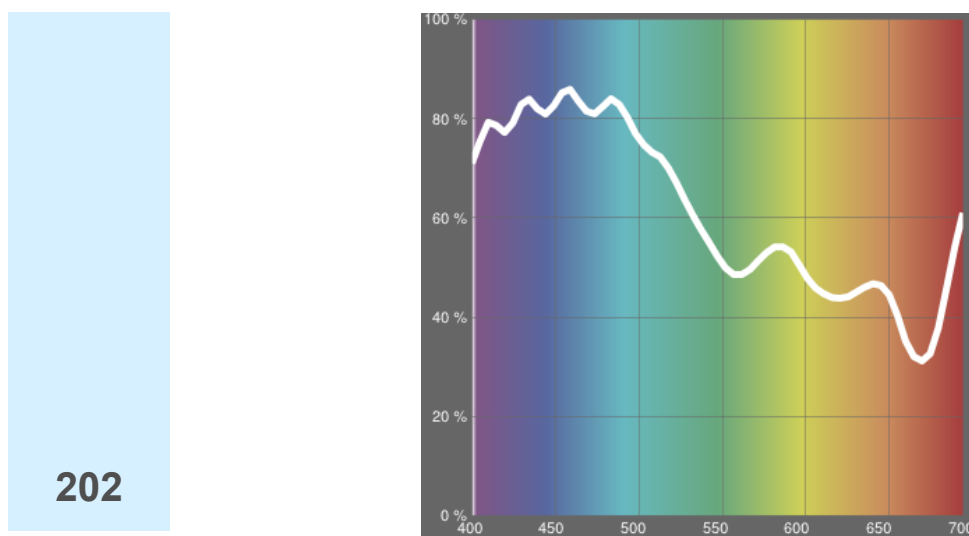
	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 201	34,57%	42,98%	40,54%	35,00%

Tab. 12: Propustnost filtru LEE 201

¹⁶ Převádí barevnou teplotu 3 200K (tungsten) na 29 000K (daylight).

¹⁷ Převádí barevnou teplotu 3 200K (tungsten) na 5 700K (photographic daylight).

Korekční filtr 202 (LEE 202 – Half C.T. Blue)¹⁸

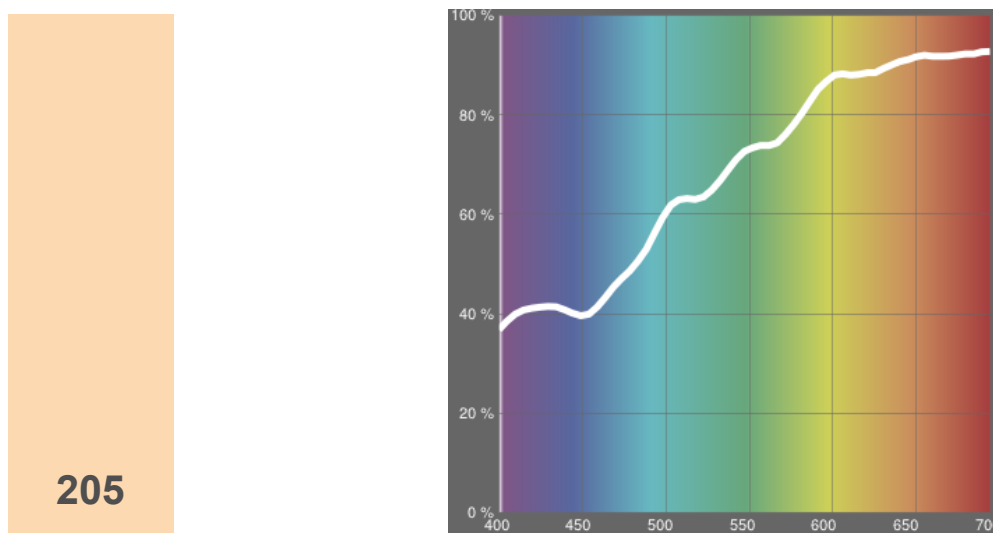


Obr. 38: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 202

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 202	54,40%	62,27%	58,99%	53,20%

Tab. 13: Propustnost filtru LEE 202

Korekční filtr 205 (LEE 205 – Half C.T. Orange)¹⁹



Obr. 39: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 205

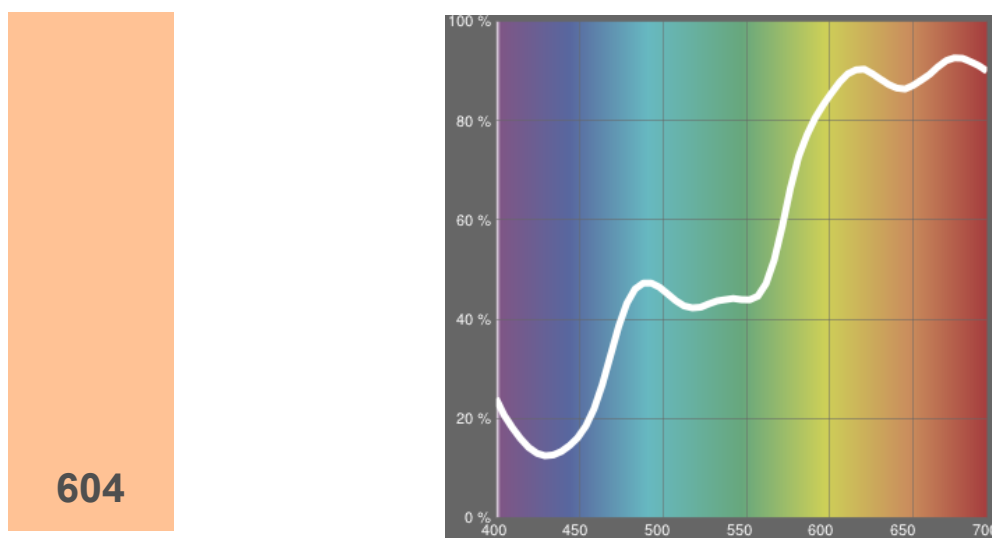
	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 205	53,77%	77,06%	70,98%	74,50%

Tab. 14: Propustnost filtru LEE 205

¹⁸ Převádí barevnou teplotu 3 200K (tungsten) na 4 300K (daylight).

¹⁹ Převádí barevnou teplotu 6 500K (daylight) na 3 800K (tungsten light).

Konverzní filtr 604 (LEE 604 – Full C.T. Eight five)²⁰

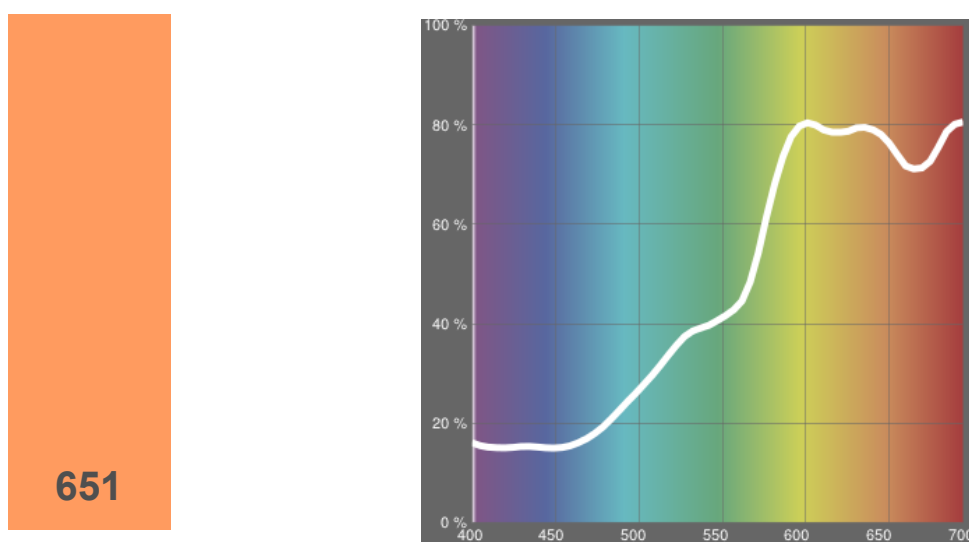


Obr. 40: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 604

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 604	49,47%	70,65%	55,61%	60,70%

Tab. 15: Propustnost filtru LEE 604

Konverzní filtr 651 (LEE 651 – Hi Sodium)



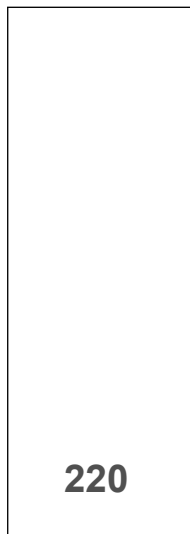
Obr. 41: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 651

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 651	44,51%	52,52%	48,23%	54,20%

Tab. 16: Propustnost filtru LEE 651

²⁰ Převádí barevnou teplotu 6 500K (daylight) na 3 200K (tungsten).

Rozptylový filtr 220 (LEE 220 – White Frost)²¹



Obr. 42: Filtr LEE 220

	absolut. min	absolut. max	arit. průměr	dle vzorníku LEE
LEE 220	2,95%	46,43%	20,97%	39,00%

Tab. 17: Propustnost filtru LEE 220

²¹ Rozptylové filtry pouze rozptylují světlo, nijak neselektují vlnové délky světla.

4.3.2 Výsledky měření

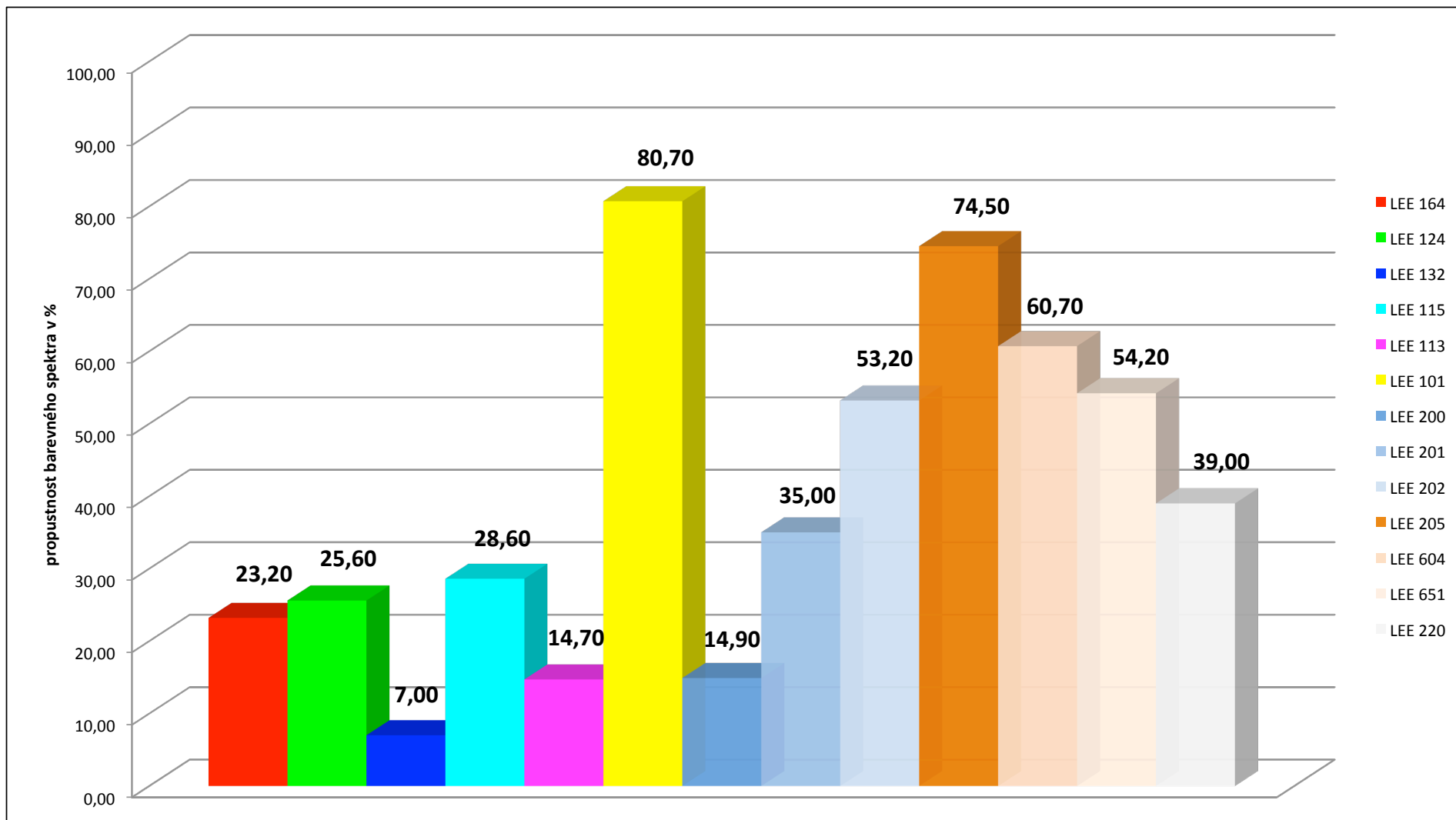
	průměrná propustnost	pohlčení %
korekční – LEE 205	70,98%	29,02%
korekční – LEE 202	58,99%	41,01%
korekční – LEE 604	55,61%	44,39%
žlutá – LEE 101	70,15%	29,85%
korekční – LEE 651	48,23%	51,77%
korekční – LEE 201	40,54%	59,46%
azurová – LEE 115	36,04%	63,96%
zelená – LEE 124	25,69%	74,31%
korekční – LEE 200	21,81%	78,19%
červená – LEE 164	21,67%	78,33%
rozptylový – LEE 220	20,97%	79,03%
purpurová – LEE 113	14,66%	85,34%
modrá – LEE 132	13,51%	86,49%

Tab. 18: Tabulka procentuální propustnosti a pohlčení daným filtrem

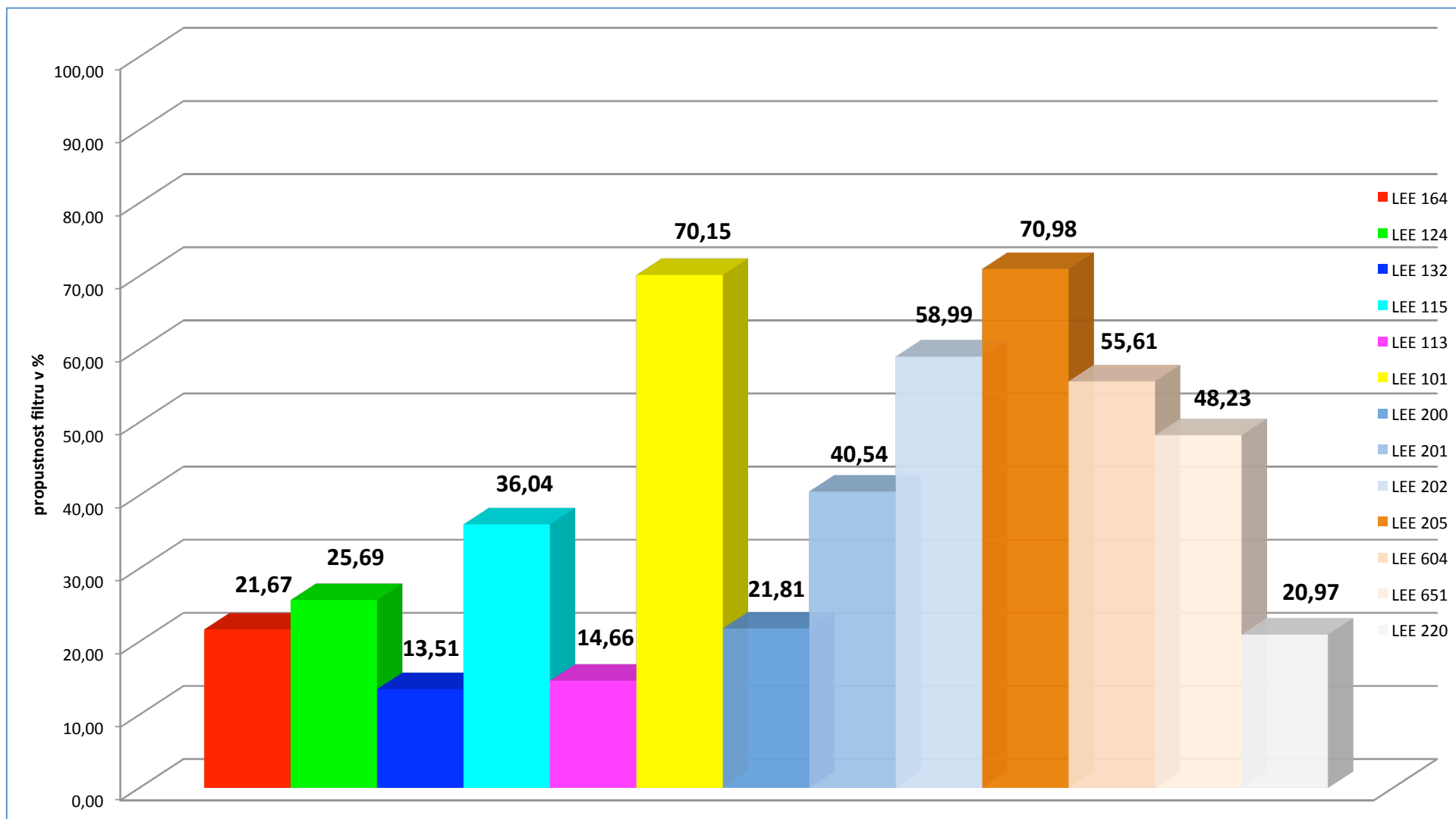
Z takto získaných hodnot lze tedy konstatovat, že nejvíce pohlcují světlo filtry, nacházející se na okrajích viditelného spektra, tedy modrý, purpurový a červený, a to skoro až 87 %. Z toho vyplývá, že osvětlenost vyzařovaného světla ze svítidla s modrým filtrem se sníží v průměru 7,4 krát.

Budeme-li tedy chtít zabarvit scénu z „čistě bílé“ právě do modré, s požadavkem zachování stejné intenzity osvětlení, bude k tomu potřeba až 7 krát více svítidel s modrým filtrem, než je použito pro vysvícení čistě bílé scény, případně 7 krát výkonější světelný zdroj.

Na dalších stranách jsou grafy znázorňující hodnoty propustnosti naměřené a pro porovnání také uvedené výrobcem. Je z nich patrné, že oproti hodnotám uvedeným výrobcem modrý, azurový a korekční filtr 200 a 201 vykazoval vyšší propustnost, zatímco žlutý, korekční 604 a 651 a rozptylový 220 naopak výrazně nižší.



Graf 1: Propustnost osvětlenosti jednotlivých filtrů dle výrobce LEE (v %)



Graf 2: Propustnost osvětlenosti jednotlivých filtrů dle naměřených hodnot (v %)

4.4 Měření osvětlenosti ploch

Cílem této části bylo určit intenzitu každého svítidla v prostorech black boxu, grey boxu a white boxu a následně porovnat vliv těchto prostředí na výslednou osvětlenost konkrétní barevné plochy.

Při měření ploch jsme vycházeli z normy ČSN 36 0011-1 (*Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení*), která obsahuje základní ustanovení pro měření denního, umělého a sdruženého osvětlení ve vnitřních i venkovních prostorech budov.

„Osvětlenost a její rozložení se měří v kontrolních bodech, rozmístěných v pravidelné pravoúhlé síti po celé srovnávací rovině v celém prostoru nebo v jeho funkčně vymezených částech a na pracovních místech. Srovnávací rovina bývá převážně vodorovná (horizontální), ale může být i svislá (vertikální) nebo nakloněná (např. osvětlenost školní tabule, rýsovacího prkna atd.)[...] výška vodorovné srovnávací roviny je 0,85 m nad podlahou (referenční srovnávací rovina), není-li podle konkrétní funkce prostoru stanovena výška jiná[...]“²²

Pro naše měření byla použita praktikáblová sestava o rozměrech 2 m x 2 m a výšce 0,5 m umístěná uprostřed hliníkové konstrukce s potaženou vrchní plochou baletním kobercem (baletizolem) stejné barvy jako výkryty, v případě black boxu černým, whiteboxu bílým a grey boxu šedým baletizolem.

Kontrolní body pro měření byly rozmístěny ve čtvercové síti ve vzájemné vzdálenosti 0,5 m. Vznikla tedy síť bodů o pěti řadách a pěti sloupcích. Tato vzdálenost byla směrodatná pro pozici čidla měřícího přístroje. Luxmetr umožňoval měřit v tzv. módu kartografie osvětlení, který ukládá data každého bodu za pomoci souřadnic do paměti. Posléze je možné v počítači takto získaná data převést do grafické podoby díky speciálnímu softwaru.

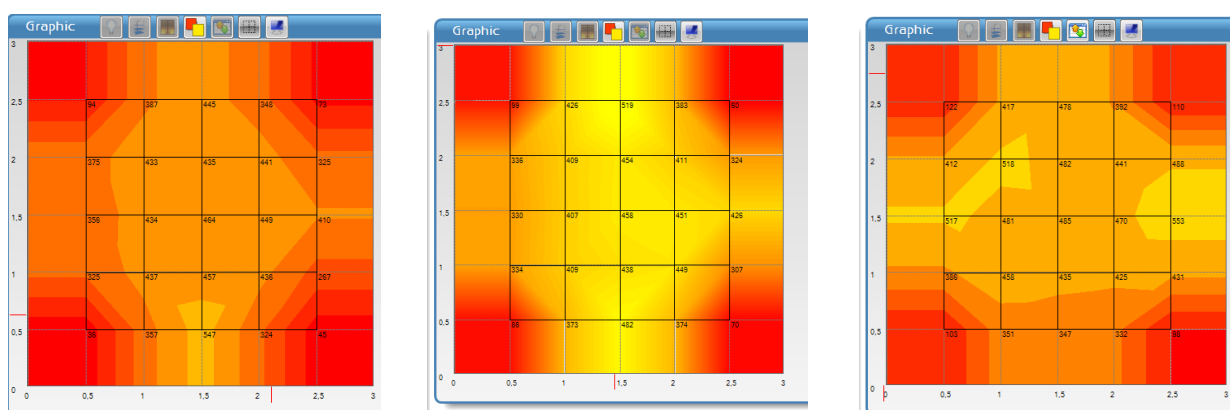
Svítidlo bylo umístěno kolmo na dopadající plochu (zavěšené ve výšce 1,5 m nad nasvětlovanou plochou).

²² ČSN 36 0011-1. *Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006, str. 7

4.4.1 Výsledky měření

Na následujících stranách jsou uvedeny kartografická znázornění intenzity osvětlení plochy pro každé svítidlo. Červená barva značí nejnižší naměřenou hodnotu (případně nulovou), žlutá barva určuje nejintenzivnější osvětlenost dané plochy. Tabulka zpravidla udává naměřenou hodnotu pro danou souřadnici. Pozn.: *x násobek* udává, kolikrát je naměřená hodnota v bodu vyšší oproti hodnotě naměřené na černém baletizolu.

mini PC Spotlight

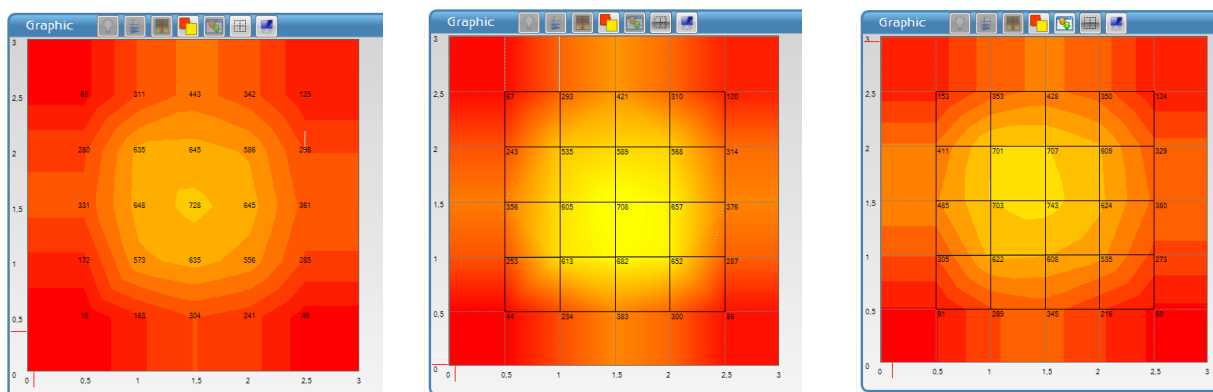


Obr. 43: Kartografie osvětlení pro mini PC (zleva black box, grey box, white box)

řada	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
bod	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
blackbox	35,53	357	546,7	324,1	45,3	324,5	436,6	456,8	436,1	266,9	356,1	433,5	464,5	448,9	409,5	375,1	433,3	435,4	440,6	324,7	93,7	386,6	445,2	348,3	73,42
greybox	85,69	334,2	329,7	336	98,7	373,1	408,9	406,5	408,9	426,1	481,9	438	458,2	454,1	519	374	448,9	450,8	411	383,1	70,2	306,6	426	323,7	60,26
whitebox	102,5	385,9	516,6	411,6	122,5	350,5	457,6	480,6	517,7	416,9	346,7	435,4	485,4	481,9	478,4	332,4	425,1	470,3	440,9	392,3	97,8	430,5	552,9	488,1	109,8
šedá x násobek	2,41	0,94	0,60	1,04	2,18	1,15	0,94	0,89	0,94	1,60	1,35	1,01	0,99	1,01	1,27	1,00	1,04	1,04	0,93	1,18	0,75	0,79	0,96	0,93	0,82
bílá x násobek	2,88	1,15	1,57	1,23	1,24	0,94	1,12	1,18	1,27	0,98	0,72	0,99	1,06	1,06	0,92	0,89	0,95	1,04	1,07	1,02	1,39	1,40	1,30	1,51	1,82

Tab. 19: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini PC

mini Fresnel Spotlight

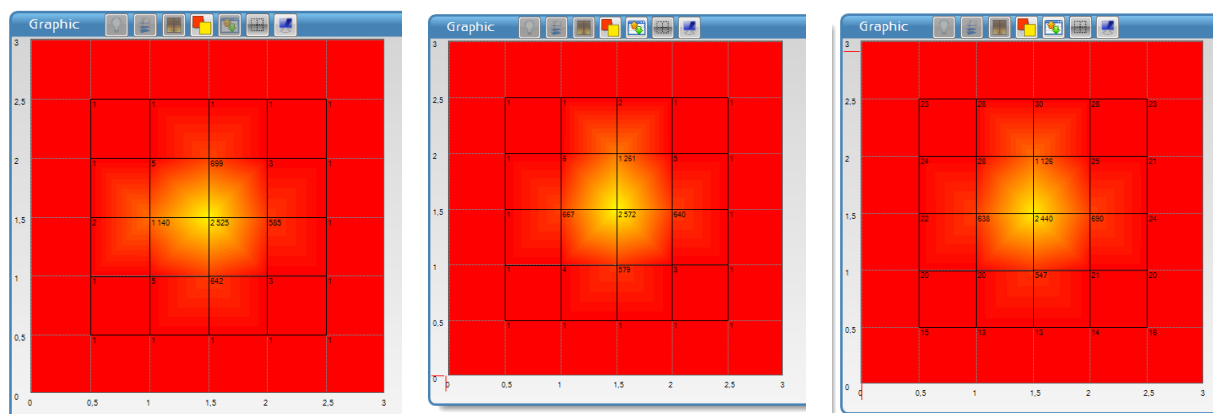


Obr. 44: Kartografie osvětlení pro mini fresnel (zleva black box, grey box, white box)

řada	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
sloupec	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
blackbox	19,28	171,9	331,5	280	65,16	183,5	573,2	648,3	634,8	311,2	303,9	634,8	727,8	644,9	442,8	241,2	556,5	645,3	586,2	341,8	49,4	284,9	361	297,6	124,9	
greybox	44,2	253,1	355,7	243,2	66,84	233,6	612,8	605,4	534,7	292,8	383,2	682	708,4	588,6	420,6	299,7	652	656,7	567,9	309,9	86,2	287	375,8	314,5	120,2	
whitebox	91,26	305,5	484,8	411,2	153,3	289,4	621,7	702,9	700,7	353,5	345,3	608,1	743,1	707,4	428,4	215,8	535,4	623,7	608,5	350,2	80,3	272,7	380,5	328,6	123,8	
šedá x násobek	2,29	1,47	1,07	0,87	1,03	1,27	1,07	0,93	0,84	0,94	1,26	1,07	0,97	0,91	0,95	1,24	1,17	1,02	0,97	0,91	1,74	1,01	1,04	1,06	0,96	
bílá x násobek	4,73	1,78	1,46	1,47	2,35	1,58	1,08	1,08	1,10	1,14	1,14	0,96	1,02	1,10	0,97	0,89	0,96	0,97	1,04	1,02	1,62	0,96	1,05	1,10	0,99	

Tab. 20: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini fresnel

mini profil Spotlight

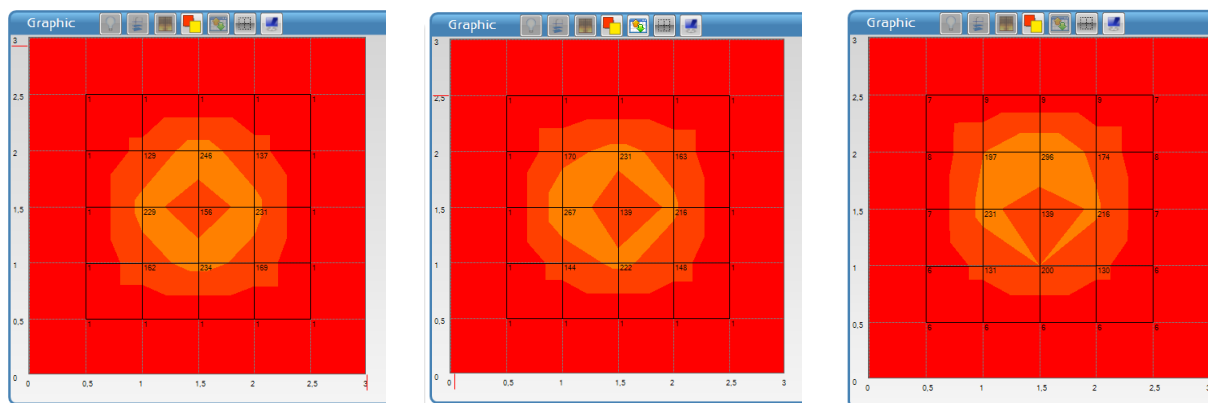


Obr. 45: Kartografie osvětlenosti pro mini profil (zleva black box, grey box, white box)

řada	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
sloupec	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
blackbox	1	1	1,6	1	1	1	4,67	1140	4,65	1	1	641,6	2525	699,5	1	1	2,75	585,2	3,17	1	1	1	1	1	1	
greybox	1	1	1,22	1	1	1	3,82	666,6	6,46	1,18	1	579	2572	1261	2,25	1	3,06	640,5	4,81	1,06	1	1	1,1	1,1	1	
whitebox	14,59	19,52	22,17	23,62	23,31	13,15	20,32	638,1	27,78	27,77	13,02	547,1	2440	1126	29,99	13,86	20,69	689,8	24,99	27,66	16,3	20,17	23,96	20,88	23,2	
šedá x násobek	1,00	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	0,82	0,58	1,39	1,18	1,00	0,90	1,02	1,80	2,25	1,00	1,11	1,09	1,52	1,06	1,00	1,10	1,00	1,00	1,00	
bílá x násobek	14,59	19,52	13,86	23,62	23,31	13,15	4,35	0,56	5,97	27,77	13,02	0,85	0,97	1,61	29,99	13,86	7,52	1,18	7,88	27,66	16,3	20,17	23,96	20,88	23,20	

Tab. 21: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini profil

mini profil ETC



Obr. 46: Kartografie osvětlení pro mini profil ETC (zleva black box, grey box, white box)

řada	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
sloupec	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
blackbox	1	1	1	1	1	1	162,3	229	129,4	1	1	234,4	156,5	245,8	1	1	169,4	231,2	136,7	1	1	1	1	1	1
greybox	1	1	1	1	1	1	143,9	266,8	170,2	1	1	222	139,2	231	1	1	148,2	216,2	163,1	1	1	1	1	1	1
whitebox	5,95	6,06	6,95	7,69	7,25	5,54	130,7	231,4	197,2	8,57	6,16	199,6	139,4	295,7	9,13	5,86	130	216,4	174,1	8,51	5,97	6,13	7,31	7,78	7,09
šedá x násobek	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	1,17	1,32	1,00	1,00	0,95	0,89	0,94	1,00	1,00	0,87	0,94	1,19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
bílá x násobek	5,95	6,06	6,95	7,69	7,25	5,54	0,81	1,01	1,52	8,57	6,16	0,85	0,89	1,20	9,13	5,86	0,77	0,94	1,27	8,51	5,97	6,13	7,31	7,78	7,09

Tab. 22: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini profil ETC

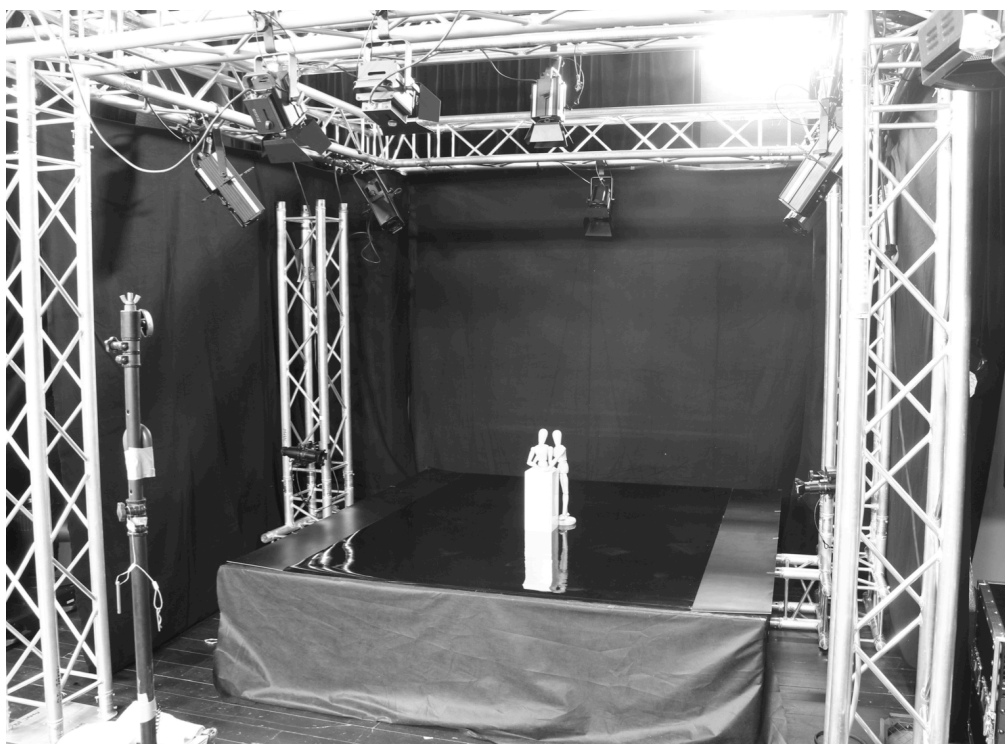
4.5 Měření odraženého světla ze scény

Záměrem této části projektu bylo naměřit dopadající světlo z jednotlivých prostorů (black box, white box...) do „hlediště“. Měřicí přístroj byl umístěn ve výšce 1,2 m od podlahy místnosti a ve vzdálenosti 1 m od přední hrany praktikáblu (výška praktikáblu 50 cm). V rámci měření bylo nasbíráno 10 vzorků, které byly posléze tzv. zprůměrovány dle vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1} x_i$$

kde \bar{x} je aritmetický průměr; n počet opakovaných měření; x_i součet všech naměřených hodnot.

Pro tuto část byla vystavěna jednoduchá modelová scéna (viz obr. 47).



Obr. 47: Foto scény

Následující tabulka ukazuje naměřené hodnoty v černém, šedém, bílém vykrytí (tzv. black box, grey box, white box).

Scéna A se skládala z deseti svítidel (2 boční - ETC mini, 1 čelní přední bílé - mini PC , 1 červené - mini PC , 2 přední z rohů - mini profil Spotlight, 2 zadní z rohů - mini profil Spotlight, 1 shora - mini Fresnel a 1 kontra zezadu - mini Fresnel).

Scéna B byla svícena pouze jedním mini PC svítidlem zepředu s červeným filtrem (LEE 164 s propustností Δ 21,68% osvětlenosti).

4.5.1 Výsledky měření

	black box	grey box	white box
scéna A	6,024 lux	10,704 lux	77,47 lux
scéna B	0 lux	0 lux	6,79 lux

Tab. 23: Osvětlenost ambientního světla

Jak je z tabulky patrné v případě black boxu byla většina vyzařovaného světla ve scéně A pohlcena textilií a jen nepatrné záření bylo odraženo ven z prostoru, zatímco červené světlo ve scéně B výkryty zcela pohltily. Grey box ve scéně A odrazil cca 1,8x více světla než black box, ale ve scéně B pohltil stejné množství světla jako black box. Nejzajímavějším výsledkem je odrazivost whiteboxu, který vykazuje až 12,86x větší osvětlenost ambientním světlem oproti black boxu ve scéně A a přes 7x větší odrazivost oproti grey boxu. Ve scéně B dokonce white box přesahuje hodnotu odrazivosti black boxu scény A.

Pro přesnější představu je k dispozici vizuální porovnání daných scén za pomoci fotodokumentace, která byla pořízena pro všechny scény s jednotným nastavením fotoaparátu: ISO 400, clona 5,6, čas 1/8s. Ačkoli se fotografie grey boxu a black boxu v případě scény B liší, červené ambientní světlo luxmetr nezaznamenal.

Lze tedy konstatovat, že v případě white boxu, jakožto inscenačního prostoru, ve kterém se světlo odráží až 12 krát více, je zapotřebí výrazně méně svítidel (či světelných zdrojů s nižší svítivostí), než by jich bylo třeba v klasickém black boxu. V prostoru white boxu je však daleko náročnější pracovat s nízkou hladinou osvětlení, díky jeho velké odrazivosti bílých ploch.

4.5.2 Vizuální porovnání



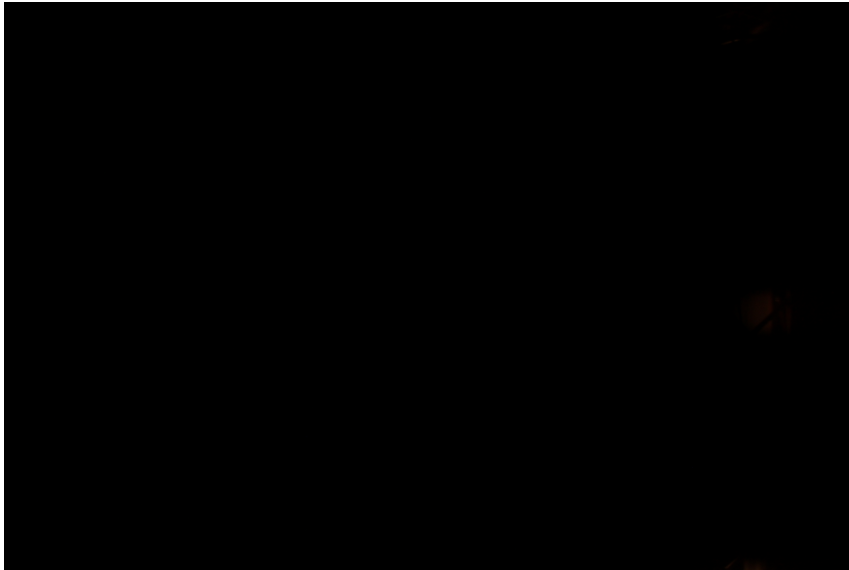
Obr. 48: Scéna A - Black box



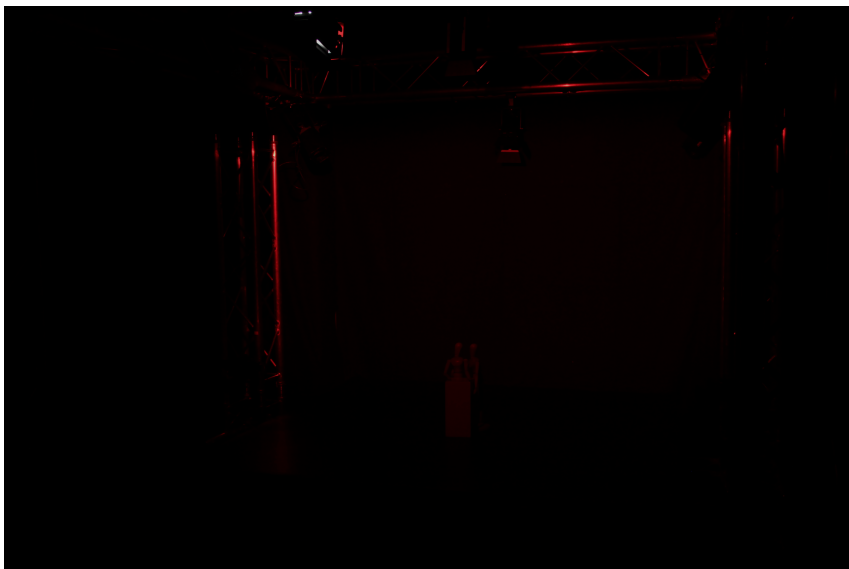
Obr. 49: Scéna A - Grey box



Obr. 50: Scéna A - White box



Obr. 51: Scéna B - Black box



Obr. 52: Scéna B - Grey box



Obr. 53: Scéna B - White box

5 Změny v projektu

Projekt naplnil svůj původní cíl, jímž bylo vytvořit mobilní světelný model vybavený funkčními miniaturami konvenčních svítidel, ve kterém by bylo možné simulovat reálný divadelní prostor či jen danou scénu a v něm změřit základní fotometrické vlastnosti svítidel i celého prostoru.

V jeho průběhu nastalo několik změn, především posunutí předpokládaných termínů realizace samotného měření ve světelném modelu z důvodu opakovaných výběrových řízení na dodavatele svítidel, softwaru a fotometrického měřidla (luxmetru). Nepodařilo se úspěšně vyhodnotit výběrová řízení v průběhu letních prázdnin (do výběrového řízení se nepřihlásil žádný dodavatel, provoz fakulty byl omezen včetně jeho administrativy atd.), a bylo tedy nutné vypsát nová výběrová řízení až v měsíci září. Měřicí přístroj se po neúspěšných výběrových řízeních podařilo zakoupit až v měsíci říjnu (doručen byl v polovině listopadu). Dalším ovlivňujícím faktorem, který měl za následek posunutí termínu celé realizace projektu, byl veletrh TheatreTech, který se konal na začátku měsíce listopadu na brněnském výstavišti. Hliníkovou konstrukci, která byla v projektu použita jako základna světelného modelu, bylo nutné rozebrat a poskytnout spolu s dalším vybavením na tento veletrh, pro prezentaci JAMU.

Zásadní změnou oproti původnímu plánu bylo rozhodnutí nezakoupit fotometrický měřicí přístroj chromametr, který umožňuje měřit barevnou teplotu světla, z důvodu jeho vysoké pořizovací ceny. Díky takto ušetřeným financím bylo možné pořídit luxmetr vyšší třídy.

6 Použití finančních prostředků

Položky	cena s DPH
Technické normy ČSN	1 109,00 Kč
Publikace Světlo a osvětlování	380,00 Kč
Předplatné časopisu Světlo	208,00 Kč
Digitální luxmetr KIMO	27 000,00 Kč
datalogger pro měření teploty, tlaku, vlhkosti vzduchu; lihový teploměr	1 819,00 Kč
10 ks halogenových světel	95 498,00 Kč
software – Vectorworks, Virtual Light Lab	22 984,00 Kč
Objekty do světelného modelu - manekýny	3 242,00 Kč
barva na manekýny	136,00 Kč
náhradní halogenové žárovky	1 294,70 Kč
11 ks prodlužovacích kabelů 230 V	4 698,90 Kč
zipy na prodlužovací kabely 230 V	701,80 Kč
Ventilátor podlahový kovový průměr cca 45 cm	1 148,29 Kč
kapalina pro výrobek mlhy AFM 2000-Case 10l	1 306,80 Kč
kapalina pro Hazer Tour Smoke Factory 5l	1 511,29 Kč
lemovka – poutka na černý molton	292,00 Kč
barevný filtr LEE 132, 124, 164, 101, 113, 115 (1m)	2 250,60 Kč
Materiál ke zpracování filtrů - řezák, podložka	1 975 Kč
lepící pásy (PVC, gafa protiskluzová)	1 143,45 Kč
Stipendium – zahraniční cesta Frankfurt	19 500,00 Kč
Stipendium – spotřební materiál	1 801,17 Kč
CELKEM	190 000,00 Kč

Tab. 24: Využití finančních prostředků projektu

Závěr

V rámci projektu specifického výzkumu byl vytvořen světelný model o rozměrech 2,5 m x 2,5 m x 2,26 m (hliníková rozebíratelná trussová konstrukce) s podlahou tvořenou dvěma praktikáblí (1 m x 2 m x 0,5 m). Model byl vybaven textiliemi a baletními koberci darovanými firmou Tüchler, deseti funkčními miniaturami konvenčních svítidel (6 ks profilových svítidel, 2 ks PC, 2 ks fresnel). Dále byl pořízen speciální software pro virtuální sestavení světelné laboratoře Virtual Light Lab 2010 a software pro tvorbu technické dokumentace, 3D modelů a světelných plánů VectorWorks 2015. Pro měření byl zakoupen digitální luxmetr KIMO LX200 a datalogger pro záznam teploty, vlhkosti a tlaku v laboratoři. V takto vybaveném pracovišti byla pro každé svítidlo měřena intenzita, propustnost barevných, korekčních a difúzních filtrů, osvětlenost plochy a měření odraženého světla ze scény.

V průběhu příprav projektu bylo zjištěno, že na trhu se světelnou technikou se miniatury scénických svítidel vyskytují velice zřídka. Převážná většina těchto svítidel využívá, oproti jejich standardním typům, odlišné světelné zdroje a zároveň slouží spíše jako dekorační doplněk. Nelze tedy jednoduše aplikovat zmenšený model svítidla, použít jej v simulačním modelu a předpokládat, že při nastavení stejných intenzit osvětlenosti, barevných filtrů a pozic bude výsledné nasvícení vypadat totožně na velké scéně s použitím standardních svítidel, jako ve světelném modelu. Je třeba myslet na to, že každé svítidlo má specifické parametry a užití. Z teoretického hlediska je možné obdobné typy svítidel mezi sebou komparovat, avšak pouze v případě, že typ a barevná teplota světelného zdroje a vyzařovací úhel svítidel jsou totožné.

Simulační model svým přesahem může sloužit nejen pro ověření základních fotometrických veličin svítidel a světelných zdrojů, ale především jej lze využít jako učební pomůcku do praktické výuky základů scénického svícení (zahrnující nejen technickou přípravu studenta, ale i umělecké vnímání světla a jeho zákonitosti), ale i jako simulační a pokusný model při tvorbě, hledání a práci na světelných projektech či inscenacích. Bylo by vhodné pořídit více těchto zmenšených svítidel, aby bylo možné pracovat se svícením celého

prostoru světelného modelu, případně jeho částí a jednotlivých scén. Minimální počet těchto svítidel pro základní svícení se pohybuje kolem 20 ks, poté by bylo možné na takto vybaveném simulačním modelu realizovat i plnohodnotnou výuku či semestrální klauzury Ateliéru světelného designu.

Použité zdroje a literatura

ČÁP, Vladislav. *Světlo ve výtvarných disciplínách*. Praha 1: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1984.

ČSN 36 0010. *Měření světla: Kmenová norma*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1965.

ČSN 36 0011-1. *Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

ČSN 36 0011-3. *Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

HABEL, Jiří, Karel DVOŘÁČEK, Vladimír DVOŘÁČEK a Petr ŽÁK. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.

MORAN, Nick. *Světelný design pro divadlo, koncerty, výstavy a živé akce*. Vyd. 1. Praha: Institut umění, Divadelní ústav, 2010. ISBN 978-807-0082-461.

MÜLLER, Václav. *Barva, barevné světlo a scénický prostor*. Brno: Krajské kulturní středisko v Brně, 1986.

WOLF, R. Craig a Dick BLOCK. *Scene Design and Stage Lighting*. 10th ed. Boston: Wadsworth Pub Co, 2009. ISBN 11-113-4443-4.

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1: Kompoziční osvětlení ve světelném modelu

R. CRAIG WOLF, Dick Block. Scene Design and Stage Lighting. 10th ed. Boston: Wadsworth Pub Co, 2009. s.327.

Obr. 2: Příklad plošného svítidla (tzv. vany) s reflektorem

http://www.artlighting.cz/katalog/zbozi/popis_zbozi.asp?klic_ma=3707.226

Obr. 3: Příklad svítidla s PC čočkou

http://www.artlighting.cz/katalog/zbozi/popis_zbozi.asp?klic_ma=257.226

Obr. 4: Příklad svítidla s fresnelovou čočkou

http://www.artlighting.cz/katalog/zbozi/popis_zbozi.asp?klic_ma=241.226

Obr. 5: Příklad svítidla PAR

http://www.artlighting.cz/katalog/zbozi/popis_zbozi.asp?klic_ma=2890.226

Obr. 6: Příklad profilového svítidla

http://www.artlighting.cz/katalog/zbozi/popis_zbozi.asp?klic_ma=2673.226

Obr. 7: Klasická žárovka s wolframovým vláknem a patičí E27

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Gluehlampe_01_KMJ.jpg/640px-Gluehlampe_01_KMJ.jpg

Obr. 8: 12 V halogenová žárovka s reflektorem

http://www.elektro-paloucek.cz/bmz_cache/1/1b48d1f2165552f6e4eb0a4d2f291f16.image.600x600.jpg

Obr. 9: Halogenová lampa s patičí GY 9.5

<http://www.hdt.cz/fotocache/bigorig/88384110.JPG>

Obr. 10: Počítačový návrh simulačního světelného modelu ve světelné laboratoři archiv autorů

Obr. 11: Světelná laboratoř na Rose Bruford College

archiv autorů

Obr. 12: Svítidlo Spotlight mini profile zoom a jeho rozměry

[Spotlight product bulletin, miniProfile zoom MI PR ZS NO]

http://www.spotlight.it/file.asp?file=/files/prodotto/datasheet/Sagomatore/minipRz_NOen.pdf

Obr. 13: Fotometrická specifikace svítidla Spotlight mini profile zoom

[Spotlight product bulletin, miniProfile zoom MI PR ZS NO]

http://www.spotlight.it/file.asp?file=/files/prodotto/datasheet/Sagomatore/minipRz_NOen.pdf

Obr. 14: Svítidlo ETC Source Four mini a jeho rozměry

<http://www.pnta.com/lighting/fixtures/ellipsoidal/etc-source-four-mini>

Obr. 15: Fotometrická specifikace svítidla ETC Source Four mini s tubusem 19

<https://www.etconnect.com/workarea/DownloadAsset.aspx?id=10737460190>

Obr. 16: Výměnné tubusy (optické členy) pro ETC Souce Four mini

<http://www.pnta.com/lighting/fixtures/ellipsoidal/etc-source-four-mini>

Obr. 17: Svítidlo Spotlight mini PC a jeho rozměry

[Spotlight product bulletin, miniPC MI PC NO]

http://www.spotlight.it/file.asp?file=/files/prodotto/datasheet/Piano-Convesso/miniPC_NOen.pdf

- Obr. 18: Fotometrická specifikace svítidla Spotlight mini PC**
[Spotlight product bulletin, miniPC MI PC NO]
http://www.spotlight.it/file.asp?file=/files/prodotto/datasheet/Piano-Convesso/miniPC_NOen.pdf
- Obr. 19: Svítidlo Spotlight mini Fresnel a jeho rozměry**
[Spotlight product bulletin, miniFR MI FR NO]
http://www.spotlight.it/file.asp?file=/files/prodotto/datasheet/Proiettori/miniFN_NOen.pdf
- Obr. 20: Fotometrická specifikace svítidla Spotlight mini Fresnel**
[Spotlight product bulletin, miniFR MI FR NO]
http://www.spotlight.it/file.asp?file=/files/prodotto/datasheet/Proiettori/miniFN_NOen.pdf
- Obr. 21: Prostředí softwaru Vectorworks**
http://www.diereferenz.de/files/image/Vectorworks_Tutorial_Spotlight_2.jpg
- Obr. 22: 3D vizualizace v software Vectorworks**
<http://www.vectorworks.net/uploads/media/gallery/0001/01/675d4bb031823fc3ce010613da2fe0e3c561f098.jpeg>
- Obr. 23: Světelný plán vytvořený softwarem Vectorworks**
<http://www.computerworks.de/produkte/vectorworks/vectorworks-spotlight/galerie.html>
- Obr. 24: Software Virtual Light Lab**
archiv autorů
- Obr. 25: Virtuální simulační model v softwaru Virtual Light Lab**
archiv autorů
- Obr. 26: Simulační model – white box**
archiv autorů
- Obr. 27: Luxmetr KIMO LX 200**
<http://www.mericitechnika.cz/data/imgs/03097m.jpg>
- Obr. 28: Software LLX200 pro vyhodnocení dat luxmetru KIMO LX200 – ukázka vyhodnocení osvětlenosti v časovém intervalu**
archiv autorů
- Obr. 29: Ukázka software LLX200 – Kartografie znázornění intenzity osvětlení prostoru**
archiv autorů
- Obr. 30: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 164**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 31: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 124**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 32: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 132**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 33: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 115**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 34: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 113**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 35: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 101**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 36: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 200**
<http://www.leefilters.com>

- Obr. 37: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 201**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 38: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 202**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 39: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 205**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 40: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 604**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 41: Graf spektrální propustnosti filtru LEE 651**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 42: Filtr LEE 220**
<http://www.leefilters.com>
- Obr. 43: Kartografie osvětlení pro mini PC (zleva black box, grey box, white box)**
archiv autorů
- Obr. 44: Kartografie osvětlení pro mini fresnel (zleva black box, grey box, white box)**
archiv autorů
- Obr. 45: Kartografie osvětlenosti pro mini profil (zleva black box, grey box, white box)**
archiv autorů
- Obr. 46: Kartografie osvětlení pro mini profil ETC (zleva black box, grey box, white box)**
archiv autorů
- Obr. 47: Foto scény**
archiv autorů
- Obr. 48: Scéna A – Black box**
archiv autorů
- Obr. 49: Scéna A – Grey box**
archiv autorů
- Obr. 50: Scéna A – White box**
archiv autorů
- Obr. 51: Scéna B – Black box**
archiv autorů
- Obr. 52: Scéna B – Grey box**
archiv autorů
- Obr. 53: Scéna B – White box**
archiv autorů

Seznam tabulek

- Tab. 1: Textilie, folie a podlahové krytiny darované firmou Tüchler**
- Tab. 24: Průměrná osvětlenost minimálního vyzařovaného úhlu světla**
- Tab. 3: Průměrná osvětlenost maximálního vyzařovaného úhlu světla**
- Tab. 4: Souhrn naměřených hodnot pro daný filtr ve vzdálenosti 2 m a 4 m**
- Tab. 5: Propustnost filtru LEE 164**
- Tab. 6: Propustnost filtru LEE 124**
- Tab. 7: Propustnost filtru LEE 132**
- Tab. 8: Propustnost filtru LEE 115**

- Tab. 9: Propustnost filtru LEE 113**
- Tab. 10: Propustnost filtru LEE 101**
- Tab. 11: Propustnost filtru LEE 200**
- Tab. 12: Propustnost filtru LEE 201**
- Tab. 13: Propustnost filtru LEE 202**
- Tab. 14: Propustnost filtru LEE 205**
- Tab. 15: Propustnost filtru LEE 604**
- Tab. 16: Propustnost filtru LEE 651**
- Tab. 17: Propustnost filtru LEE 220**
- Tab. 18: Tabulka procentuální propustnosti a pohlcení daným filtrem**
- Tab. 19: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini PC**
- Tab. 20: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini fresnel**
- Tab. 21: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini profil**
- Tab. 22: Intenzita osvětlenosti v daných bodech pro mini profil ETC**
- Tab. 23: Osvětlenost ambientního světla**
- Tab. 24: Využití finančních prostředků projektu**

Seznam grafů

Graf 1: Propustnost osvětlenosti jednotlivých filtrů dle výrobce LEE (v %)

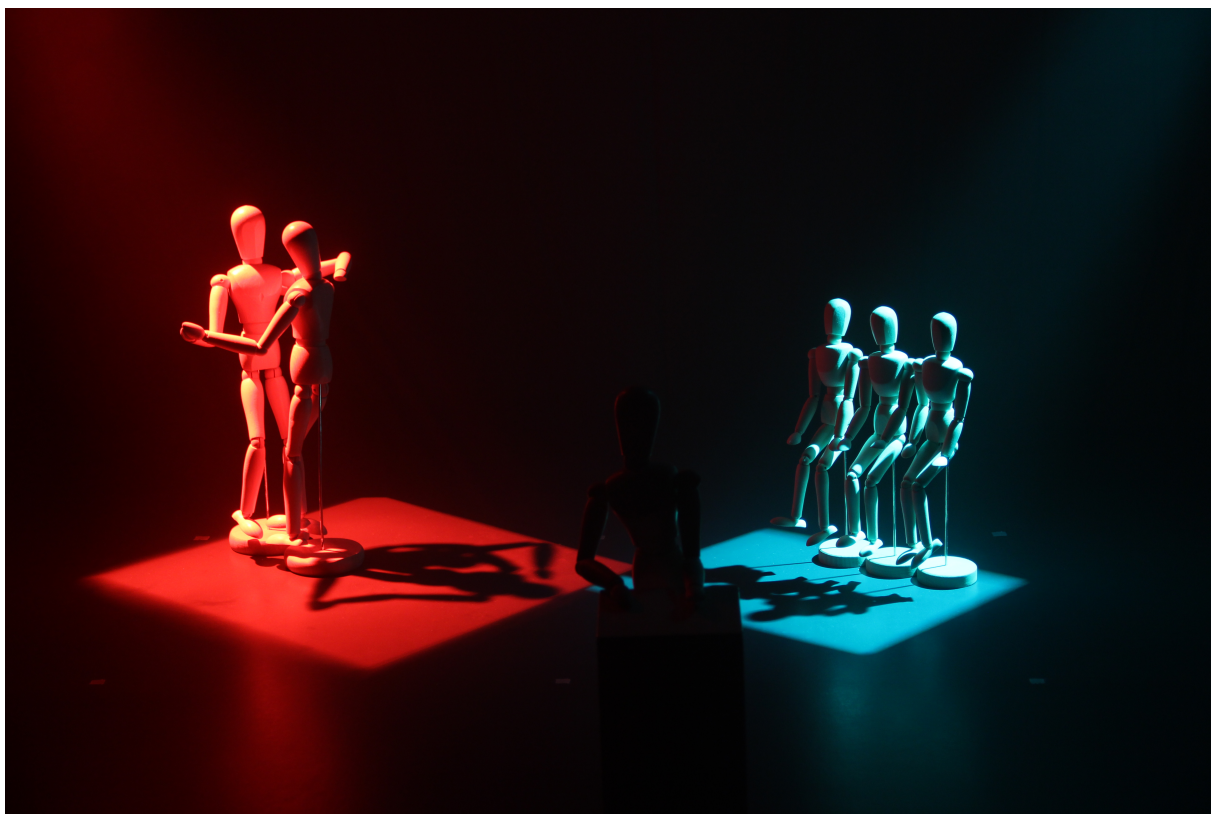
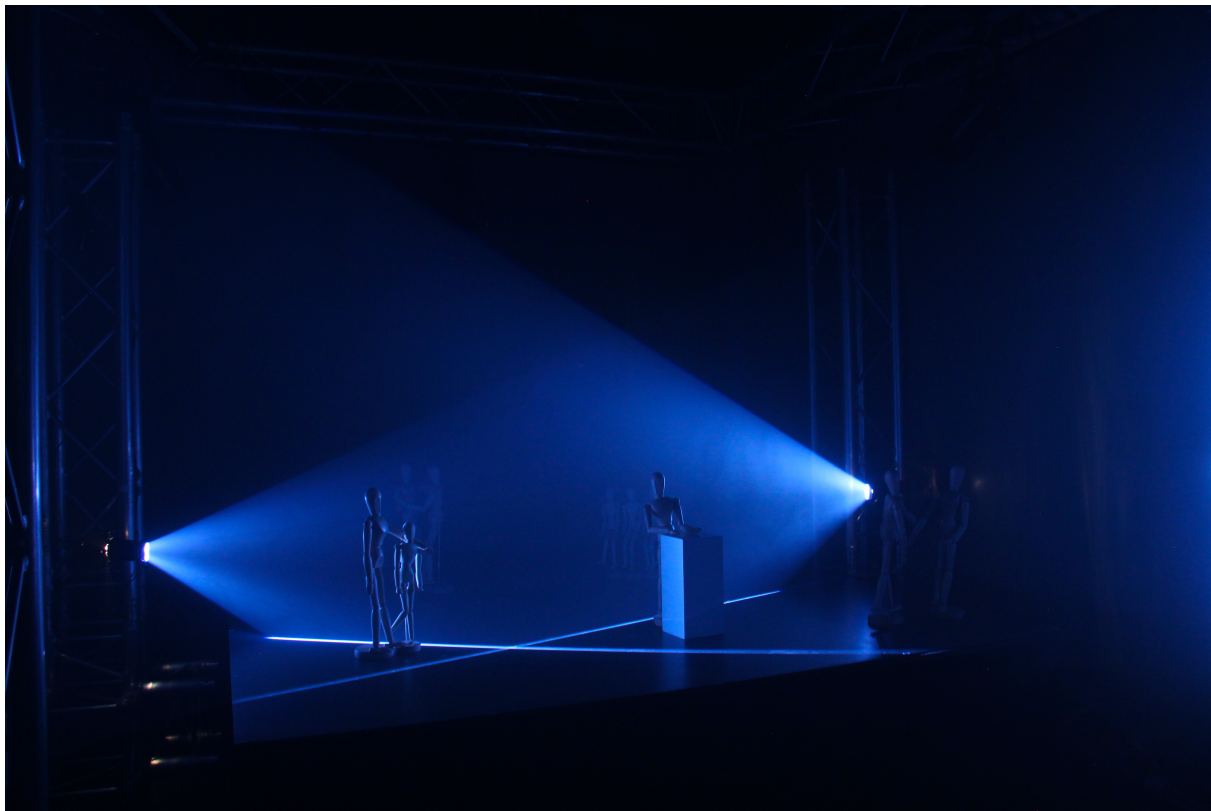
Graf 2: Propustnost osvětlenosti jednotlivých filtrů dle naměřených hodnot (v %)

Seznam příloh

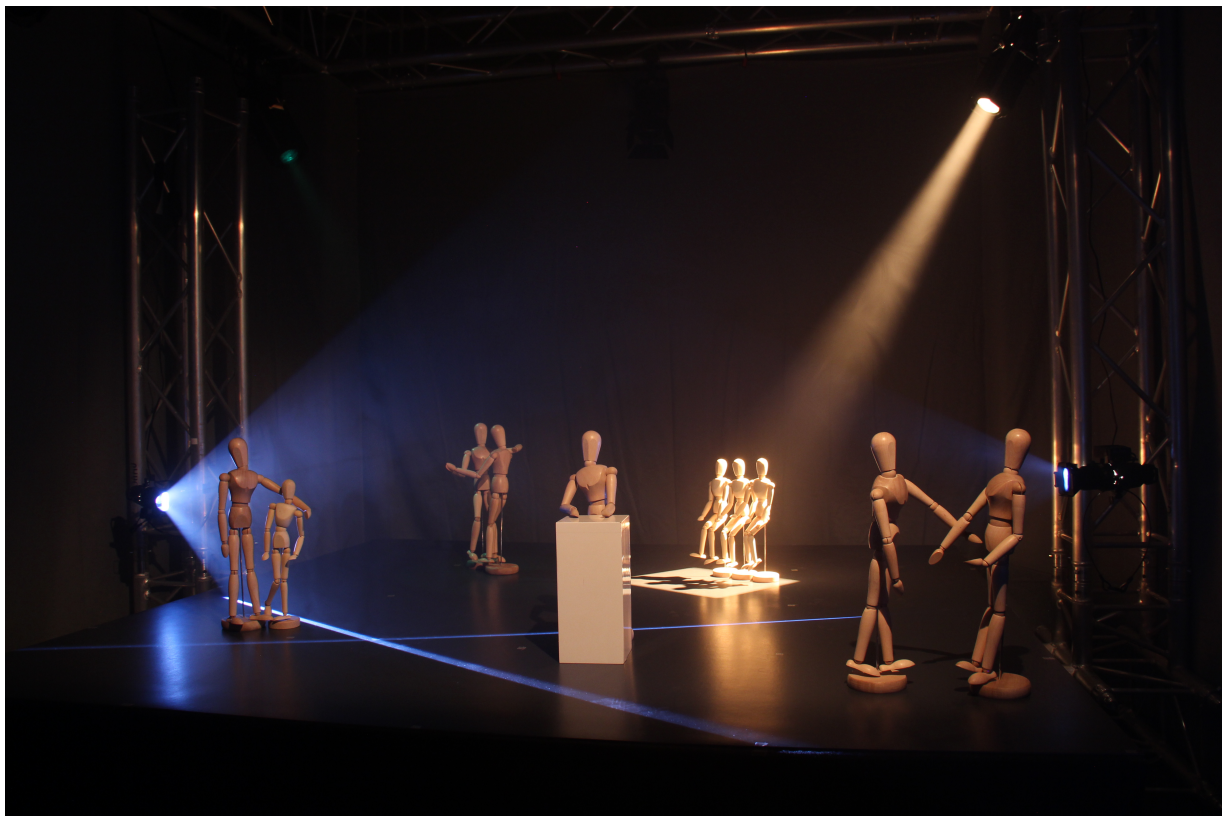
Příloha č. 1 – Fotopříloha

Příloha č. 1 – Fotopříloha

Různé varianty nasvícení jednoho aranžmá scény











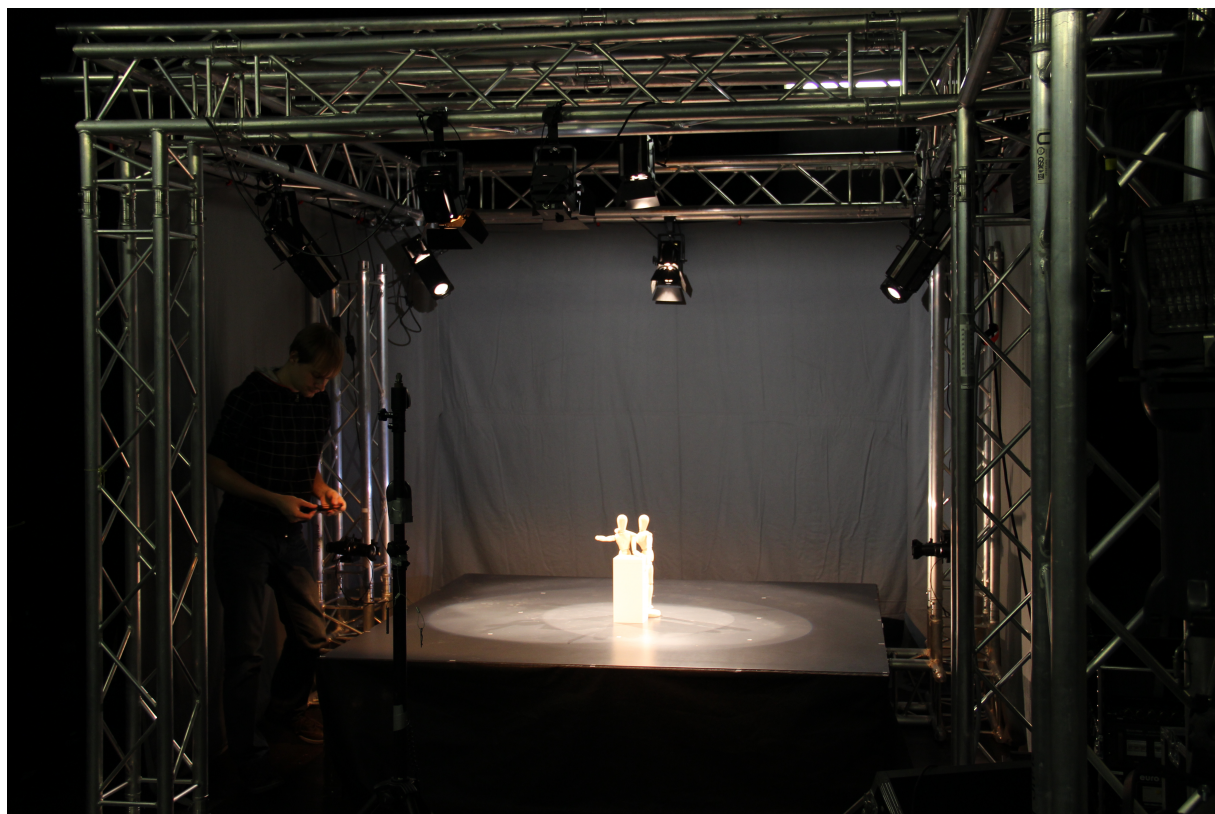




Srovnání světelného simulačního modelu s lidskou postavou a prostorem



Instalace svítidel, filtrů a jejich fokus



Světelný model s modrými výkryty a zeleným klíčovacím pozadím



Světelný model bez výkrytů a white box

