

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

**Posouzení kvality denního osvětlení ve vybraných  
učebnách ZČU**

Diplomová práce

**Bc. Lenka Brožková**

*Stavitelství*

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

**Plzeň 2020**

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka BROŽKOVÁ**  
Osobní číslo: **A18N0064P**  
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Stavitelství**  
Téma práce: **Posouzení kvality denního osvětlení ve vybraných učebnách ZČU**  
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

### Zásady pro vypracování

1. Analýza požadavků pro denní osvětlení staveb, včetně legislativy týkající se kvality denního osvětlení v České republice.
2. Teoretická analýza zrakové činnosti, namáhání zraku, vliv kvality osvětlení na zdraví a pohodu osob.
3. Posouzení kvality denního osvětlení ve vybraných učebnách budov ZČU v Plzni, analýza výsledků.
4. Návrh opatření pro zlepšení stávajícího stavu, analýza technických a ekonomických důsledků.
5. Vyhodnocení a závěry.

Rozsah diplomové práce: **textová část 50 – 60 stran A4**  
Rozsah grafických prací: **výkresové přílohy 20 – 30 stran A4**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

#### Seznam doporučené literatury:

1. Zákony, normy, vyhlášky, odborné časopisy v oblasti stavebnictví
2. ČSN 730580 (2007) Denní osvětlení budov
3. ČSN 36001 (2014) Měření denního osvětlení
4. Sokanský K.: Světelná technika. ČVUT v Praze, 2011, ISBN: 978-80-01-04941-9
5. Vychytil, J.: Stavební světelná technika. Cvičení. První vyd., ČVUT v Praze, 2015. ISBN 978-80-01-05858-9
6. Mardaljevic J, Heschong L, Lee E: Daylight Metrics and Energy Savings [online]. Lighting Res. Technol. 2009; 41: 261-283 [cit. 9.7.2019] Dostupné z:  
[https://www.usailighting.com/stuff/contentmgr/files/1/90e32c1baadebd84a59826736080ee3/misc/metrics\\_mardaljevic.pdf](https://www.usailighting.com/stuff/contentmgr/files/1/90e32c1baadebd84a59826736080ee3/misc/metrics_mardaljevic.pdf)
7. Bošová, D.: Denní osvětlení budov. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2016. ISBN: 978-80-87438-70-1

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.**  
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **1. července 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. ledna 2020**

*Radová*

**Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová**  
děkanka



*Jan Vimmr*

**Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.**  
vedoucí katedry

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 22. června 2020

.....  
vlastnoruční podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D. za odborné a zároveň lidské vedení při zpracování této diplomové práce, za kritické myšlení a veselé konzultace. Velké díky patří i paní sekretářce Janě Nocarové, která mi pomohla s přístupem do všech měřených učeben a obstaráním norem.

Další díky patří Ing. Oldřichu Kroupovi za zapůjčení a instruktáž k měřicím přístrojům.

Velké díky patří mému měřičskému týmu – mojí velmi dobré kamarádce Bc. Michaele Benešové a mojí sestře Simoně Brožkové. Bez nich bych se musela rozkrájet a měřila ještě dnes.

Za morální a psychickou podporu bych ráda poděkovala svému příteli Slávečkovi a paní doktorce MUDr. Janě Reifové a dalším přátelům, protože bez nich bych nedokázala napsat ani čárku.

A nakonec musím poděkovat hlavně sobě za to, že jsem to zvládla, vydržela, překonala všechny trable a dotáhla to až k těmto řádkům.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá kvalitou denního osvětlení v učebnách Západočeské univerzity v Plzni.

V práci je výčet požadavků na denní osvětlení a hodnocení jeho kvality. Dále jsou zde uvedené způsoby a systémy osvětlovacích otvorů. Dalším bodem je fyziologie vidění a vliv denního osvětlení na člověka. Dále se zde zabývám postupem měření denního osvětlení, měřicími přístroji a měřenými veličinami. Hlavní částí této práce je měření a posouzení kvality denního osvětlení ve vybraných učebnách univerzity. Doplněním k této kapitole je kapitola simulace těchto učeben v programu DesignBuilt a porovnání naměřených hodnot s hodnotami ze simulace. Poslední částí je návrh opatření a zhodnocení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

denní osvětlení, činitel denní osvětlenosti, kvalita denního osvětlení, měření denního osvětlení

**ANOTATION**

The diploma thesis deals with the quality of daylight in the classrooms of the University of West Bohemia in Pilsen.

The work is a list of requirements for daylighting and evaluation of its quality. The following are methods and systems of lighting openings. Another point is the physiology of vision and the effect of daylight on humans. I also deal with the process of measuring daylight, measuring instruments and measured quantities. The main part of this work is the measurement and assessment of daylight quality in selected classrooms of the university. The addition to this chapter is the chapter of simulation of these classrooms in the DesignBuilt program and comparison of measured values with values from the simulation. The last part is a proposal of measures and evaluation.

**KEY WORDS**

daylight, daylight factor, daylight quality, daylight measurement

## ERRATA

### OPRAVA STRANA 3:

### SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Druhy osvětlivacích otvorů dle směru dopadu světla [8].....	14
Obrázek 2 - Kombinovaný osvětlovací systém [8] .....	15
Obrázek 3 - Druhotný osvětlovací systém [8] .....	15
Obrázek 4 - Pasivní osvětlovací systémy [8] .....	16
Obrázek 5 - Části světlovodu [8] .....	17
Obrázek 6 - Aktivní osvětlovací systémy [8] .....	18
Obrázek 7 - Řez okem [8] .....	20
Obrázek 8 - Akomodační rozsah [8] .....	22
Obrázek 9 - Poměrná světelná účinnost monochromatického záření [8] .....	25
Obrázek 10 - Kontrolní body na vnitřní horizontální srovnávací rovině [1].....	29
Obrázek 11 - Kontrolní body na obecné srovnávací rovině [1] .....	29
Obrázek 12 - Univerzitní kampus ZČU [9] .....	35
Obrázek 13 - Schéma rozmístění kontrolních bodů v místnosti UU 106.....	38
Obrázek 14 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106	39
Obrázek 15 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UU 106.....	52
Obrázek 16 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106.....	53
Obrázek 17 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UU 106.....	58
Obrázek 18 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UU 106...	59
Tabulka 1 - Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [4] .....	9
Tabulka 2- Přehled veličin a úkonů při měření denního osvětlení dle přesnosti měření [2]	27
Tabulka 3 Celkové chyby luxmetrů, jasoměrů a jasových analyzátorů [1].....	28
Tabulka 4 - Činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti UU 106 .....	39
Tabulka 5 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 106 .....	40
Tabulka 6 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UU 106.....	40
Tabulka 7 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UU 106 .....	40
Tabulka 8 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UU 106 .....	53
Na obrázku č. Obrázek 18 je vidět, jak se hodnoty činitele denní osvětlenosti zlepšily přidáním dvou světlovodů. Hodnoty činitele denní osvětlenosti se v průměru zlepšily o 5,84 % a rovnoměrnost denního osvětlení je nyní na hodnotě 0,26. Maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je v tabulce č. 9. ....	58
Tabulka 10 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UU 106 .....	59



**OPRAVA STRANA 64:****SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZŮ**

- [1] ČSN 36 0011-1, 2014. *Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [2] ČSN 36 0011-2, 2014. *Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [3] ČSN 73 0580-1, 2007. *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut.
- [4] ČSN 73 0580-3, 1994. *Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: Český normalizační institut.
- [5] Ing. Daniela Bošová, Ph.D., 2016. *TP 1.8.8 Denní osvětlení budov*, Praha: Informační centrum ČKAIT, s.r.o. ISBN 978-80-87438-70-1.
- [6] Ing. Daniela Bošová, Ph.D., Ing. Lenka Prokopová, Ph.D., 2017. *Stavební fyzika I. Osvětlení, oslunění, akustika budov*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-06130-5.
- [7] Doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., 2013. *Stavební fyzika 1. Zvuk a denní světlo v architektuře*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05209-9.
- [8] Doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., 2013. *Stavební fyzika 1. Zvuk a denní světlo v architektuře*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05209-9.

# OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	4
SLOVNÍK TERMÍNŮ .....	5
ÚVOD .....	7
1 TECHNICKÉ POŽADAVKY PRO DENNÍ OSVĚTLENÍ ŠKOL.....	8
1.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA DENNÍ OSVĚTLENÍ ŠKOL .....	9
1.2 KVANTITATIVNÍ KRITÉRIUM – ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI D .....	10
1.3 KVALITATIVNÍ KRITÉRIA DENNÍHO OSVĚTLENÍ .....	11
1.3.1 Rovnoměrnost denního osvětlení .....	11
1.3.2 Rozložení světla a zábrana oslnění .....	11
1.3.3 Odrazivost a kolorita povrchů .....	12
1.3.4 Návrh a užívání budov z hlediska denního osvětlení.....	12
2 OSVĚTLOVACÍ SYSTÉMY.....	14
2.1 PASIVNÍ SYSTÉMY.....	15
2.1.1 Okna a světlíky.....	16
2.1.2 Anglické dvorky a sklepní světlíky .....	16
2.1.3 Světlovody .....	16
2.1.4 Zařízení pro přeměrování světla .....	17
2.2 AKTIVNÍ SYSTÉMY.....	17
2.2.1 Sluneční kolektory a heliostaty.....	18
2.2.2 Optické čočky.....	18
2.2.3 Systém optických vláken.....	18
2.3 REGULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ .....	18
2.4 ÚDRŽBA A KONTROLA .....	18
3 FYZIOLOGIE VIDĚNÍ.....	20
3.1 STAVBA OKA .....	20
3.2 AKOMODACE .....	21
3.3 ADAPTACE .....	22
3.4 FOTOTROPICKÝ REFLEX.....	23
3.5 ZORNÉ POLE.....	23
3.6 RYCHLOST VNÍMÁNÍ .....	23
3.7 ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST ZRAKU .....	24
3.8 OSLNĚNÍ.....	24
3.9 SPEKTRÁLNÍ CITLIVOST ZRAKU .....	24
4 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ .....	26
4.1 MĚŘENÉ VELIČINY .....	26
4.2 PŘÍSTROJE .....	27
4.3 VÝBĚR KONTROLNÍCH BODŮ.....	28
4.4 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ .....	30
4.5 POSTUP MĚŘENÍ .....	31
4.5.1 Činitel denní osvětlenosti .....	32
4.5.2 Kontrola jasu oblohy.....	32
4.5.3 Měření venkovní srovnávací roviny.....	33
4.5.4 Měření činitele denní osvětlenosti $D_w$ .....	34
5 POSOUZENÍ KVALITY DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÝCH UČEBNÁCH UNIVERZITY.....	35
5.1 MEZNÍ HODNOTY PRO POSOUZENÍ KVALITY A KVANTITY DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE ŠKOLÁCH .....	36
5.2 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V PRAXI .....	36

5.3	MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNÁCH V BUDOVĚ FST .....	37
5.3.1	Měření denního osvětlení v učebně UU 106 .....	37
5.3.2	Měření denního osvětlení v učebně UF 207 .....	41
5.3.3	Měření denního osvětlení v učebně UU 208 .....	42
5.4	MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNÁCH V BUDOVĚ FEL .....	43
5.4.1	Měření denního osvětlení v učebně EU 109 .....	43
5.4.2	Měření denního osvětlení v učebně EL 307 .....	44
5.4.3	Měření denního osvětlení v učebně EU 102 .....	45
5.5	MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNÁCH V BUDOVĚ FAV .....	46
5.5.1	Měření denního osvětlení v učebně UC 122 .....	46
5.5.2	Měření denního osvětlení v učebně UC 334 .....	47
5.5.3	Měření denního osvětlení v učebně UC 410 .....	48
5.6	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....	49
6	SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÝCH UČEBNÁCH UNIVERZITY A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	52
6.1	MODEL MÍSTNOSTI UU 106 .....	52
6.2	MODEL MÍSTNOSTI UF 207 .....	53
6.3	MODEL MÍSTNOSTI UU 208 .....	54
6.4	MODEL MÍSTNOSTI EU 109 .....	54
6.5	MODEL MÍSTNOSTI EL 307 .....	55
6.6	MODEL MÍSTNOSTI EU 102 .....	55
6.7	MODEL MÍSTNOSTI UC 122 .....	55
6.8	MODEL MÍSTNOSTI UC 334 .....	56
6.9	MODEL MÍSTNOSTI UC 410 .....	56
6.10	ZHODNOCENÍ POROVNÁVÁNÍ MODELŮ S NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI .....	56
7	NÁVRH OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU KVALITY DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÝCH UČEBNÁCH UNIVERZITY .....	57
7.1	NÁVRH PRO MÍSTNOST UU 106 .....	57
7.1.1	Technické a ekonomické posouzení návrhu pro místnost UU 106 .....	58
7.2	NÁVRH PRO MÍSTNOST UF 207 .....	59
7.3	NÁVRH PRO MÍSTNOST EU 109 .....	59
7.4	NÁVRH PRO MÍSTNOST EL 307 .....	60
7.5	NÁVRH PRO MÍSTNOST EU 102 .....	60
7.6	NÁVRH PRO MÍSTNOST UC 122 .....	60
7.7	NÁVRH PRO MÍSTNOST UC 334 .....	60
7.8	NÁVRH PRO MÍSTNOST UC 410 .....	61
	ZÁVĚR .....	62
	SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZŮ .....	63
	PŘÍLOHY .....	I

## SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1 - Přehled veličin a úkonů při měření denního osvětlení dle přesnosti měření [2] .....	<b>Chyba! Zložka není definována.</b>
Obrázek 3 - Kontrolní body na vnitřní horizontální srovnávací rovině .....	29
Obrázek 4 - Kontrolní body na obecné srovnávací rovině .....	29

**Nenalezena položka seznamu obrázků.**

**Nenalezena položka seznamu obrázků.**

**SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ**

D	činitel denní osvětlenosti (%)
$D_{\min}$	nejmenší činitel denní osvětlenosti (%)
$D_{\max}$	největší činitel denní osvětlenosti (%)
$D_w$	činitel denní osvětlenosti svislé roviny zasklení (%)
E	osvětlenost v kontrolním bodě (lx)
$E_h$	osvětlenost venkovní horizontální nezacloněné roviny (lx)
$E_w$	osvětlenost svislé roviny zasklení (lx)
$L_z$	jas oblohy v zenitu ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ )
$L_m$	průměrný jas oblohy ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ )
$A_R$	akomodační rozsah (D)
FST	Fakulta strojní
FEL	Fakulta elektrotechnická
FAV	Fakulta aplikovaných věd

## SLOVNÍK TERMÍNŮ

### Slovník termínů

V této diplomové práci jsou použity definice podle normy ČSN IEC 50(845), ČSN 73 0580-1, ČSN 73 0580-3, ČSN 36 0011-1, ČSN 36 0011-2

odstupňované denní osvětlení – denní osvětlení, jehož úroveň je pro jednotlivé funkčně vymezené části vnitřního prostoru odstupňována v souladu s charakterem zrakových činností, pro něž jsou tyto části určeny

trvalý pobyt – pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, která trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně

POZNÁMKA: Pro jednotlivé druhy budov a vnitřních prostorů může být technickými normami nebo jinými předpisy podrobněji stanoveno, co se v nich považuje za trvalý pobyt.

srovnávací rovina – rovina, na které se měří veličiny osvětlení

kontrolní bod – bod na srovnávací rovině, v němž se měří veličiny osvětlení

boční denní osvětlení – denní osvětlení osvětlovacími otvory umístěné v obvodové konstrukci budovy

POZNÁMKA: Za boční osvětlení se považuje i osvětlení šikmými okny bočně umístěnými v obvodové konstrukci budovy, i když tato konstrukce tvoří součást střechy, pokud je zachováno odpovídající rozložení světelného toku (převažující směr osvětlení za strany).

horní denní osvětlení – denní osvětlení osvětlovacími otvory umístěné ve střešní konstrukci budovy

POZNÁMKA: Za horní osvětlení se považuje i osvětlení okny ve svislé rovině obvodového pláště budovy, kde při vysokém parapetu oken převažuje směr osvětlení srovnávací roviny shora.

kombinované denní osvětlení – kombinace bočního a horního denního osvětlení ve vnitřním prostoru

zraková pohoda – subjektivní stav zrakového pohodlí vyvolaný světelným prostředím. Zrakovou pohodou se rozumí příjemný psychofyziologický stav, potřebný pro účinnou práci i odpočinek, splňující hygienické požadavky, který závisí především na intenzitě a jakosti osvětlení, na architektonických vlastnostech prostoru (barvy, tvary, poměry atd. v daném prostoru) a na stavu zraku

## ÚVOD

Problematika denní osvětlení budov obecně byla, je a bude aktuální téma, protože jako uživatelé v budovách trávíme velkou část našich životů, proto je důležité, aby tyto prostory byly dostatečně a kvalitně osvětleny denním světlem. Diplomová práce je zaměřena na kvalitu denního osvětlení ve vybraných učebnách Západočeské univerzity v Plzni.

Dostatečné a kvalitní denní osvětlení ovlivňuje zrakovou pohodu a psychickou pohodu uživatelů. Denní světlo a jeho fáze během dne ovlivňují biorytmy v těle a spánkové návyky. Ve školách je toto téma velmi důležité, pro dobré soustředění a vývoj člověka.

Toto téma volně navazuje na mojí semestrální práci, zpracovanou v minulém akademickém roce, která se touto problematikou zabývala. Téma vyplynulo ze semestrálního projektu, kde jsem zpracovávala projektovou dokumentaci budovy střední školy. Během konzultací, při volbě konstrukčního systému jsem řešila tuto okrajovou podmínku, a když přišel čas na volbu tématu pro semestrální práci, byla to první volba.

Diplomová práce je zaměřena na shrnutí podmínek vyplývajících z norem ČSN 73 05 80 - 1, kde jsou specifikovány požadavky na denní osvětlení a ČSN 73 05 80 - 3, kde jsou tyto požadavky konkretizovány pro školy. Dále jsou zpracovány teoretické poznatky k osvětlovacím systémům. Důležitou kapitolou je kapitola o fyziologii vidění, kde jsou popsány funkce oka a vlivu světla na člověka. Navazuje kapitola o měření denního osvětlení, které vyplývá z norem ČSN 36 0011 - 1 a ČSN 36 0011 - 2, kde se konkretizují požadavky na měření denního osvětlení. Následuje kapitola samotného praktického měření ve vybraných učebnách a zhodnocení. Dále navazují kapitoly ze simulace denního osvětlení místností a návrh opatření a jejich zhodnocení.

Hlavním cílem práce je zhodnotit stávající situaci z hlediska denního osvětlení ve vybraných učebnách. Pro hodnocení by měly být vybrány učebny z různých budov v kampusu univerzity. Vyhodnocení by mělo být objektivní na základě výsledků z měření a subjektivní na základě osobní zkušenosti z vyučování během studia.

Z osobní zkušenosti se předpokládá, že nevyhovující výsledky přinese měření v místnostech EU 102 a UC 410, protože se jedná o místnosti hlubší a denní osvětlení zde nedosáhne takové kvality. Vzhledem k odlišnému stáří budov se dá předpokládat, že výsledky v budovách FAV a FEL budou příznivější z hlediska kvality denního osvětlení.



## 1 TECHNICKÉ POŽADAVKY PRO DENNÍ OSVĚTLENÍ ŠKOL

Denní osvětlení vnitřních prostor je pro člověka jako uživatele budov velmi důležitá k zachování biorytmů lidského organismu. Denní osvětlení je důležité pro návyky spojené se spánkovým cyklem, ovlivňuje aktivitu uživatelů, jejich koncentraci, zrakovou pohodu a v neposlední řadě má vliv i na tělesnou teplotu. Denní osvětlení a jeho kvalita ovlivňují i lidskou psychiku a to i prostřednictvím kontaktu s vnějším prostředím. [7]

Hlavním ukazatelem kvality denního osvětlení je zraková pohoda uživatele. Denní osvětlení přináší do interiéru světlo, které je přirozeně rozptýleno v atmosféře a tím je možné zajistit zrakovou pohodu, která je nezbytná pro zrakové činnosti v interiéru. [6]

Téměř všechny aktivity člověka souvisí s vykonáním zrakové práce nebo získáváním informace pomocí zraku. Zrakovou pohodu uživatelů ovlivní množství světla, jeho rozložení v interiéru, složení spektra a světelné poměry v zorném poli uživatele. [6]

Existují tři hlavní ukazatele pro návrh kvalitního denního osvětlení – zdravotní, ekonomický a ekologický. [6]

Ve vnitřním prostoru by měl být zajištěn nerušený výhled bočními osvětlovacími otvory do bezprostředního okolí budovy (kontakt s vnějším prostředím). To pomáhá zajišťovat zrakovou pohodu co nejehospodárnějším způsobem. Dále je možné ovlivnit denní osvětlení barev a struktur použitých v interiéru. [3]

U nově navrhovaných budov je nezbytné vyhovující denní osvětlení pro tyto prostory:

- obytné místnosti bytů;
- ložnice a pokoje zařízení pro dlouhodobé ubytování a dlouhodobou rekreaci;
- denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu;
- učebny škol (mimo speciálních poslucháren);
- vyšetřovny a lůžkové místnosti zdravotnických zařízení;
- místnosti pro oddech a jídelny určené pro uživatele vnitřních prostorů bez denního světla. [6]

Ve školách je denní osvětlení klíčové, protože ovlivňuje výkon studentů, únavu zrakových orgánů a především celkovou únavu. Důležité je denní osvětlení především u mladších studentů (dětí předškolního věku), jelikož se jejich zrak se vyvíjí a ovlivňuje mentální vývoj a motoriku. [4]

Denní osvětlení škol musí vyhovovat všem uživatelům (studenti, vyučující apod.) vnitřních prostor, tak aby byly splněny všechny požadavky na možné zrakové činnosti.

Zraková podoba musí být ve všech stavbách vč. škol zachována při zatažené obloze, jasné nebo polojasné obloze a přímém slunečním záření. [3]

Denní osvětlení se posuzuje a navrhuje dle těchto hledisek:

- úroveň denního osvětlení (činitel denní osvětlenosti);
- rovnoměrnost osvětlení;
- oslnění;
- rozložení světelného toku a převažující směr světla;
- další jevy ovlivňující zrakovou pohodu. [3]

## 1.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA DENNÍ OSVĚTLENÍ ŠKOL

Vhodné denní osvětlení se navrhuje v prostorách škol v místnostech s trvalým pobytem a v prostorách, kde se uživatelé střídají při krátkodobém pobytu dle tabulky Tabulka 1.

Tabulka 1 - Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [4]

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Hodnota činitele denní osvětlenosti v %	
				minimální $D_{min}$	průměrná $D_m$
I	mimořádně přesná	3330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola	3,5	10
II	velmi přesná	1670 až 3330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce	2,5	7
III	přesná	1000 až 1670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání	2	6
IV	středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení psaní (rukou i strojem), obsluha strojů, běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel, závodní sport	1,5	5
V	hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání	1	3
VI	velmi hrubá	menší než 100	Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti	0,5	2
VII	celková orientace	–	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled	0,2	1

Dostatečná úroveň denního osvětlení pro zrakové činnosti se ve školách zajišťuje pomocí bočního a horního denního osvětlení (boční a horní osvětlovací soustavy – viz. kapitola 2). Při vymezení více zrakových činností v prostoru se vždy musí splnit požadavky pro zrakové činnosti s největšími požadavky na osvětlení. Při změně využití prostor se mění i požadavky na vnitřní osvětlení dle dané zrakové činnosti. [3] [4]

Doplnění umělého osvětlení ve školách je možné využít krátkodobě, např. při skupinovém vyučování s různou orientací pracovních míst v prostorách s bočním osvětlením na jedné straně. [4]

Vnitřní únikové cesty musejí být z bezpečnostních důvodů osvětleny denním osvětlením tak, aby byla minimální hodnota činitele denní osvětlenosti 0,1 % i při zatmění. [3]

## 1.2 KVANTITATIVNÍ KRITÉRIUM – ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI D

Činitel denní osvětlenosti D (%) je hlavním kvantitativním kritériem při hodnocení denního osvětlení. Jeho hodnota se stanovuje při rovnoměrně zatažené obloze v zimě (nejméně příznivé podmínky pro denní osvětlení).

Činitel denní osvětlenosti se stanovuje jako podíl osvětlenosti E (lx) na vnitřní srovnávací rovině v bodě a osvětlenosti na vnější nezacloněné rovině  $E_h$  (lx) podle vztahu:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 (\%), \quad (1)$$

kde je

E osvětlenost vnitřního kontrolního bodu (lx)

$E_h$  osvětlenost venkovní vodorovné necloněné srovnávací plochy (lx).

Požadavky na hodnoty činitele denní osvětlenosti uvádí tabulky Tabulka 1. Minimální hodnoty činitele denní osvětlení  $D_{\min}$  (%) musí být splněny ve všech kontrolních bodech měření. Ve vnitřním prostoru s horním či kombinovaným denním osvětlením je nutné splnit i požadavky průměrného činitele denní osvětlenosti  $D_m$  (%), dle tabulky Tabulka 1. Průměrný činitel denní osvětlenosti  $D_m$  se určí jako aritmetický průměr v kontrolních bodech. [3] [4]

Hodnoty činitele denní osvětlenosti lze stanovit měřením ve vnitřním prostoru budovy nebo na modelu, nebo výpočtem ve fázi projektové přípravy stavby. [5]

### 1.3 KVALITATIVNÍ KRITÉRIA DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Zásadním kritériem při návrhu denního osvětlení je zraková pohoda, která je velmi subjektivním kritériem. Proto mimo kvantitu denního osvětlení posuzujeme i jeho kvalitu při rovnoměrně zatažené obloze v zimě. [3]

#### 1.3.1 ROVNOMĚRNOST DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Rovnoměrnost denního osvětlení se určuje jako podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech v interiéru. Při přecházení mezi vnitřními prostory nemají být hodnoty činitele denní osvětlenosti ve větším poměru než 1 : 5. [3]

Podle tříd zrakových činností I – IV musí splňovat činitel denní osvětlenosti hodnotu větší 0,2 a při třídě V větší než 0,15. Při třídách I – III norma ČSN 73 0580 – 1 doporučuje rovnoměrnost denního osvětlení nejméně 0,3. Pro školy při bočním denním osvětlení jsou hodnoty určeny dle tabulky Tabulka 1. [4]

#### 1.3.2 ROZLOŽENÍ SVĚTLA A ZÁBRANA OSLNĚNÍ

Denní osvětlení se navrhuje v souladu s povahou zrakových činností. Normy ČSN 73 0580 – 1 a ČSN 73 0580 – 3 doporučují navrhovat boční osvětlovací otvory popř. v kombinaci s horními osvětlovacími otvory. Při práci rukou se doporučuje, aby převažující osvětlení bylo z levé strany pozorovatele, popř. zleva zepředu. Převažující osvětlení je vhodné doplnit o přímé nebo odražené denní osvětlení z ostatních směrů. [3]

Hlavní převažující směr nemá být zastíněn zařízením budovy či pozorovatelem. Denní osvětlení se navrhuje tak, aby nedocházelo k oslnění uživatelů vnitřních prostor. [3]

Vnitřní prostory mají být chráněny před nadměrným přímým slunečním světlem zejména při třídách zrakové činnosti I – IV. Tomu lze zabránit pevnými či pohyblivými zařízeními pro regulaci přímého slunečního světla. [3]

Pro zrakovou pohodu se doporučuje dodržení poměrů jasů ploch v zorném poli pozorovatele a pozorovaným předmětem a

- plochami bezprostředního okolí 1 : 1 – 3 : 1;
- vzdálenými tmavými plochami 1 : 1 – 10 : 1;
- vzdálenými světlými plochami 1 : 1 – 1 : 10.[4] [5]

### 1.3.3 ODRAZIVOST A KOLORITA POVRCHŮ

Povrchy vnitřních prostor budov včetně zařízení budov nemají být lesklé, aby nedocházelo k oslnění uživatelů. Lesklé povrchy se mohou používat tak, aby neoslňovaly uživatele v zorném poli. Zcela nevhodné jsou leklé povrchy dolní části zorného pole. [3]

Odrazivost a kolorita se ve vnitřních prostorách budov navrhuje tak, aby bylo dosaženo dostatečného denního osvětlení, rozložení jasu zrakové pohody. Zároveň tyto povrchy musí být v souladu s účelem vnitřních prostor a hospodárnosti osvětlení.

Činitel odrazu světla v hlavních površích vnitřních prostor:

- strop s činitelem odrazu světla 0,7;
- stěny s činitelem odrazu světla 0,5;
- plochy sousedící s osvětlovacími otvory s činitelem odrazu 0,7;
- podlahy s činitelem odrazu světla 0,3.

Toto jsou hodnoty pro prostory, kde není definována barevnost (obytné místnosti). Hodnoty mohou být odlišné pokud:

- jde o menší plochy nebo jejich části, které nemají vliv na osvětlení a zrakovou pohodu;
- vyplývá návrh z funkčního nebo výtvarného záměru, nezhoršuje zrakovou pohodu nebo hospodárnost osvětlení. [3]

Povrchy pracovních prostor ve školách se navrhuje s rozptylnou, nelesklou úpravou. Hodnoty činitele odrazu světla se doporučují v intervalu 0,3 – 0,45. Tabule se navrhuje se snadno čistitelným povrchem a hodnoty činitele odrazu světla jsou nejméně 0,1. [4]

Fasády budov se doporučují navrhovat s činitelem odrazu světla 0,5 a vyšší. Venkovní povrchy kolem budov škol se navrhuje s činitelem odrazu světla 0,3 – 0,6. Tam, kde by odraz mohl zhoršovat oslnění v budově, se povrchy navrhuje s činitelem odrazu světla nejvýše 0,4. [4]

### 1.3.4 NÁVRH A UŽÍVÁNÍ BUDOV Z HLEDISKA DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Návrh osvětlovacího systému a zařízení pro regulaci denního osvětlení se vždy musí navrhovat komplexně, aby byla tato zařízení navržena hospodárně a to i se souvisejícími obory jako jsou umělá osvětlení, vytápění, větrání apod. [4]

Při návrhu denního osvětlení je nutné brát v potaz nejen současný stav okolí, ale také budoucí změny okolního prostředí stavby. Velmi důležitými faktory v okolí stavby jsou hustota zástavby, orientace ke světovým stranám, osazení do terénu, výškové a

prostorové proporce. Proto je důležité dobře znát prostředí, do kterého se stavba bude umisťovat nebo kde se nachází. [5]

Dalším důležitým faktorem pro návrh denního osvětlení budovy je její konstrukční systém, který udává její vnitřní prostorové možnosti a uspořádání. Dispozice by měla respektovat potřebu vnitřní zrakové pohody uživatelů a zamezení oslunění. Denní osvětlení budovy velmi ovlivňují faktory jako je konstrukční výška, hloubka a šířka traktů budovy, předsazené či ustupující konstrukce, barevné řešení zařizovacích předmětů. [5]

Požadavky na denní osvětlení jsou definovány podle zrakových činností, které se v daném vnitřním prostoru vykonávají. V budovách je z pravidla několik tříd zrakových činností, a proto je nutné ke každé budově a dílčím prostorům přistupovat individuálně. [5]

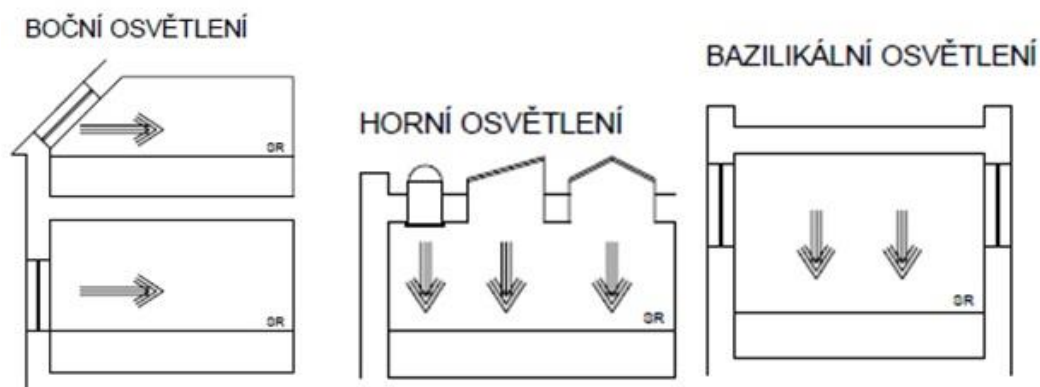
## 2 OSVĚTLOVACÍ SYSTÉMY

Osvětlovací systémy umožňují průniku denního osvětlení do budov a zároveň poskytují uživatelům vizuální kontakt s vnějším prostředím.

Osvětlovací systémy se rozlišují podle způsobu dodávání denního osvětlení do budov. Takto se osvětlovací systémy dělí na aktivní – přístup světla pomocí světelně technického zařízení, které přináší maximální možné osvětlení v dané chvíli, a pasivní – denní světlo má přístup bez technického zařízení. [5]

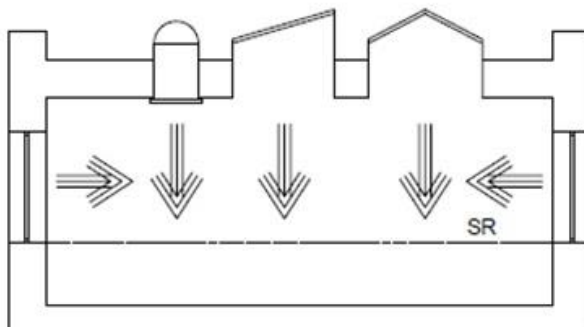
Osvětlovací systémy se dále dělí dle převažujícího směru pronikání denního osvětlení do budov:

- boční – jde o osvětlovací otvory (okna) ve svislé obvodové konstrukci budovy a otvory (střešní okna) v šikmé střešní rovině k osvětlení podkrovní, viz obrázek č.Obrázek 1. Boční osvětlovací systémy se posuzují podle hodnoty minimálního činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}$  (%).
- horní – osvětlovací otvory (světlíky) jsou nejčastěji umístěné ve střešní rovině nebo světlovody, viz obrázek č.Obrázek 1. Speciálním druhem horního osvětlení je bazilikální osvětlení, kde jsou okna umístěna pod stropní (střešní) konstrukcí a parapet je vysoko. Nevýhodou tohoto osvětlení je nedostatečné zajištění rovnoměrnosti denního osvětlení. Horní osvětlovací systém se hodnotí pomocí průměrného činitele denní osvětlenosti  $D_m$  (%).



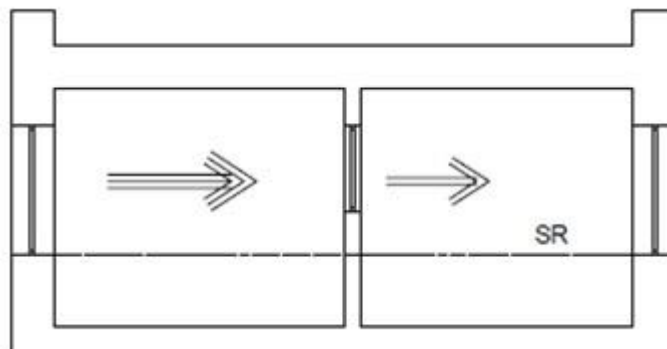
Obrázek 1 - Druhy osvětlivacích otvorů dle směru dopadu světla [8]

- Kombinovaný – kombinace výše uvedeného, viz obrázek č.Obrázek 2Obrázek 1.



Obrázek 2 - Kombinovaný osvětlovací systém [8]

- Druhotný – jedná se o denní osvětlení zprostředkované přes jiný osvětlený prostor, viz obrázek č. Obrázek 3. Účinnost osvětlení není tak efektivní a není zajištěno větrání a kontakt s vnějším prostředím. Nelze použít pro obytné místnosti.



Obrázek 3 - Druhotný osvětlovací systém [8]

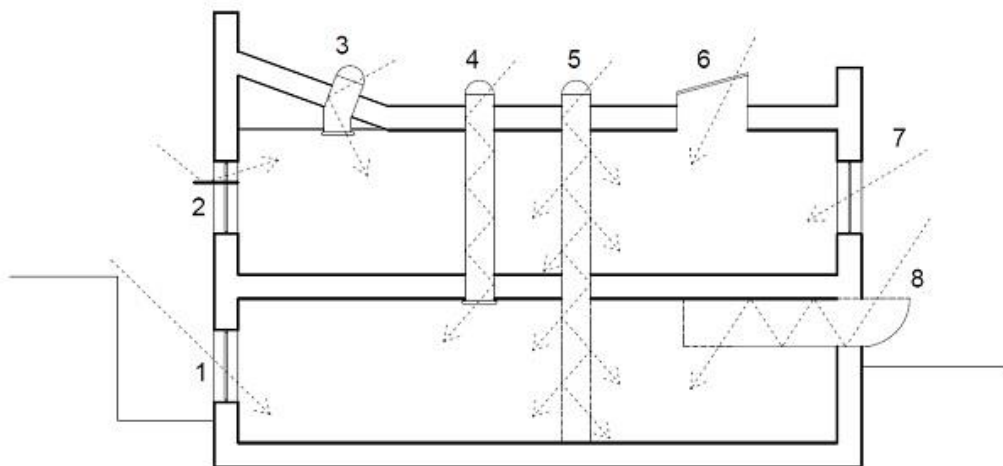
- Sdružený – jedná se o denní osvětlení doplněné o umělé osvětlení.

Podle normy 73 0580 – 3 lze ve školách realizovat boční osvětlení tak, aby nejvyšší výška spodní hrany zasklení byla 1,2m. Pro boční osvětlení se má používat čirého zasklení a bezbarvých materiálů. [5] [4]

## 2.1 PASIVNÍ SYSTÉMY

Pasivní osvětlovací systémy k přístupu světla do interiéru nevyužívají technická zařízení. Při použití pasivních osvětlovacích systémů je rozhodující orientace osvětlovacích otvorů, především oken, ke světovým stranám. Důležitá je také dispozice budovy. Prvky pasivních systémů jsou na obrázku č. Obrázek 4 – anglické dvorky (1), desky s reflexním nebo prismatickým povrchem (2), světlovody (3, 4, 5), světlík (6), okno (7), světlovodné podhledy (8). [5]





Obrázek 4 - Pasivní osvětlovací systémy [8]

### 2.1.1 OKNA A SVĚTLÍKY

Okna a světlíky jsou nejpoužívanější pasivní osvětlovací systémy. [5]

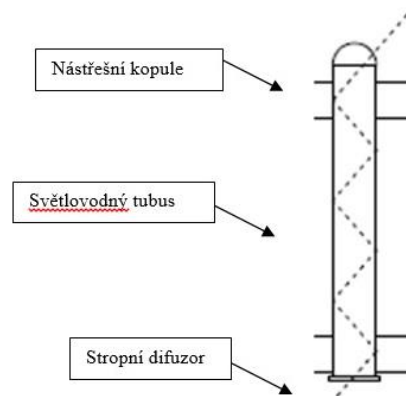
### 2.1.2 ANGLICKÉ DVORKY A SKLEPNÍ SVĚTLÍKY

Anglické dvorky a sklepní světlíky zajišťují přístup dennímu osvětlení a odvětrání prostor podzemních podlaží. Při návrhu těchto prvků je důležité dbát na velikost a barevné provedení, aby bylo dosaženo co největšího efektu. Anglické dvorky jsou pevně spojené se stavbou a jsou založené do podlaží. Sklepní světlíky jsou modernějším řešením denních osvětlení v podzemních prostorách. Jedná se z pravidla o prefabrikáty. [5]

Protože jsou tyto prvky pod úrovní terénu, je nutné dbát na zajištění okolního provozu, proto mají oba tyto prvky zábradlí nebo kryty, aby mohly být pojízdné popř. otevřené. [5]

### 2.1.3 SVĚTLOVODY

Světlovody jsou trubicové systémy, které vedou denní světlo do interiéru. Světlo překonává velkou vzdálenost pomocí mnohonásobných odrazů, viz obrázek č. Obrázek 5.



Obrázek 5 - Části světlovodu [8]

Světlovody jsou složeny z nástřešní kopule, pomocí které denní světlo vstupuje do světlovodu. Kopule může být nástřešní nebo fasádní (horizontální světlovod) a může být vyrobena ze skla či polykarbonátu. Další částí světlovodu je světlovodný tubus, který vede denní světlo do interiéru. Tubus je kruhový o průměru 50 – 1000 mm, větší se využívá při aktivním osvětlovacím systému. Mohou být i jiného tvaru, ale nejefektivnější jsou právě kruhové. Světlovody mohou být vertikální, horizontální a šikmé nebo ohýbané. Odbočení vždy snižuje efektivitu světlovodu. Ukončující částí světlovodu je stropní difuzor, který rozptyluje denní světlo v interiéru. Difuzor může být ukončený krytem zabudovaným ve stropní konstrukci, se sníženým tubusem volným nebo sníženým tubusem zabudovaným do zavěšeného podhledu.

Světlovody jsou vhodné především do prostorů, které lze těžko osvětlit. Efektivní je při délce přibližně 5 m, pak účinnost klesá. Denní osvětlení světlovody je lokální, proto je vhodné spíše jako doplnění. [5]

#### 2.1.4 ZAŘÍZENÍ PRO PŘESMĚROVÁNÍ SVĚTLA

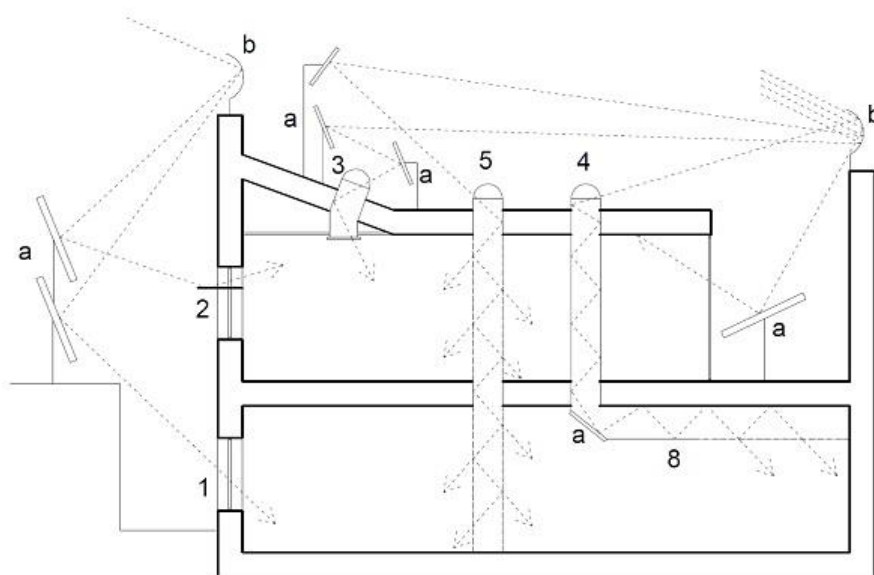
Denní světlo je možné od okenních otvorů do hloubky místnosti přeměrovat pomocí reflexních desek, prizmatických desek a podstropních světlovodných podhledů. [5]

Desky se umístí minimálně do výšky 2 m, aby nebyly v zorném poli uživatele. [5]

## 2.2 AKTIVNÍ SYSTÉMY

K efektivnímu využití denního osvětlení lze docílit pomocí aktivních systémů. Tyto systémy koncentrují přímé sluneční záření, filtrují UV a IT záření a přenášejí do interiéru budovy bílé světlo. Systém zrcadel a čoček odráží denní světlo do tubusů a světlovodných šachet, kterými je rozváděno pomocí optických kabelů a vláken. [5]

Prvky aktivních osvětlovacích systémů jsou na obrázku č. Obrázek 6 – zrcadla (a), heliostaty (b), anglické dvorky (1), desky s reflexním nebo prismatickým povrchem (2), světlovody (3, 4, 5), světlovodné podhledy (8). [5]



Obrázek 6 - Aktivní osvětlovací systémy [8]

### 2.2.1 SLUNEČNÍ KOLEKTORY A HELIOSTATY

Sluneční kolektory shromažďují pomocí zrcadlových ploch do ohniska sluneční záření a tam se odráží do osvětlovací soustavy. Často se kombinují se zrcadly. [5]

### 2.2.2 OPTICKÉ ČOČKY

Optické čočky se využívají ke koncentraci slunečního záření. [5]

### 2.2.3 SYSTÉM OPTICKÝCH VLÁKEN

Optická vlákna se používají k přenosu dat a signálů nebo jako světlené vodiče. [5]

## 2.3 REGULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Zařízení pro regulaci denního osvětlení se navrhují tak, aby neomezovali denní osvětlení v době jeho nedostatku. [3]

Činitel odrazu pro tyto prvky, jako jsou závěsy, rolety, žaluzie apod., musí mít stejný činitel odrazu světla jako okolní stěny. [3]

## 2.4 ÚDRŽBA A KONTROLA

Při návrhu budov se předpokládá, že budou pravidelně čištěny a udržovány osvětlovací otvory tak, aby nepříznivě ovlivňovaly denní osvětlení. To se zajistí například

pomocí provozního řádu budovy nebo hygienickými předpisy. U ostatních budov se předpokládá čištění při malém až středním znečištění, alespoň dvakrát ročně. [3]

### 3 FYZIOLOGIE VIDĚNÍ

Zrakový vjem vzniká komplexem nervových podráždění. Toto podráždění je zpracováno díky zrakovému systému člověka, který je souborem orgánů, které přijímají, přenášejí a zpracovávají informace podněcené světlem.

K dobrému nebo špatnému příjmu informací k zrakovému systému člověka slouží světlo nebo osvětlení. Zrakový systém člověka je složen ze tří částí:

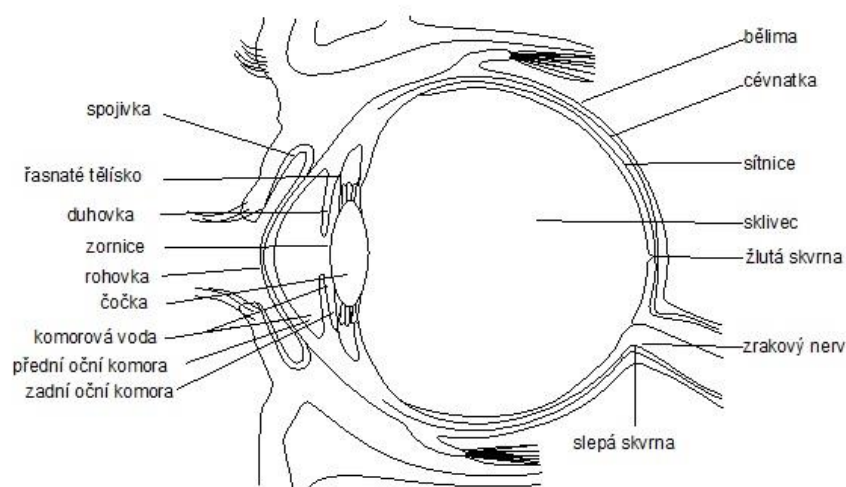
- periferní – oči;
- spojovací – zrakové nervy;
- centrální – podkorové a korové části v mozku.

V centrální nervové soustavě jsou všechny části vzájemně propojeny. Z toho vyplývá, že osvětlení má vliv mnohem víc než jen zrakové vnímání. Osvětlení ovlivňuje mnoho funkcí organismu a psychický stav člověka. Oko přijímá zrakové informace, které jsou přinášeny světlem z okolního prostředí a má vliv na vjem světelné pohody nebo světelné nepohody. [7]

#### 3.1 STAVBA OKA

Oči člověka jsou uloženy v očníkích, v části lebky. Oko je tvaru koule a to umožňuje jeho jednoduché otáčení. Oko dospělého člověka má průměr přibližně 24 mm. Oko je tvořeno třemi základními vrstvami, jak je vidět na obrázku č. Obrázek 7:

- bělma – bílá tkáň, která je nosnou vrstvou stěny oka;
- cévnatka – vyživuje oko, především sítnici;
- sítnice – tvořena dvěma druhy světločivných buněk (tyčinky a čípky). [7]



Obrázek 7 - Řez okem [8]

Světločivné buňky se nejvíce nachází v optické ose oka, které se říká žlutá skvrna. Minimum nebo žádné nenachází v místě, kde ústí zrakový nerv na sítnici. Tomuto místu se říká slepá skvrna. Lidské oko má přibližně  $130 \times 10^6$  tyčinek a  $7 \times 10^6$  čípků. Tyčinky mají funkci vidět za šera, za zhoršených světelných podmínek. Při nízkých podnětech světlem nejsou schopny rozlišovat barvy a pomáhají s vnímáním rozdílných jasů v zorném poli, tím rozeznáváme bílou, různé odstíny šedé po černou. Vidění za šera se nazývá skotopické vidění. Čípky umožňují vidění přes den a k funkci potřebují dostatek světla. Čípky umí rozlišovat barvy a minimálně rozlišují jasy. Toto vidění se nazývá fotopické. Při změně těchto světelných podmínek je vidění mezopické, při kterém fungují oba druhy světločivných buněk sítnice – tyčinky a čípky. Světločivné buňky nejsou podněcovány přímo světlem, ale chemickým procesem, který se odehrává na sítnicových pigmentech. Sítnicové pigmenty jsou podněcovány fotochemickým dějem, který se odehrává na sítnici. [5]

Oči jsou zrakový orgán, který subjektivně hodnotí prostředí z hlediska vizuální pohody. Světelnou pohodu ovlivňují především:

- akomodace;
- adaptace;
- fototropický reflex;
- vlastnosti zorného pole;
- rychlost vnímání;
- rozlišovací schopnost;
- oslnění;
- spektrální citlivost zraku. [5]

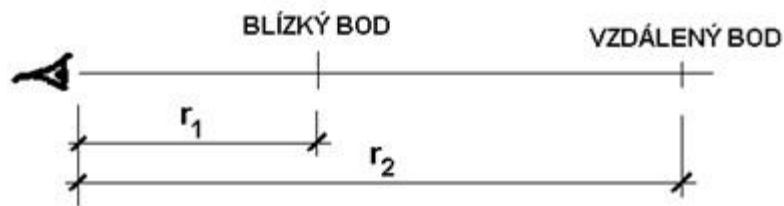
### 3.2 AKOMODACE

Oko není schopno vnímat stejně ostře předměty, které se nacházejí v různých vzdálenostech. Akomodace je jeho schopnost přizpůsobení se na vzdálenost pozorovaného předmětu. Rozsah akomodace (obrázek č. Obrázek 8) se liší u jednotlivých lidí a během života se mění. Jednotkou akomodačního rozsahu  $A_R$  je dioptrie (D).

$$A_R = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2},$$

kde  $r_1$  je vzdálenost blízkého bodu (m);

$r_2$  je vzdálenosti vzdáleného bodu (m).



Obrázek 8 - Akomodační rozsah [8]

Za ideálních okolností je oko schopné vnímat předmět na nekonečnou vzdálenost, proto je při pozorování vzdálených předmětů uvolněné. Pokud oko pozoruje blízký předmět, je akomodace aktivním procesem a vyvolává stahy svalů a proto je zrakovou činnost namáhavější. Tomu se říká akomodační úsilí a při delším pozorování vede k zrakové únavě. Proto je ve vnitřním prostředí velmi důležité umožnit uživatelům kontakt s vnějším prostředím za pomoci bočních osvětlovacích otvorů a tím moci uvolnit zrakové svaly a zabránit zrakové únavě. To zamezí i nepříznivému vlivu na psychický stav uživatelů. Nejvhodnější vzdálenost pro pozorování zblízka (čtení, psaní, apod.) je vzdálenost předmětů 250 mm. [5]

### 3.3 ADAPTACE

Adaptace je schopnost oko přizpůsobit odlišným hladinám osvětlenosti. To znamená přizpůsobit se citlivosti jasu a barvě okolí. Oko je schopno vidět při osvětlenosti od 0,25 lx až do 100 000 lx a vnímat již od  $2 \times 10^{-9}$  lx. Oko se přizpůsobuje jasu v zorném poli změnou průměru zornice a změnou velikosti vjemových polí sítnice, viz obrázek č. Obrázek 7. Po ustáleném přizpůsobení se oko dostane do adaptačního stavu zraku, díky tomuto zornicovému reflexu.

Hlavním adaptačním mechanismem není zornicový reflex. Jeho hlavním adaptační schopností je rychlá reakce na změnu v osvětlenosti prostoru. Tato schopnost chrání zrak před změnami jasu v zorném poli člověka.

Na sítnici probíhá fotochemický děj, který změní citlivost světločivných buněk a tím se zrak adaptuje. Při vysokém jasu se pomocí adaptace zraku na světlo, zmenší citlivost světločivných buněk a tento proces trvá přibližně minutu a doznívá dalších deset minut. Při adaptaci zraku na tmu (nižší jas) se zvyšuje citlivost světločivných buněk a tento adaptační proces trvá přibližně dvacet minut a čtyřicet minut se citlivost tyčinek zvyšuje.

Adaptační jas velmi ovlivňuje rozlišovací zrakové schopnosti. Adaptační jas ovlivňuje zrak v konkrétním prostředí a čase. Schopnost rozlišit plochy v malém

adaptačním jasu je v poměru 1 : 3, schopnost rozlišit plochy ve vysokém adaptačním jasu je v poměru 1 : 1,01.

Adaptační jas neovlivňuje jen osvětlenost pozorovaného detailu, ale i osvětlenost v okolí.

Negativním jevem je tzv. readaptace. To souvisí se střídáním odlišných jasů v krátkém čase, než je schopnost adaptačního mechanismu sítnice. Readaptace zapříčiňuje zrakovou únavu a narušuje zrakovou pohodu. Readaptaci může způsobit nerovnoměrně osvětlený prostor, nevhodné řešení barev nebo jejich kombinace. Denní osvětlení je rozhodující pro pomalou změnu jasů a adaptaci sítnice. Proto je denní osvětlení preferováno před umělým. [5]

### **3.4 FOTOTROPICKÝ REFLEX**

Oči člověka se automaticky obracejí k místům v zorném poli s nejvyšším jasem nebo s nejvyšším kontrastem. Tomuto jevu se říká fototropický reflex. Při nepřírozeném překonávání tohoto reflexu se začíná projevovat zraková únava. Tento reflex lze i použít k lepšímu soustředění na zrakovou činnost. [5]

### **3.5 ZORNÉ POLE**

Zorné pole je část prostoru, který oko přirozeně vnímá bez pohybu hlavy či oka. Zorné pole člověka je 8° ve horizontálním směru a 6° ve vertikálním směru. Nejvyšší ostrost vidění je v 1,5° rozsahu. S úbytkem jasů se i zmenšuje zorné pole.

Zrakovou náročnost ovlivňuje kritický detail. Kritický detail je nejmenší podrobnost při zrakové činnosti. Při pozorování kritického detailu je místo velmi ovlivněno bezprostředním okolím.

Prostor, který jsme schopni vnímat jen pohyblivostí očí je pohledové pole. Pokud se přidá pohyblivost hlavy, jedná se o obhledové pole. [5]

### **3.6 RYCHLOST VNÍMÁNÍ**

Při pohybu očí se obrázek na sítnici neustále mění a rychlost vnímání je asi pět obrázků za sekundu. Neměnnost pozorovaného detailu je způsobena korekčními mechanismy zrakového vnímání. S vyšším jasem pozorovaného detailu a vyšším kontrastem je rychlost vnímání vyšší. Proto je důležité toto sledovat při návrhu interiéru. [5]



### 3.7 ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST ZRAKU

Aby zrak mohl rozlišovat pozorované předměty je důležitá dostatečná rozdílnost jasů či barev. Předmět umístěný na stejnobarevném pozadí je důležitý její kontrast  $k$  (-)

$$k = \frac{L_a - L_b}{L_b},$$

kde  $L_a$  je jas kritického detailu ( $\text{cd.m}^{-2}$ )

$L_b$  je jas jeho bezprostředního okolí ( $\text{cd.m}^{-2}$ ).

Prahový kontrast je nejmenší možný rozlišitelný kontrast zrakem. Zraková ostrost pomáhá rozlišovat detaily, které jsou blízké. To je závislé především na osvětlenosti těchto detailů. Zrakové činnosti jsou závislé na vzdálenosti a velikosti pozorování kritického detailu. Z toho plynou rozdílné požadavky na kvalitu osvětlení. [5]

### 3.8 OSLNĚNÍ

K oslnění dochází při nežádoucích zhoršení zrakové pohody nebo znemožnění vidění. Z pravidla se jedná o velmi silný jas nebo jeho špatné rozložení v zorném poli. Oslnění lze dělit dle stupně na:

- rušivé – není jasná příčina oslnění;
- omezující – vidění je namáhavé;
- oslepující – vidění je znemožněno.

Oslnění dle příčiny rozdělujeme na:

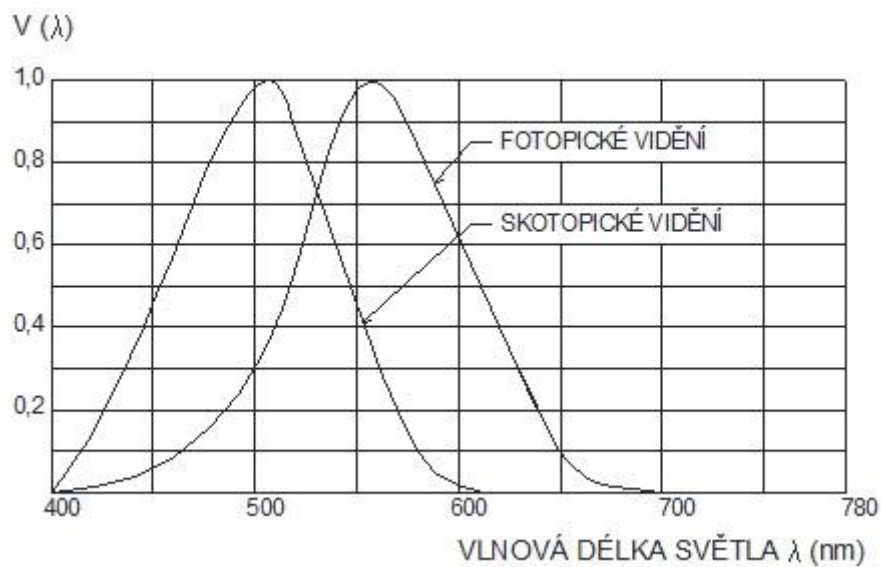
- absolutní – kvůli velkému jasů se zrak nepřizpůsobí;
- přechodové – okamžitá změna jasů z tmavého do osvětleného prostoru;
- kontrastem – pozorované plochy jsou rozdílného jasů

Nejcitlivější je zrak na oslnění ze zdola. To znamená odrazem od lesklých ploch pracovní plochy, podlahy. [5]

### 3.9 SPEKTRÁLNÍ CITLIVOST ZRAKU

Lidské oko reaguje na každou barvu odlišně. Nejcitlivější je na žluté světlo. Při skotopickém vidění je citlivost na barvy nižší a při fotopickém vidění vyšší. Samozřejmě se také odlišuje u jednotlivých osob. Pro jednotnost výpočtů se přijala dohoda o spektrální citlivosti zraku, tzv. normální fotometrický pozorovatel, to je osoba s průměrnou spektrální citlivostí zraku.

Při zrakové činnosti během dne je citlivost fotometrického pozorovatele základní vlnové délky  $\lambda_m = 555 \text{ nm}$ . Citlivost od této hodnoty je na obě strany klesající, viz obrázek č. Obrázek 9.



Obrázek 9 - Poměrná světelná účinnost monochromatického záření [8]

## 4 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Měřením denního osvětlení lze získat hodnotu činitele denní osvětlenosti  $D$ . Měření může být prováděno na stávající stavbě, kde je objekt v reálných podmínkách. Dalšími možnostmi jsou měření na modelu stavby, kde se model umístí také do reálných podmínek nebo měření pod umělou oblohou, tedy v laboratorních podmínkách. Obecné parametry a základní ustanovení jsou definovány v normě ČSN 36 0111-1. Postup měření a místa pro měření denního osvětlení jsou určeny v normě ČSN 36 0111-2.

Měření denního osvětlení budovy by mělo probíhat při rovnoměrně zatažené obloze v zimě. Měření lze ve výjimečných případech provádět i za jiného stavu oblohy, který musí být jasně definován. Měření denního osvětlení dělíme na základě účelu měření a z toho plynoucích požadavků na přesnost:

- přesné – posouzení náročných prostorů nebo měření určené pro výzkumné účely s nejistotou měření do 8 % včetně;
- provozní – posouzení správnosti návrhu a realizace podmínek osvětlení a zrakové pohody, jejich dodržování během užívání stavby s nejistotou měření 8 – 14 % včetně;
- orientační – posouzení pro ověření základních podmínek zrakové pohody a orientační kontroly denního osvětlení, na základě které se potom navrhuje další postup s nejistotou měření 14 – 20 %.

Měření denního osvětlení lze provádět bez přítomnosti uživatelů (prostory uváděné do provozu, v místech, kde jejich přítomnost neovlivňuje denní osvětlení a zrakovou pohodu) nebo s přítomností uživatelů na jejich obvyklém místě (v prostorách, kde jejich přítomnost ovlivňuje osvětlení stíněním). [1]

### 4.1 MĚŘENÉ VELIČINY

Při měření denního osvětlení vnitřních prostorů se určují ze zrakové pohody a podmínek vidění, které se měří pomocí:

- úrovně denního osvětlení v kontrolních bodech, která se vyjádří;
- činitelem denní osvětlenosti  $D$  (%);
- jasů ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) ploch v zorném poli uživatelů hodnoceného prostoru. [2]

Doplňujícími veličinami pro vyhodnocení zrakové pohody a podmínek osvětlenosti jsou:

- činitel odrazu světla důležitých povrchů (např. stěny, podlahy, strop, pracovní plochy);

- činitel prostupu světla materiálů průsvitných materiálů kryjící otvory;
- činitel znečištění – vnitřního i vnějšího;
- jasy oblohy pro určení rozložení jasu oblohy;
- teplota v prostoru;
- úhly (úhly stínění, úhly clonění, úhly srovnávací roviny).

Seznam měřených veličin a úkonů nutných, doporučených, nedoporučených a nenutných pro posouzení denního osvětlení podle přesnosti měření je v tabulce č. Tabulka 1 Tabulka 2. [2]

Tabulka 2- Přehled veličin a úkonů při měření denního osvětlení dle přesnosti měření [2]

Činnost	Stupeň přesnosti měření		
	Přesné	Provozní	Orientační
a) Volba druhu, způsobu a stupně přesnosti měření	+	+	+
b) Opatření podkladů o měřeném vnitřním prostoru (rozměry, zařízení, funkce, zrakové činnosti, osvětlovací otvory, orientace, venkovní stínění atd.)	+	+	+
c) Volba měřených veličin a kontrolních bodů	+	+	+
d) Výběr měřicích a pomocných přístrojů	+	+	+
e) Měření osvětlenosti			
– v síti bodů na srovnávací rovině	+	+	(+)
– na vybraných měřicích místech	+	(+)	+
f) Zjištění horizontální venkovní osvětlenosti			
– měřením	+	+	(+)
– nebo výpočtem z jasu oblohy $L_e$ nebo $L_z$	(-)	(-)	(+)
g) Kontrolní měření rozložení jasu oblohy	+	+	(+)
h) Měření jasů v zorném poli	+	(+)	-
i) Měření činitelů odrazu a prostupu světla	+	(+)	-
j) Měření činitelů znečištění	+	+	-
k) Měření úhlů pohledu, stínění, polohy roviny	+	(+)	-
l) Měření teploty vzduchu	+	+	-

Značky v tabulce č. Tabulka 1 Tabulka 2:

+ je nutné

(+) doporučuje se

(-) nedoporučuje se

- není nutné

## 4.2 PŘÍSTROJE

Při měření osvětlení se používají luxmetry, jasoměry a jasové analyzátoři.

Luxmetr – pomocí něho se měří intenzita osvětlení. Přístroj se skládá ze základního přístroje, který může být digitální nebo analogový a ze snímače neboli fotonky. Přístroj je kalibrován v jednotkách intenzity [lx]. [2] [5]

Jasoměr – pomocí tohoto přístroje se měří jas. Přístroj je složen podobně jako luxmetr, z fotonky a digitálního či analogového vyhodnocovacího přístroje. Přístroj obsahuje optiku se zaostřováním, která udává zorné pole, ze kterého dopadá světlo na fotonku. Přístroj je kalibrován v jednotkách jasu [ $\text{cd/m}^2$ ]. [2] [5]

Při měření je nutné mít jeden luxmetr se dvěma měřícími hlavicemi nebo dva samostatně otevřené luxmetry, protože se současně měří denní osvětlenost v bodech na srovnávací rovině v interiéru a měření osvětlenosti na venkovní nezacloněné vodorovné rovině. Při měření je dovoleno používat čidlo o maximální ploše 60mm, pro měření v laboratoři jen 30mm. Rozsah luxmetru pro měření osvětlenosti v exteriéru je minimální 100 000lx. [2] [5]

Pravidelnou údržbou přístrojů a kontrolou jejich funkčností před samostatným měřením se eliminují vlivy poruch na výsledky měření denní osvětlenosti. Chyby výrobců vždy udává výrobce a je důležité vybrat měřící přístroj dle přesnosti měření. Možné celkové chyby přístrojů v závislosti na přesnosti měření jsou v tabulce č. Tabulka 3. [1]

Tabulka 3 Celkové chyby luxmetrů, jasoměrů a jasových analyzátorů [1]

Přesnost měření	Připustná celková chyba v (%)	
	luxmetry	Jasoměry a jasové analyzátory
přesné	±5	±7,5
provozní	±10	±10
orientační	±15	±15

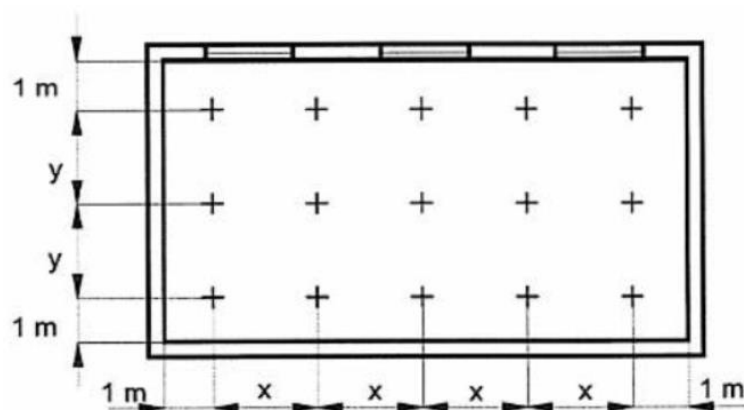
Dalším důležitým bodem je zajišťovat pravidelnou kalibraci přístrojů pomocí prověřených pracovišť. Pokud nejsou nutné jiné doby pro kalibraci nebo ověření přístrojů podle zvláštního právního předpisu, jsou lhůty pro kalibraci 2 roky pro měření přesné, 3 roky pro měření provozní a 5 let pro měření orientační. [1]

### 4.3 VÝBĚR KONTROLNÍCH BODŮ

Rozložení a intenzita osvětlenosti se měří v kontrolních bodech, které se rozmístí na pravidelné pravoúhlé síti po celé srovnávací rovině v měřeném prostoru nebo funkčně vymezených částech. Srovnávací rovina je většinou horizontální, může být i vertikální nebo nakloněná. [1]

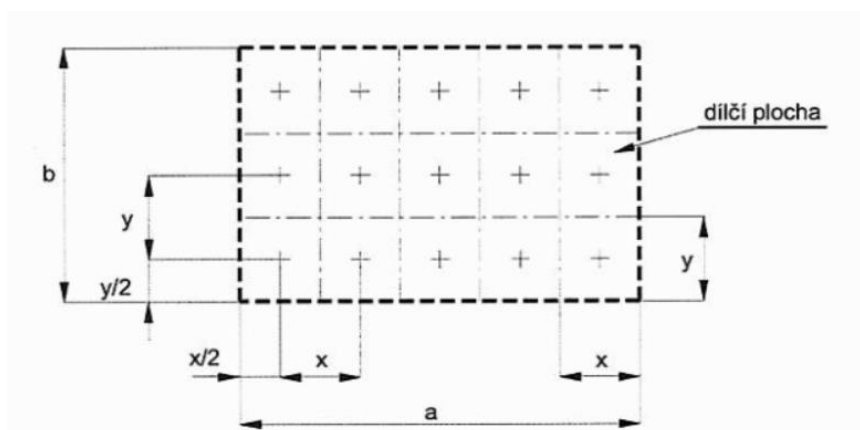
Vodorovná srovnávací rovina je ve výšce 0,85 m nad podlahou (referenční srovnávací rovina), neurčí-li se jinak dle funkčnosti prostoru (např. v předškolních zařízeních se stanovuje 0,45 m). [1] [2]

Kontrolní body se na vodorovné srovnávací rovině umísťují 1 m od povrchu stěn, dle Obrázek 10 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Ostatní body se rozmístí pravidelně v ploše místnosti tak, aby byl zachycen průběh v prostoru. Vzdálenost kontrolních bodů se volí mezi 0,5 m až 2 m, v rozsáhlých halových prostorách s vyšší světlou výškou mohou být vzdáleny až 6 m. [1]



Obrázek 10 - Kontrolní body na vnitřní horizontální srovnávací rovině [1]

Na obecné srovnávací rovině se kontrolní body umísťují do středu dílčích ploch, které půdorysně popisují hodnocenou plochu, dle Obrázek 11. Plochy musí být čtvercové nebo se čtverci blížit.



Obrázek 11 - Kontrolní body na obecné srovnávací rovině [1]

Pokud je prostor jiný než pravoúhlý, kontrolní body se rozmístí tak, aby jejich síť byla co nejpravidelnější a co nejrovnoměrnejší a pokrývala celý prostor nebo vymezenou část. [1]

V symetrických prostorech a v prostorech, kde se opakují části, je možné při provozním či orientačním měření redukovat počet kontrolních bodů (např. lze měřit jen v polovině symetrického prostoru, nebo jen v jedné opakující se části).

Ve funkčně vymezených částech se kontrolní body rozmístí tak, aby vystihovaly rozložení osvětlenosti. [1]

V prostorech s velkým zastíněním (konstrukcí či zařízením technologie) se body rozmístí tak, aby vystihly rozložení osvětlenosti v jiných částech prostoru.

Při měření, kdy to druh zrakové činnosti vyžaduje, se měří osvětlenost v dalších kontrolních bodech. Poloha bodů se určí dle povahy zrakového úkolu.

U dlouhých a úzkých prostorů, lze osvětlenost měřit v řadě bodů, při malých plochách ve středu této plochy.

Při přesném měření by se měla dodržet vzdálenost kontrolních bodů dle vzorce:

$$p = 0,2 \cdot 5^{\log d} \quad (2)$$

kde je

$p$  maximální vzdálenost kontrolních bodů ( $x$ , nebo  $y$ ), vzorec platí při  $p \leq 10$ ;

$d$  větší rozměr plochy prostoru

Při orientačním měření je možné redukovat počet kontrolních bodů dle povahy a funkce prostoru na důležitá charakteristická místa (např. kontrolní body v ose místa s největším a nejmenším osvětlením).

Jas ploch se měří tak, aby bylo možné posoudit jejich rozložení v zorném poli. Kontrolní body se určí v obvyklém místě uživatelů. [1]

#### 4.4 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ

Před začátkem měření denního osvětlení vnitřních prostor se zjistí všechny důležité okolnosti, které mají souvislost s osvětlením a podmínkami pro měření. Důležité je určit místo měření, srovnávací rovinu, polohu a rozmístění kontrolních bodů.

Pro měření denního osvětlení jsou nejpodstatnější prostorové a výškové poměry v měřeném prostoru, stínění venkovních objektů, poloha a druh osvětlovacích otvorů.

Před počátkem měření se určí způsob a místo pro měření venkovní srovnávací roviny, případně jas oblohy. [1] [2]

## 4.5 POSTUP MĚŘENÍ

Před započítím měření je nutné zkontrolovat stav a funkčnost měřicích přístrojů a jejich součástí.

Měřené prostory se uvedou do stavu, jako při běžném užívání prostoru vč. regulačních zařízení osvětlení. Dále se ověří údaje o stavu a údržbě prostorů a osvětlovacích soustav.

Před začátkem měření je nutné kontrolovat, zda měřené prostory neovlivňuje cizí světlo, tj. světlo, které není součástí měřeného osvětlení nebo osvětlovací soustavy, např. světlo pronikající od sousedních objektů.

Na začátku měření se určí poloha srovnávací roviny a poloha kontrolních bodů.

Během měření osvětlenosti je nutné kontrolovat polohu čidla luxmetru. Při přesném a provozním měření je důležitá objektivní kontrola, ke které se využívají:

- a) stojan na zabezpečení stabilní výšky čidla během měření;
- b) kardanový závěs, který stabilizuje polohu čidla;
- c) vodováha k nastavení polohy.

Jasy ploch v zorném poli uživatele, které jsou důležité pro vidění a zrakovou pohodu, se měří bodovými jasoměry v kontrolních bodech nebo jasovými analyzátory. Jasy se měří na těchto plochách:

- jas pozorovaného předmětu, popř. detailu;
- jas ploch obklopujících pozorovaný předmět;
- jas vzdálených ploch (stěny, strop, vnitřní zařízení, ...);
- jas odrazů světla od jasných ploch, které mohou vznikat na lesklém povrchu v zorném poli.

Měřicí přístroje se během celého měření musí chránit před otřesy, vlhkostí a před vyššími hodnotami osvětlení, než je nejvyšší rozsah přístroje nebo dalšími vlivy, které by mohly zkreslit výsledky měření.

Měřicí přístroj, který byl před měřením uložen ve tmě, je nutné čidla měřicích přístrojů po dobu adaptačního intervalu vystavit osvětlení, které odpovídá měřenému osvětlení. Adaptační interval se stanovuje jako doba, po kterou se již přístroje vystavené stálému osvětlení nemění. [1] [2]

Osoby provádějící měření i jiné osoby by neměly nepříznivě ovlivňovat.



Během měření by se měly zaznamenávat všechny skutečnosti, které by mohly ovlivnit měření, např. provoz, osvětlovací soustavy, regulační zařízení, ...).

Při provádění přesného měření se postup opakuje, aby byl statistický soubor dostatečně velký. Při provozním měření se opakování doporučuje. [1] [2]

#### 4.5.1 ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI

Činitel denní osvětlenosti se stanovuje podle vztahu:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 (\%),$$

kde je

E osvětlenost vnitřního kontrolního bodu

E<sub>h</sub> osvětlenost venkovní vodorovné necloněné srovnávací plochy.

Při měření osvětlenosti je nutné, aby byla rovnoměrně zatažená obloha a hodnoty obou osvětleností se odečetly současně. [2]

#### 4.5.2 KONTROLA JASU OBLOHY

Na začátku a konci měření, při dlouho trvajícím měření i v průběhu měření, se posuzuje rovnoměrnost zatažení oblohy pomocí kontroly jasů oblohy. Úhel měřeného pole jasu jasoměrem by neměl být větší než 10°, pro přesná měření je vhodný úhel maximálně 1°. [2]

Jas lze měřit i pomocí luxmetru s jasovým nástavcem s černým matným povrchem uvnitř. Pokud je nástavec bez optiky, měla by být jeho délka rovna nejméně dvacetinásobku jeho vnitřního průměru.

Pokud je měření přesné či provozní, tak se kontroluje jas oblohy v elevačních úhlech 15°, 45° a 90° nad horizontem ve čtyřech svislých rovinách, které jsou kolmé a rovnoběžné k osvětlovacím otvorům nebo stěnám prostoru. Pokud je objekt osvětlován jen jednostranným bočním osvětlovacím otvorem, lze kontrolovat rozložení jasů oblohy jen na polovině oblohy, která ovlivňuje denní osvětlení v daném prostoru. [2]

Dovolené jasy oblohy ve stanovených elevačních úhlech k jasů oblohy k zenitu jsou:

- a) pro úhel 15° při tmavém terénu 0,3 – 0,6, při zasněženém terénu až 0,7;
- b) pro úhel 45° při tmavém terénu 0,7 - 0,85, při zasněžení terénu až 0,9.

Rozptyl jasu oblohy ve svislých rovinách v jednotlivých elevačních úhlech  $15^\circ$  a  $45^\circ$  by neměl být větší než 10 % od průměrné hodnoty.

#### 4.5.3 MĚŘENÍ VENKOVNÍ SROVNÁVACÍ ROVINY

Srovnávací osvětlenost venkovní nezacloněné roviny se měří  $E_h$  na předem určeném místě, které není zastíněno žádnými okolními objekty ani vegetací. Je vhodné toto místo volit na střeše objektu či na volné vyvýšené ploše. Pokud by bylo místo měření mírně zastíněno okolními objekty je nutné hodnoty korigovat, např. podle prostorového úhlu a činitele odrazu světla překážek, které stíní, k tomu se může využít např. Waldramův diagram. [2]

Úroveň osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině se zjišťuje během maximálně 30 sekund vč. časového záznamu, pokud není použit luxmetr se dvěma hlavicemi. Je nutné, aby byla zajištěna synchronizace měření mezi vnitřní a venkovní osvětleností nebo se odečty hodnot provádí současně.

Pokud není možné určit venkovní srovnávací nezacloněnou rovinu pro měření osvětlenosti v exteriéru, je možné použít jiný způsob:

- a) Měření může být prováděno z okna budovy. Osvětlenost je měřena pouze z poloviny oblohy pomocí luxmetru s fotonkou zacloněnou z interiérové strany černým matným povrchem. Výška krytu by měla být nejméně 10 průměrů čidla a jeho poloha se určí zkouškou. Měřená hodnota srovnávací osvětlenosti by měla být právě poloviční oproti měření na osvětlenosti na nezacloněné obloze.
- b) Venkovní srovnávací osvětlenost se stanoví výpočtem za pomoci jasů rovnoměrně zatažené oblohy  $L_\varepsilon$  v úhlu  $\varepsilon$  nad horizontem:

při tmavém terénu

$$E_h = \frac{7}{3} \cdot \frac{L_\varepsilon \cdot \pi}{1 + 2 \sin \varepsilon} (lx) \quad (3)$$

při zasněženém terénu

$$E_h = \frac{5}{3} \cdot \frac{L_\varepsilon \cdot \pi}{1 + 2 \sin \varepsilon} (lx) \quad (4)$$

Takto lze hodnotu světelnosti na venkovní srovnávací rovině určit pouze pro orientační měření.

Během měření jasů oblohy z vnitřního prostoru se měří otevřeným osvětlovacím otvorem tak, aby nebylo negativně ovlivněno měření uvnitř měřeného prostoru. Lze takto měřit například v sousední místnosti se stejně orientovanými osvětlovacími otvory. [2]

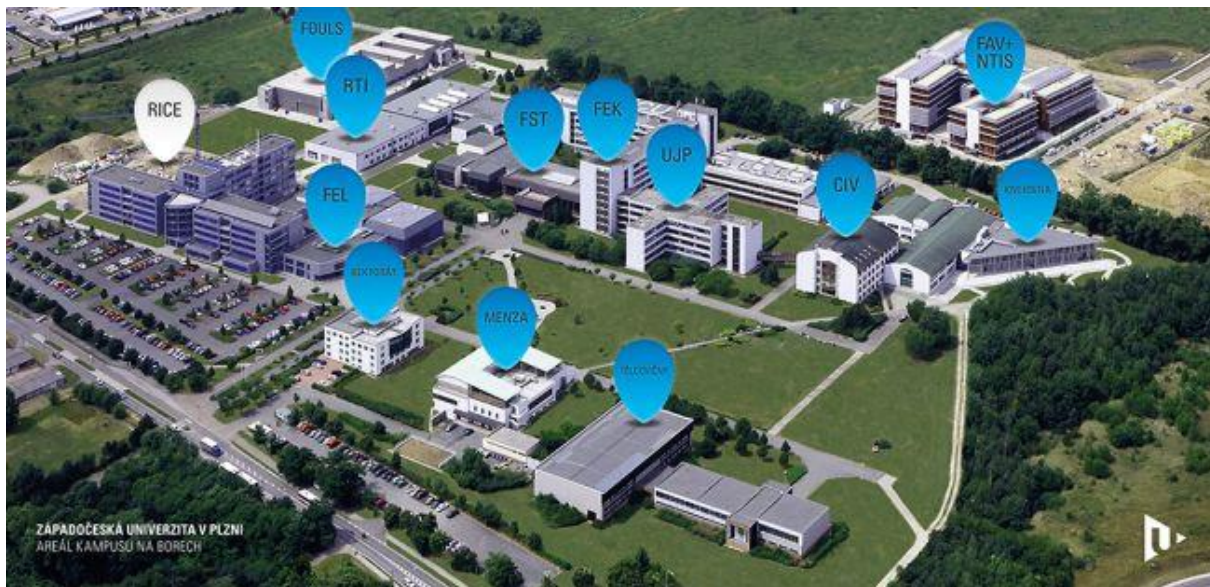
#### 4.5.4 MĚŘENÍ ČINITELU DENNÍ OSVĚTLENOSTI $D_w$

Činitel denní osvětlenosti svislé roviny zasklení je kritérium pro přístup denního osvětlení k průčelí objektu z vnější strany zasklení. Činitel denní osvětlenosti svislé roviny zasklení lze zjišťovat výpočtem nebo měřením. Kontrolní bod pro stanovení osvětlenosti  $E_w$  se umístí v rovině vnějšího líce průčelí v ose okna v polovině jeho výšky, nejméně 2 m nad úrovní terénu. Pokud je okno širší než 10 m, je nutné toto okno rozdělit na dvě okna. Pokud je okno situováno k balkonu či lodžii, umístí se kontrolní bod na svislou rovinu líce vyložení balkonu nebo lodžie tak, aby se maximálně vyloučil vliv stínění touto konstrukcí. Pokud se posuzuje zastínění na nezastaveném pozemku, kontrolní body se určí ve výšce 2 m nad terénem v místech plánovaných osvětlovacích otvorů. Hodnota světelnosti na vnější nezacloněné rovině  $E_h$  se měří obdobně jako v předchozím bodě. Činitel denní osvětlenosti  $D_w$  se počítá obdobně, jako činitel denní osvětlenosti  $D$  dle vzorce č. (1). [2]

Norma ČSN 73 0580 – 1 udává, že nejnižší hodnota pro činitel denní osvětlenosti svislé roviny zasklení je pro prostory s vysokými nároky na denní osvětlení (např. učebny) 35 %. Norma také udává, jaké hodnoty lze do výpočtu zavést při různých úhlech zastínění okna.

## 5 POSOUZENÍ KVALITY DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÝCH UČEBNÁCH UNIVERZITY

Všechny učebny vybrané pro posouzení kvality denního osvětlení se nachází v kampusu Západočeské univerzity v Plzni na Borech, viz obrázek č. Obrázek 12. Celkem byla kvalita denního osvětlení posuzována v 9 učebnách. Učebny se nacházejí v budovách Fakulty strojní (FST), elektrotechnické (FEL) a Fakulty aplikovaných věd (FAV).



Obrázek 12 - Univerzitní kampus ZČU [9]

Učebny byly vybrány pro svoji odlišnost, výškovou polohu či orientaci ke světovým stranám, a zároveň autorka této diplomové práce všechny místnosti zná z vyučování během studia.

Budovy vybraných fakult byly uvedeny do provozu přibližně po 10 letech, proto by mohlo být zajímavé, jaké výsledky měření přinese. Nejstarší je budova Fakulty strojní, která začala být využívána od října roku 1992. V roce 2004 byla do provozu uvedena budova Fakulty elektrotechnické a v roce 2014 se začala užívat nová budova Fakulty aplikovaných věd.

## 5.1 MEZNÍ HODNOTY PRO POSOUZENÍ KVALITY A KVANTITY DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE ŠKOLÁCH

Školské stavby, tak jako jakékoli jiné, musejí splňovat základní požadavky na stavby a jeden z nich je i kvalita denního osvětlení. Zde jsou pro rekapitulaci uvedené požadavky pro splnění kvalitního denního osvětlení.

Pro školské stavby je stanovena minimální světlá výška 3000 mm, výška parapetu maximálně 1200 mm.

Denní osvětlení by mělo být do budov škol přiváděno zleva či zleva a zepředu, při orientaci zorného pole uživatele směrem k tabuli. Denní osvětlení by mělo být přiváděno bočními osvětlovacími otvory s čirým zasklením, které jsou minimálně dvakrát ročně udržovány. Jejich zařízení pro regulaci denního osvětlení by neměla omezovat denní osvětlení při nepříznivých podmínkách.

Při bočním osvětlení by minimální činitel denní osvětlenosti v kontrolním bodě  $D_{\min}$  (%) neměl být menší, než uvádí tabulka č. Tabulka 1 dle dané třídy zrakové činnosti. Pro učebny a laboratoře je tato hodnota  $D_{\min} = 1,5$  %. Při horním denním osvětlení by průměrný činitel denní osvětlenosti  $D_m$  (%) měl splňovat požadavky z tabulky č. Tabulka 1 dle dané třídy zrakové činnosti. Pro vybrané učebny a laboratoře je hodnota  $D_m = 5$  %. Minimální hodnota pro činitele denního osvětlenosti zasklení  $D_w$  je 35%.

Rovnoměrnost bočního denního osvětlení musí být v učebnách a laboratořích větší než 0,2. Minimální hodnoty pro hlavní plochy činitele odrazu světla jsou pro strop 0,7; stěnu 0,5 a podlahu 0,3. Pro učebny by měl být činitel odrazu pracovních ploch v intervalu od 0,3 od 0,45, tabule v učebnách by měla mít činitel odrazu minimálně 0,1.

## 5.2 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V PRAXI

Pro účely této diplomové práce bylo provedeno orientační měření s přesností 14 – 20 %.

Při měření byly použity dva luxmetry, stativ a jasoměr zapůjčený od Ing. Kroupy z FEL, viz příloha č. 4. Pro označení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině byly použity ocelové matky. K rozmístění kontrolních bodů byl použit digitální metr, pásma a skládací dřevěný metr, viz příloha č. 4. Odečítání hodnot ve stejný okamžik bylo zajištěno pomocí spojení mobilním telefonem. Naměřené hodnoty byly průběžně zaznamenávány do schématického nákresu jednotlivých místností, viz příloha č. 1. Vnitřní srovnávací rovina

byla přizpůsobena výšce lavic, protože některé body vyšly na ně. Síť bodů je orientována směrem k tabuli, to znázorňuje šipka na obrázcích.

Měření se se mnou aktivně účastnily Bc. Michaela Benešová a Simona Brožková, neaktivním účastníkem byl Ing. Oldřich Kroupa, který zapůjčil měřicí přístroje a pomohl s uvedením přístrojů do provozu, vč. instruktáže k měření.

### **5.3 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNÁCH V BUDOVĚ FST**

Měření denního osvětlení tří učeben v budově Fakulty strojní probíhalo v pátek 22.11.2019.

Tento den byla rovnoměrně zatažená obloha, bohužel mnou chybou při měření a zapisování hodnot nelze tento fakt ověřit výpočtem. Pro orientační měření je ověření pouze doporučené.

„Počasí dne 22.11. 2019

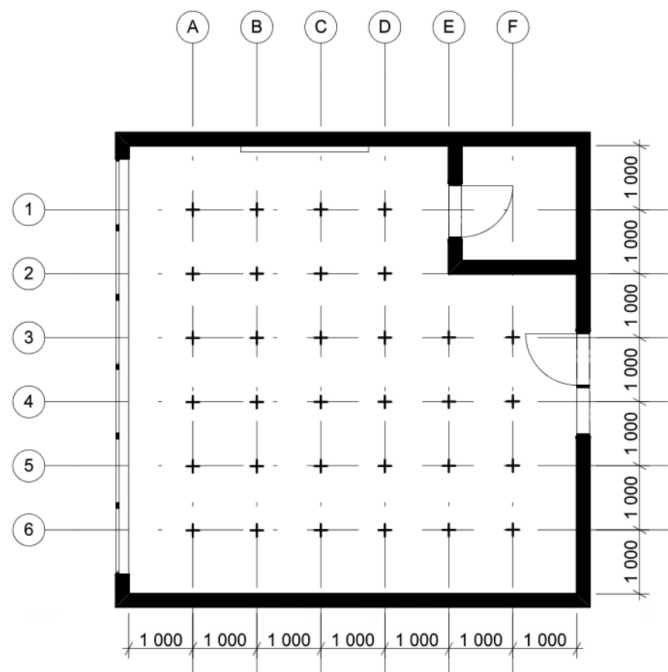
Bylo převážně zataženo nízkou oblačností nebo mlhavo, na horách a ojediněle i v nižších polohách až skoro jasno. Denní teploty 8 až 12°C. Noční teploty 7 až 3°C. Vítr J o rychlosti 2 až 6 m/s.“ (<https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2019/22-listopadu/>)

#### **5.3.1 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ UU 106**

Měřená učebna UU 106 se nachází v 1. nadzemním podlaží budovy v objektu učeben (UU). Místnost je vedená jako učebna určená pro výuku s kapacitou 24 studentů.

V učebně UU 106 je boční osvětlovací otvor (okno) po pravé straně (směr pohledu k tabuli). Okno je po celé délce této stěny a je děleno na šest křídel. Rámy oken jsou tmavě hnědé. V přední části místnosti se nachází vymezený prostor pro hygienické zařízení místnosti, viz obrázek č. Obrázek 13. Okna jsou orientovaná na jih. Světlá výška učebny byla naměřena 3,1 m, výška parapetů 0,9 m a výška okenních otvorů 2 m.

## UU 106



Obrázek 13 - Schéma rozmístění kontrolních bodů v místnosti UU 106

Měření započalo v 9:45. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny (obr. Obrázek 13). Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1 x 1 m, jak je vidět na schématu místnosti UU 106 (obr. Obrázek 13). Při rozmísťování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (dřevěný obklad). Srovnávací rovina byla zvolena 0,75 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Před samotným měřením byly vytaženy žaluzie, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Měření bylo prováděno za pomoci dvou luxmetrů současně. Jeden luxmetr měřil hodnoty v bodech na srovnávací rovině (0,75 m) v učebně UU 106 a druhý současně měřil hodnoty na venkovní nezacloněné rovině. Tato rovina se nacházela na travnaté ploše mezi budovou FST a budovou Menzy, fotonka luxmetru byla položena na venkovní stůl tak, aby nedocházelo k ovlivnění výsledku. Odečítání hodnot ve stejný okamžik bylo zajištěno pomocí spojení mobilním telefonem.

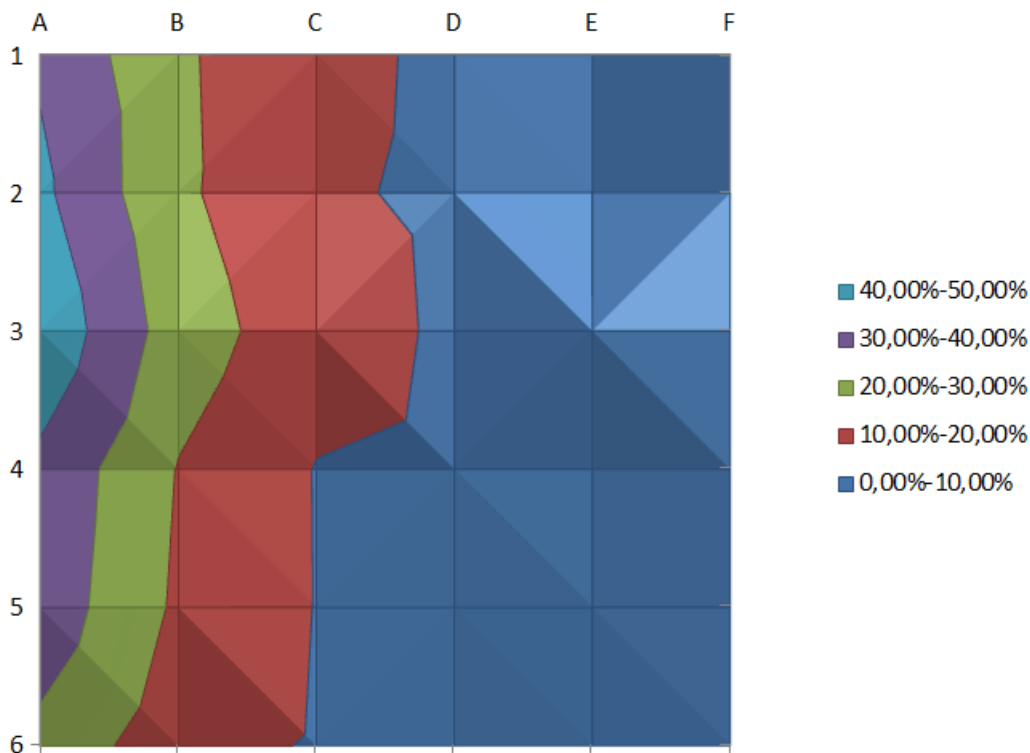
Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1. Vypočítané hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech na srovnávací rovině jsou uvedené v tabulce č.

Tabulka 4 - Činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti UU 106. Činitel denní osvětlenosti D je vypočítán podle vzorce č. (1). Pro názornost je výpočet proveden pro kontrolní bod [1;A]. Hodnoty činitele denní osvětlenosti celé místnosti jsou graficky zobrazeny na obrázku č. Obrázek 14.

$$D_{1,A} = \frac{E}{E_h} \cdot 100 = \frac{227}{587} \cdot 100 = 38,67\%$$

Tabulka 4 - Činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti UU 106

D (%)	A	B	C	D	E	F
1	38,67	21,43	12,22	8,47		
2	42,07	21,72	11,41	8,28		
3	47,69	25,04	13,93	8,63	8,59	4,99
4	37,73	19,54	9,68	7,87	5,44	4,49
5	36,24	18,40	9,75	6,99	5,25	3,85
6	27,24	13,73	9,26	5,97	4,56	3,70



Obrázek 14 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti byla spočítána v bodě [3;A], tj. 47,69 %. Nejnižší hodnota je 3,70 % a nachází se v bodě [6;F], viz tabulka č. Tabulka 5 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 106



Tabulka 5 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 106

$D_{min}$ (%)	3,70%
$D_{max}$ (%)	47,69%

$$\frac{D_{min}}{D_{max}} > 0,2$$

$$\frac{3,70}{47,69} = 0,08 < 0,2 \rightarrow \text{nevyhovuje}$$

$$D_{min} = 3,70\% > 1,5\% \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Požadavek minimálního činitele denní osvětlenosti byl splněn, avšak rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti je nedostatečná. To znamená, že v učebně není dostatečně kvalitní denní osvětlení.

Činitel denní osvětlenosti  $D_w$  se počítá obdobně jako činitel denní osvětlenosti  $D$ . Minimální hodnota pro činitele denního osvětlenosti  $D_w$  je 35 %. Dané zasklení tedy vyhovuje, viz tabulka č. Tabulka 6 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení.

Tabulka 6 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UU 106

	E (lx)	$D_w$ (%)
$E_w$ (lx)	623	39,48%
$E_h$ (lx)	1578	

Dále byl změřen činitel odrazu světla na plochách ovlivňující rozložení světla v místnosti pomocí luxmetru.

Tabulka 7 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UU 106

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená	tabule - bílá
$E_{odraz}$	23	32	28	91	66	18
$E_{dopad}$	34	43	80	266	87	79
Činitel odrazu	0,68	0,74	0,35	0,34	0,76	0,23

Činitel odrazu světla na stropě nevyhovuje normou stanovené minimální hodnotě 0,7. To znamená, že strop nedostatečně odráží světlo. Tato hodnota je o pouhé 0,02 menší.

### 5.3.2 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ UF 207

Měřená učebna UF 207 se nachází v 2. nadzemním podlaží budovy v objektu fyziky (UF). Místnost je vedená jako učebna určená pro výuku s kapacitou 32 studentů.

V učebně UF 207 je horní osvětlovací otvory (světlíky). Světlíky jsou podélné, cca 0,5 m od sebe a cca metr od stěn. Mezi světlíky a v přední části místnosti se nachází trouby vzduchotechniky. V zadní části místnosti se nachází nika pro hygienické zařízení místnosti, viz příloha č. 1. Po obou stranách učebny jsou vstupní dveře – učebny jsou ve středním traktu budovy. Světlá výška učebny byla naměřena 2,96 m. V místnosti jsou horizontální žaluzie, aby nedocházelo k oslňování uživatelů. Tyto žaluzie poničené a nelze je roztáhnout, viz příloha č. 1.

Měření započalo v 10:55. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1 x 1 m, jak je vidět na schématu místnosti, viz příloha č. 1. Při rozmísťování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti, niky či vybavení místnosti (skříň, otopná tělesa). Srovnávací rovina byla zvolena 0,85 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Průměrný činitel denní osvětlenosti  $D_m$  pro místnost UF 207 je 25,43 %. Hodnota dopočteného průměrného činitele denní osvětlenosti vyhovuje normovým požadavkům, to znamená, že v místnosti je dostatečné množství a kvalita denního osvětlení pro danou třídu zrakové činnosti.

Dále byl změřen činitel odrazu světla na plochách ovlivňující rozložení světla v místnosti pomocí luxmetru, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu světla na podlaze je 0,16 a nevyhovuje normou stanovené hodnotě 0,3. To znamená, že podlaha světlo dostatečně neodráží, což při splnění požadavků na kvalitu denního osvětlení není překážka. Naopak podlaha alespoň neoslňuje svým odrazem uživatele.

### 5.3.3 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ UU 208

Měřená učebna UU 208 se nachází ve 2. nadzemním podlaží budovy v objektu učeben (UU). Místnost je vedena jako učebna určená pro výuku s kapacitou 60 studentů.

V učebně UU 208 jsou boční osvětlovací otvory (okna) po obou stranách (směr pohledu k tabuli). Okna jsou po celé délce stěn, v prostřední části místnosti přerušeno konstrukčním prvkem sloupu a je děleno na pět křídel podélně a dvě křídla vertikálně. Rámy oken jsou tmavě hnědé, viz příloha č. 4. Do místnosti se vchází ze zadní části a je zde vytvořená lokální chodba. Okna jsou orientovaná na východ a západ. Světla výška učebny byla naměřena 3,1 m, výška parapetů 0,9 m a výška okenních otvorů 2 m.

Měření započalo ve 12:00. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1 x 1 m, viz příloha č. 1. V chodbě byly body rozmístěny ve vzdálenosti 1 m od sebe a do osy chodby, 0,9 m od stěn. Při rozmístování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (dřevěný obklad). Srovnávací rovina byla zvolena 0,77 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech  $E$  a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D$  v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 56,33 % a nejnižší hodnota je 12,15 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,22. To znamená, že v učebně je dostatečné množství a kvalita denního osvětlení.

Průměrný činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 97%, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu světla na podlaze je 0,2 a nevyhovuje normou stanovené hodnotě 0,3. To znamená, že podlaha světlo dostatečně neodráží, což při splnění požadavků na kvalitu denního osvětlení není překážka. Naopak podlaha alespoň neoslňuje svým odrazem uživatele.

## 5.4 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNÁCH V BUDOVĚ FEL

Měření denního osvětlení tří učeben v budově Fakulty elektrotechnické probíhalo v pondělí 25.11.2019.

Tento den byla rovnoměrně zatažená obloha, bohužel mnou chybou při měření a zapisování hodnot nelze tento fakt ověřit výpočtem. Pro orientační měření je ověření pouze doporučené.

„Počasí dne 25.11. 2019

Bylo převážně zataženo nízkou oblačností nebo mlhavo, na horách a ojediněle i v nižších polohách až skoro jasno. Denní teploty 6 až 10°C. Noční teploty 6 až 2°C. Vítr JV o rychlosti 3 až 7 m/s.“ (<https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2019/25-listopadu/>)

### 5.4.1 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ EU 109

Měřená učebna EU 109 se nachází v 1. nadzemním podlaží budovy v objektu učeben (EU). Místnost je vedená jako učebna určená pro výuku s kapacitou 25 studentů.

V učebně EU 109 jsou boční osvětlovací otvory (okna) po levé straně (směr pohledu k tabuli). Okna jsou po celé délce stěny a jsou dělena na dvě pole po třech křídlech podélně s nadsvětlíkem. Rámy oken jsou modré, viz příloha č. 4. Okna jsou orientovaná na sever. Světlá výška učebny byla naměřena 3,24 m, výška parapetů 0,94 m a výška okenních otvorů 1,9 m.

Měření započalo v 9:30. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1,08 x 1 m, viz příloha č. 1. Při rozmístění bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti. Srovnávací rovina byla zvolena 0,74 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 65,45 % a nejnižší hodnota je 6,51 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,1. Požadavek

minimálního činitele denní osvětlenosti byl splněn, avšak rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti je nedostatečná. To znamená, že v učebně není dostatečně kvalitní denní osvětlení.

Činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 104 %, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu světla na stěně je 0,26 a nevyhovuje normou stanovené hodnotě 0,5. To znamená, že stěny světlo dostatečně neodráží. I to může ovlivňovat rovnoměrnost denního světla, protože hodnota činitele odrazu je poloviční od normou požadované hodnoty.

#### **5.4.2 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ EL 307**

Měřená učebna EL 307 se nachází ve 3. nadzemním podlaží budovy v objektu laboratoří (EL). Místnost je vedená jako laboratoř s kapacitou 12 studentů.

V učebně EL 307 jsou boční osvětlovací otvory (okna a balkonové dveře) vlevo (směr pohledu k tabuli). Otvory jsou po celé délce stěny, v prostřední části místnosti přerušeno konstrukčním prvkem sloupu a je děleno na tři křídla podélně a dvě křídla vertikálně. Rámy oken jsou modré, viz příloha č. 4. Otvory jsou orientovány na jih. Světlá výška učebny byla naměřena 3,21 m, výška parapetů 0,95 m a výška okenních otvorů 1,9 m.

Měření započalo ve 10:30. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn. Kvůli nesymetrickému půdorysu místnosti byly body podélně ve vzdálenosti 0,97 m a příčně 1,07 a 1,16 m, viz Příloha č. 1. Při rozmístování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (skříně, zařizovací předměty.). Srovnávací rovina byla zvolena 0,75 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 57,21 % a nejnižší hodnota je 11,15 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,2. To znamená, že v učebně je dostatečné množství a kvalita denního osvětlení.

Průměrný činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 93 %, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu světla na podlaze je 0,16 a nevyhovuje normou stanovené hodnotě 0,3. To znamená, že podlaha světlo dostatečně neodráží, což při splnění požadavků na kvalitu denního osvětlení není překážka. Naopak podlaha alespoň neoslňuje svým odrazem uživatele.

### **5.4.3 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ EU 102**

Měřená učebna EU 102 se nachází ve 3. nadzemním podlaží budovy v objektu učeben (EU). Místnost je vedena jako učebna s kapacitou 40 studentů.

V učebně EU 102 jsou boční osvětlovací otvory (okna) vlevo (směr pohledu k tabuli). Otvory jsou po celé délce stěny, v prostřední části místnosti přerušeno konstrukčním prvkem sloupu a je děleno na tři křídla podélně a tři křídla vertikálně. Rámy oken jsou modré, viz příloha č. 4. Světlá výška učebny byla naměřena 3,25 m, výška parapetů 0,14 m a výška okenních otvorů 2,80 m.

Měření započalo ve 11:30. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1 x 1 m, viz Příloha č. 1. Při rozmísťování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (zařizovací předměty.). Srovnávací rovina byla zvolena 0,83 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1. V průběhu měření se vnější podmínky změnily, protože v těsné blízkosti oken je parkovací ploch pro osobní automobily. Na několik minut muselo být měření pozastaveno, protože před okny zaparkovala dodávka, která svítila do místnosti svými světlomety.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 65,98 % a nejnižší hodnota je 4,62 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,07. To znamená, že v učebně je dostatečné množství, ale denní osvětlení není rovnoměrně rozloženo v prostoru. Místnost je velmi hluboká, proto nevyhovující výsledky nelze nepřipisovat změnám ve venkovních podmínkách.

Průměrný činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 88 %, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu světla na stropě je 0,66 a nevyhovuje normou stanovené minimální hodnotě 0,7. To znamená, že strop nedostatečně odráží světlo. Tato hodnota je o pouhé 0,04 menší, přesto mohla nepříznivě ovlivnit kvalitu v rozložení denního osvětlení. Protože je rovnoměrnost velmi malá, je nepravděpodobné, že by činitel odrazu na stropě s hodnotou 0,7 výsledky výrazně zlepšil.

## **5.5 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNÁCH V BUDOVĚ FAV**

Měření denního osvětlení tří učeben v budově Fakulty elektrotechnické probíhalo v pátek 29.11.2019.

Tento den byla rovnoměrně zatažená obloha, bohužel mnou chybou při měření a zapisování hodnot nelze tento fakt ověřit výpočtem. Pro orientační měření je ověření pouze doporučeno.

„Počasí dne 29.11. 2019

Bylo polojasno až oblačno, místy přehánky, od 600m postupně sněhové, během odpoledne od SZ ochlazování. Denní teploty 6 až 10°C. Noční teploty 2 až -2°C. Vítr SZ o rychlosti 3 až 7 m/s.“ (<https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2019/29-listopadu/>)

### **5.5.1 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ UC 122**

Měřená učebna UC 122 se nachází v 1. nadzemním podlaží budovy v objektu katedry (UC). Místnost je vedená jako kancelář. Byla zvolena, protože se v ní obvykle konají zkoušky a příležitostně se v ní vyučuje.

V místnosti UC 122 jsou boční osvětlovací otvory (okna) vlevo (směr pohledu k tabuli). Okna jsou téměř po celé délce stěny, viz příloha č. 4. Okna jsou orientovaná na východ. Světlá výška učebny byla naměřena 3,66 m, výška parapetů 0,9 m a výška okenních otvorů 3,6 m. Okna jsou vysoká nad úroveň podhledu místnosti a podhled je odsazen cca 0,5 m od oken.

Měření započalo ve 9:50. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1 x 1,23 m, viz příloha č. 1. Při rozmístování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (dřevěný obklad). Srovnávací rovina byla zvolena 0,9 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 39,58 % a nejnižší hodnota je 10,27 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,26. To znamená, že v učebně je dostatečné množství a kvalita denního osvětlení.

Průměrný činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 103 %, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu světla na podlaze je 0,28 a nevyhovuje normou stanovené hodnotě 0,3. To znamená, že podlaha světlo dostatečně neodráží, což při splnění požadavků na kvalitu denního osvětlení není překážka. Naopak podlaha alespoň neoslňuje svým odrazem uživatele.

## **5.5.2 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ UC 334**

Měřená učebna UC 334 se nachází ve 3. nadzemním podlaží budovy v objektu katedry (UC). Místnost je klasifikovaná jako laboratoř s kapacitou 20 studentů.

V místnosti UC 334 jsou boční osvětlovací otvory (okna) vlevo (směr pohledu k tabuli), viz příloha č. 4. Okna jsou orientovaná na východ. Mezi okny je široký meziokenní pilíř. Světlá výška učebny byla naměřena 2,74 m, výška parapetů 0,925 m a výška okenních otvorů 2,2 m. Okna jsou vysoká nad úroveň podhledu místnosti a podhled je odsazen cca 0,5 m od oken.

Měření započalo ve 10:30. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly



označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1 x 1,29 m, viz příloha č. 1. Při rozmísťování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (dřevěný obklad). Srovnávací rovina byla zvolena 0,75 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 36,15 % a nejnižší hodnota je 6,15 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,17. To znamená, že v učebně je dostatečné množství denního osvětlení, ale jeho kvalita není dostatečná.

Průměrný činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 81 %, viz příloha č. 1.

Činitel odrazu na všech površích jsou vyhovující.

### **5.5.3 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ V UČEBNĚ UC 410**

Měřená učebna UC 410 se nachází ve 4. nadzemním podlaží budovy v objektu katedry (UC). Místnost je klasifikovaná jako laboratoř s kapacitou 36 studentů.

V místnosti UC 410 jsou boční osvětlovací otvory (okna) vzadu (směr pohledu k tabuli), viz příloha č. 4. Okna jsou orientovaná na jih. Mezi okny je široký meziokenní pilíř. Světlá výška učebny byla naměřena 2,76 m, výška parapetů 0,87 m a výška okenních otvorů 0,775 m. V zadní části místnosti v úrovni meziokenního pilíře je v prostoru sloup. Před okny je konstrukce únikového schodiště, viz Příloha č. 4.

Měření započalo ve 11:00. Jako první byly změřeny rozměry místnosti a podle toho rozloženy kontrolní body do srovnávací roviny, viz příloha č. 1. Kontrolní body byly označeny ocelové matky. Kontrolní body na srovnávací rovině byly rozmístěny dle normy 1 m od vnitřních stěn a následně v síti 1,09 x 1,15 m, viz příloha č. 1. Při rozmísťování bodů byly zanedbány lokální konstrukční prvky v rozích místnosti či vybavení místnosti (dřevěný obklad). Srovnávací rovina byla zvolena 0,75 m nad podlahou učebny, protože některé body byly umístěny na lavicích.

Měření bylo prováděno stejným způsobem jako v první naměřené místnosti, kapitola 5.3.1.

Hodnoty vnitřní osvětlenosti v kontrolních bodech E a hodnoty osvětlenosti na venkovní nezacloněné rovině  $E_h$  jsou uvedeny v Příloze č. 1, stejně jako hodnoty činitele denní osvětlenosti D v bodech na vnitřní srovnávací rovině.

Nejvyšší hodnota činitele denní osvětlenosti je 6,28 % a nejnižší hodnota je 1,17 %, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení tedy vychází 0,17. To znamená, že v učebně je nedostatečné množství denního osvětlení a jeho kvalita není dostatečná.

Průměrný činitel denní osvětlenosti na vnější straně zasklení je 59 %, viz příloha č. 1.

Činitelé odrazu na všech površích jsou vyhovující.

## 5.6 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Pro posouzení kvality denního osvětlení byly zvoleny různé místnosti v odlišných budovách, aby bylo možné porovnat různé parametry místností.

První posuzovaná místnosti, učebna UU 106, splňuje základní požadavky na tyto prostory. Jedná se o dostatečnou světlou výšku a umístění a druh osvětlovací soustavy. Parametr minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti byl také splněn, nebyla splněná rovnoměrnost. Kdyby se vymežila funkční část místnosti, kde se nachází lavice, a poslední sloupec bodů by se ve výpočtu zanedbal, byl by minimální činitel denní osvětlenosti 4,56 % a rovnoměrnost 0,1. To by tedy neznamenal zlepšení a to znamená, že denní osvětlení v této učebně není dost kvalitní pro danou zřakovou třídu. Z osobní zkušenosti s touto učebnou i z výsledků měření hodnotím učebnu jako nevyhovující z hlediska kvality denního osvětlení.

Místnost UF 207 o 40 mm nespĺňuje požadovanou světlou výšku. Dále místnost nemá boční osvětlovací otvor, který by zajistil uživatelům kontakt s vnějším prostředím. Horní osvětlovací otvory dle výsledků měření zajišťují dostatečné a kvalitní osvětlení. Z osobní zkušenosti vím, že kvalita denního osvětlení v této učebně je bezchybná a dostatečná. Avšak po celém dopoledni v učebně jsem si připadala jako ve stísněném prostoru a bylo to velmi frustrující. Chybí zde kontakt s vnějším prostředím. Proto subjektivně hodnotím učebnu za kvalitně zásobenou denním osvětlením, ale nevyhovující pro uživatelskou pohodu.

Půdorysně největší místnost UU 208 vyhověla ve všech parametrech posuzování kvality denního osvětlení. Má dostatečnou světlou výšku a o boční osvětlení ze dvou stran. Boční osvětlení zprava není ideální pro denní kvalitu denního osvětlení ve školách, protože může docházet k přesvětlení prostoru a oslnění uživatelů. Ve funkční části místnosti, mimo lokální chodbu, jsou parametry denního osvětlení v učebně splněny. Subjektivně i z výsledků měření hodnotím tuto místnost za dostatečně osvětlenou denním světlem.

Místnost EU 109 je jediná učebna orientovaná na sever. Základní parametry místnosti (světlá výška a boční osvětlení) byly splněny. I přes dostatečně vysoká nadpraží osvětlovacích otvorů není v hloubce místnosti tak velký činitel denní osvětlenosti, aby byla splněna rovnoměrnost osvětlení. Místnost je od oken hluboká 7,4 m a i při splněné světlé výšce a vysokém nadpraží není světlo dostatečně rovnoměrně rozloženo v prostoru. Ze zkušenosti působí místnost velmi chladně a pochmurně. Z měření vyplývá, že není kvalitně osvětlena. Subjektivně ji hodnotím jako dostatečnou i přes nevyhovující výsledky měření.

Laboratoř EL 307 je vyhovující ve všech posuzovaných směrech. Jediné, co není pro uživatele dobře, je orientace pracovních míst. Ty nejsou standardně orientovány k tabuli, ale jsou ve středu místnosti „do kola“. Z hlediska denního osvětlení se subjektivním dojmem podloženým výpočtem hodnotím učebnu za kvalitně osvětlenou denním světlem.

Učebna EU 102 je učebnou s nejhoršími výsledky, co se týče kvality denního osvětlení. Množství dodávaného denního osvětlení je dostatečné, avšak není kvalitně rozloženo. Místnost je hluboká 9,2 m a tím pádem nelze kvalitně dodat denní osvětlení až do hloubky místnosti. Z osobního uživatelského hlediska i z výsledků měření je tato místnost nevyhovující.

Učebna UC 122 je dostatečně vysoká a má vysoké osvětlovací otvory, ale její půdorysný tvar je tristní při použití k vyučování. Místnost je velmi hluboká a úzká a tím nevhodná a nepohodlná pro výuku, jak pro studenty, tak vyučující. Z hlediska denního osvětlení je tato místnost vyhovující dle výsledků i subjektivního dojmu.

Učebna UC 334 je z hlediska půdorysného uspořádání asi nejlepší učebnou této práce. Bohužel učebna má o 260 mm nižší světlou výšku a tím se stává nevyhovující pro účel jaký má. Místnost je dobře orientovaná, ale bohužel díky širokému meziokennímu pilíři je denní osvětlení v prostoru velmi nerovnoměrné. Z výsledků měření tedy místnost nevyhověla a z osobní zkušenosti je denní osvětlení pro danou činnost dostatečné.

Učebna UC 410 je asi nejvíce zapeklitá. Nedostatečná světlá výška, orientace osvětlovacích otvorů vzadu, sloup umístěný do prostoru místnosti. V této učebně nebyl splněn požadavek kvalitativní ani kvantitativní. Z hodnot získaných měření je tato místnost nedostatečná z hlediska denního osvětlení pro danou třídu zrakové činnosti. Z velké části za to může předsazená konstrukce únikového schodiště, světlá výška a hloubka místnosti, která je téměř 7,5 m. Objektivně tuto místnosti hodnotím podobně jako místnost UF 207. Nedostatečný nebo žádný kontakt s vnějším prostředím.

Celkově subjektivně lze hodnotit místnosti UF 207, EU 102, UC 122, UC 334 a UC 410 za nevyhovující pro uživatele. Přesto, že byly v místnosti UF 207 hodnoty kvality denního osvětlení dostatečné, místnost celkově nepůsobí dobře na psychiku. Ostatní místnosti mají špatné parametry denního osvětlení, ale i uživatelské pohody.

Je velmi zajímavé, že obecné požadavky na stavby toto charakteru a požadavky kvality denního osvětlení z větší části nesplnily učebny, které se nachází v mladších budovách FAV a FEL. Dalo by se předpokládat, že tomu bude spíše naopak a kvalita denního osvětlení zde bude dostatečná.

## 6 SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÝCH UČEBNÁCH UNIVERZITY A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ

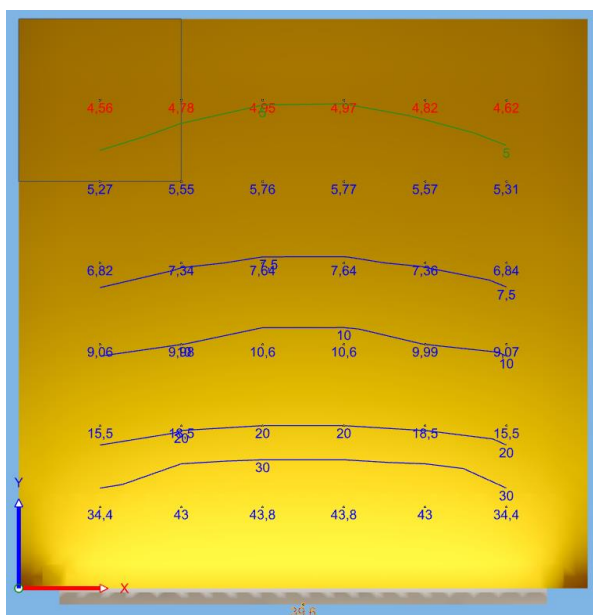
Program BuildingDesign od české společnosti ASTRA MS Software s.r.o. umožňuje pomocí modulu Wdls – Denní osvětlení pomoci posoudit denní osvětlení dle platných norem. Program má také modulu pro výpočet umělého osvětlení, proslunění a aktivní hromosvody. BuildingDesign umožňuje spolupráci s CAD systémy. Program se snadno a intuitivně ovládá.

Podle naměřených rozměrů místností z měření denní osvětlení byly v programu vyneseny tvary místností a osvětlovací otvory.

### 6.1 MODEL MÍSTNOSTI UU 106

Model místnosti UU 106 byl vypracován podle naměřených hodnot rozměrů místnosti. Orientace osvětlovacích otvorů ke světovým stranám byla určena obdobně jako ve skutečnosti, proto je model na obrázku č. Obrázek 15 natočen o 90° vlevo oproti schématu v kapitole 5.3.1. Síť kontrolních bodů na srovnávací rovině byla rozložena polohově i výškově stejně jako při měření v místnosti, viz kapitola 5.3.1. Činitelé odrazu světla ploch byly v modelu určeny dle naměřených hodnot, dle kapitoly 5.3.1.

Hodnoty činitele denního osvětlení, které byly vypočítány v softwaru, jsou na obrázku č. Obrázek 15.



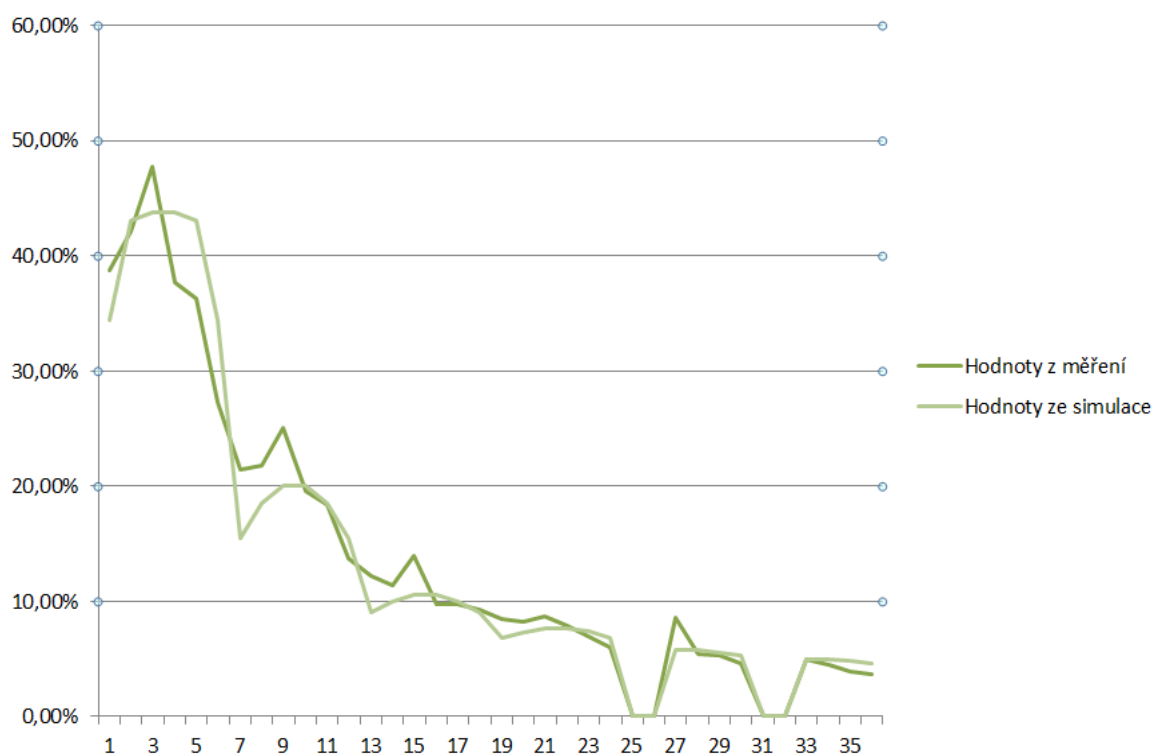
Obrázek 15 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UU 106

Pro porovnání hodnot ze simulace a hodnot dopočtených z měření denního osvětlení je použit spojnicový graf a body jsou řazeny vzestupně po sloupcích, tzn. A,1; A,2; ...; B,1; B,2; atd. Nejvyšší hodnoty se nachází u osvětlovacího otvoru.

Tabulka 8 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UU 106

$D_{\min}(\%)$	4,62%
$D_{\max}(\%)$	43,80%

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Největší rozdíl je v bodech u osvětlovacího otvoru, kde se maximální odchylka 5,06 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,03 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 1,47 %. Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace je na obrázku č. Obrázek 16.



Obrázek 16 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,11, což je o 0,03 lepší než v reálném měření, avšak je to stále nedostatečná hodnota.

## 6.2 MODEL MÍSTNOSTI UF 207

Model místnosti UF 207 byl vypracován podle naměřených hodnot rozměrů místnosti. Orientace osvětlovacích otvorů ke světovým stranám byla určena obdobně jako ve skutečnosti, viz Příloha č. 2. Sít kontrolních bodů na srovnávací rovině byla rozložena polohově i výškově stejně jako při měření v místnosti, viz Příloha č. 1. Činitelé odrazu světla ploch byly v modelu určeny dle naměřených hodnot, viz příloha č. 1.

Hodnoty činitele denního osvětlení, které byly vypočítány v softwaru, jsou v příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti se významně liší. Maximální odchylka 20,96 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,25 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 6,97 %. Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace je v Příloze č. 2.

Průměrný činitel denní osvětlenosti je v simulaci 18,74 %.

## 6.3 MODEL MÍSTNOSTI UU 208

Model místnosti UU 208 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Největší rozdíl je v bodech u osvětlovacího otvoru, kde je maximální odchylka 13,99 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,03 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 3,15 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,26. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## 6.4 MODEL MÍSTNOSTI EU 109

Model místnosti EU 109 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Maximální odchylka 7,83 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,16 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 2,35 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,08. To je o 0,02 méně než bylo naměřeno. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## **6.5 MODEL MÍSTNOSTI EL 307**

Model místnosti EL 307 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Maximální odchylka 10,61 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,14 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 2,66 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,21. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## **6.6 MODEL MÍSTNOSTI EU 102**

Model místnosti EU 102 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Maximální odchylka 13,24 %. Minimální odchylka v hodnotách je 3,42 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 7,06 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,15. To je o 0,08 více než bylo naměřeno, přesto je tato hodnota nevyhovující. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## **6.7 MODEL MÍSTNOSTI UC 122**

Model místnosti UC 122 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Maximální odchylka 7,03 %. Minimální odchylka v hodnotách je 1,04 % a průměrná odchylka hodnot činitele



denní osvětlenosti je 5,13 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,11. To je o 0,15 méně než bylo naměřeno. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## **6.8 MODEL MÍSTNOSTI UC 334**

Model místnosti UC 334 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Maximální odchylka 7,60 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,02 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 2,09 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,22. To je o 0,05 více, než bylo naměřeno. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## **6.9 MODEL MÍSTNOSTI UC 410**

Model místnosti UC 410 byl vypracován obdobně jako v kapitole 6.1.

Hodnoty a grafy z porovnání výsledků jsou v Příloze č. 2.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou velmi podobné. Maximální odchylka 3,56 %. Minimální odchylka v hodnotách je 0,01 % a průměrná odchylka hodnot činitele denní osvětlenosti je 0,62 %. Grafické porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti z měření a ze simulace v příloze č. 2.

Rovnoměrnost při simulaci denního osvětlení v místnosti byla vypočtena na 0,09. To je o 0,08 méně než bylo naměřeno. Hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je uveden v Příloze č. 2.

## **6.10 ZHODNOCENÍ POROVNÁVÁNÍ MODELŮ S NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI**

Hodnoty činitelů denního osvětlení z naměřených hodnot a jejich hodnoty ze simulace z programu BuildingDesign se v průměru liší o 3,63 %. Orientační měření má dovolenou odchylku 14 - 20 %.



## 7 NÁVRH OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU KVALITY DENNÍHO OSVĚTLENÍ VE VYBRANÝCH UČEBNÁCH UNIVERZITY

Kvalita denního osvětlení v některých z vybraných učeben není dostatečná, proto je nutné navrhnout opatření pro zlepšení stávajícího stavu. V některých místnostech nebyly splněny podmínky činitelů odrazu světla od povrchů.

Výsledky simulace se s výsledky z měření odlišují minimálně, proto lze navržené řešení simulovat na modelech jednotlivých místností. Takto lze ověřit, jestli je toto navržené řešení dostatečné.

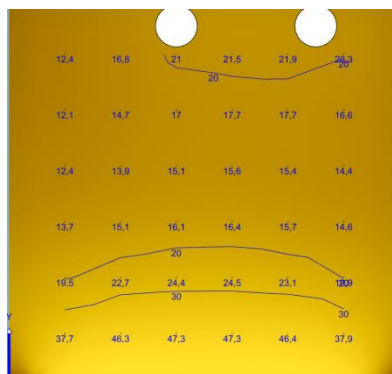
U místností s nedostatečným činitelem odrazu světla je simulace provedena znovu jen se změněnou hodnotou tohoto činitele, aby bylo vidět, jak se výsledky změní.

### 7.1 NÁVRH PRO MÍSTNOST UU 106

V místnosti UU 106 byl splněn požadavek minimálního činitele denní osvětlenosti, viz tabulka Tabulka 8. Rovnoměrnost denního osvětlení nebyla splněna při měření ani při simulaci na modelu. Dále zde byl nedostatečný činitel odrazu světla na povrchu stropu.

Pro větší rovnoměrnost denního osvětlení je nutné zajistit vstup denního osvětlení i s druhé strany místnosti. To lze zajistit pomocí světlovodů, které přivedou denní osvětlení. V návrhu jsou tyto světlovody v průměru 750 mm a jsou umístěny středem metr od stěn. Při novém nátěru stropní konstrukce je předpokládán činitel odrazu této bílé barvy na 0,8.

Na obrázku č. Obrázek 17 jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti po přidání světlovodů a opatření nového nátěru stropní konstrukce.



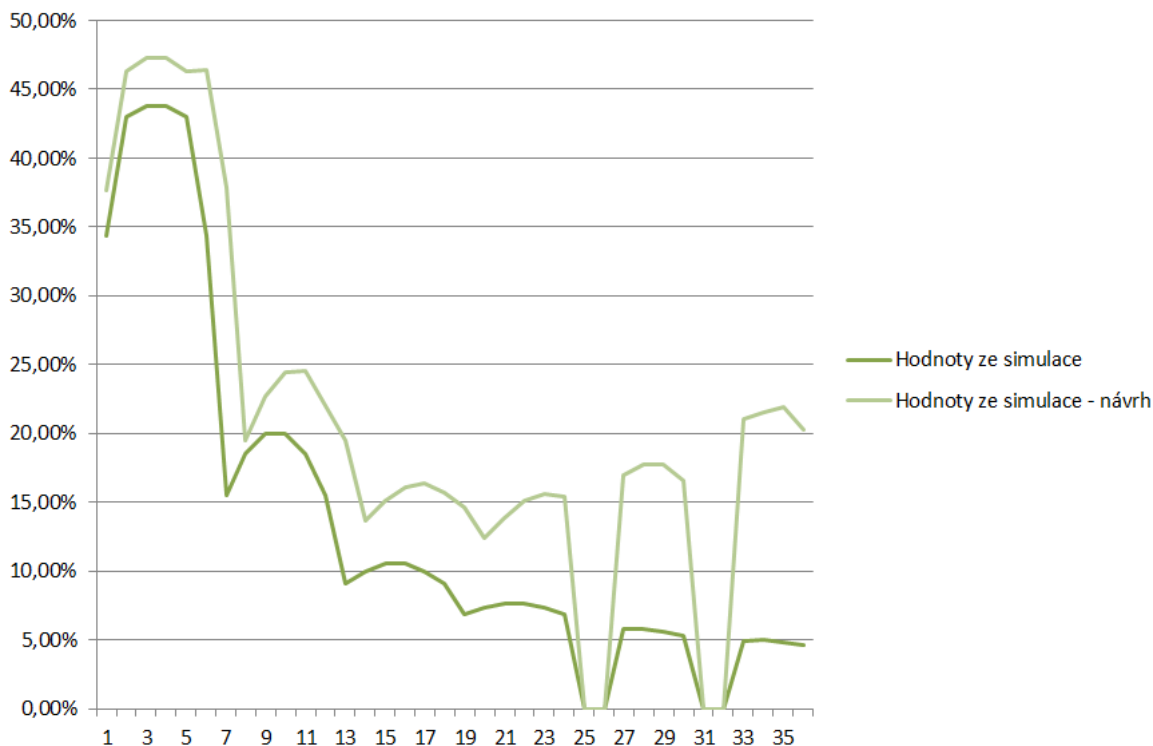
Obrázek 17 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UU 106

Na obrázku č. Obrázek 18 je vidět, jak se hodnoty činitele denní osvětlenosti zlepšily přidáním dvou světlovodů. Hodnoty činitele denní osvětlenosti se v průměru

zlepšily o 5,84 % a rovnoměrnost denního osvětlení je nyní na hodnotě 0,26. Maximální a minimální činitel denní osvětlenosti je v tabulce č. 9.

Tabulka 10 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UU 106

$D_{\min}$ (%)	12,40%
$D_{\max}$ (%)	47,30%



Obrázek 18 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UU 106

### 7.1.1 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU PRO MÍSTNOST UU 106

V místnosti UU 106 byly v hloubce místnosti navrženy dva světlovody. Dva z důvodu rovnoměrnějšího rozložení světla a menšímu průměru. Světlovody byly umístěny k bezprostřední blízkosti stěn, proto aby ve vyšších podlažích nenarušovaly prostory.

Tím, že byly světlovody umístěny ke stěně a ne do prostoru, se jejich efektivita výrazně snižuje. Další překážkou je fakt, že ve vyšších podlažích by pravděpodobně byly výsledky jen nepatrně příznivější a tím by bylo nutné navrhnout opatření. Budova má v této části 7. Nadzemních podlaží, to znamená, že světlovodný tubus musí překonat více než 18 m. To je neefektivní řešení.

Další variantou řešení by tedy mohlo být druhotné osvětlení z chodby. Pro uživatelskou pohodu by bylo nutné, aby tyto osvětlovací otvory byly umístěny pod stropní konstrukci a parapet byl ve výšce přibližně dvou metrů. To by však nebylo moc efektivní pro osvětlení kontrolních bodů v hloubce místnosti.

Další možnou variantou je světlovodný podhled, který by při hloubce místnosti také nebyl efektivní a snížil by lokálně světlou výšku místnosti.

Poslední variantou je zastínění osvětlovacích otvorů a tím snížení maximálního činitele denní osvětlenosti. Tím by se zhoršili světlené podmínky v celé místnosti.

Pořízení samotného světlovodu je otázka cca deseti tisíc korun. To je příznivá cena, pokud by toto řešení bylo efektivní. Ale do ceny by bylo nutné zahrnout i práce za instalaci, bourací a dokončovací práce.

Z výsledků vyplývá, že denní osvětlení není dostatečně kvalitní pro tuto zřakovou činnost, proto je tu varianta využívat tuto místnost pro jinou zřakovou činnost nebo výrazně redukovat funkční část této učebny. To se ekonomické promítne na snížení kapacity učebny a tím bude provoz nákladnější.

## **7.2 NÁVRH PRO MÍSTNOST UF 207**

V této místnosti byly požadavky splněny, ale subjektivně tato místnost není vhodná pro delší užívání. Protože je místnost ve střeším traktu budovy, nelze zajistit boční osvětlení a vizuální kontakt s vnějším prostředím.

Proto by se prostor měl využívat buďto pro krátké čtyřiceti pěti minutové vyučování nebo pro jiný účel. To může také ekonomicky ovlivnit její provoz.

## **7.3 NÁVRH PRO MÍSTNOST EU 109**

V místnosti EU 109 byl splněn požadavek minimálního činitele denní osvětlenosti, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení nebyla splněna při měření ani při simulaci na modelu, viz příloha č. 2 a 3.

Situace s návrhem světlovodů je v této učebně stejná jako v kapitole 7.1. Navržený světlovod není efektivní a v tomto případě nelze uvažovat o druhotném osvětlení z chodby, protože chodba je ve vnitřním traktu budovy. Ze stejného důvodu nepřipadá v úvahu ani světlovodný podhled.

Proto se nabízí stejné řešení jako v kapitole 7.1, tj. využívat tuto místnost pro jinou zrakovou činnost nebo výrazně redukovat funkční část této učebny. To se ekonomické promítne na snížení kapacity učebny a tím bude provoz nákladnější.

#### **7.4 NÁVRH PRO MÍSTNOST EL 307**

Tato učebna ve všech směrech vyhověla požadavkům norem. Jedinou překážkou je uspořádání lavic. Lavice by se měly přemístiti do dvou nebo tří oddělení po několika řadách ve směru k tabuli.

Ekonomicky ani technicky to není žádná překážka.

#### **7.5 NÁVRH PRO MÍSTNOST EU 102**

V místnosti EU 102 byl splněn požadavek minimálního činitele denní osvětlenosti, viz příloha č. 1. Rovnoměrnost denního osvětlení nebyla splněna při měření ani při simulaci na modelu, viz příloha č. 2 a 3.

Situace s návrhem světlovodů je v této učebně stejná jako v kapitole 7.1. Navržený světlovod není efektivní a v tomto případě nelze uvažovat o druhotném osvětlení z chodby, protože chodba je ve vnitřním traktu budovy. Ze stejného důvodu nepřipadá v úvahu ani světlovodný pohled.

Proto se nabízí stejné řešení jako v kapitole 7.1, tj. využívat tuto místnost pro jinou zrakovou činnost nebo výrazně redukovat funkční část této učebny. To se ekonomické promítne na snížení kapacity učebny a tím bude provoz nákladnější.

#### **7.6 NÁVRH PRO MÍSTNOST UC 122**

V místnost UC 122 je na univerzitě vedena jako kancelář, i přesto je využívána pro vyučování. Jak bylo uvedeno v kapitole 5.6, místnost pro vyučování není v hodná z hlediska uživatelského komfortu. Proto jediný možný návrh je jasný, používat tuto místnost pro účely, které byla navržena.

#### **7.7 NÁVRH PRO MÍSTNOST UC 334**

V místnost UC 334 bylo navrženo rozšíření stávajících okenních otvorů, viz příloha č. 3. Tím se zlepší rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti, jak ukazují výsledky v příloze č. 3.

V tomto případě se budu muset ověřit statika objektu, jestli je toto řešení staticky možné. Ekonomicky toto bude jednorázová investice, která se nebude dlouhodobě promítat do provozu místnosti.

V ceně se promítnou projekční práce, bourací práce a stavební práce, nové okenní výplně a úprava vnějšího pláště objektu. Při této změně je nutné zvážit i celkový dopad na vnější vzhled objektu.

## **7.8 NÁVRH PRO MÍSTNOST UC 410**

V místnosti UC 410 byly navrženy světlíky v hloubce místnosti. V příloze č. 3 můžete vidět, jak se tím honory výrazně zlepšily.

Další důležitou věcí je změna orientace lavic, tím se výrazně sníží kapacita místnosti, protože by nebylo ze všech míst po celé hloubce místnosti dobře vidět na tabuli.

Pořizovací hodnota světlíku je kolem šesti tisíc plus bourací a stavební úpravy. Je třeba zvážit, zda je v hodné na tuto střechu světlíky vhodně umístit a jak. Celkově se jedná o jednorázovou investici a přínos by byl víc než příznivý.

Změnou orientace lavic a tím sníženou kapacitou místnosti by se také změnila funkční plocha proto by nemuselo být nutné světlíky pořizovat. Varianta využívat tuto místnost pro jinou zřakovou činnost nebo výrazně redukovat funkční část této učebny. To se ekonomické promítne na snížení kapacity učebny a tím bude provoz nákladnější.

## ZÁVĚR

Diplomová práce shrnuje požadavky na denní osvětlení ve školách, postup měření a druhy osvětlovacích systémů.

Cílem této diplomové práce bylo posouzení kvality denního osvětlení ve vybraných učebnách univerzity. Pro práci byly vybrány odlišné učebny ve všech budovách technických fakult v kampusu na Borech. Výsledky orientačního měření v učebnách byly srovnány s výsledky simulace místností v programu BuildingDesign. Následně byly navrženy různé možnosti nápravy.

Výsledky ukázaly na nedostatky některých místností s ohledem na denní osvětlení a odrazivost ploch. V úvodu stanovené předpoklady se potvrdily jen částečně. Kvalita denního osvětlení v učebnách EU 102 a UC 410 byla nedostatečná, ale ještě k nim přibyly učebny UF 207, UC 122 a UC 334 z důvodů kvality denního osvětlení a uživatelské pohody.

Předpoklad, že mladší budovy FAV a FEL vyjdou z měření dostatečně, se zcela vyvrátil. Žádná z vybraných učeben neobstála na 100 %. Z výsledků se dá vyhodnotit, že učebny v budovách FST, FEL a FAV jsou jen částečně vhodné nebo nevhodné pro dané užívání a zrakovou činnost.

Tyto výsledky jsou velmi zajímavé a jistě by bylo zajímavé posoudit kvalitu denního osvětlení v dalších učebnách v budově FST v objektu UL a v budově FAV v místnostech orientovaných do vnitrobloku a v objektu NTIS. Další zajímavé výsledky by mohlo přinést posouzení kvality denního osvětlení v budově Fakulty umění a designu Ladislava Sutnara, v budově Fakulty pedagogické na Chodském náměstí a budovy Fakulty právnické v Sadech pětatřicátníků.



**SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZŮ**

- [1] ČSN 36 0011-1, 2014. *Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [2] ČSN 36 0011-2, 2014. *Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [3] ČSN 73 0580-1, 2007. *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut.
- [4] ČSN 73 0580-3, 1994. *Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: Český normalizační institut.
- [5] Ing. Daniela Bošová, Ph.D., 2016. *TP 1.8.8 Denní osvětlení budov*, Praha: Informační centrum ČKAIT, s.r.o. ISBN 978-80-87438-70-1.
- [6] Ing. Daniela Bošová, Ph.D., Ing. Lenka Prokopová, Ph.D., 2017. *Stavební fyzika I. Osvětlení, oslunění, akustika budov*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-06130-5.
- [7] Doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., 2013. *Stavební fyzika I. Zvuk a denní světlo v architektuře*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05209-9.
- [8] Doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., 2013. *Stavební fyzika 1. Zvuk a denní světlo v architektuře*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05209-9.
- 
- [1] ČSN 36 0011-1, 2014. *Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [2] ČSN 36 0011-2, 2014. *Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [3] ČSN 73 0580-1, 2007. *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut.
- [4] ČSN 73 0580-3, 1994. *Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: Český normalizační institut.
- [5] Ing. Daniela Bošová, Ph.D., 2016. *TP 1.8.8 Denní osvětlení budov*, Praha: Informační centrum ČKAIT, s.r.o. ISBN 978-80-87438-70-1.
- [6] Ing. Daniela Bošová, Ph.D., Ing. Lenka Prokopová, Ph.D., 2017. *Stavební fyzika I. Osvětlení, oslunění, akustika budov*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-06130-5.
- [7] Doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., 2013. *Stavební fyzika I. Zvuk a denní světlo v architektuře*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05209-9.

## **PŘÍLOHY**

**Příloha č. 1** - Naměřené a dopočtené hodnoty

**Příloha č. 2** - Hodnoty ze simulace a porovnání denního osvětlení ve vybraných učebnách univerzity

**Příloha č. 3** - Hodnoty ze simulace návrhu opatření pro zlepšení denního osvětlení ve vybraných učebnách univerzity

**Příloha č. 4** - Fotodokumentace

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

**Příloha č. 1**

**Naměřené a dopočtené hodnoty**

Diplomová práce

**Bc. Lenka Brožková**

*Stavitelství*

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

**Plzeň 2020**

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 106.....	II
Obrázek 2 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106 .	III
Obrázek 3 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UF 207 .....	V
Obrázek 4 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UF 207 ..	VI
Obrázek 5 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 208.....	VIII
Obrázek 6 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 208	XII
Obrázek 7 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 109 .....	XIV
Obrázek 8 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 109	XV
Obrázek 9 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EL 307 .....	XVII
Obrázek 10 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EL 307 .....	XVIII
Obrázek 11 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 102 .....	XX
Obrázek 12 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 102 .....	XXI
Obrázek 13 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 122.....	XXIII
Obrázek 14 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 122 .....	XXIV
Obrázek 15 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 334.....	XXV
Obrázek 16 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 334 .....	XXVI
Obrázek 17 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 410.....	XXVIII
Obrázek 18 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 410 .....	XXIX
Tabulka 1 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 106 .....	II
Tabulka 2 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UU 106 .....	III
Tabulka 3 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UU 106.....	III
Tabulka 4 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 106 .....	IV
Tabulka 5 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UU 106.....	IV
Tabulka 6 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UU 106 .....	IV
Tabulka 7 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UF 207 .....	V

Tabulka 8 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UF 207.....	VI
Tabulka 9 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UF 207 .....	VI
Tabulka 10 - Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti pro místnost UF 207.....	VII
Tabulka 11 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UF 207.....	VII
Tabulka 12 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 208 .....	IX
Tabulka 13 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UU 208 .....	X
Tabulka 14 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UU 208.....	XI
Tabulka 15 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 208 .....	XIII
Tabulka 16 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UU 208.....	XIII
Tabulka 17 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UU 208 .....	XIII
Tabulka 18 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 109 .....	XIV
Tabulka 19 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost EU 109 .....	XV
Tabulka 20 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti EU 109 .....	XV
Tabulka 21 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost EU 109 .....	XVI
Tabulka 22 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost EU 109 .....	XVI
Tabulka 23 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti EU 109.....	XVI
Tabulka 24 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EL 307 .....	XVII
Tabulka 25 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost EL 307.....	XVIII
Tabulka 26 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti EL 307 .....	XVIII
Tabulka 27 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost EL 307 .....	XIX
Tabulka 28 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost EL 307.....	XIX
Tabulka 29 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti EL 307 .....	XIX
Tabulka 30 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 102.....	XX
Tabulka 31 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost EU 102 .....	XXI
Tabulka 32 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti EU 102 .....	XXI
Tabulka 33 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost EU 102 .....	XXII
Tabulka 34 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost EU 102.....	XXII
Tabulka 35 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti EU 102.....	XXII
Tabulka 36 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 122.....	XXIII

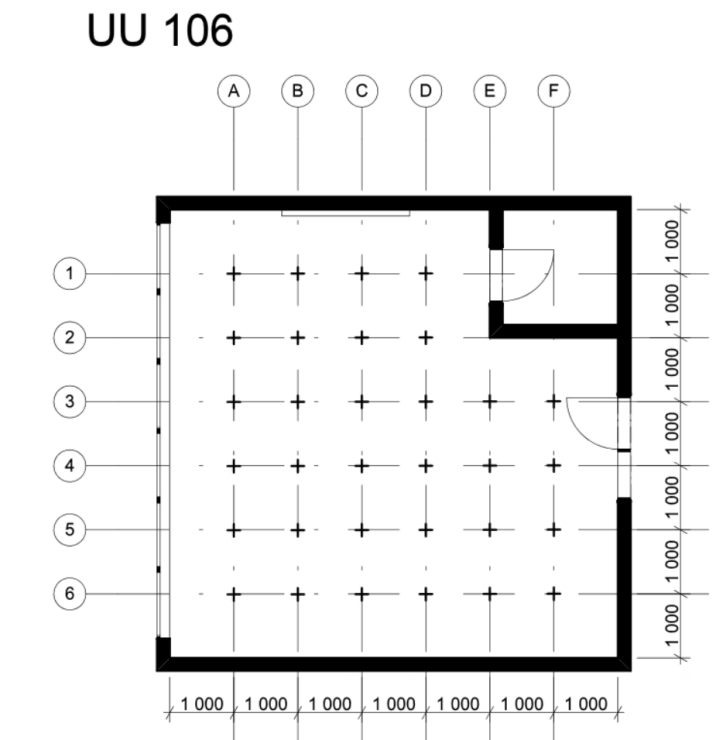
Tabulka 37 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UC 122 .....	XXIII
Tabulka 38 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UC 122 .....	XXIV
Tabulka 39 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UC 122 .....	XXIV
Tabulka 40 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UC 122.....	XXIV
Tabulka 41 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UC 122 .....	XXIV
Tabulka 42 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 334.....	XXV
Tabulka 43 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UC 334 .....	XXVI
Tabulka 44 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UC 334.....	XXVI
Tabulka 45 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UC 334 .....	XXVI
Tabulka 46 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UC 334.....	XXVII
Tabulka 47 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UC 334 .....	XXVII
Tabulka 48 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 410.....	XXVIII
Tabulka 49 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UC 410 .....	XXIX
Tabulka 50 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UC 410.....	XXIX
Tabulka 51 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UC 410 .....	XXX
Tabulka 52 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UC 410.....	XXX
Tabulka 53 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UC 410 .....	XXX

## OBSAH

1	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UU 106 .....	II
2	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UF 207 .....	V
3	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UU 208 .....	VIII
4	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI EU 109 .....	XIV
5	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI EL 307 .....	XVII
6	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI EU 102 .....	XX
7	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UC 122 .....	XXIII
8	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UC 334 .....	XXV
9	HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UC 410 .....	XXVIII

# 1 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UU 106

Hodnoty naměřené dne 22.11.2019 v budově Fakulty strojní, místnosti UU 106.  
Měření probíhalo v čase 9:45 – 10:44 hodin.



Obrázek 1 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 106

Tabulka 1 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 106

E (lx)	A	B	C	D	E	F
1	227	126	72	50		
2	252	131	68	49		
3	289	152	85	53	53	31
4	226	120	58	47	33	28
5	216	113	58	42	32	24
6	161	84	56	36	28	23

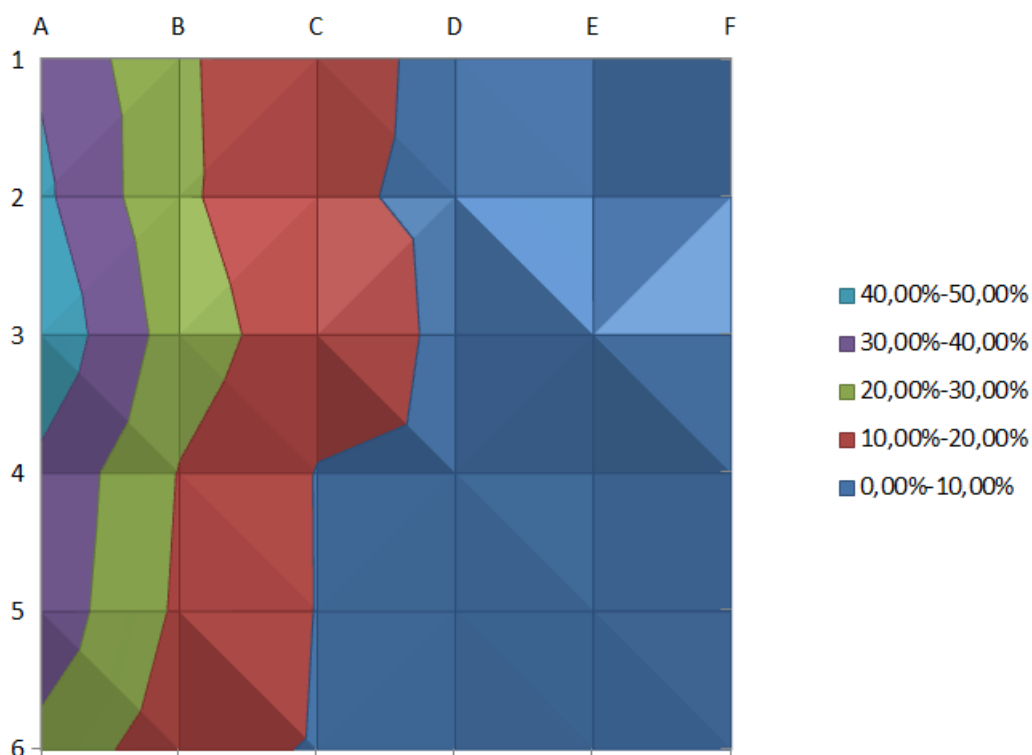


Tabulka 2 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UU 106

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F
1	587	588	589	590		
2	599	603	596	592		
3	606	607	610	614	617	621
4	599	614	599	597	607	623
5	596	614	595	601	610	623
6	591	612	605	603	614	622

Tabulka 3 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UU 106

D (%)	A	B	C	D	E	F
1	38,67%	21,43%	12,22%	8,47%		
2	42,07%	21,72%	11,41%	8,28%		
3	47,69%	25,04%	13,93%	8,63%	8,59%	4,99%
4	37,73%	19,54%	9,68%	7,87%	5,44%	4,49%
5	36,24%	18,40%	9,75%	6,99%	5,25%	3,85%
6	27,24%	13,73%	9,26%	5,97%	4,56%	3,70%



Obrázek 2 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106

Tabulka 4 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 106

$D_{\min}$ (%)	3,70%
$D_{\max}$ (%)	47,69%

Tabulka 5 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UU 106

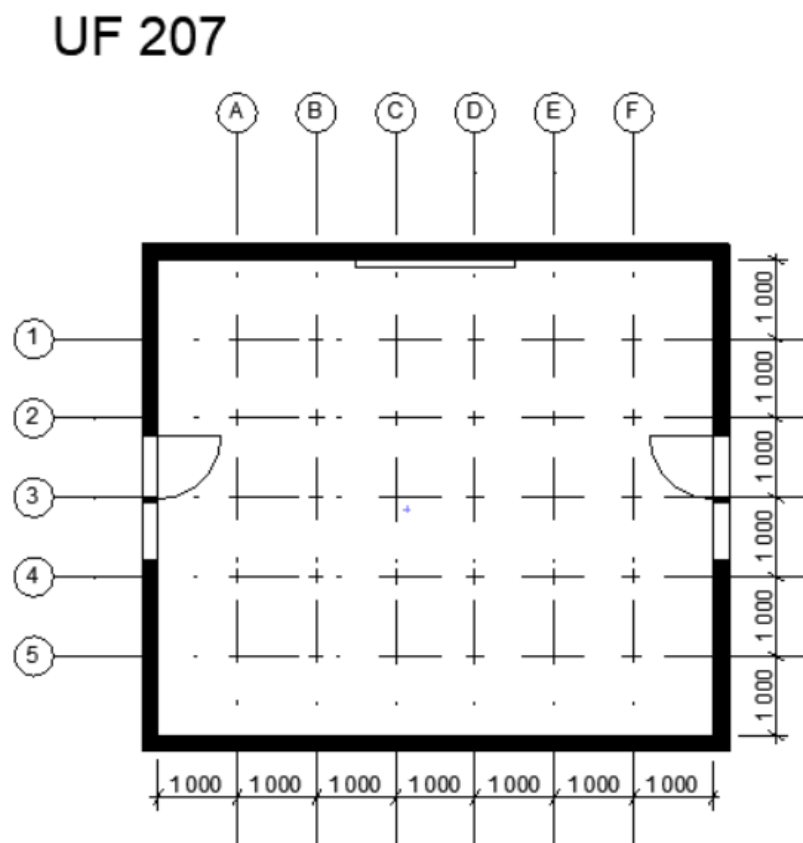
	E (lx)	$D_w$ (%)
$E_w$ (lx)	579	92,20%
$E_h$ (lx)	628	

Tabulka 6 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UU 106

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	23	32	28	91	66	18
$E_{\text{dopad}}$	34	43	80	266	87	79
Činitel odrazu	0,68	0,74	0,35	0,34	0,76	0,23

## 2 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UF 207

Hodnoty naměřené dne 22.11.2019 v budově Fakulty strojní, místnosti UF 207.  
Měření probíhalo v čase 10:55 – 11:45 hodin.



Obrázek 3 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UF 207

Tabulka 7 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UF 207

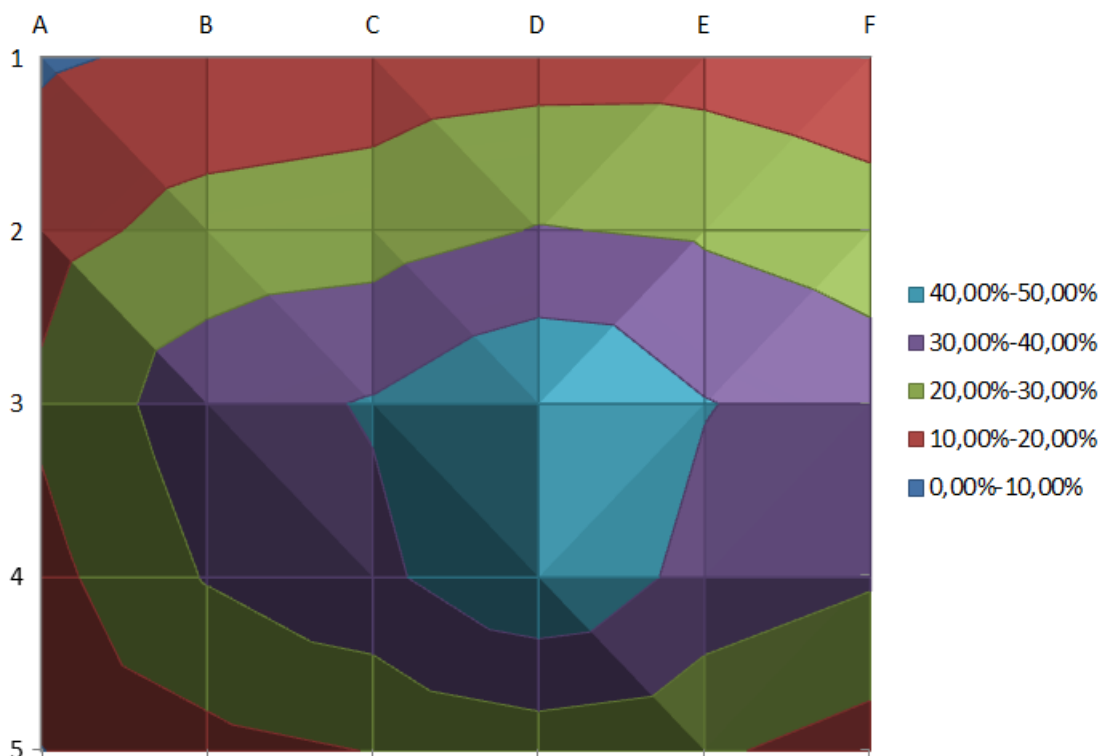
E (lx)	A	B	C	D	E	F
1	51	74	85	96	98	78
2	105	150	160	192	179	152
3	139	232	264	322	264	231
4	109	199	247	317	242	205
5	63	108	129	154	134	96

Tabulka 8 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UF 207

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F
1	592	596	600	602	606	611
2	638	634	630	630	624	618
3	642	644	648	652	653	654
4	648	650	654	655	657	656
5	645	642	637	628	622	623

Tabulka 9 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UF 207

D (%)	A	B	C	D	E	F
1	8,61%	12,42%	14,17%	15,95%	16,17%	12,77%
2	16,46%	23,66%	25,40%	30,48%	28,69%	24,60%
3	21,65%	36,02%	40,74%	49,39%	40,43%	35,32%
4	16,82%	30,62%	37,77%	48,40%	36,83%	31,25%
5	9,77%	16,82%	20,25%	24,52%	21,54%	15,41%



Obrázek 4 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UF 207

Tabulka 10 - Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti pro místnost UF 207

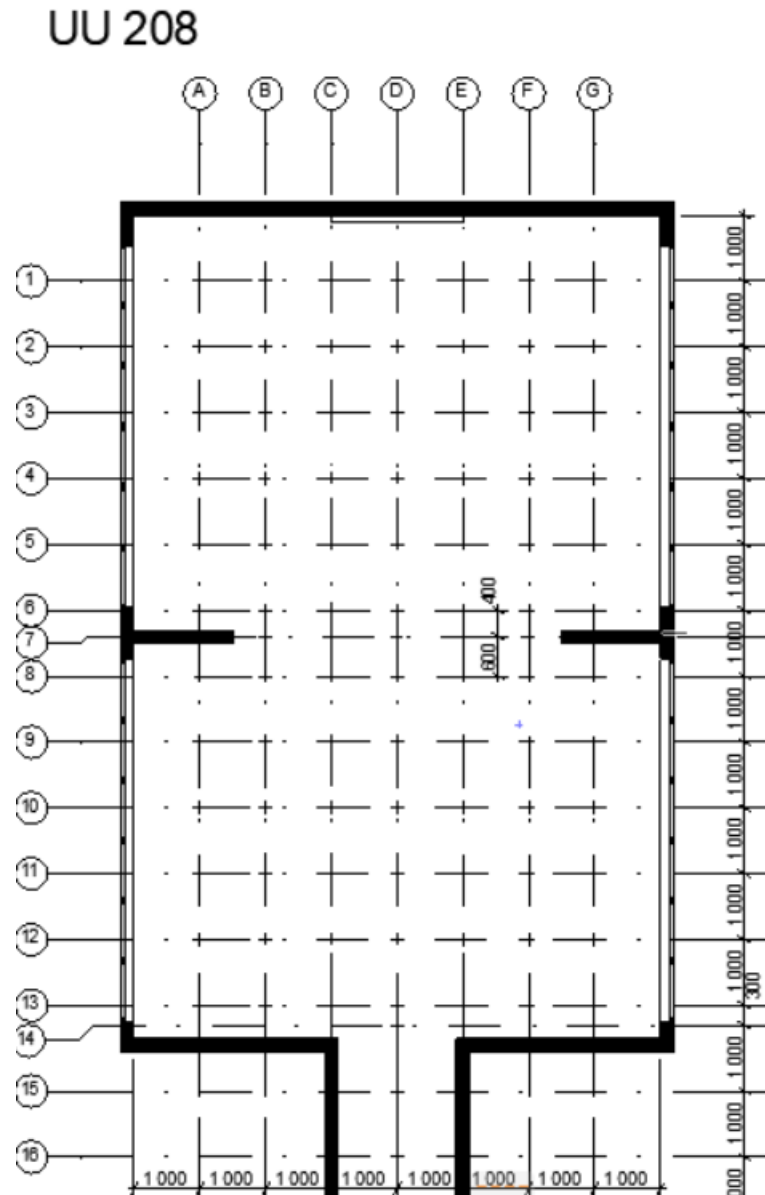
$D_m$ (%)	25,43%
-----------	--------

Tabulka 11 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UF 207

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	39	45	20	85	8	40
$E_{\text{dopad}}$	56	66	123	283	60	65
Činitel odrazu	0,70	0,68	0,16	0,30	0,13	0,62

### 3 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UU 208

Hodnoty naměřené dne 22.11.2019 v budově Fakulty strojní, místnosti UU 208.  
Měření probíhalo v čase 12:00 – 13:15 hodin.



Obrázek 5 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 208

Tabulka 12 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UU 208

E (lx)	A	B	C	D	E	F	G
1	233	130	92	78	85	112	195
2	330	201	122	100	103	152	273
3	300	195	133	110	118	170	282
4	304	190	127	100	104	160	248
5	325	198	130	92	105	138	238
6	315	187	118	101	112	158	233
7			135	99	102		
8	255	141	106	96	106	127	239
9	300	151	119	82	102	132	231
10	283	161	104	98	117	151	280
11	305	164	104	97	117	138	289
12	316	180	124	100	107	151	308
13	284	166	111	98	114	173	287
14				100			
15				7			
16				10			
17				12			
18				20			
19				32			
20				77			

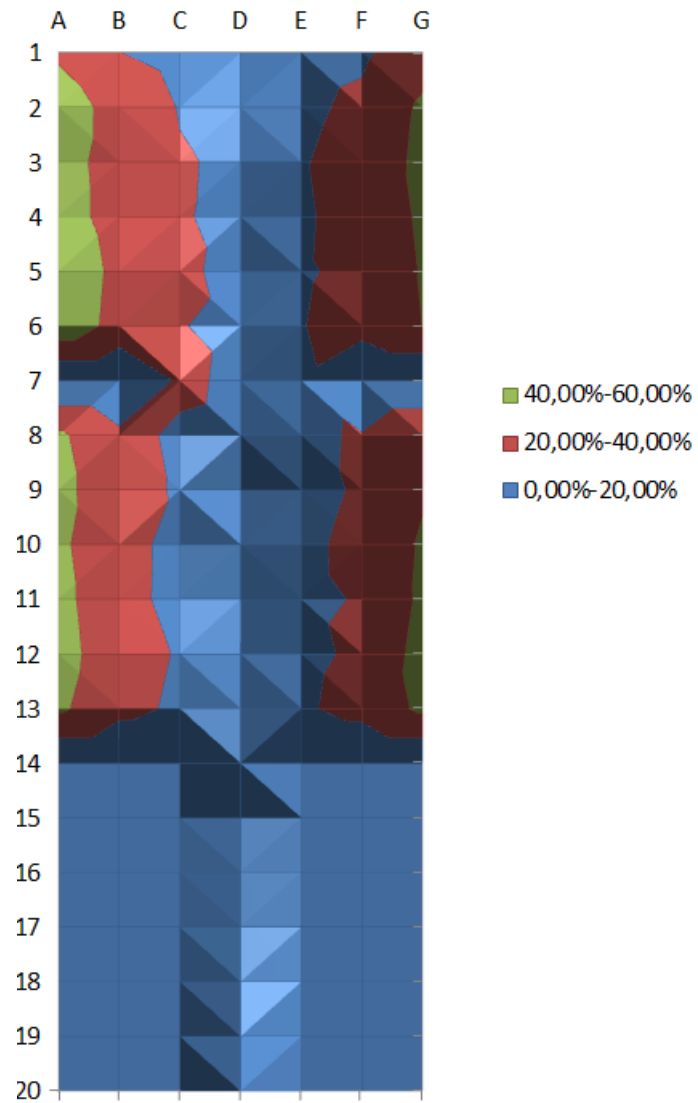
Tabulka 13 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UU 208

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F	G
1	638	641	642	642	643	672	642
2	640	638	637	637	636	635	633
3	622	624	628	630	629	631	632
4	612	609	605	597	592	585	581
5	577	576	576	576	577	577	577
6	577	572	578	579	580	580	581
7			589	588	584		
8	588	590	592	595	598	600	607
9	639	634	629	626	621	618	610
10	646	651	653	658	660	661	662
11	661	662	661	663	662	663	663
12	661	662	662	661	661	660	659
13	654	653	654	655	655	656	657
14				656			
15				659			
16				658			
17				658			
18				657			
19				657			
20				656			



Tabulka 14 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UU 208

D (%)	A	B	C	D	E	F	G
1	36,52%	20,28%	14,33%	12,15%	13,22%	16,67%	30,37%
2	51,56%	31,50%	19,15%	15,70%	16,19%	23,94%	43,13%
3	48,23%	31,25%	21,18%	17,46%	18,76%	26,94%	44,62%
4	49,67%	31,20%	20,99%	16,75%	17,57%	27,35%	42,69%
5	56,33%	34,38%	22,57%	15,97%	18,20%	23,92%	41,25%
6	54,59%	32,69%	20,42%	17,44%	19,31%	27,24%	40,10%
7			22,92%	16,84%	17,47%		
8	43,37%	23,90%	17,91%	16,13%	17,73%	21,17%	39,37%
9	46,95%	23,82%	18,92%	13,10%	16,43%	21,36%	37,87%
10	43,81%	24,73%	15,93%	14,89%	17,73%	22,84%	42,30%
11	46,14%	24,77%	15,73%	14,63%	17,67%	20,81%	43,59%
12	47,81%	27,19%	18,73%	15,13%	16,19%	22,88%	46,74%
13	43,43%	25,42%	16,97%	14,96%	17,40%	26,37%	43,68%
14				15,24%			
15				1,06%			
16				1,52%			
17				1,82%			
18				3,04%			
19				4,87%			
20				11,74%			



Obrázek 6 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 208

Tabulka 15 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UU 208

$D_{\min}$ (%)	12,15%
$D_{\max}$ (%)	56,33%

Tabulka 16 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UU 208

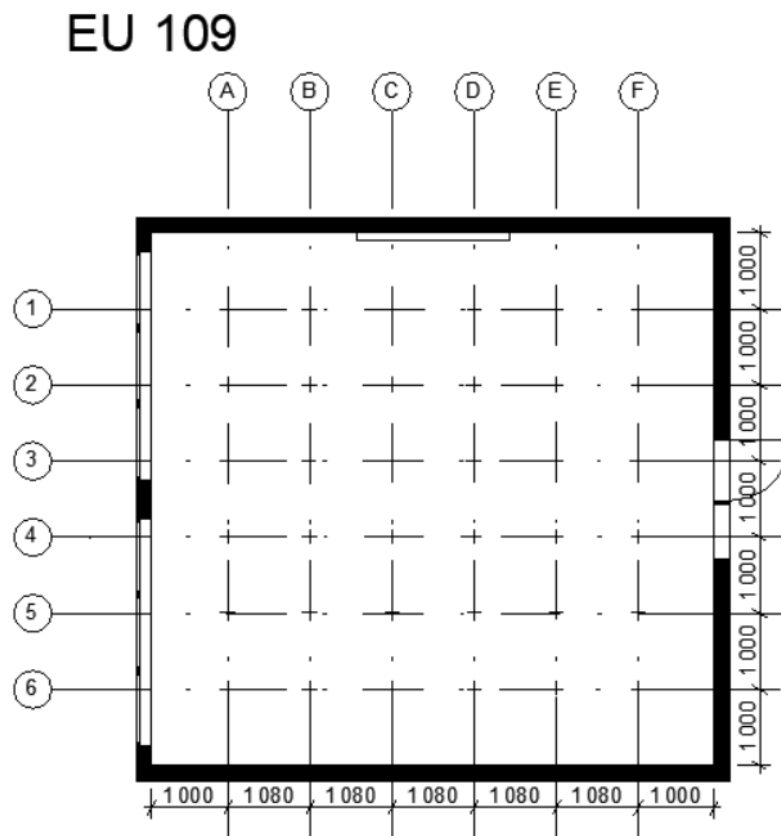
	$E_1$ (lx)	$E_2$ (lx)	$E_3$ (lx)	$E_4$ (lx)	Průměr	$D_w$ (%)
Vnitřní	640	636	638	638	638	97 %
Vnější	671	662	648	658	659,75	

Tabulka 17 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UU 208

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	40	90	26	71	12	47
$E_{\text{dopad}}$	45	106	129	207	62	62
Činitel odrazu	0,89	0,85	0,20	0,34	0,19	0,76

#### 4 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI EU 109

Hodnoty naměřené dne 25.11.2019 v budově Fakulty elektrotechnické, místnosti EU 109. Měření probíhalo v čase 9:30 – 10:25 hodin.



Obrázek 7 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 109

Tabulka 18 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 109

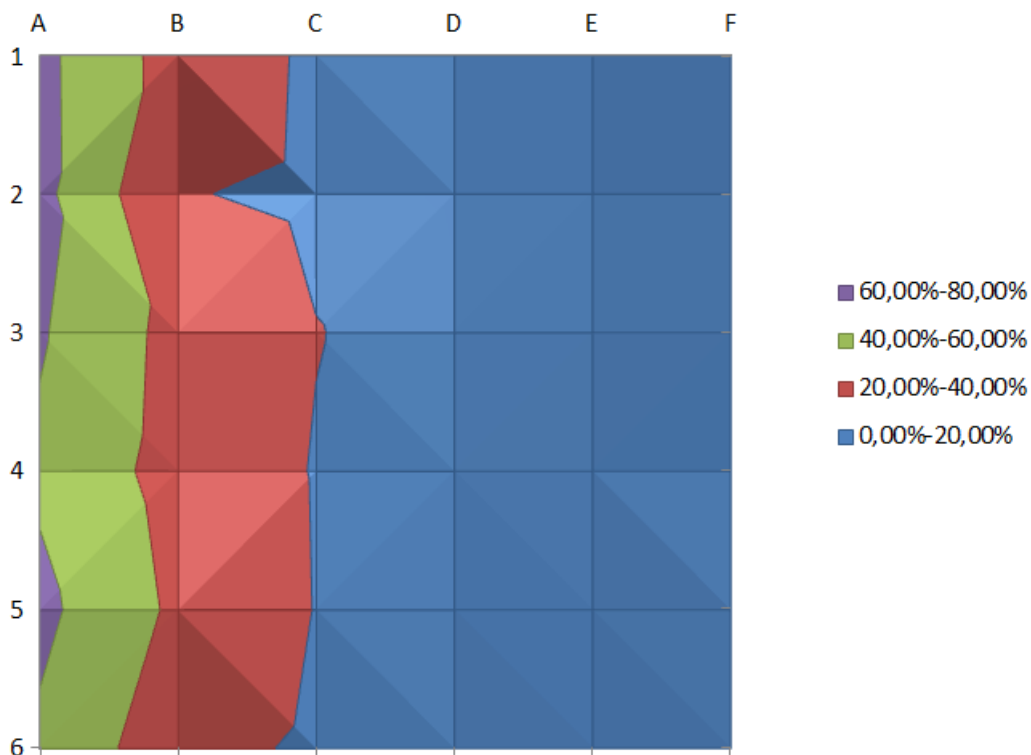
E (lx)	A	B	C	D	E	F
1	287	139	76	52	43	40
2	288	98	73	54	43	37
3	266	145	88	60	45	35
4	255	147	87	62	44	30
5	279	156	84	55	40	31
6	252	122	75	51	37	30

Tabulka 19 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost EU 109

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F
1	441	442	441	442	441	442
2	440	463	439	436	434	433
3	430	430	430	431	431	433
4	450	453	455	457	458	461
5	431	430	431	431	434	435
6	447	446	444	442	441	437

Tabulka 20 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti EU 109

D (%)	A	B	C	D	E	F
1	65,08%	31,45%	17,23%	11,76%	9,75%	9,05%
2	65,45%	21,17%	16,63%	12,39%	9,91%	8,55%
3	61,86%	33,72%	20,47%	13,92%	10,44%	8,08%
4	56,67%	32,45%	19,12%	13,57%	9,61%	6,51%
5	64,73%	36,28%	19,49%	12,76%	9,22%	7,13%
6	56,38%	27,35%	16,89%	11,54%	8,39%	6,86%



Obrázek 8 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 109

Tabulka 21 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost EU 109

$D_{\min}$ (%)	6,51%
$D_{\max}$ (%)	65,45%

Tabulka 22 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost EU 109

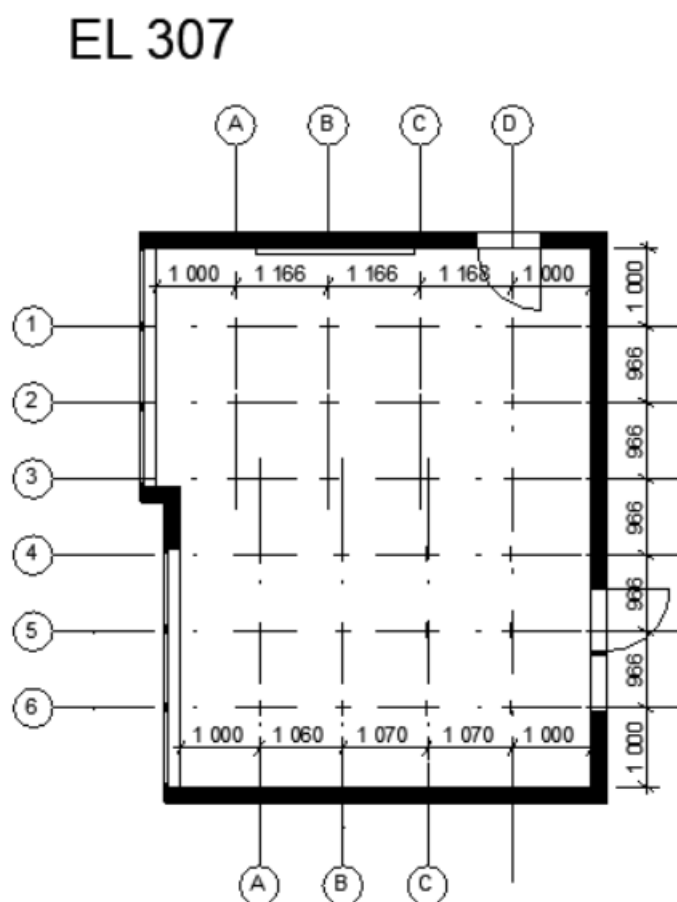
	E (lx)	$D_w$ (%)
Vnitřní	468	104%
Vnější	451	

Tabulka 23 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti EU 109

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	49	46	81	80	12	44
$E_{\text{dopad}}$	66	178	104	173	74	66
Činitel odrazu	0,74	0,26	0,78	0,46	0,16	0,67

## 5 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI EL 307

Hodnoty naměřené dne 25.11.2019 v budově Fakulty elektrotechnické, místnosti EL 307. Měření probíhalo v čase 10:30 – 11:15 hodin.



Obrázek 9 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EL 307

Tabulka 24 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EL 307

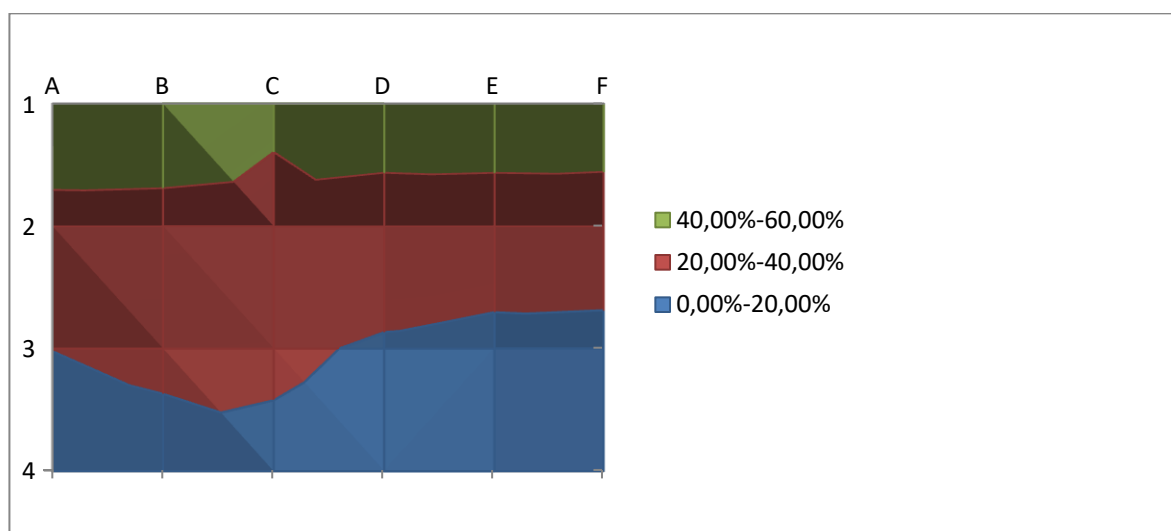
E (lx)	A	B	C	D	E	F
1	230	230	185	224	228	225
2	134	137	131	121	119	121
3	90	101	97	84	76	74
4	63	70	79	69	52	49

Tabulka 25 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost EL 307

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F
1	404	402	399	400	401	403
2	408	425	434	439	442	443
3	447	448	447	446	445	444
4	447	447	447	444	441	439

Tabulka 26 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti EL 307

	A	B	C	D	E	F
1	56,93%	57,21%	46,37%	56,00%	56,86%	55,83%
2	32,84%	32,24%	30,18%	27,56%	26,92%	27,31%
3	20,13%	22,54%	21,70%	18,83%	17,08%	16,67%
4	14,09%	15,66%	17,67%	15,54%	11,79%	11,16%



Obrázek 10 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EL 307



Tabulka 27 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost EL 307

$D_{\min}$ (%)	11,16%
$D_{\max}$ (%)	57,21%

Tabulka 28 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost EL 307

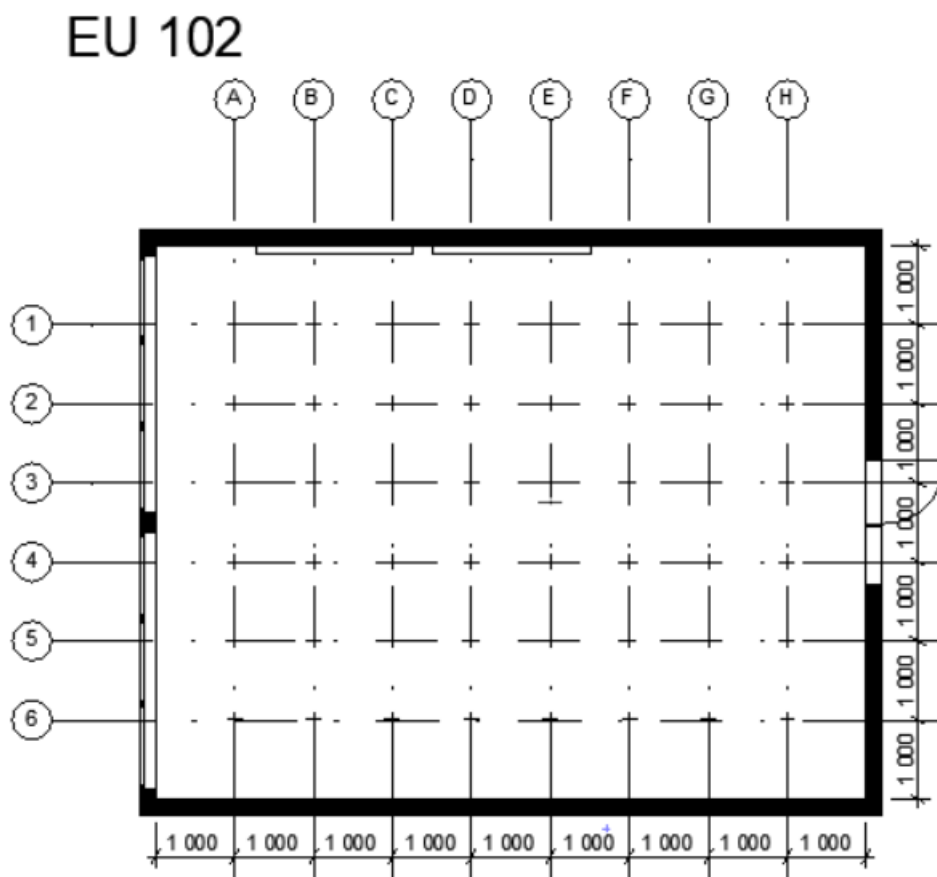
	$E_1$ (lx)	$E_2$ (lx)	Průměr	$D_w$ (%)
Vnitřní	415	409	412	93%
Vnější	446	442	444	

Tabulka 29 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti EL 307

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	53	97	35	79	66
$E_{\text{dopad}}$	64	140	223	140	92
Činitel odrazu	0,83	0,69	0,16	0,56	0,72

## 6 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI EU 102

Hodnoty naměřené dne 25.11.2019 v budově Fakulty elektrotechnické, místnosti EU 102. Měření probíhalo v čase 11:30 – 12:15 hodin.



Obrázek 11 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 102

Tabulka 30 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost EU 102

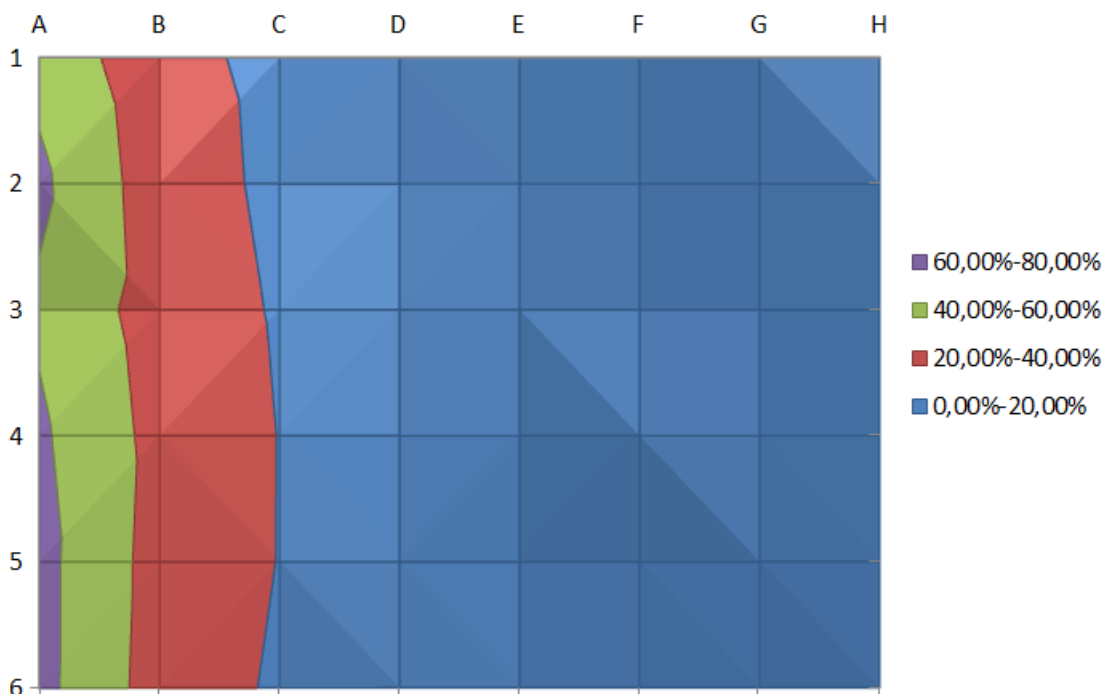
E (lx)	A	B	C	D	E	F	G	H
1	234	112	66	45	32	26	24	13
2	285	125	72	49	36	29	26	23
3	255	139	82	56	41	32	27	23
4	300	160	92	62	45	44	28	23
5	318	157	95	65	44	35	28	24
6	332	157	88	63	42	29	24	23

Tabulka 31 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost EU 102

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F	G	H
1	429	431	432	433	434	436	437	439
2	446	427	445	444	443	442	441	440
3	447	448	447	446	447	449	450	452
4	476	472	469	466	461	460	456	453
5	482	484	486	489	491	493	495	497
6	504	504	503	502	502	500	500	498

Tabulka 32 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti EU 102

D (%)	A	B	C	D	E	F	G	H
1	54,55%	25,99%	15,28%	10,39%	7,37%	5,96%	5,49%	2,96%
2	63,90%	29,27%	16,18%	11,04%	8,13%	6,56%	5,90%	5,23%
3	57,05%	31,03%	18,34%	12,56%	9,17%	7,13%	6,00%	5,09%
4	63,03%	33,90%	19,62%	13,30%	9,76%	9,57%	6,14%	5,08%
5	65,98%	32,44%	19,55%	13,29%	8,96%	7,10%	5,66%	4,83%
6	65,87%	31,15%	17,50%	12,55%	8,37%	5,80%	4,80%	4,62%



Obrázek 12 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 102

Tabulka 33 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost EU 102

$D_{\min}$ (%)	2,96%
$D_{\max}$ (%)	65,98%

Tabulka 34 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost EU 102

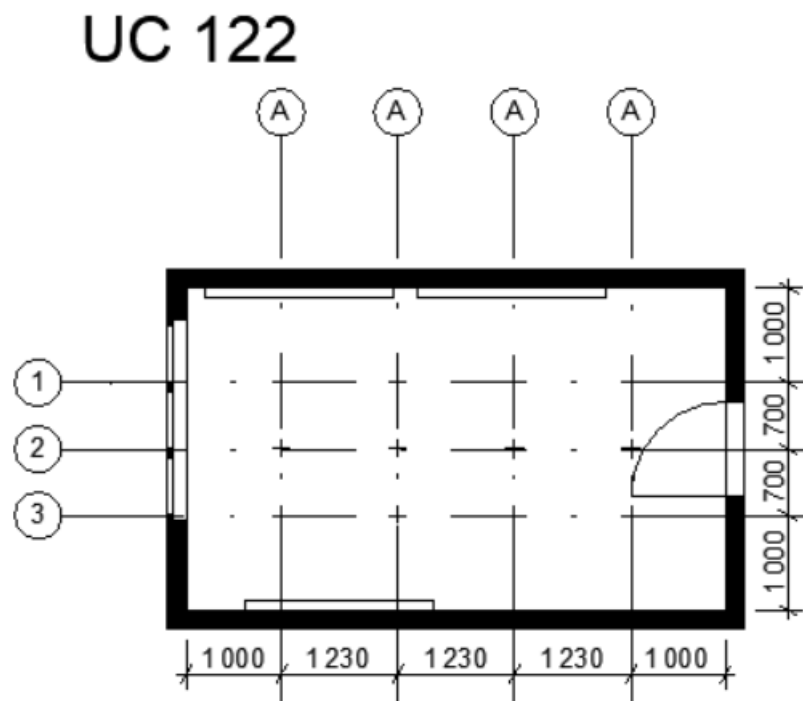
	E (lx)	$D_w$ (%)
Vnitřní	422	88 %
Vnější	478	

Tabulka 35 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti EU 102

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená
$E_{\text{odraz}}$	72	100	192	101	20
$E_{\text{dopad}}$	82	117	290	215	110
Činitel odrazu	0,66	0,85	0,66	0,47	0,18

## 7 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UC 122

Hodnoty naměřené dne 29.11.2019 v budově Fakulty aplikovaných věd, místnosti UC 122. Měření probíhalo v čase 9:50 – 10:25 hodin.



Obrázek 13 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 122

Tabulka 36 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 122

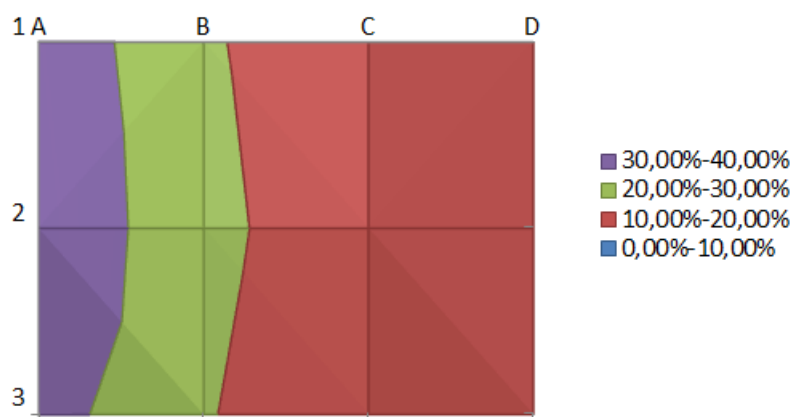
E (lx)	A	B	C	D
1	181	101	66	49
2	188	104	71	50
3	163	98	66	49

Tabulka 37 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UC 122

$E_h$ (lx)	A	B	C	D
1	481	480	479	477
2	475	474	474	475
3	476	476	477	475

Tabulka 38 - Dypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UC 122

D (%)	A	B	C	D
1	37,63%	21,04%	13,78%	10,27%
2	39,58%	21,94%	14,98%	10,53%
3	34,24%	20,59%	13,84%	10,32%



Obrázek 14 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 122

Tabulka 39 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UC 122

$D_{\min}$ (%)	10,27%
$D_{\max}$ (%)	39,58%

Tabulka 40 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UC 122

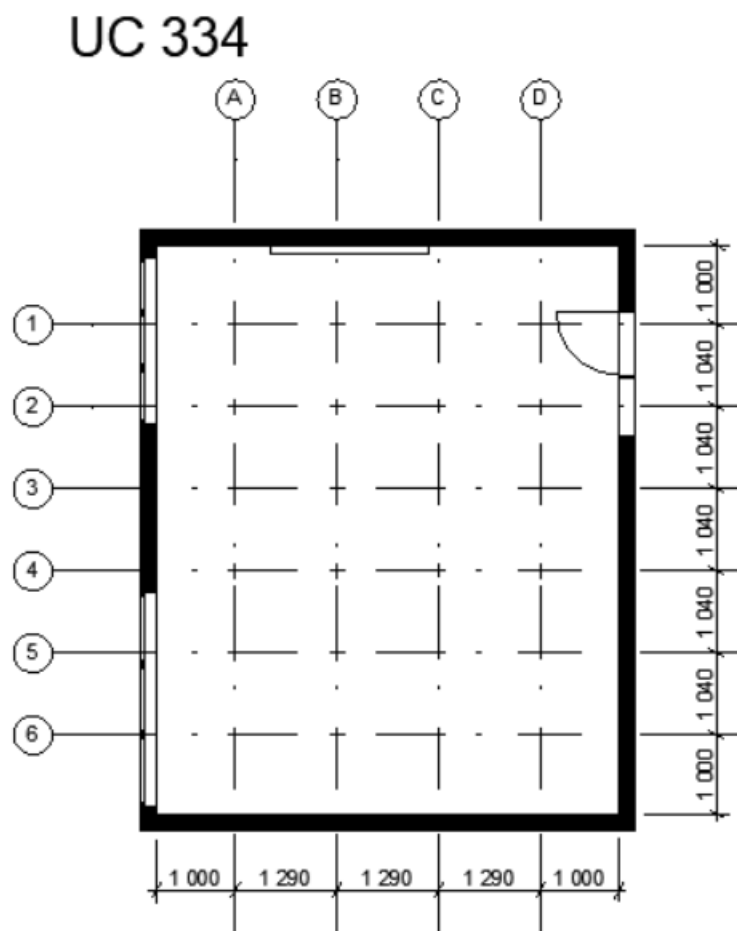
	$E_1$ (lx)	$D_w$ (%)
Vnitřní	498	103%
Vnější	483	

Tabulka 41 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UC 122

	strop	stěna	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	58	32	23	28	24	67
$E_{\text{dopad}}$	67	36	82	89	68	82
Činitel odrazu	0,87	0,89	0,28	0,31	0,35	0,82

## 8 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UC 334

Hodnoty naměřené dne 29.11.2019 v budově Fakulty aplikovaných věd, místnosti UC 334. Měření probíhalo v čase 10:30 – 11:00 hodin.



Obrázek 15 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 334

Tabulka 42 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 334

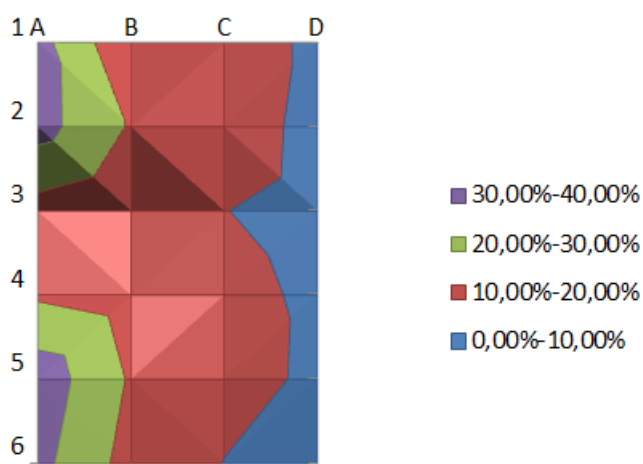
E (lx)	A	B	C	D
1	419	134	152	111
2	410	238	156	109
3	207	139	133	112
4	250	199	155	126
5	518	269	169	127
6	481	237	146	92

Tabulka 43 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UC 334

$E_h$ (lx)	A	B	C	D
1	1244	1194	1224	1219
2	1208	1250	1255	1264
3	1282	1305	1316	1327
4	1341	1350	1360	1370
5	1433	1422	1413	1399
6	1455	1465	1480	1496

Tabulka 44 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UC 334

D (%)	A	B	C	D
1	33,68%	11,22%	12,42%	9,11%
2	33,94%	19,04%	12,43%	8,62%
3	16,15%	10,65%	10,11%	8,44%
4	18,64%	14,74%	11,40%	9,20%
5	36,15%	18,92%	11,96%	9,08%
6	33,06%	16,18%	9,86%	6,15%



Obrázek 16 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 334

Tabulka 45 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UC 334

$D_{\min}$ (%)	6,15%
$D_{\max}$ (%)	36,15%



Tabulka 46 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UC 334

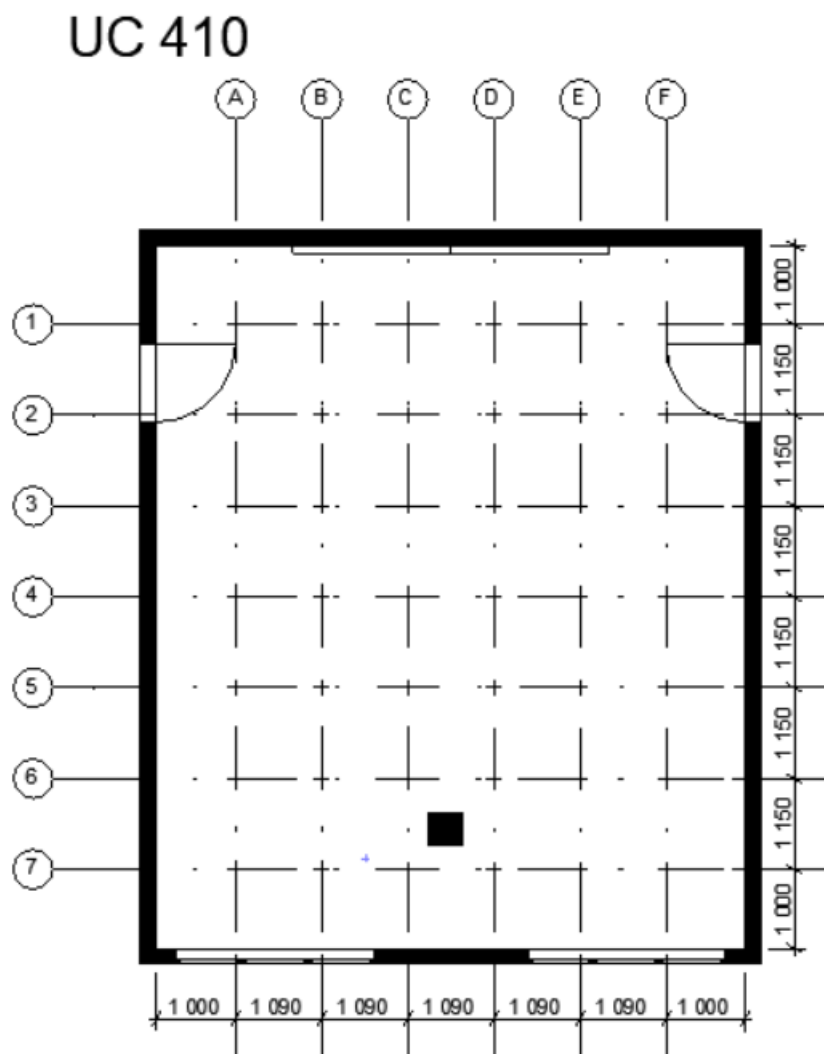
	$E_1$ (lx)	$\tau$ (-)
Vnitřní	1185	81%
Vnější	1462	

Tabulka 47 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UC 334

	strop	stěna	stěnový panel	podlaha	pracovní plocha	tabule - bílá
$E_{\text{odraz}}$	58	80	98	32	118	101
$E_{\text{dopad}}$	61	95	134	100	240	136
Činitel odrazu	0,95	0,84	0,73	0,32	0,49	0,74

## 9 HODNOTY NAMĚŘENÉ A DOPOČTENÉ V MÍSTNOSTI UC 410

Hodnoty naměřené dne 29.11.2019 v budově Fakulty aplikovaných věd, místnosti UC 410. Měření probíhalo v čase 11:00 – 11:40 hodin.



Obrázek 17 - Schéma rozložení kontrolních bodů na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 410

Tabulka 48 - Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech na vnitřní srovnávací rovině pro místnost UC 410

E (lx)	A	B	C	D	E	F
1	10	8	8	8	8	11
2	12	11	9	10	11	11
3	16	13	11	13	9	19
4	23	19	16	17	16	19
5	35	29	19	21	28	33

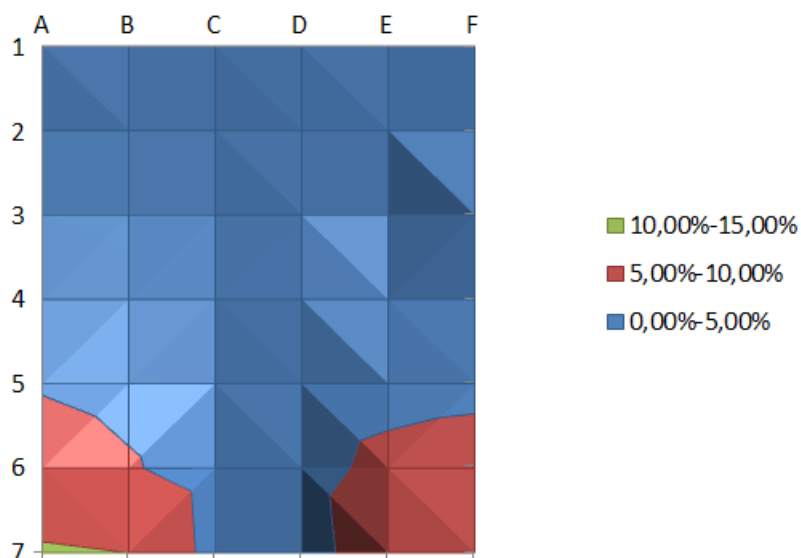
6	58	45	25	29	48	49
7	90	87	31	28	71	79

Tabulka 49 - Naměřené hodnoty venkovní vodorovné osvětlenosti srovnávací plochy pro místnost UC 410

$E_h$ (lx)	A	B	C	D	E	F
1	640	651	667	683	699	713
2	772	774	771	768	741	729
3	768	760	755	735	728	720
4	733	731	728	724	722	720
5	743	750	752	759	764	771
6	851	833	808	800	789	778
	860	871	880	891	902	916

Tabulka 50 - Dopočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech místnosti UC 410

D (%)	A	B	C	D	E	F
1	1,56%	1,23%	1,20%	1,17%	1,14%	1,54%
2	1,55%	1,42%	1,17%	1,30%	1,48%	1,51%
3	2,08%	1,71%	1,46%	1,77%	1,24%	2,64%
4	3,14%	2,60%	2,20%	2,35%	2,22%	2,64%
5	4,71%	3,87%	2,53%	2,77%	3,66%	4,28%
6	6,82%	5,40%	3,09%	3,63%	6,08%	6,30%
7	10,47%	9,99%	3,52%	3,14%	7,87%	8,62%



Obrázek 18 - Grafické znázornění hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 410

Tabulka 51 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro místnost UC 410

$D_{\min}$ (%)	1,17%
$D_{\max}$ (%)	6,82%

Tabulka 52 - Výpočet činitele denní osvětlenosti zasklení pro místnost UC 410

	$E_1$ (lx)	$\tau$ (-)
Vnitřní	341	59%
Vnější	578	

Tabulka 53 - Hodnoty činitele odrazu světla povrchů v místnosti UC 410

	strop	stěna	stěnový panel	podlaha	pracovní plocha	tabule - zelená
$E_{\text{odraz}}$	14	23	54	7	15	7
$E_{\text{dopad}}$	15	33	65	23	37	27
Činitel odrazu	0,93	0,70	0,83	0,30	0,41	0,26

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**

**KATEDRA MECHANIKY**

**Příloha č. 2**

**Hodnoty ze simulace a porovnání denního osvětlení  
ve vybraných učebnách univerzity**

Diplomová práce

**Bc. Lenka Brožková**

*Stavitelství*

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

**Plzeň 2020**

## SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

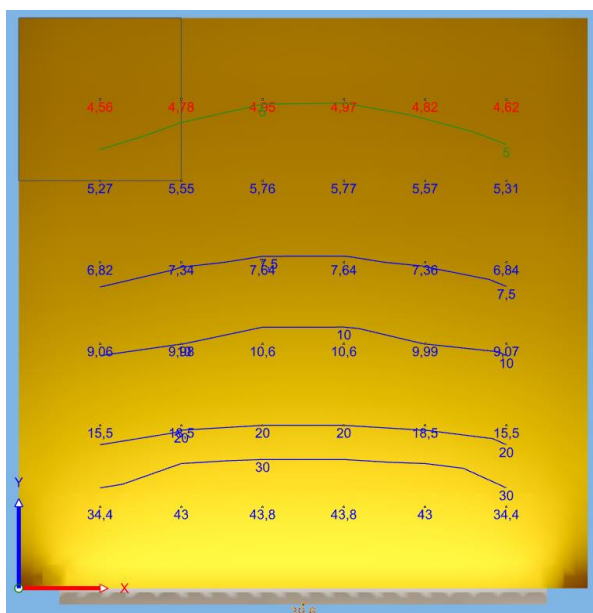
Obrázek 1 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UU 106 .....	I
Obrázek 2 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106.....	II
Obrázek 3 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UU 208.....	III
Obrázek 4 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 208.....	IV
Obrázek 5 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UF 207.....	IV
Obrázek 6 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UF 207 .....	V
Obrázek 7 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti EU 109 .....	VI
Obrázek 8 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 109 .....	VII
Obrázek 9 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti EL 307.....	VII
Obrázek 10 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EL 307 .....	VIII
Obrázek 11 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti EU 102 .....	VIII
Obrázek 12 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 102.....	IX
Obrázek 13 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UC 122 .....	IX
Obrázek 14 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 122.....	X
Obrázek 15 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UC 334 .....	X
Obrázek 16 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 334.....	XI
Obrázek 17 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UC 410 .....	XI
Obrázek 18 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 410.....	XII

Tabulka 1 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UU 106 .....	I
Tabulka 2 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UU 208 .....	III
Tabulka 3 - Průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UF 207. V	
Tabulka 4 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti EU 109 .....	VI
Tabulka 5 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti EL 307.....	VII
Tabulka 6 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti EU 102 .....	IX
Tabulka 7 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UC 122 .....	IX
Tabulka 8 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UC 334 .....	X
Tabulka 8 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UC 410 .....	XI

## **OBSAH**

1	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UU 106 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ.....	I
2	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UU 208 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ.....	III
3	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UF 207 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ.....	IV
4	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 109 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	VI
5	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EL 307 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	VII
6	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 102 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	VIII
7	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 122 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	IX
8	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 334 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	X
9	HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 410 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ .....	XI

# 1 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UU 106 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ

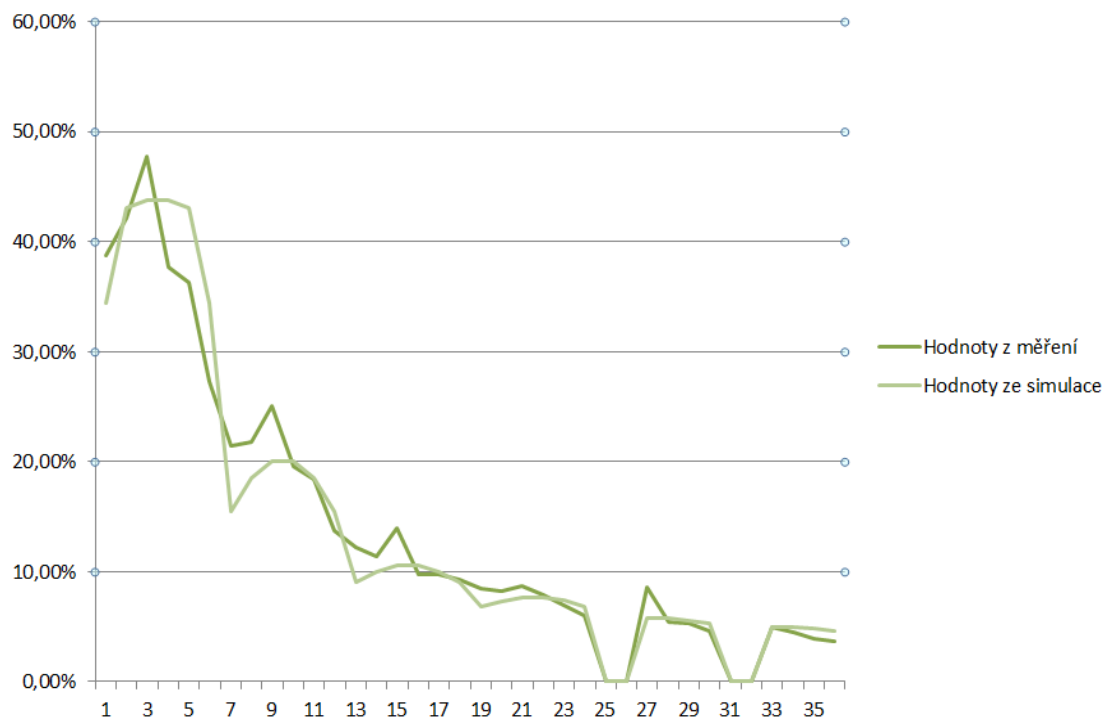


Obrázek 1 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UU 106

Tabulka 1 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UU 106

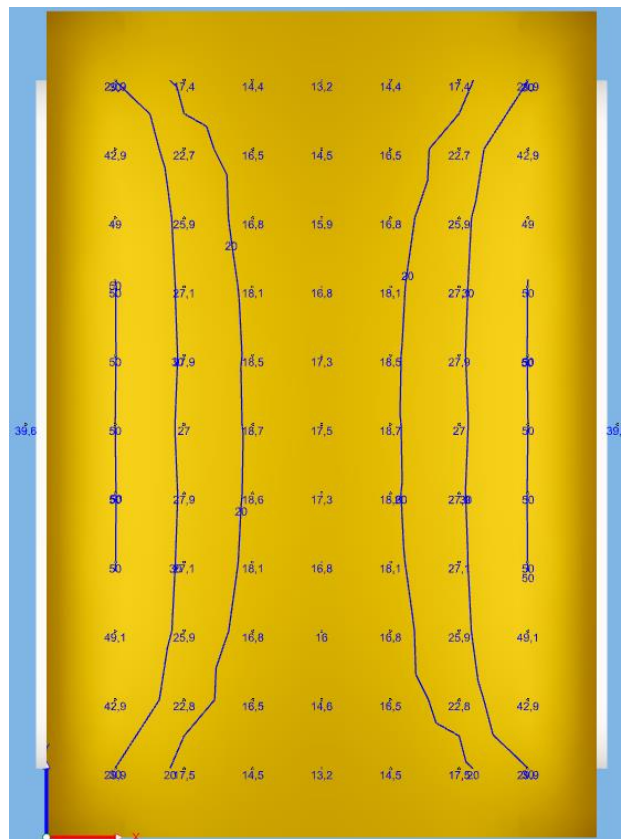
$D_{\min}$ (%)	4,62%
$D_{\max}$ (%)	43,80%





Obrázek 2 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 106

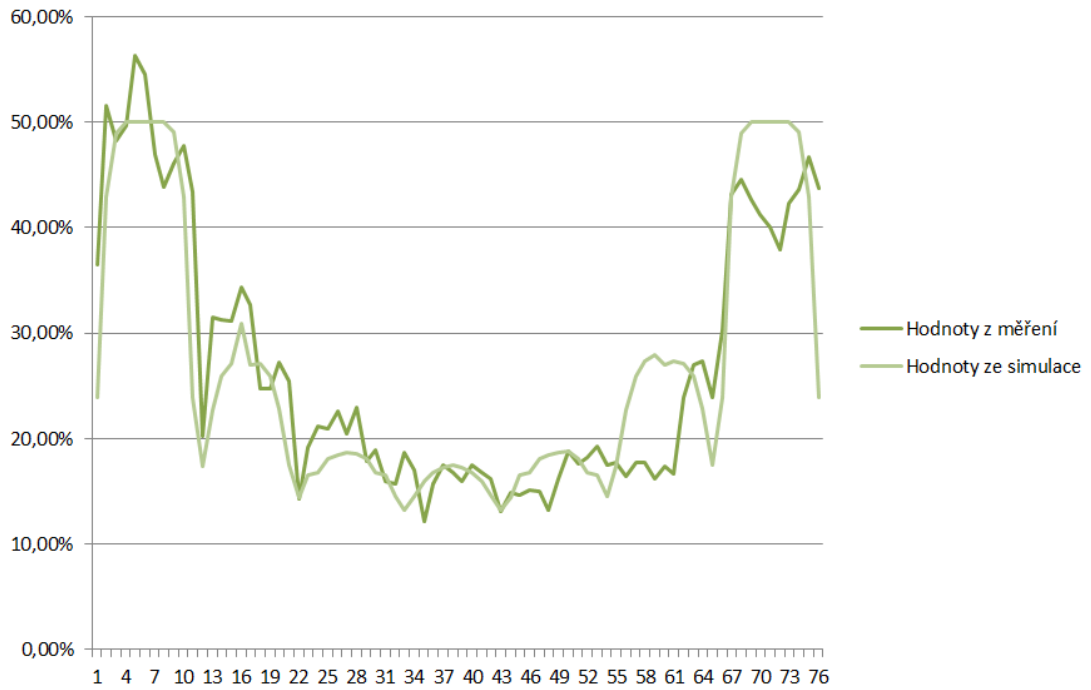
## 2 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UU 208 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ



Obrázek 3 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UU 208

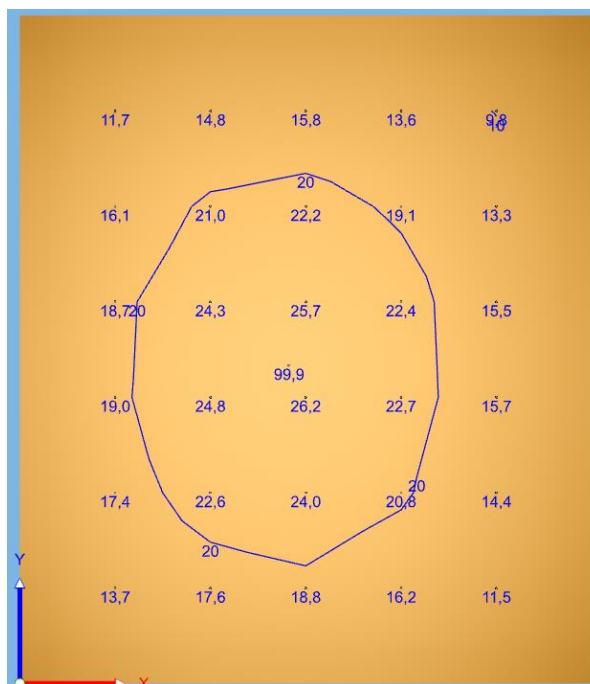
Tabulka 2 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UU 208

$D_{\min}$ (%)	13,20%
$D_{\max}$ (%)	50,00%



Obrázek 4 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UU 208

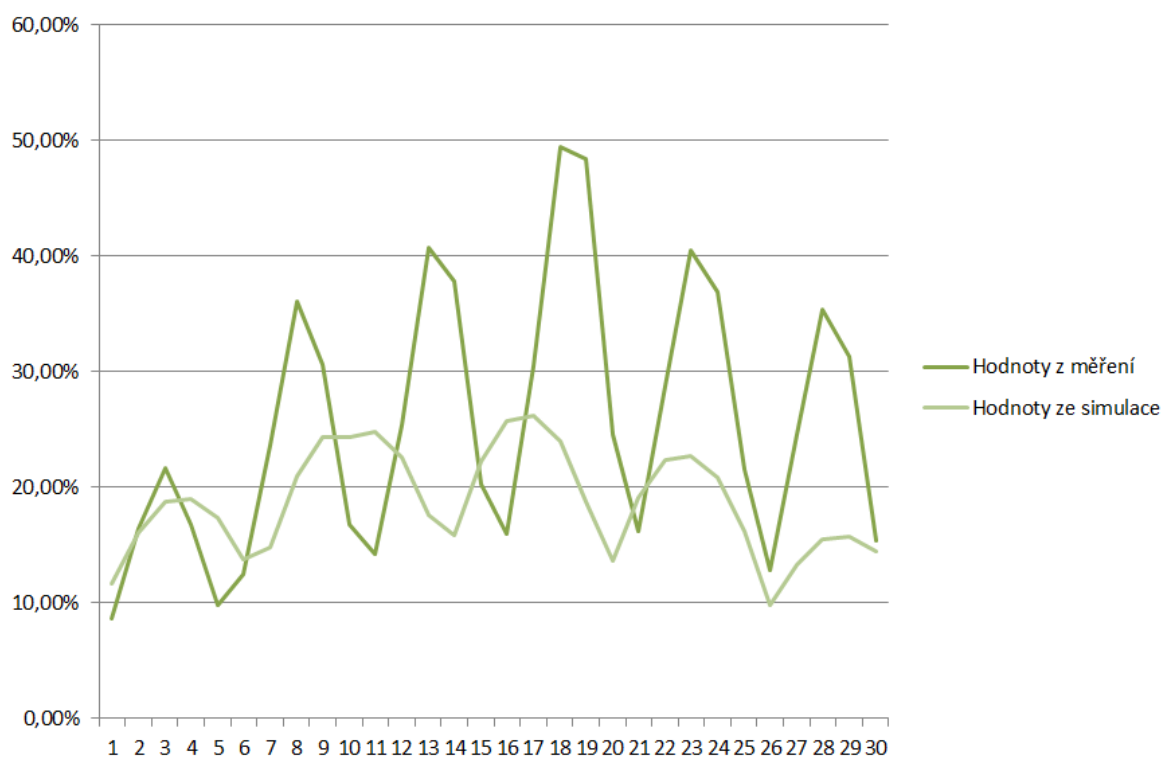
### 3 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UF 207 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ



Obrázek 5 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UF 207

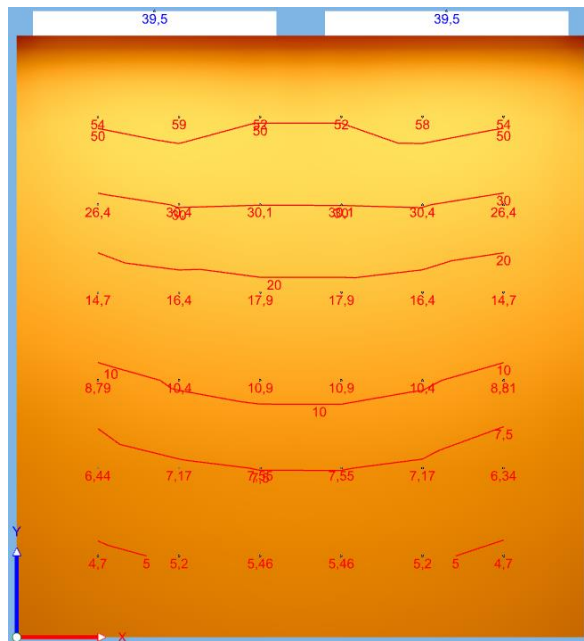
Tabulka 3 - Průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UF 207

$D_m(\%)$	18,74%
-----------	--------



Obrázek 6 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UF 207

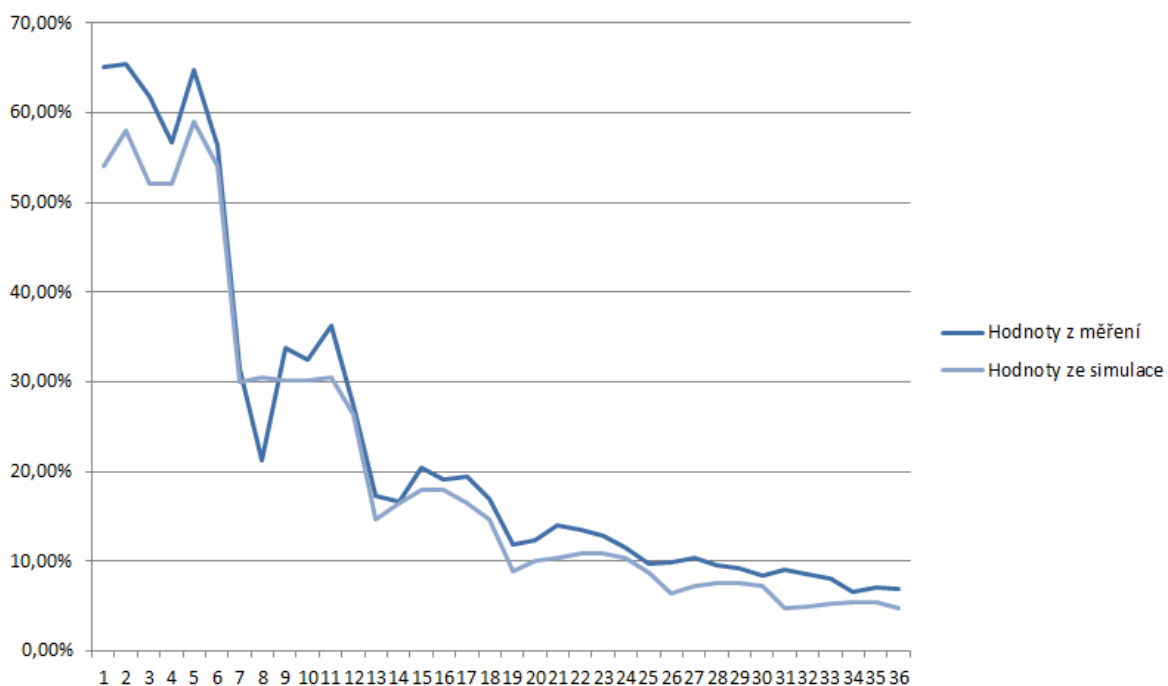
#### 4 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 109 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ



Obrázek 7 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti EU 109

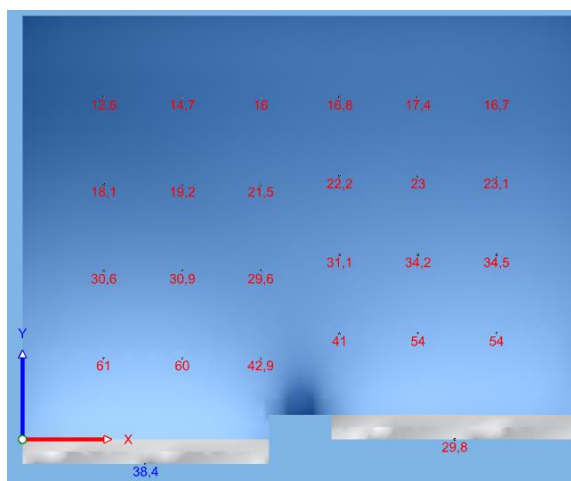
Tabulka 4 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti EU 109

$D_{\min}$ (%)	4,70%
$D_{\max}$ (%)	59,00%



Obrázek 8 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 109

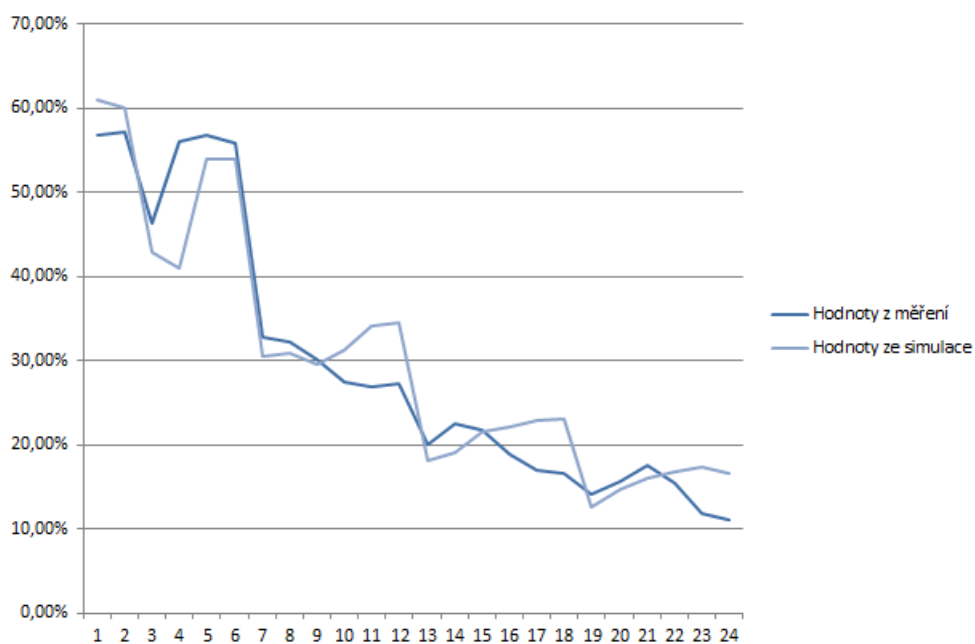
## 5 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EL 307 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ



Obrázek 9 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti EL 307

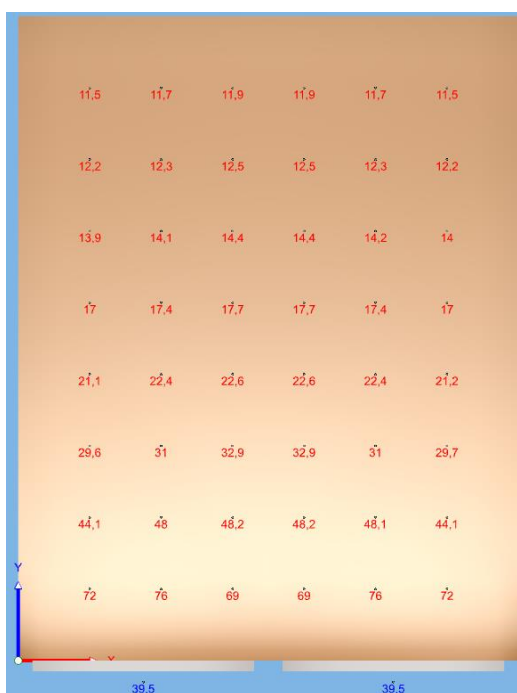
Tabulka 5 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti EL 307

$D_{\min}$ (%)	12,60%
$D_{\max}$ (%)	61,00%



Obrázek 10 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EL 307

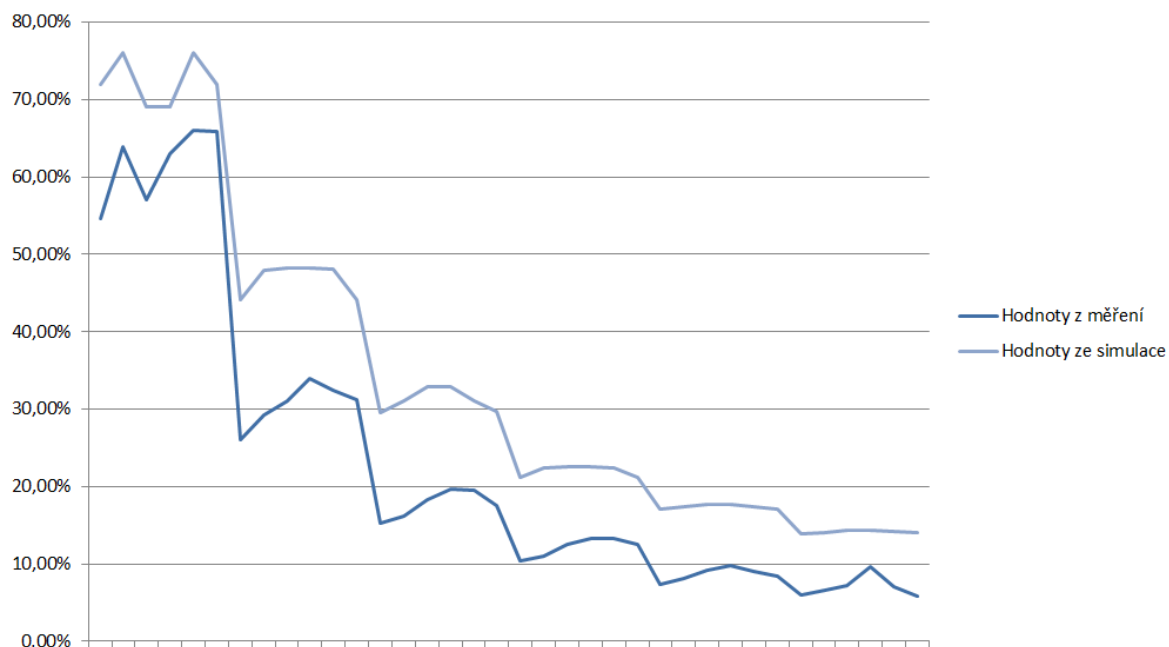
## 6 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 102 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ



Obrázek 11 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti EU 102

Tabulka 6 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti EU 102

$D_{\min}$ (%)	11,50%
$D_{\max}$ (%)	76,00%



Obrázek 12 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti EU 102

## 7 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 122 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ

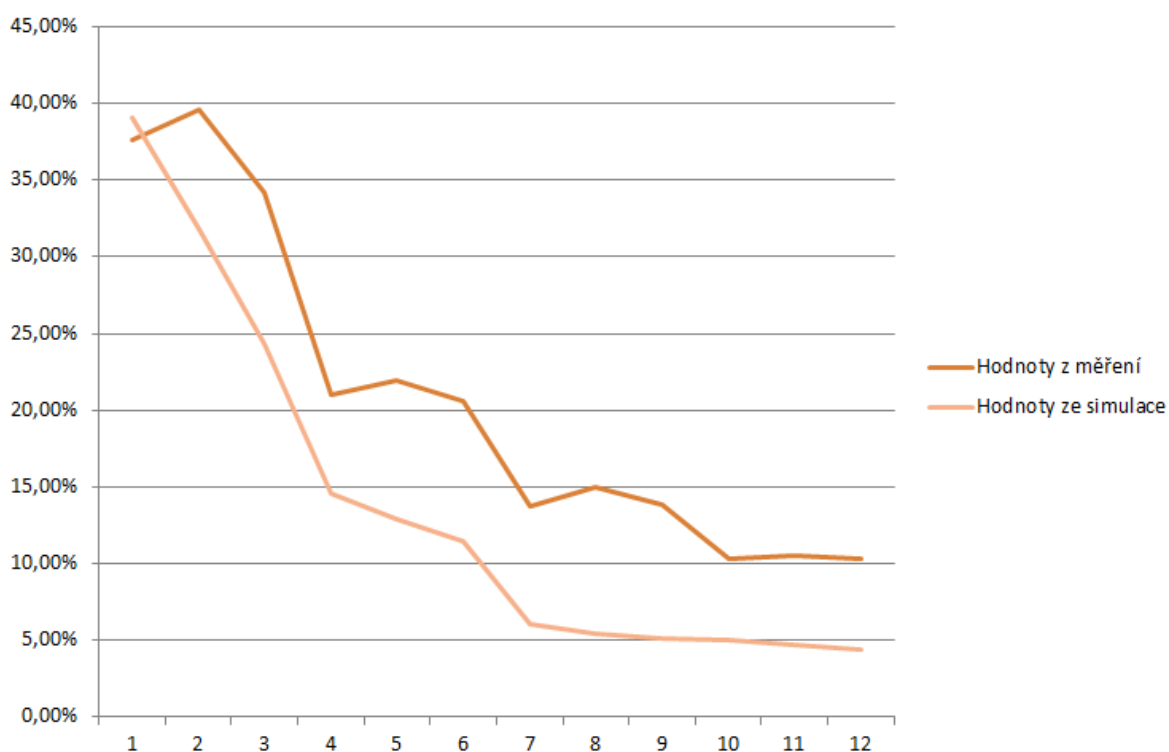


Obrázek 13 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UC 122

Tabulka 7 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UC 122

$D_{\min}$ (%)	4,40%
$D_{\max}$ (%)	39,10%





Obrázek 14 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 122

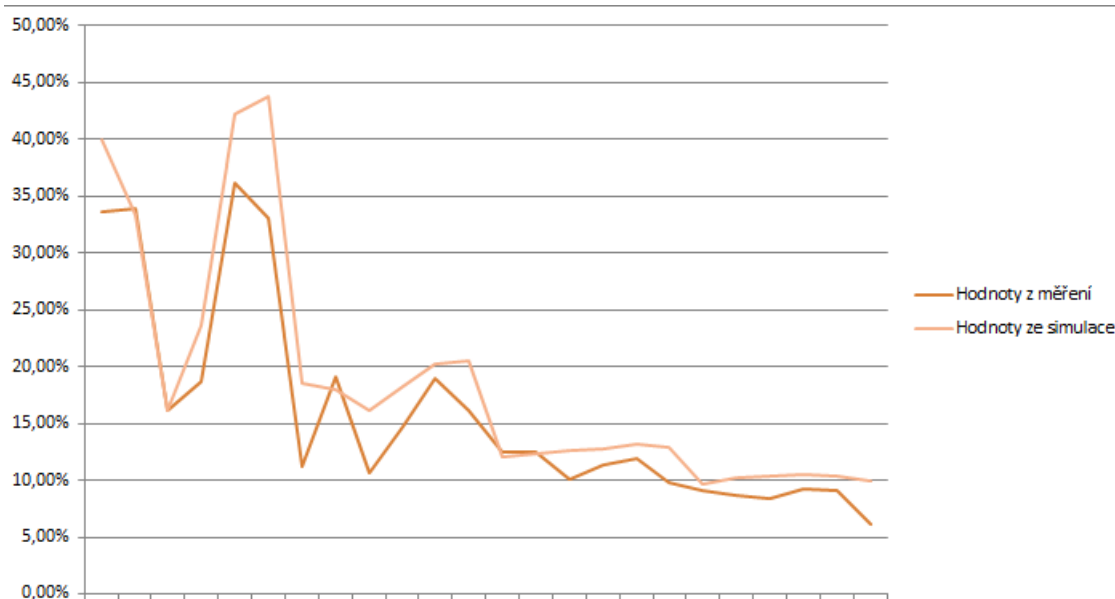
## 8 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 334 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ



Obrázek 15 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UC 334

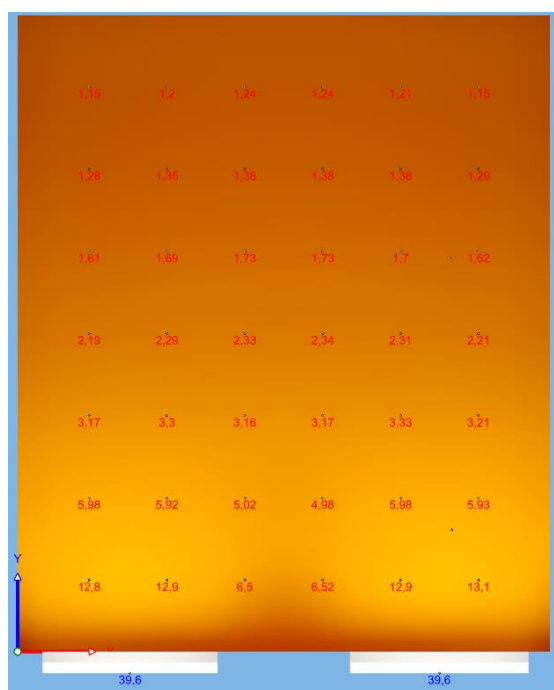
Tabulka 8 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UC 334

$D_{\min}$ (%)	9,63%
$D_{\max}$ (%)	43,80%



Obrázek 16 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 334

## 9 HODNOTY ZE SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 410 A POROVNÁNÍ HODNOT Z MĚŘENÍ

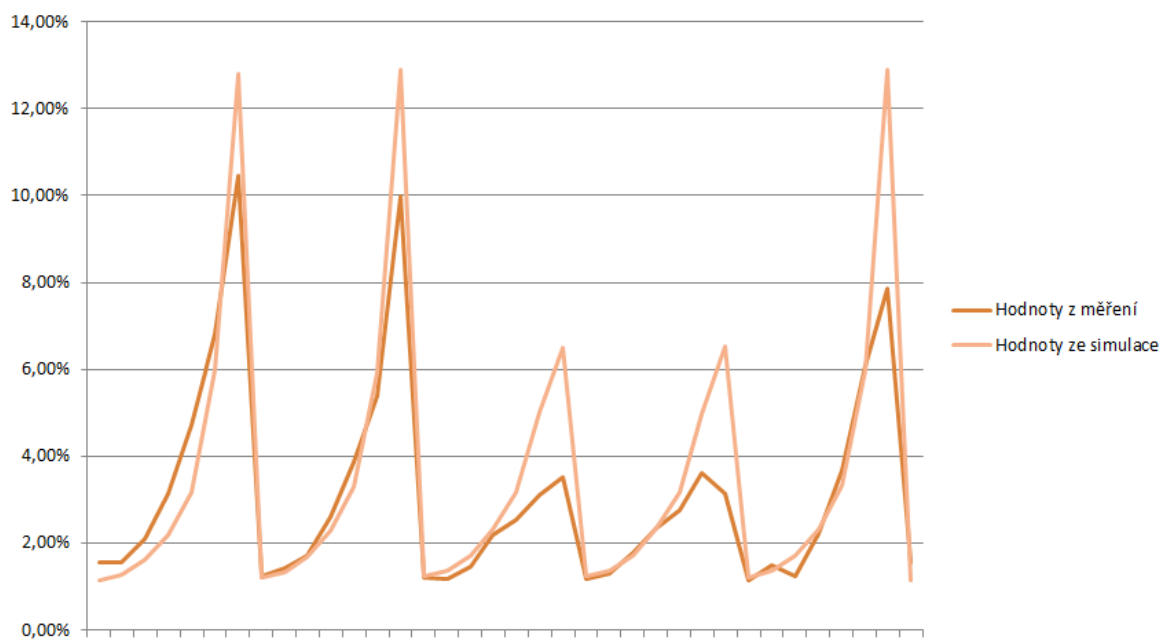


Obrázek 17 - Hodnoty činitele denního osvětlení z modelu místnosti UC 410

Tabulka 9 – Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro simulaci místnosti UC 410

$D_{\min}$ (%)	1,15%
----------------	-------

$D_{\max}$  (%) 13,10%



Obrázek 18 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti v místnosti UC 410

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**

**KATEDRA MECHANIKY**

**Příloha č. 3**

**Hodnoty ze simulace návrhu opatření pro zlepšení  
denního osvětlení ve vybraných učebnách  
univerzity**

Diplomová práce

**Bc. Lenka Brožková**

*Stavitelství* Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

**Plzeň 2020**

## SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

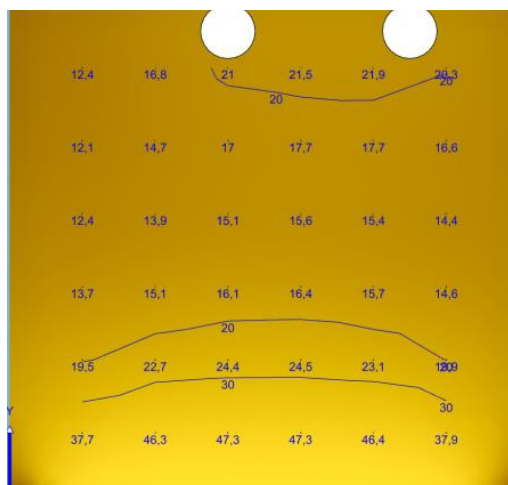
Obrázek 1 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UU 106.....	I
Obrázek 2 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UU 106.....	I
Obrázek 3 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti EU 109 .....	II
Obrázek 4 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti EU 109 .....	III
Obrázek 5 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti EU 102 .....	III
Obrázek 6 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti EU 102 .....	IV
Obrázek 7 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UC 334.....	IV
Obrázek 8 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UC 334.....	V
Obrázek 9 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UC 410.....	V
Obrázek 10 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UC 410...	VI

Tabulka 1 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UU 106.....	I
Tabulka 2 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti EU 109 .....	II
Tabulka 3 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti EU 102 .....	III
Tabulka 4 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UC 334 .....	IV
Tabulka 5 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UC 410 .....	VI

## OBSAH

1	HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UU 106 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE .....	I
2	HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 109 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE .....	II
3	HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 102 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE .....	III
4	HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 334 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE .....	IV
5	HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 410 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE .....	V
	OBRÁZEK 10 - POROVNÁNÍ HODNOT ČINITELE DENNÍ OSVĚTLENOSTI (NÁVRH) V MÍSTNOSTI UC 410 .....	VI

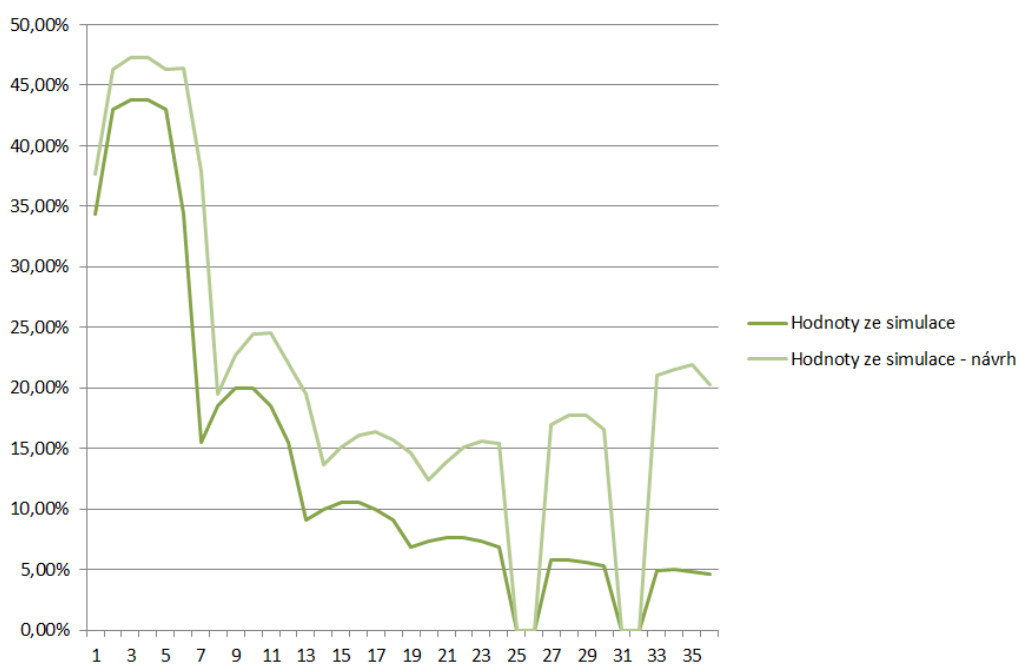
# 1 HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UU 106 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE



Obrázek 1 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UU 106

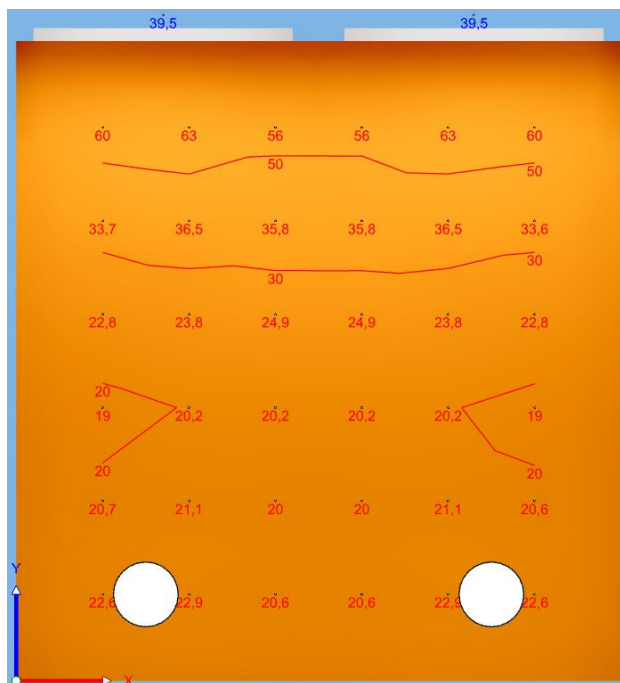
Tabulka 1 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UU 106

$D_{\min}$ (%)	12,40%
$D_{\max}$ (%)	47,30%
$D_{\min}$ (%)	12,40%
$D_{\max}$ (%)	47,30%



Obrázek 2 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UU 106

## 2 HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 109 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE



Obrázek 3 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti EU 109

Tabulka 2 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti EU 109

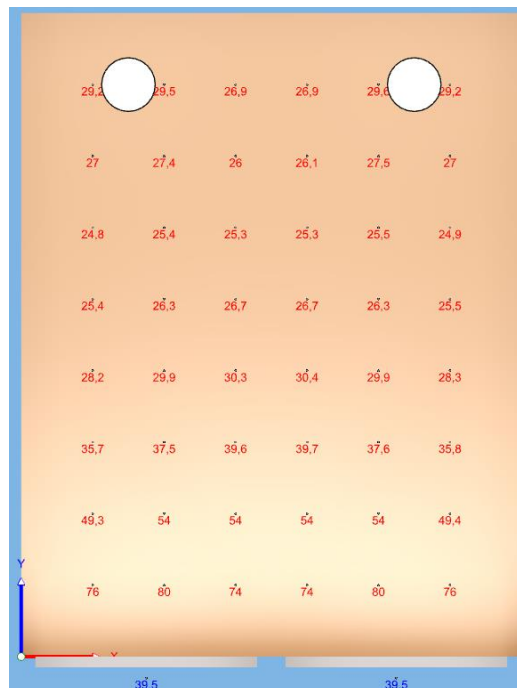
$D_{\min}$ (%)	19,00%
$D_{\max}$ (%)	63,00%





Obrázek 4 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti EU 109

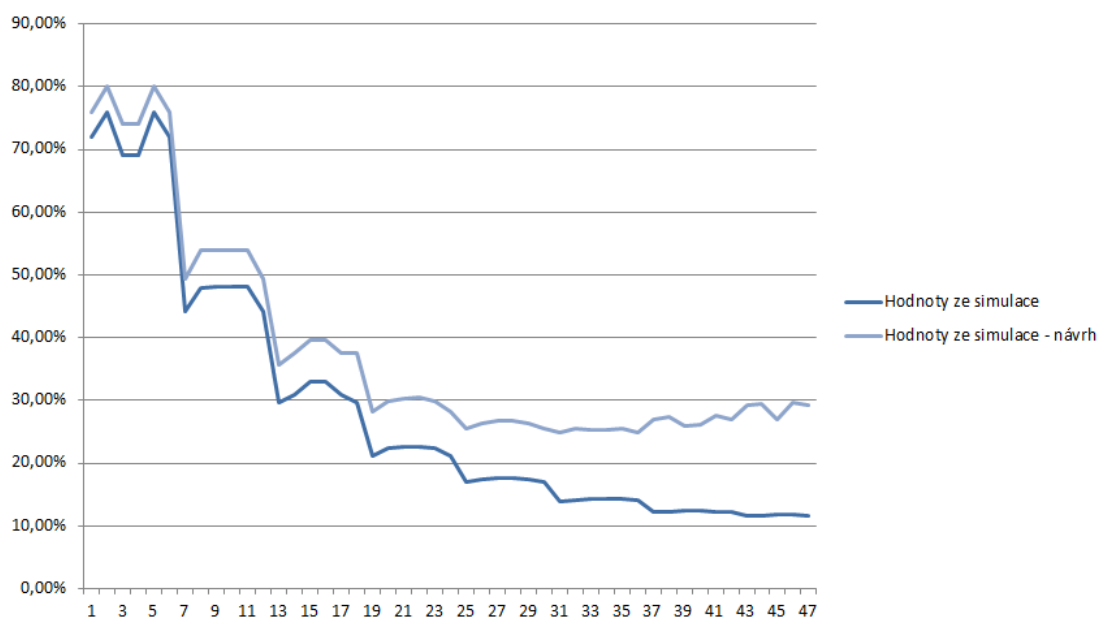
### 3 HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI EU 102 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE



Obrázek 5 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti EU 102

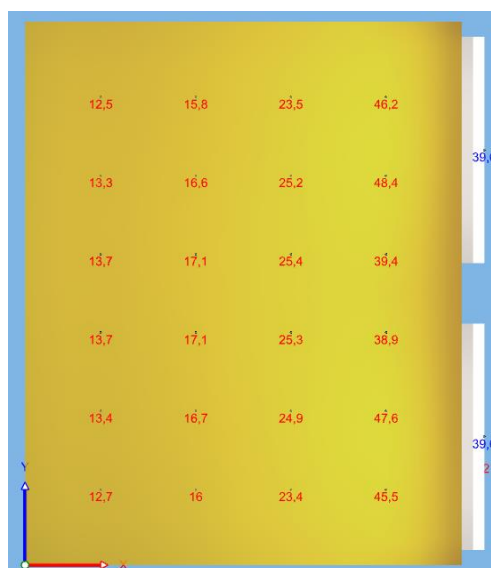
Tabulka 3 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti EU 102

$D_{\min}$ (%)	24,80%
$D_{\max}$ (%)	80,00%



Obrázek 6 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti EU 102

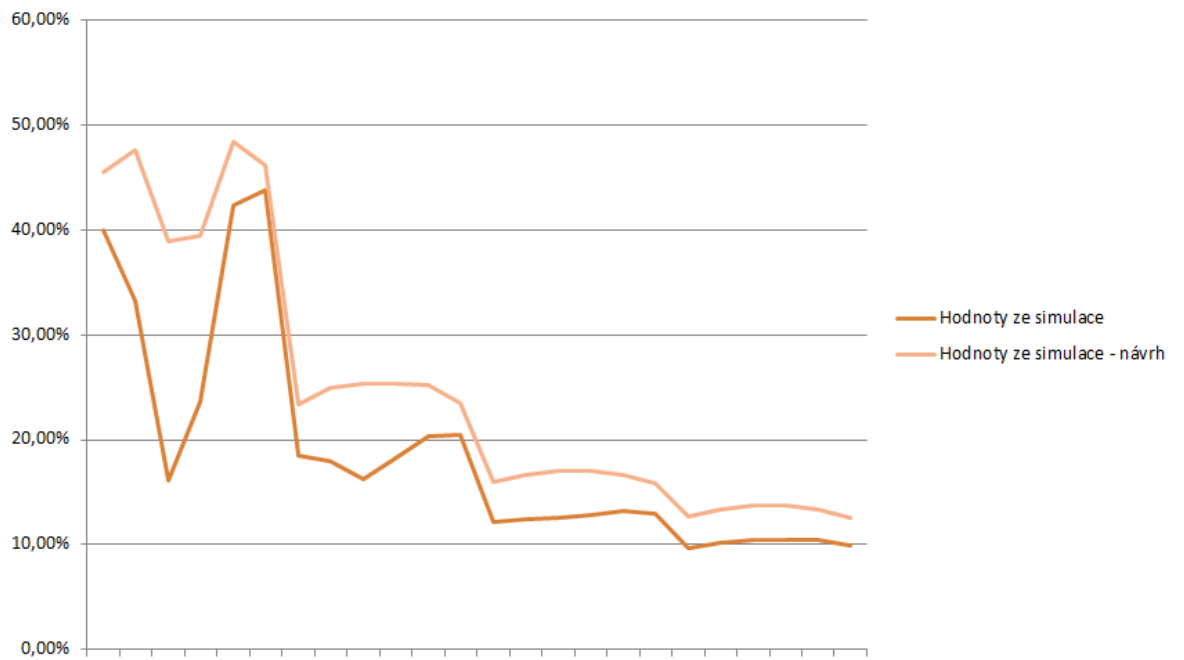
#### 4 HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 334 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE



Obrázek 7 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UC 334

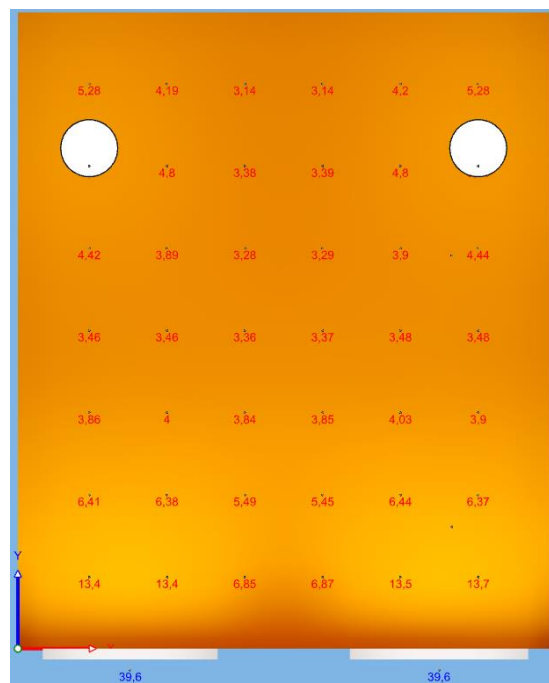
Tabulka 4 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UC 334

$D_{\min}$ (%)	12,50%
$D_{\max}$ (%)	48,40%



Obrázek 8 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UC 334

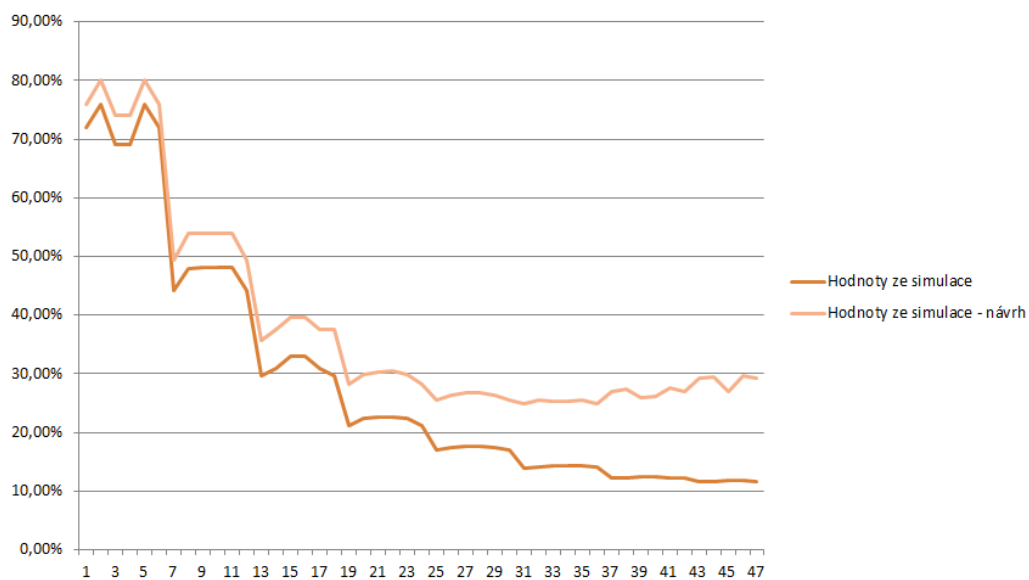
## 5 HODNOTY Z NÁVRHU SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ V MÍSTNOSTI UC 410 A POROVNÁNÍ HODNOT S HODNOTAMI ZE SIMULACE



Obrázek 9 - Hodnoty činitele denního osvětlení z návrhu modelu místnosti UC 410

Tabulka 5 - Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro návrh zlepšení místnosti UC 410

$D_{\min}$ (%)	3,14%
$D_{\max}$ (%)	13,70%



Obrázek 10 - Porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (návrh) v místnosti UC 410

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

**Příloha č. 4**

**Fotodokumentace**

Diplomová práce

**Bc. Lenka Brožková**

*Stavitelství*

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

**Plzeň 2020**

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 19 - Digitální luxmetr Testo 545 .....	II
Obrázek 20 - Digitální luxmetr Lutron LX 105 .....	II
Obrázek 21 - Pásma, skládací a digitální metr pro měření vzdálenosti.....	III
Obrázek 22 - Ocelové matky pro označení bodu .....	III
Obrázek 23 - Stativ pro fotonku luxmetr pro měření na referenční rovině .....	IV
Obrázek 24 - Místnost UF 207 .....	IV
Obrázek 25 - Místnost UF 207 .....	V
Obrázek 26- Místnost UU 208 .....	V
Obrázek 27 - Místnost UU 208.....	VI
Obrázek 28 - Místnost UU 208.....	VI
Obrázek 29 - Místnost EU 109 .....	VII
Obrázek 30 - Místnost EU 109 .....	VII
Obrázek 31 - Místnost EU 109 .....	VIII
Obrázek 32 – Místnost EL 307 .....	VIII
Obrázek 33 - Místnost EL 307 .....	IX
Obrázek 34 - Místnost EU 102 .....	IX
Obrázek 35 - Místnost EU 102 .....	IX
Obrázek 36 - Místnost UC 122.....	X
Obrázek 37 - Místnost UC 122.....	X
Obrázek 38 - Místnost UC 334.....	X
Obrázek 39 - Místnost UC 334.....	XI
Obrázek 40 - Místnost UC 334.....	XI
Obrázek 41 - Místnost UC 410.....	XI
Obrázek 42 - Místnost UC 410.....	XII
Obrázek 43 - Místnost UC 410.....	XII
Obrázek 44 - Místnost UC 410 – předsazená konstrukce .....	XII
Obrázek 45 - Měřicí tým - zleva - Bc. Michaela Benešová, Simona Brožková, autorka - Bc. Lenka Brožková .....	XIII

## OBSAH

1	FODOKOKUMENTACE .....	II
1.1	MĚŘICÍ PŘÍSTROJE .....	II
1.2	MÍSTNOST UF 207 .....	IV
1.3	MÍSTNOST UU 208 .....	V
1.4	MÍSTNOST EU 109 .....	VII
1.5	MÍSTNOST EL 307 .....	VIII
1.6	MÍSTNOST EU 102 .....	IX
1.7	MÍSTNOST UC 122 .....	X
1.8	MÍSTNOST UC 334 .....	X
1.9	MÍSTNOST UC 410 .....	XI
1.10	MĚŘICÍ TÝM .....	XIII

# 1 FODOKOKUMENTACE

Fotodokumentace pořízená během měření.

## 1.1 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE



Obrázek 1 - Digitální luxmetr Testo 545



Obrázek 2 - Digitální luxmetr Lutron LX 105





Obrázek 3 - Pásma, skládací a digitální metr pro měření vzdálenosti



Obrázek 4 - Ocelové matky pro označení bodu



Obrázek 5 - Stativ pro fotonku luxmetr pro měření na referenční rovině

## 1.2 MÍSTNOST UF 207



Obrázek 6 - Místnost UF 207



Obrázek 7 - Místnost UF 207

### 1.3 MÍSTNOST UU 208



Obrázek 8- Místnost UU 208



Obrázek 9 - Místnost UU 208



Obrázek 10 - Místnost UU 208

## 1.4 MÍSTNOST EU 109



Obrázek 11 - Místnost EU 109



Obrázek 12 - Místnost EU 109





Obrázek 13 - Místnost EU 109

### 1.5 MÍSTNOST EL 307



Obrázek 14 – Místnost EL 307



Obrázek 15 - Místnost EL 307

## 1.6 MÍSTNOST EU 102



Obrázek 16 - Místnost EU 102



Obrázek 17 - Místnost EU 102

## 1.7 MÍSTNOST UC 122



Obrázek 18 - Místnost UC 122



Obrázek 19 - Místnost UC 122

## 1.8 MÍSTNOST UC 334



Obrázek 20 - Místnost UC 334





Obrázek 21 - Místnost UC 334



Obrázek 22 - Místnost UC 334

## 1.9 MÍSTNOST UC 410



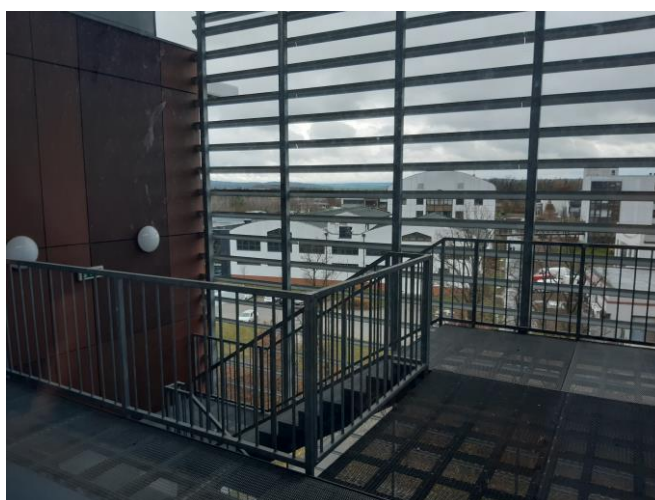
Obrázek 23 - Místnost UC 410



Obrázek 24 - Místnost UC 410



Obrázek 25 - Místnost UC 410



Obrázek 26 - Místnost UC 410 – předsazená konstrukce

## 1.10 MĚŘICÍ TÝM



Obrázek 27 - Měřicí tým - zleva - Bc. Michaela Benešová, Simona Brožková, autorka - Bc. Lenka Brožková