



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí pozemních staveb

**Vliv sklonu okna na rozložení denního světla v učebně**

**Influence of a window inclination on daylight distribution in classroom**

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí  
Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

**Linda Moravcová**

---

**Praha 2021**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Moravcová Jméno: Linda Osobní číslo: 458 918  
 Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb (K124)  
 Studijní program: Budovy a prostředí (N3649)  
 Studijní obor: Budovy a prostředí (3608T006)

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vliv sklonu okna na rozložení denního světla v učebně  
 Název diplomové práce anglicky: Influence of a window inclination on daylight distribution in classroom

**Pokyny pro vypracování:**

Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Specifika hodnocení denního osvětlení v závislosti na použitém osvětlovacím systému (boční / horní / kombinovaný). Výběr vhodných učeben na konkrétní střední škole tak, aby byly zastoupeny učebny s různou orientací osvětlovacích otvorů ke světovým stranám a s různým typem osvětlovacích otvorů (svislé, šikmé). Výpočet množství denního osvětlení v těchto učebnách pomocí odborného softwaru. Popis měření denního osvětlení. Určení vybraných vstupních světelně technických parametrů (činitel odrazu světla, případně i propustnost světla zasklením) nejen na základě normových hodnot, ale i vlastním měřením. Možná tvorba modelu vybraných typů učeben pro následné měření denního osvětlení v závislosti na barevnosti povrchů atd. Zjištění názorů žáků a učitelů na úroveň a kvalitu osvětlení v dané učebně pomocí dotazníků. Porovnání výsledků výpočtů s názory žáků a učitelů zjištěnými v dotazníkovém šetření. Soupis doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení v závislosti na použitém osvětlovacím systému.

**Seznam doporučené literatury:**

ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení. Praha : ÚNMZ, 2014, 16 s.  
 ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení. Praha : ÚNMZ, 2014, 12 s.  
 ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.  
 ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol, ČNI Praha, červen 2007.  
 ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. ČAS Praha, červen 2019.  
 GAVORA, Peter. Úvod do pedagogického výzkumu. 2., rozšířené české vydání. Překlad Vladimír Jůva a Vendula Hlavatá. Brno : Paido, 2010, 262 s. ISBN 978-80-7315-185-0.  
 HABEL, J., DVOŘÁČEK, K., DVOŘÁČEK, V., ŽÁK, P. Světlo a osvětlování. Praha : FCC Public s. r. o., 2013.  
 VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 23. 9. 2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3. 1. 2021  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

24. 9. 2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Linda Moravcová

Název diplomové práce: Vliv sklonu okna na rozložení světla v učebně

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Specifika hodnocení denního světla v závislosti na osvětlovacím systému. Výběr vhodných učeben.

Výpočet množství denního světla. Měření vybraných světelně technických parametrů. Případná tvorba modelu. Zjištění názorů žáků a učitelů pomocí dotazníků. Porovnání výsledků výpočtů s názory uživatelů. Soupis doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Podpis vedoucího DP: .....

Datum: 24. 9. 2020

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V ..... dne .....

.....

podpis

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování mé diplomové práce, cenné rady a připomínky.

## **Anotace**

Předmětem diplomové práce je zhodnocení denního osvětlení na vybrané střední škole. K výzkumu byly vybrány celkem čtyři učebny. Cílem bylo vybrat dvě učebny se svislým osvětlovacím systémem a další dvě se šikmým osvětlovacím systémem. Hodnoceno bude množství a kvalita denního osvětlení pomocí objektivní a subjektivní metody. Objektivní hodnocení se uskuteční na základě výpočtu a měření dle aktuální a předešlé legislativy. Součástí diplomové práce bude vytvoření modelů, které reprezentují vybrané učebny. Na modelech budou změřeny světelně technické parametry (činitel odrazu světla a činitel prostupu světla) a činitel denní osvětlenosti. Měření bude sloužit ke kalibraci výpočetního programu, který neumí zadat šikmý strop učeben. Subjektivní hodnocení proběhne pomocí dotazníkového šetření na posuzované střední škole. Závěrem budou shrnuty výsledky daných úkonů a navrženy doporučená opatření ke zlepšení denního osvětlení ve škole.

## **Klíčová slova**

činitel denní osvětlenosti, činitel odrazu světla, denní osvětlení, dotazník, měření, model, rovnoměrnost osvětlení, střední škola

## **Annotation**

The subject of this diploma work is assessing daylight at a selected highschool. Four classrooms were chosen for the needs of this research. Two of those classrooms are furnished by a vertical light system while the other two by a slanting light system. Both quality and quantity of daylight will be evaluated through subjective and objective method. The objective evaluation will be implemented on the basis of calculations and measurements in accordance to the current and the previous legislation. A next component of this diploma work is to establish models to represent the selected classrooms. These models will be used in order to measure light-technical parameters (light reflection factor and light transmission factor) and daylight factor. The measurement will serve to calibrate a computing program which disallows to input slanting ceiling of classrooms. The subjective method assessment shall take place in form of a survey at the given high school. All the respective operations will be summarized, and recommended arrangements in order to improve daylight at the highschool will be stated, in the work's conclusion.

## **Keywords**

daylight factor, light reflection factor, daylight, questionnaire, measurement, model, uniformity ratio of illuminance, high school

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod .....  | 13 |
| 1. Stavební světelná technika .....   | 14 |
| 1.1 Sluneční záření.....  | 14 |
| 1.2 Fyziologie vidění .....   | 15 |
| 1.2.1 Akomodace a adaptace oka .....  | 16 |
| 1.2.2 Zrakové vady .....  | 16 |
| 2. Denní osvětlení ve školách .....   | 17 |
| 2.1 Legislativní požadavky na denní osvětlení ve školách .....  | 17 |
| 2.2 Požadavky na denní osvětlení.....   | 18 |
| 2.2.1 Výpočet dle norem ČSN 73 0580-1 a ČSN 73 0580-3.....  | 18 |
| 2.2.2 Výpočet dle normy ČSN EN 17037 .....  | 20 |
| 2.2.3 Vnější prostory .....   | 21 |
| 2.2.4 Vnitřní prostory .....  | 22 |
| 3. Vstupní údaje pro výpočet .....  | 23 |
| 3.1 Situace stínících objektů.....  | 23 |
| 3.2 Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru .....   | 23 |
| 3.3 Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru<br>nepropouštějících světlo .....     | 23 |
| 3.4 Činitel znečištění.....   | 24 |
| 3.5 Činitel jasu stínící překážky .....   | 24 |
| 3.6 Průměrný činitel odrazu světla .....  | 24 |
| 4. Modely .....   | 26 |
| 4.1 Tvorba modelů .....   | 26 |
| 4.1.1 První model .....   | 27 |
| 4.1.2 Druhý model.....  | 29 |
| 4.1.3 Třetí model .....   | 32 |
| 4.2 Měření.....   | 34 |
| 4.2.1 Použité přístroje .....   | 35 |
| 4.2.2 Měření činitele odrazu světla .....   | 37 |
| 4.2.3 Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru .....   | 38 |
| 4.2.4 Měření činitele denní osvětlenosti.....   | 39 |
| 4.2.4.1 Měření na prvním modelu .....   | 41 |
| 4.2.4.2 Měření na druhém modelu.....  | 44 |
| 4.2.4.3 Měření na třetím modelu.....  | 47 |
| 4.3 Výpočet .....   | 53 |
| 4.3.1 Vstupní údaje.....  | 53 |
| 4.3.1.1 Situace stínících objektů .....   | 53 |
| 4.3.1.2 Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru.....  | 53 |
| 4.3.1.3 Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru<br>nepropouštějících světlo ..... | 53 |
| 4.3.1.4 Činitel znečištění .....  | 53 |
| 4.3.1.5 Průměrný činitel odrazu světla .....  | 54 |
| 4.3.2 Výsledky.....   | 56 |
| 4.3.2.1 První model .....   | 56 |
| 4.3.2.2 Druhý model.....  | 57 |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.3.2.3 | Třetí model .....  | 58  |
| 4.4     | Vyhodnocení variant .....  | 59  |
| 5.      | Učebny .....   | 62  |
| 5.1     | Popis posuzované školy .....   | 62  |
| 5.1.1   | Členění areálu .....   | 62  |
| 5.1.2   | Popis hodnoceného prostoru .....   | 64  |
| 5.1.2.1 | PC učebna A283 .....   | 65  |
| 5.1.2.2 | PC učebna A454 .....   | 69  |
| 5.1.2.3 | Odborná učebna A319 .....  | 72  |
| 5.1.2.4 | Odborná učebna A405 .....  | 75  |
| 5.2     | Místní šetření .....   | 79  |
| 5.3     | Výpočet .....  | 79  |
| 5.3.1   | Vstupní hodnoty .....  | 79  |
| 5.3.1.1 | Situace stínících objektů .....  | 79  |
| 5.3.1.2 | Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru .....  | 81  |
| 5.3.1.3 | Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo ..... | 81  |
| 5.3.1.4 | Činitel znečištění .....   | 83  |
| 5.3.1.5 | Činitel jasu stínící překážky .....  | 83  |
| 5.3.1.6 | Průměrný činitel odrazu světla .....   | 83  |
| 5.3.2   | Výsledky .....   | 95  |
| 5.3.2.1 | PC učebna A283 .....   | 95  |
| 5.3.2.2 | Učebna A454 .....  | 98  |
| 5.3.2.3 | Učebna A319 .....  | 102 |
| 5.3.2.4 | Odborná učebna A405 .....  | 106 |
| 5.3.3   | Zhodnocení .....   | 110 |
| 6.      | Dotazníkové šetření .....  | 113 |
| 6.1     | Hypotézy .....   | 113 |
| 6.2     | Předvýzkum .....   | 114 |
| 6.3     | Otázky pro studenty a jejich vyhodnocení .....   | 115 |
| 6.3.1   | Pohlaví dotázaných .....   | 115 |
| 6.3.2   | Věkové rozdělení dotázaných .....  | 115 |
| 6.3.3   | Preference dominantní ruky .....   | 116 |
| 6.3.4   | Korekce zraku .....  | 116 |
| 6.3.5   | Důvod korekce zraku .....  | 117 |
| 6.3.6   | Preference druhu osvětlení .....   | 117 |
| 6.3.7   | Preference osvětlovacího otvoru .....  | 117 |
| 6.3.8   | Preference barevných odstínů .....   | 118 |
| 6.3.9   | PC učebna A283 .....   | 118 |
| 6.3.9.1 | Důvod špatného vidění na tabuli .....  | 119 |
| 6.3.9.2 | Spokojenost s množstvím denního osvětlení .....  | 120 |
| 6.3.9.3 | Vliv denního osvětlení na výkon .....  | 120 |
| 6.3.9.4 | Doba svícení umělým osvětlením .....   | 120 |
| 6.3.9.5 | Používání stínících prostředků .....   | 120 |
| 6.3.9.6 | Vliv barevných odstínů na soustředěnost .....  | 120 |
| 6.3.9.7 | Sytost barev v učebně .....  | 121 |
| 6.3.9.8 | Spokojenost s výběrem barev v učebně .....   | 121 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 6.3.9.9  | Spokojenost v učebně.....                      | 122 |
| 6.3.10   | PC učebna A454 .....                           | 122 |
| 6.3.10.1 | Důvod špatného vidění na tabuli .....          | 123 |
| 6.3.10.2 | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 123 |
| 6.3.10.3 | Vliv denního osvětlení na výkon .....          | 124 |
| 6.3.10.4 | Doba svícení umělým osvětlením .....           | 124 |
| 6.3.10.5 | Používání stínících prostředků .....           | 124 |
| 6.3.10.6 | Vliv barevných odstínů na soustředěnost .....  | 124 |
| 6.3.10.7 | Sytost barev v učebně.....                     | 125 |
| 6.3.10.8 | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 125 |
| 6.3.10.9 | Spokojenost v učebně.....                      | 126 |
| 6.3.11   | Odborná učebna A319.....                       | 126 |
| 6.3.11.1 | Důvod špatného vidění na tabuli .....          | 127 |
| 6.3.11.2 | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 128 |
| 6.3.11.3 | Vliv denního osvětlení na výkon .....          | 128 |
| 6.3.11.4 | Doba svícení umělým osvětlením .....           | 128 |
| 6.3.11.5 | Používání stínících prostředků .....           | 128 |
| 6.3.11.6 | Vliv barevných odstínů na soustředěnost .....  | 129 |
| 6.3.11.7 | Sytost barev v učebně.....                     | 129 |
| 6.3.11.8 | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 130 |
| 6.3.11.9 | Spokojenost v učebně.....                      | 130 |
| 6.3.12   | Odborná učebna A405.....                       | 131 |
| 6.3.12.1 | Důvod špatného vidění na tabuli .....          | 131 |
| 6.3.12.2 | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 132 |
| 6.3.12.3 | Vliv denního osvětlení na výkon .....          | 132 |
| 6.3.12.4 | Doba svícení umělým osvětlením .....           | 132 |
| 6.3.12.5 | Používání stínících prostředků .....           | 132 |
| 6.3.12.6 | Vliv barevných odstínů na soustředěnost .....  | 132 |
| 6.3.12.7 | Sytost barev v učebně.....                     | 133 |
| 6.3.12.8 | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 133 |
| 6.3.12.9 | Spokojenost v učebně.....                      | 134 |
| 6.4      | Otázky pro učitele a jejich vyhodnocení .....  | 134 |
| 6.4.1    | Pohlaví dotázaných .....                       | 135 |
| 6.4.2    | Věkové rozdělení dotázaných .....              | 135 |
| 6.4.3    | Korekce zraku .....                            | 135 |
| 6.4.4    | Důvod korekce zraku .....                      | 136 |
| 6.4.5    | Preference druhu osvětlení .....               | 136 |
| 6.4.6    | Preference osvětlovacího otvoru .....          | 137 |
| 6.4.7    | Preference barevných odstínů .....             | 137 |
| 6.4.8    | PC učebna A283 .....                           | 137 |
| 6.4.8.1  | Důvod špatného vidění na studenty.....         | 138 |
| 6.4.8.2  | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 138 |
| 6.4.8.3  | Vliv denního osvětlení na výkon .....          | 138 |
| 6.4.8.4  | Doba svícení umělým osvětlením .....           | 138 |
| 6.4.8.5  | Používání stínících prostředků .....           | 139 |
| 6.4.8.6  | Možnost změny svislých okenních otvorů .....   | 139 |
| 6.4.8.7  | Sytost barev v učebně.....                     | 140 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 6.4.8.8   | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 140 |
| 6.4.8.9   | Možnost změny barev v učebně.....              | 141 |
| 6.4.8.10  | Spokojenost v učebně.....                      | 141 |
| 6.4.9     | PC učebna A454.....                            | 142 |
| 6.4.9.1   | Důvod špatného vidění na studenty.....         | 142 |
| 6.4.9.2   | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 142 |
| 6.4.9.3   | Vliv denního osvětlení na výkon.....           | 142 |
| 6.4.9.4   | Doba svícení umělým osvětlením.....            | 143 |
| 6.4.9.5   | Používání stínících prostředků.....            | 143 |
| 6.4.9.6   | Možnost změny šikmých okenních otvorů.....     | 143 |
| 6.4.9.7   | Sytost barev v učebně.....                     | 144 |
| 6.4.9.8   | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 144 |
| 6.4.9.9   | Možnost změny barev v učebně.....              | 145 |
| 6.4.9.10  | Spokojenost v učebně.....                      | 145 |
| 6.4.10    | Odborná učebna A319.....                       | 146 |
| 6.4.10.1  | Důvod špatného vidění na studenty.....         | 146 |
| 6.4.10.2  | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 146 |
| 6.4.10.3  | Vliv denního osvětlení na výkon.....           | 146 |
| 6.4.10.4  | Doba svícení umělým osvětlením.....            | 147 |
| 6.4.10.5  | Používání stínících prostředků.....            | 147 |
| 6.4.10.6  | Možnost změny svislých okenních otvorů.....    | 147 |
| 6.4.10.7  | Sytost barev v učebně.....                     | 148 |
| 6.4.10.8  | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 148 |
| 6.4.10.9  | Možnost změny barev v učebně.....              | 149 |
| 6.4.10.10 | Spokojenost v učebně.....                      | 149 |
| 6.4.11    | Odborná učebna A405.....                       | 149 |
| 6.4.11.1  | Důvod špatného vidění na studenty.....         | 149 |
| 6.4.11.2  | Spokojenost s množstvím denního osvětlení..... | 150 |
| 6.4.11.3  | Vliv denního osvětlení na výkon.....           | 150 |
| 6.4.11.4  | Doba svícení umělým osvětlením.....            | 150 |
| 6.4.11.5  | Používání stínících prostředků.....            | 150 |
| 6.4.11.6  | Možnost změny šikmých okenních otvorů.....     | 151 |
| 6.4.11.7  | Sytost barev v učebně.....                     | 151 |
| 6.4.11.8  | Spokojenost s výběrem barev v učebně.....      | 152 |
| 6.4.11.9  | Možnost změny barev v učebně.....              | 152 |
| 6.4.11.10 | Spokojenost v učebně.....                      | 153 |
| 6.5       | Vyhodnocení I. hypotézy pro studenty.....      | 153 |
| 6.5.1     | PC učebna A283.....                            | 153 |
| 6.5.2     | PC učebna A454.....                            | 154 |
| 6.5.3     | Odborná učebna A319.....                       | 155 |
| 6.5.4     | Odborná učebna A405.....                       | 155 |
| 6.5.5     | Závěrečné vyhodnocení I. hypotézy.....         | 156 |
| 6.6       | Vyhodnocení II. hypotézy pro studenty.....     | 156 |
| 6.6.1     | PC učebna A283.....                            | 156 |
| 6.6.2     | PC učebna A454.....                            | 157 |
| 6.6.3     | Odborná učebna A319.....                       | 158 |
| 6.6.4     | Odborná učebna A405.....                       | 159 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.6.5 | Závěrečné vyhodnocení II. hypotézy.....      | 160 |
| 6.7   | Vyhodnocení III. hypotézy pro studenty ..... | 160 |
| 6.7.1 | PC učebna A283 .....                         | 160 |
| 6.7.2 | PC učebna A454 .....                         | 161 |
| 6.7.3 | Odborná učebna A319.....                     | 161 |
| 6.7.4 | Odborná učebna A405.....                     | 162 |
| 6.7.5 | Závěrečné vyhodnocení III. hypotézy.....     | 163 |
| 6.8   | Vyhodnocení IV. hypotézy pro studenty.....   | 163 |
| 6.8.1 | PC učebna A283 .....                         | 163 |
| 6.8.2 | PC učebna A454 .....                         | 164 |
| 6.8.3 | Odborná učebna A319.....                     | 165 |
| 6.8.4 | Odborná učebna A405.....                     | 165 |
| 6.8.5 | Závěrečné vyhodnocení IV. hypotézy .....     | 166 |
| 6.9   | Vyhodnocení I. hypotézy pro učitele.....     | 166 |
| 6.10  | Vyhodnocení II. hypotézy pro učitele .....   | 167 |
| 6.11  | Vyhodnocení III. hypotézy pro učitele .....  | 167 |
| 6.12  | Závěr dotazníkového šetření.....             | 167 |
| 7.    | Doporučená opatření .....                    | 169 |
| 7.1   | Úprava povrchů .....                         | 169 |
| 7.1.1 | PC učebna A283 .....                         | 169 |
| 7.1.2 | Odborná učebna A319.....                     | 170 |
| 7.1.3 | Odborná učebna A405.....                     | 171 |
| 7.2   | Úprava osvětlovacích otvorů .....            | 173 |
| 7.2.1 | PC učebna A283 .....                         | 173 |
| 7.2.2 | Odborná učebna A319.....                     | 174 |
| 7.2.3 | Odborná učebna A405.....                     | 175 |
| 7.3   | Kombinace opatření.....                      | 177 |
| 7.3.1 | PC učebna A283 .....                         | 177 |
| 7.3.2 | Odborná učebna A405.....                     | 178 |
|       | Závěr .....                                  | 180 |
|       | Seznam použitých zdrojů.....                 | 182 |
|       | Přílohy                                      |     |

# Úvod

Jak by náš život vypadal bez přítomnosti Slunce, našeho mateřského zdroje tepla a světla? Celý den by byla tma, teplota by neúprosně klesala a nedocházelo by k žádným přirozeným procesům podstatných k životu na Zemi. Zkrátka, všechny živé organismy by dříve nebo později zahynuly.

Hlavním tématem této diplomové práce je množství a kvalita denního osvětlení ve vybraných učebnách na konkrétní střední škole. Snahou je vybrat učebny se svislým a šikmým osvětlovacím systémem a poukázat na jejich vliv na denní osvětlení. Toto téma jsem si vybrala z důvodu zájmu o světelnou techniku, které jsem se věnovala již v bakalářské práci, avšak nyní rozšířenou o praktické měření. Proč zrovna objekt školy? To je dobrá otázka. Z mého pohledu lidé tráví převážnou část dne v budovách. Ať už se jedná o dospělé v práci nebo děti ve školkách a školách. V předškolním a školním období se člověku nejvíce vyvíjí zrakové ústrojí, a proto je velmi důležité, aby byly školské objekty správně navrženy z hlediska denního osvětlení. Zároveň je velmi důležité umístit budovu tak, aby nás přítomnost slunečních paprsků v interiéru neobtěžovala nebo navrhnout regulační zařízení, kterým lze upravovat intenzitu a množství denního osvětlení.

Problému špatného navržení budov z hlediska denního osvětlení lze předejít vytvořením modelu projektu, na kterém lze světelné parametry a množství světla změřit. Architekt se tímto může přesvědčit o správnosti návrhu rozměrů jednotlivých místností a současně ověřit vhodnost navržených barevných kombinací. Z tohoto důvodu je mým cílem vytvořit modely, které budou reprezentovat nejen vybrané učebny s možností posunu stěny a následného sledování měnícího se množství a kvality denního osvětlení.

Denní osvětlení je hodnoceno na základě měření a výpočtu podle skutečných údajů a je porovnáno s legislativními požadavky. Součástí hodnocení denního osvětlení je dotazníkové šetření, kterého se zúčastní studenti a pedagogové navštěvující vybrané učebny.

# 1. Stavební světelná technika

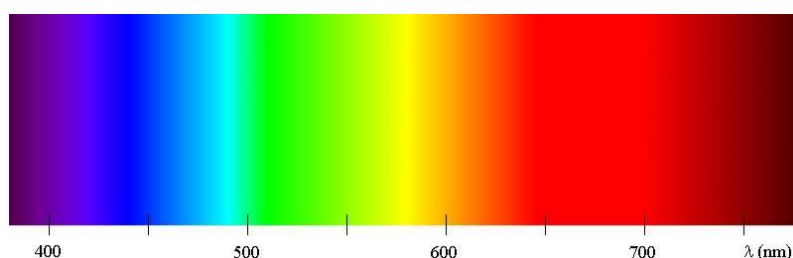
Stavební světelná technika je jednou ze tří oborů stavební fyziky. Zabývá se přírodním osvětlením budov a slouží jako podklad pro architekty a projektanty k vytvoření kompaktních konceptů zajišťujících světelnou pohodu uživatelů uvnitř objektů. Tento fyzikální obor lze rozdělit do dvou kategorií. V první kategorii jde o přímé sluneční paprsky, které dopadají do daného venkovního místa neboli oslnění. Pokud paprsky dopadají do vnitřního prostředí budov, je mluveno o proslunění. Druhou kategorií je denní osvětlení interiéru přímým slunečním světlem a světlem rozptýleným v atmosféře.

## 1.1 Sluneční záření

Slunce patří neodmyslitelně k lidskému každodennímu životu. Nejenže je zdrojem tepla, které nejvíce pocítujeme v letních měsících, ale také zdrojem světla. V této rozžhavené plynné kouli, která je nejbližší Zemi, vznikají sluneční procesy. Teplota povrchu je přibližně 6000 K, a proto můžeme vidět Slunce pouhým okem ve žlutých odstínech.

Důvodem, proč vlastně lze vidět je kombinace slunečního záření a zrakového vjemu. Světlo, které již vidíme na Zemi, muselo prostoupit atmosférou, která část světla pohltila a část rozptýlila vlivem aerosolových částic a prachu.

Viditelné světlo je elektromagnetické vlnění v rozsahu vlnové délky od 380 nm do 770 nm, které člověk vnímá zrakem jako spektrum barev od fialové po červenou.



**Obr. 1:** Spektrum barev viditelného světla [8]

Sluneční záření tvoří ještě dvě pro člověka důležitá okem neviditelná záření. Je to ultrafialové a infračervené záření. Ultrafialové záření má kratší vlnové délky než viditelné světlo a je zdrojem vitamínu C. Mezi jeho hlavní přednosti patří schopnost ničit

mikroorganismy. Infračervené záření má naopak delší vlnové délky než viditelné světlo a člověk ho pociťuje jako teplo. Jeho blahodárné účinky na lidský organismus v podobě prokrvení a regenerace lze využít například v oblíbené infrasauně. Při správném návrhu výplní otvorů objektů může infračervené záření přispět ke snížení potřeby tepla na vytápění.

## 1.2 Fyziologie vidění

Nejdůležitějším smyslem, kterým získáváme nejvíce informací o okolním prostředí, je bezpochyby zrak. K vidění slouží zrakové orgány, které podle světelné intenzity a barevných podnětů vyhodnotí, jak člověk světlo vnímá.

Smyslovým orgánem zraku je oko, které je kulového tvaru s průměrem oční bulvy přibližně 24 mm u dospělého jedince. K přijímání informací z vnějšího prostředí dochází pomocí odraženého světelného paprsku od předmětů, který proniká skrz zornici a čočku a vytvoří na zadní části oka, sítnici, zmenšený převrácený obraz ve svislém směru. Sítnice je tenká blána s buněčnou skladbou členěna do jedenácti vrstev, z nichž nejznámější jsou fotoreceptory. Mezi ně patří čípky, které se uplatňují při denním vidění a tyčinky pro noční vidění. Třetím nejznámějším fotoreceptorem jsou gangliové buňky, které nemají vliv na to, jak okolní svět člověk vnímá, ale převážně na to, jak se cítí. Jde o proces zvaný cirkadiánní rytmy. Organismus je ovlivněn periodicky se opakujícím cyklem střídáním dne a noci, přesněji řečeno světla a tmy. S růstem denního osvětlení roste u lidí hladina hormonu kortizolu, která tělo připravuje na aktivitu během dne, a naopak s poklesem denního osvětlení roste hladina hormonu melatoninu, který podporuje spánek. Tento cyklus má přibližně 24 hodinovou periodu a jeho funkčnost je důležitá pro správné fungování biologických potřeb člověka a jeho psychické pohody.

Další fáze přenosu obrazu od sítnice se uskutečňuje pomocí zrakových nervů. Ty předávají obraz do zadní části mozku, která zpracovává informace a obraz otočí tak, abychom neviděli svět vzhůru nohama. Následkem toho je, že do zrakového centra mozkové kůry putují i jiná nezraková nervová vlákna a osvětlení nemá pouze vliv na zrakové vnímání, ale také na fyziologickou a psychologickou funkci celkového psychického stavu.

### 1.2.1 Akomodace a adaptace oka

Zrakový systém člověku umožňuje zobrazit ostré obrazy na sítnici při vzdálenosti minimálně 6 m od pozorovaného místa. Předměty umístěné blíže by byly zobrazeny až za sítnicí a byly by rozmazané. Díky schopnosti optického systému, který je schopen upravit zakřivení čočky neboli akomodovat, můžeme vidět i blízké předměty ostře.

Schopnost oka přizpůsobit se různým hladinám osvětlenosti se nazývá adaptace. Ta má za následek změnu velikosti zornice, změnu citlivosti fotoreceptorů sítnice a změnu velikosti vjemových polí sítnice. Otázkou zůstává, proč je adaptační doba ze světla do tmy pomalejší než ze tmy do světla. Rozdíly v rychlosti jsou způsobené rozkladem zrakových pigmentů obsažených v tyčinkách a čípcích.

### 1.2.2 Zrakové vady

V textu výše si lze přečíst že, proces vidění je velmi složitý proces, a tak se není čemu divit, že u všech jedinců neprobíhá správně. Spousta lidí se musí každý den vypořádávat s očními vadami. Mezi nejznámější patří krátkozrakost, kdy se obraz tvoří již před sítnicí a dalekozrakost, kdy se obraz tvoří naopak až za sítnicí.

Stařecká oční vada neboli presbyopie postihuje většinu lidské populace. Jedná se o stav, kdy dochází k degeneraci čočky a ta postupně ztrácí schopnost zaostřovat.

Astigmatismus je vada oka způsobená nejčastěji rozdílným zakřivením rohovky. Paprsky dopadajícího světla na sítnici se proto nespojí v jeden bod a vznikající obraz může být v jedné rovině rozmazaný, kdežto v druhé rovině ostrý.



**Obr. 2:** Princip vidění s oční vadou astigmatismem [9]

V dnešní době lze většinu optických vad kompenzovat brýlemi, čočkami nebo úplně odstranit pomocí operace.



## 2. Denní osvětlení ve školách

Při posuzování denního osvětlení se uvažuje situace, kdy je slunce skryto za mraky a obloha má funkci plošného zdroje světla. Světlo je vnímáno pouze jako rozptýlené v atmosféře a jeho množství se hodnotí při nejméně vhodné variantě, kterou je rovnoměrně zatažená obloha v zimě. Z toho vyplývá, že lze posuzovat všechny místnosti bez ohledu na orientaci ke světovým stranám.

Správně navržené denní osvětlení ve školách má vliv na výkonnost studentů během vyučování. Snahou je docílit stavu, kdy se ve třídách bude upřednostňovat zdravější, ekonomičtější a ekologičtější přirozené denní osvětlení před umělým. Zároveň nesmí sluneční paprsky oslňovat a negativně ovlivňovat studenty a učitele během vyučování.

### 2.1 Legislativní požadavky na denní osvětlení ve školách

Až do padesátých let minulého století se osvětlovací otvory navrhovaly na základě geometrických kritérií, například na základě rozlohy podlahové plochy místnosti. Nicméně v roce 1956 vzniká specializovaná norma, která již zohledňuje požadavky na denní osvětlení, a to konkrétně pro průmyslové budovy. Norma pro denní osvětlení škol vzniká až o 9 let později v roce 1965 s označením ČSN 36 0041.

Do roku 2019 byla v plném rozsahu platná norma ČSN 73 0580. Její první znění vyšlo v platnost roku 1987 jako Část 1: Základní ustanovení. Dnešní podobu dostala norma v roce 1999, kdy se 1. část stala hlavní normou, na kterou navazují další specializované normy pro obytné budovy, školy a průmyslové budovy. V roce 2019 se základní normou stala česká verze evropské normy ČSN EN 17037 [3]. Pro ČSN 73 0580-1 [1] a její části byly vydány změny, které upravují jejich působnosti s ohledem na novou evropskou normu.

Hygienické limity denního osvětlení na školní prostory vymezuje vyhláška 465/2016 Sb. [4], kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých [6], ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. [5]. Povinnost zajistit hygienické požadavky

ve školách stanovuje také zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [7].

## 2.2 Požadavky na denní osvětlení

Denní osvětlení ve školských zařízeních musí být navrženo s ohledem na všechny osoby, které se na daném místě nacházejí. Nejsou to pouze studenti, ale také učitelé a ostatní pracovníci zařízení. Navrhování denního osvětlení v budovách se provádí, jak si lze přečíst v předchozí kapitole 2.1, nově podle ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov [3]. V této práci lze nalézt výpočet i podle normy ČSN 73 0580-1 [1] se kterým se lze setkat u relativně nových budov postavených do srpna roku 2019.

### 2.2.1 Výpočet dle norem ČSN 73 0580-1 a ČSN 73 0580-3

Denní osvětlení se počítá dle 1. části kmenové normy se základními požadavky, při které musí být splněny normové požadavky 3. specifické části zaměřené na denní osvětlení škol. Hodnotí se ve vnitřních prostorech s trvalým pobytem osob a v různých prostorech, kde lidé střídají krátkodobý pobyt.

První požadavek se vztahuje na kmenové učebny, kde lidé tráví čas déle než 4 hodiny denně s opakujícím se cyklem více než jednou týdně. Druhý požadavek se vztahuje na odborné nebo specializované učebny, laboratoře a dílny, kde má celková doba pobytu trvalý charakter.

Výška srovnávací hladiny neboli vodorovného místa, na kterém se měří denní osvětlení, se uvažuje, pokud není uvedeno jinak, 0,85 m nad podlahou a má představovat výšku pracovního stolu.

Hodnotí se kvantitativní, ale i kvalitativní úroveň osvětlení. Mezi kvantitativní požadavky patří úroveň denního osvětlení, která je vyjádřena pomocí veličiny činitele denní osvětlenosti. Činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) lze vymezit jako podíl osvětlenosti v kontrolním bodě  $E$  (lx) a současné horizontální exteriérové osvětlenosti na nezastíněné rovině  $E_h$  (lx):

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 (\%) \quad (2.1)$$

Metoda je založena na výpočtu sítě kontrolních bodů na vodorovné srovnávací rovině ve vybrané učebně. Krajiní body jsou vzdálené 1 m od vnitřních povrchů stěn a vnitřní body zvoleny tak, aby dávaly dostatečnou představu o rozložení denního osvětlení v místnosti v rozmezí 0,5 až 2,0 m.

Požadavek denního osvětlení ve školách, konkrétně v odborných učebnách je zatříděn do IV. třídy zrakové činnosti. Zatřídění probíhá na základě poměrné pozorovací vzdálenosti, vypočítané pomocí následujícího vztahu:

$$p_v = \frac{P}{d} (-), \quad (2.2)$$

kde  $P$  (m) je pozorovací vzdálenost neboli vzdálenost oka od sledovaného předmětu (např. vzdálenost oka studenta od tabule) a  $d$  (m) rozměr sledovaného předmětu (např. velikost písma napsaného na tabuli). Poměrná pozorovací vzdálenost pro IV. třídu je 500 až 1000.

Požadovaný minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min}$  je 1,5 % a průměrný  $D_m$  je 5,0 %. Minimální činitel musí být splněn u všech kontrolních bodů posuzované místnosti. Průměrný pouze v případě, že má hodnocená místnost horní osvětlovací systém. Osvětlovací otvor u horního osvětlovacího systému je umístěn ve střešní nebo stropní konstrukci. Můžeme se setkat i s kombinovaným osvětlovacím systémem, který je tvořen kombinací horního a bočního systému. Pokud činitel denní osvětlenosti nesplňuje požadavek na nejnižší hodnoty, lze rozdělit prostor na funkčně vymezený prostor určený k trvalému pobytu osob, který požadavky bude splňovat. Tento prostor je vymezen osvětlovacími otvory a izočárou, která spojuje body s minimální hodnotou činitele denní osvětlenosti.

Kvalitativní hodnocenou veličinou k zajištění zrakové pohody je rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-). Vypočítá se jako podíl minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti u bočního osvětlovacího systému:

$$U = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} (-), \quad (2.3)$$

a jako podíl minimální a průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti u horního nebo kombinovaného osvětlovacího systému:

$$U = \frac{D_{min}}{D_m} (-) \quad (2.4)$$

Pro IV. a vyšší třídu by měla být tato veličina větší nebo rovno hodnotě 0,20.

Dalším kvantitativním kritériem je rozložení světelného toku a převládající směr světla. Ten by měl být navržen s ohledem na vykonávanou činnost tak, aby si člověk nestínil. Pro člověka, který píše pravou rukou je tedy neoptimálnější boční osvětlení zleva, případně horní stropní osvětlení. Z hlediska rozložení jasů ploch v zorném poli je nejpříznivějším stavem světlé pozadí a velký kontrast jasů před tmavým pozadím a malým kontrastem jasů.

Posledním kvantitativním kritériem, které je nutný také dodržet při návrhu, je zabránění oslnění. Jedná se o stav zraku, který člověka nepříjemným způsobem ruší, omezuje nebo úplně oslepuje.

## 2.2.2 Výpočet dle normy ČSN EN 17037

Dle nejnovější evropské normy ČSN EN 17037 [3] byl požadavek denního osvětlení nahrazen příspěvkem denního osvětlení, který má být splněn ve všech vnitřních prostorech a nabízí dvě možnosti výpočtu. První metoda je založena na činitele denní osvětlenosti a kumulativních údajích o dostupnosti denního světla. Druhá metoda je založena na přímém stanovení hladin osvětlenosti využívající údaje o klimatických podmínkách v hodinovém kroku.

První metoda vybraná pro účely diplomové práce je založena na principu výpočtu sítě kontrolních bodů činitele denního osvětlení na srovnávací rovině ve vybrané místnosti obdobně jako u ČSN 73 0580-1 [1]. Rozdíl je v umístění krajních bodů, které mají být vzdálené 0,5 m od vnitřních povrchů stěn a vnějších bodů v poměru délky a šířky 0,5 až 2. Rastr sítě by se měl blížit čtvercovému tvaru.

V dalším kroku se porovnávají změřené nebo vypočítané hodnoty s cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T$  (%) a minimálním činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM}$  (%), které mají být překročeny po více než polovině doby s denním osvětlením na minimálně

50 % srovnávací roviny. Daný příspěvek denního osvětlení se vypočítá dle následujících vzorců:

$$D_T = \frac{E_T}{E_{v,d,med}} \cdot 100 (\%), \quad (2.5)$$

$$D_{TM} = \frac{E_{TM}}{E_{v,d,med}} \cdot 100 (\%), \quad (2.6)$$

kde  $E_{v,d,med}$  (lx) je mediánové oblohové rovnoměrné osvětlení dle zeměpisné polohy posuzovaného místa.

**Tab. 1:** Hodnoty  $D$  pro osvětlovací otvory pro překročení hladin osvětlenosti 100, 300, 500 nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem  $F_{time\%} = 50\%$  pro Českou republiku [3]

| Země            | Hlavní město | Zeměpisná šířka $\varphi$ (°) | Medián oblohové rovnoměrné osvětlenosti $E_{v,d,med}$ (lx) | $D$ pro překročení 100 lx | $D$ pro překročení 300 lx | $D$ pro překročení 500 lx | $D$ pro překročení 750 lx |
|-----------------|--------------|-------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Česká republika | Praha        | 50                            | 14 900   | 0,7 %                     | 2,0 %                     | 3,4 %                     | 5,0 %                     |

$E_T$  (lx) a  $E_{TM}$  (lx) je cílová a minimální cílová osvětlenost svislými nebo šikmými osvětlovacími otvory na vymezené části srovnávací roviny dle tabulky 2. Ta stanovuje tři doporučené úrovně denního osvětlení, přičemž minimální má být vždy zajištěna.

**Tab. 2:** Doporučení pro příspěvek denního světla pro svislé nebo šikmé osvětlovací otvory [3]

| Doporučená úroveň pro svislé a šikmé osvětlovací otvory | Cílová osvětlenost při podílu doby s denním světlem $F_{time\%} = 50\%$ s částí prostoru pro hodnocení cílové osvětlenosti $F_{plane\%} = 50\%$<br>$E_T$ (lx) | Minimální cílová osvětlenost při podílu doby s denním světlem $F_{time\%} = 50\%$ s částí prostoru pro hodnocení cílové osvětlenosti $F_{plane\%} = 95\%$<br>$E_{TM}$ (lx) |
|---|---|--|
| Minimální   | 300   | 100  |
| Střední   | 500   | 300  |
| Velká   | 750   | 500  |

### 2.2.3 Vnější prostory

Zajištění požadovaného denního osvětlení ve školských zařízeních začíná již při prvotním záměru stavby, který se zabývá tvarem objektu a lokalitou. Budoucí stavba by měla být navržena tak, aby žádné konstrukce, ale také okolní zástavba, vzrostlá zeleň (především jehličnaté, listnaté stromy v zimě, kdy jsou nejhorší světelné podmínky

opadají) nebo terénní úpravy nestínily osvětlovacím otvorům. Povrch kolem škol by měl být tvořen ze světlých povrchů s hodnotami činitele odrazu světla v rozmezí 0,3 až 0,6, které zaručí, že se sluneční paprsky nebudou odrážet směrem k osvětlovacím otvorům.

## 2.2.4 Vnitřní prostory

Vnitřní povrchy se vždy navrhují s rozptýlnou, nelesklou úpravou s doporučeným činitelem odrazu světla podle ČSN 730580-1 [1]:

- pro stěny  $\rho_m = 0,5$ ,
- pro strop  $\rho_m = 0,7$ ,
- pro podlahu  $\rho_m = 0,3$ ,

a v rozmezí podle ČSN EN 17037 [2]:

- pro stěny  $\rho_m = 0,5 - 0,8$ ,
- pro strop  $\rho_m = 0,7 - 0,9$ ,
- pro podlahu  $\rho_m = 0,2 - 0,4$ .

Pro účely zkušebního nebo kontrolního výpočtu se doporučuje použít nejmenší hodnoty z daného rozptylu.

Tabule v učebnách se navrhují se snadno čistitelným rozptýlným povrchem s činitelem odrazu světla minimálně 0,1. V učebnách, kde je potřeba zajistit soustředěnost studentů, se doporučuje použít chladnější barevné odstíny. Osvětlovací otvory by měly být navrženy jako vícestranné boční nebo kombinované. Pokud to ze stavebního hlediska není možné, navrhne se průběžné boční osvětlovací otvory. Při návrhu výšky parapetu by měl být zachován vodorovný výhled do vnějšího prostředí pro stojící a sedící osoby. K obstojnému výhledu z okna je nutné použít pro zasklení čirý, nezkreslující a bezbarvý materiál. Pro posuzovanou střední školu by měla být výška spodní hrany zasklení maximálně 1,2 m.

### 3. Vstupní údaje pro výpočet

V následující kapitole budou postupně popsány vstupní údaje, které bylo nutné stanovit před zadáváním do programu. Konkrétně se jedná o situaci stínících objektů, činitel prostupu světla sklem, činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu, činitel znečištění, činitel jasů stínící překážky a průměrný činitel prostupu světla.

#### 3.1 Situace stínících objektů

První důležitou informací o objektu je jeho poloha vůči světovým stranám a jeho lokalita. Každý objekt je ovlivněn zástavbou kolem sebe, která ho zastíňuje a zabraňuje průniku světelných paprsků dovnitř budovy.

#### 3.2 Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

Druh zasklení okna má značný vliv na to, jak bude propouštět světlo dovnitř budovy. Čím silnější bude skleněná výplň nebo čím více skleněných vrstev bude tvořit osvětlovací otvor, tím hůře bude propouštět sluneční paprsky. Například dvojsklo bude propouštět více světla než trojsklo. V dnešní době má na propustnost vliv i plyn, kterým je vyplněna mezera mezi skly. Pokud se použije normová hodnota činitele  $\tau_{s,nor}$ , celková hodnota se získá dle následujícího vzorce, kde  $n$  je počet skel:

$$\tau_s = \tau_{s,nor}^n \quad (3.1)$$

Druhou možností je použití hodnoty dle výrobce, který uvádí laboratorně změřenou hodnotu.

#### 3.3 Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo

Část okenní výplně, která nepropouští světlo, se nazývá rám okna. Činitel se značí  $\tau_k$  (-) a vypočítá se jako podíl plochy zasklení  $A_s$  (-) a celkové plochy osvětlovacího otvoru  $A_c$  (-):

$$\tau_k = \frac{A_s}{A_c} (-) \quad (3.2)$$

### 3.4 Činitel znečištění

Činitel znečištění je další veličinou, která ovlivňuje, kolik světla bude v posuzované místnosti. Je závislý na vnitřní a vnější straně zasklení. Lze ho ovlivnit sklonem osvětlovacího otvoru, účelem daného prostoru a lokalitou, ve které se posuzovaný objekt nachází.

Pro účel diplomové práce jsou hodnoty činitelů převzaty ze skript [11], kde se nachází tabulka hodnot pro určité druhy sklonů osvětlovacího otvoru. Tyto hodnoty lze použít za předpokladu, že jsou okna dvakrát do roku čištěna. Druhým předpokladem je uvažování malého znečištění v interiéru a středního znečištění v exteriéru. Celkový činitel znečištění se vypočítá dle následujícího vzorce:

$$\tau_z = \tau_{z,e} \cdot \tau_{z,i} \quad (-) \quad (3.3)$$

### 3.5 Činitel jasu stínící překážky

Další činitel se značením  $k_\gamma$  (-) vyjadřuje jas stínící překážky a je vztažen k jasu oblohy, kterou překrývá. Vypočítá se jako podíl jasu stínící překážky a jasu oblohy v určitém úhlu nad horizontem. Obě hodnoty lze stanovit měřením pomocí jasoměru. Pro účel výpočtu činitele denní osvětlenosti se běžně uvažuje normová hodnota  $k_\gamma = 0,1$ .

### 3.6 Průměrný činitel odrazu světla

Činitel odrazu světla je závislý na velikosti a směru šíření světelného toku dopadajícího na jednotlivé povrchy a zároveň na barevnosti a lesklosti těchto povrchů. Pro výpočet se však využívá předpokladu, při kterém jsou povrchy matné a světlo se od nich šíří rovnoměrně všemi směry. Průměrný činitel odrazu světla  $\rho_m$  (-) se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\rho_m = \frac{\sum S \cdot \rho}{\sum S} \quad (-) \quad (3.4)$$

K výpočtu je nutné znát činitel odrazu světla  $\rho$  (-) jednotlivých povrchů a jejich plochy  $S$  (m<sup>2</sup>).



Činitel odrazu světla byl stanoven dvěma, u modelu třemi metodami. První metodou byl odhad hodnot dle Přednáškových skript Stavební světelné techniky od Ing. Bc. Jaroslava Vychytila, Ph.D. [11] ve kterých se nachází tabulka hodnot činitele odrazu různých povrchů.

Druhá metoda byla realizována pomocí vzorníku barev od firmy Baunit [17]. Princip určení činitele odrazu světla spočíval v přiložení vzorníkových barev k danému povrchu ve škole v jednotlivých učebnách nebo materiálu z kterého je slepen model. Plochy ve škole byly změřeny při místním šetření, viz kapitola 5.2.

Třetí metoda vznikla pomocí měření osvětlenosti  $E$  (lx) a jasu  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) daného povrchu. Postup měření a následný výpočet činitele denní osvětlenosti z naměřených hodnot lze najít v kapitole 4.2. Z důvodu vládního nařízení v České republice proběhlo měření pouze na modelech. Původně bylo plánované i měření na vybrané střední škole.



**Obr. 3:** Použitý vzorník BAUNIT [17]

## 4. Modely

### 4.1 Tvorba modelů

Součástí diplomové práce bylo vytvoření modelů, které mají reprezentovat nejen vybrané učebny. Modely byly modifikovány tak, aby vždy jedna stěna byla posuvná a dalo se tak simulovat více situací. Pro tvorbu modelů byla vybrána PC učebna A283 a A454 a celkem byly vytvořeny tři modely. Vzhledem ke skutečným rozměrům učeben a velikosti modelů bylo zvoleno měřítko 1:30. Na modely byla použita: „lepenka pětivrstvá hnědo-hnědá 5 mm, lepenka třívrstvá hnědo-hnědá 3 mm, karton šedo-šedý 1 mm, karton bílo-bílý 2 mm, bílá čtvrtka, průhledná fólie, lepidlo UHU, lepidlo Herkules a hnědá papírová lepenka. „

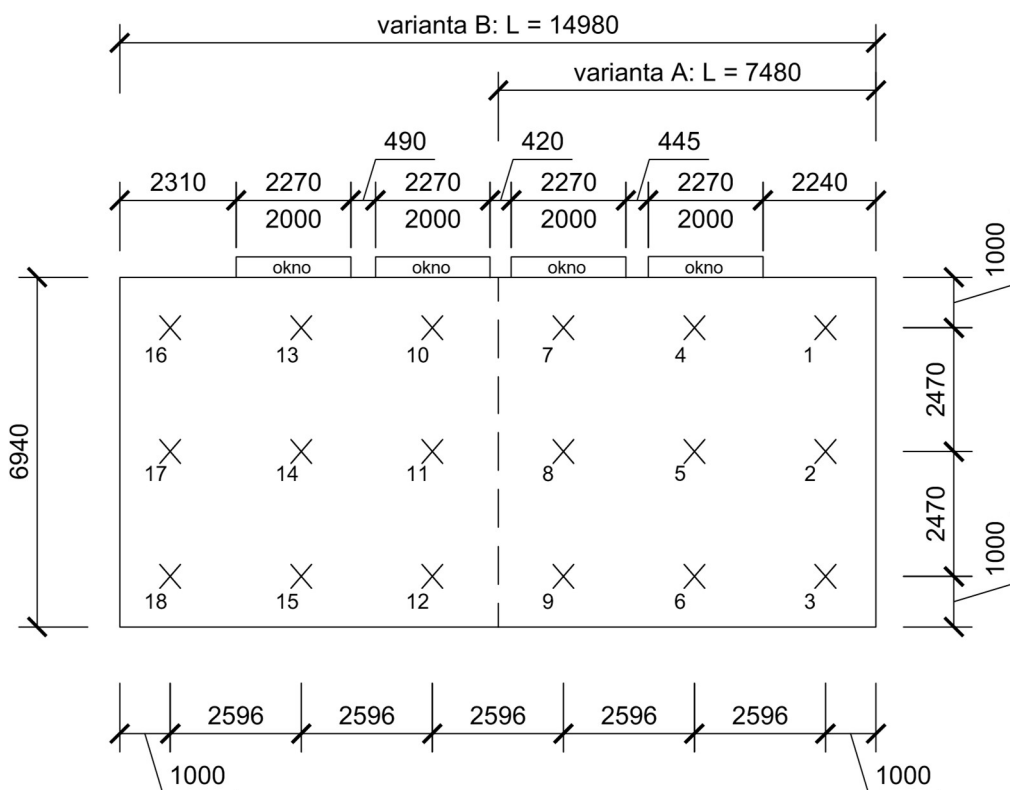


**Obr. 4:** Fotografie pořízené při tvorbě modelů

### 4.1.1 První model

První model je obdélníkového tvaru o maximálních rozměrech 14,98 m x 6,94 m a výškou 3,45 m a představuje PC učebnu A283. Posuvnou stěnou je v tomto případě kratší příčná stěna dlouhá 6,94 m. Aby výsledky při měření byly co nejpřesnější, byla stěna, ve které se nacházejí osvětlovací otvory, vymodelována v reálné tloušťce a výplň osvětlovacího otvoru byla vložena do přibližné polohy dle výkresu zaměření, viz Obr. 47. V modelu byla na podlaze předpřipravená síť kontrolních bodů v rastru podle obrázku 5 níže, kde číslo 1 značí první měřený bod. Fotografie modelu lze vidět na obrázku 6 až 8. V prvním modelu byly připravené dvě extrémní varianty. První varianta představuje stav, ve kterém by byla učebna kratší s délkou podélné stěny 7,48 m a pouze se dvěma osvětlovacími otvory.

Druhá varianta představuje stav, ve kterém by byla délka podélné stěny 14,98 m a má představovat skutečný stav učebny.



**Obr. 5:** Schéma prvního modelu v M 1:150



**Obr. 6:** Pohled na první model



**Obr. 7:** Pohled dovnitř prvního modelu

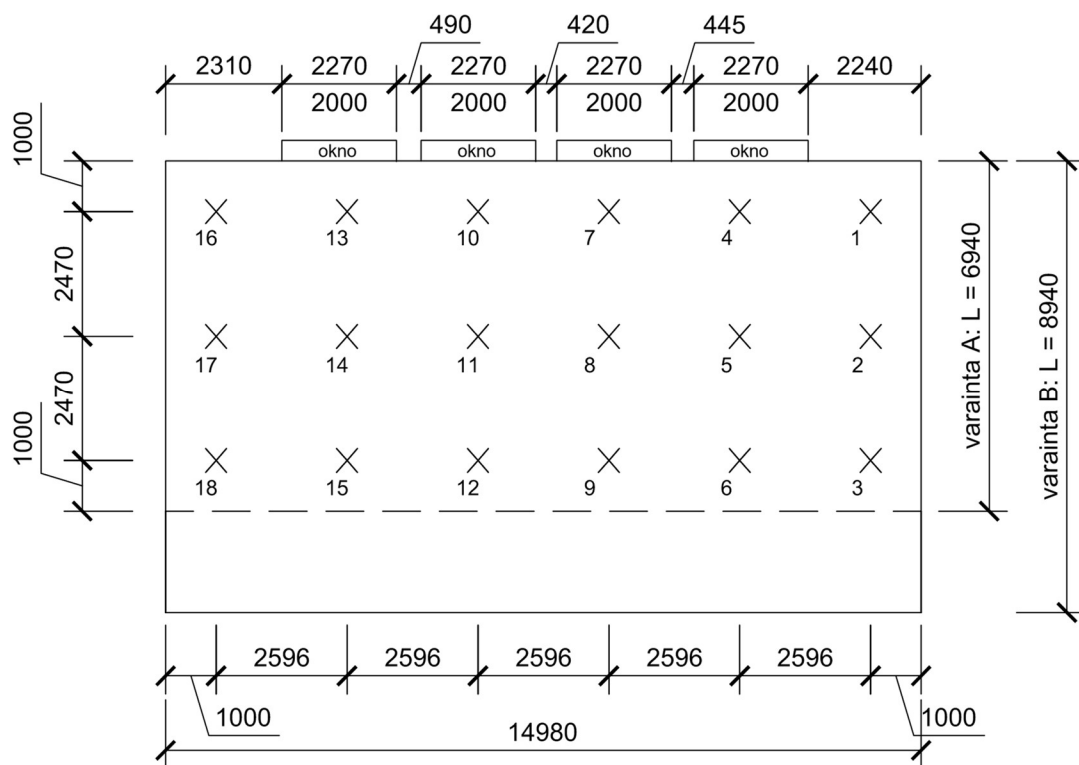


**Obr. 8:** Pohled na posuvnou stěnu prvního modelu

#### 4.1.2 Druhý model

Druhý model je také obdélníkového tvaru, ovšem o maximálních rozměrech 14,98 m x 8,94 m a výškou 3,45 m a představuje také PC učebnu A283. Rozdíl je v posuvné stěně, která je nyní tvořena delší podélnou stěnou naproti osvětlovacím otvorům. V modelu je na podlaze rovněž předpřipravená síť kontrolních bodů v rastru podle obrázku 9 níže. Fotografie modelu lze vidět na obrázku 10 až 12. Ve druhém modelu byly připraveny také dvě extrémní varianty. V první variantě je délka příčné stěny 6,94 m a představuje skutečný stav učebny.

Druhá varianta má délku příčné stěny 8,94 m a představuje stav učebny, kdy by se příčná stěna zvětšila o 2 m oproti skutečnosti.



**Obr. 9:** Schéma druhého modelu v M 1:150



**Obr. 10:** Pohled na druhý model



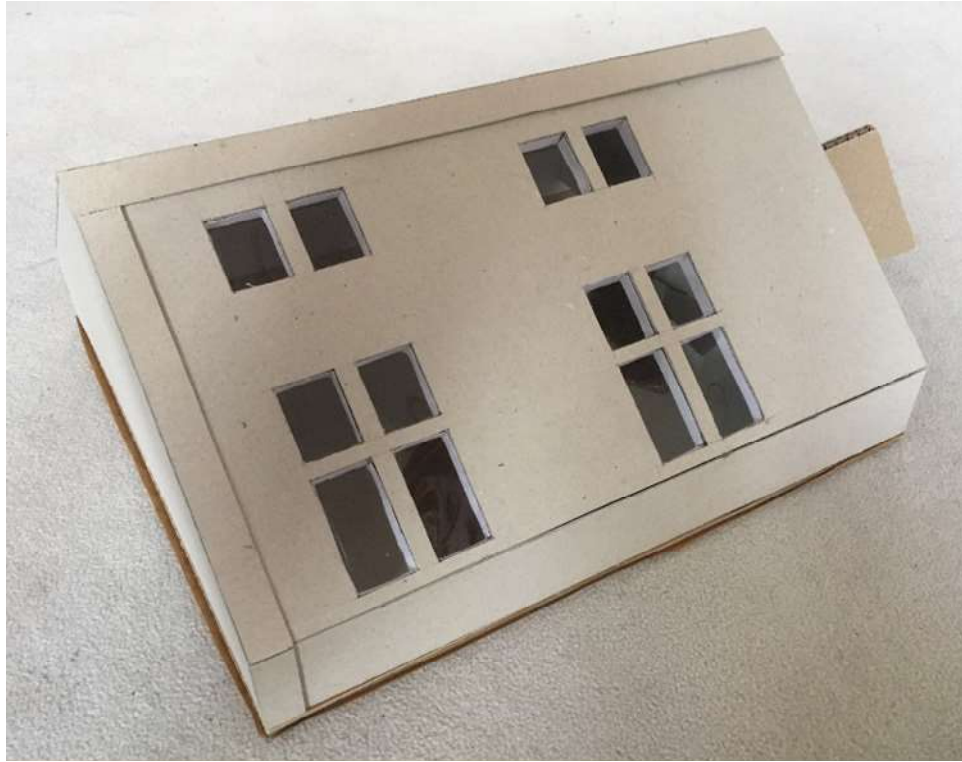
**Obr. 11:** Pohled dovnitř druhého modelu



**Obr. 12:** Pohled na posuvnou stěnu druhého modelu







**Obr. 14:** Pohled na třetí model



**Obr. 15:** Pohled dovnitř třetího modelu



*Obr. 16: Pohled na posuvnou stěnu třetího modelu*

## 4.2 Měření

Měření denního osvětlení lze provádět na základě několika způsobů. Prvním způsobem je měření v reálném stavu. Výhodou je vystižení skutečných podmínek, jako jsou vnitřní a vnější odraznosti povrchů ploch včetně vnějšího stínění. Měření v reálném stavu nabízí dvě varianty měření, a to buď pod reálnou, nebo umělou oblohou. Nevýhodou varianty pod reálnou oblohou je dosažení požadavku rovnoměrně zatažené oblohy gradované dle CIE 1:3 pro tmavý terén. Znamená to, že výpočetní model dohodnutý Mezinárodní komisí pro osvětlení (CIE) předpokládá třikrát větší jas v zenitu oproti jasů při horizontu. Ovšem tato situace nastává pouze několik dní v roce. Výhodnější je měření pod umělou oblohou, kde se tyto podmínky dají zajistit naprogramováním svítidla.

Druhým způsobem je měření na modelu. Lze ho aplikovat rovněž jak pod reálnou, tak pod umělou oblohou společně s jejich výhodami a nevýhodami. Model by měl být sestaven v takovém měřítku, aby se do něj bez problému vešla fotonka luxmetru.

Posledním způsobem je zjištění činitele denního osvětlení pomocí výpočtu. Lze si vybrat z početních nebo graficko-početních metod. V praxi se vzhledem k náročnosti využívají více graficko-početní metody. U nás se můžeme setkat s metodami stanovení oblohové a vnější odražené složky činitele denního osvětlení pomocí Daniljukovy úhlové sítě nebo upraveným Waldramovým diagramem a pro vnitřní odražené složky nejčastěji BRS nomogramy nebo Arndtův vztah. [11]

Celkem rozeznáváme tři způsoby přesnosti měření. První možností je měření přesné, kterého se využívá u náročných prostorů nebo pro výzkumné účely a jeho odhad rozšířené nejistoty měření je menší nebo rovno 8 %. Druhým případem je provozní měření, kterým se ověřuje správnost navržených a realizovaných prostorů, které mají zajišťovat určité světelné podmínky a zrakovou pohodu. Odhad rozšířené nejistoty měření se pohybuje v rozmezí 8 % až 14 % včetně. Třetím případem je orientační měření, které se používá k ověřování světelných podmínek, na jejichž základě se navrhuje zlepšující opatření. Odhad rozšířené nejistoty zde činí interval od 14 % do 20 % včetně.

K účelu diplomové práce byla využita metoda výpočtu pomocí programu SVĚTLO+ [18] a pro ověření měření denního osvětlení na modelu pod reálnou oblohou.

#### 4.2.1 Použité přístroje

K měření jednotlivých veličin byly využity přístroje z Katedry konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze. Konkrétně se jednalo o multifunkční digitální luxmetr Konica Minolta Illuminance Meter T-10AM, luxmetr Extech Light Meter 401025 a jasoměr Konica Minolta Luminance Meter LS-110.

Multifunkční digitální luxmetr Konica Minolta Illuminance Meter T-10AM s odnímatelnou hlavou receptoru byl použit k měření osvětlenosti v kontrolních bodech a osvětlenosti povrchů. Přesnost měření přístroje je  $\pm 2\%$  a jeho digitálně zobrazované hodnoty ukazují s přesností  $\pm 1$ . Přístroj je vybaven filtrem pro kosinovou odchylku. Rozsah

přístroje je 0,01 lx až 299 900 lx. Relativní spektrální odezva je 6 % CIE spektrální světelné účinnosti  $V(\lambda)$ .

Pro současné měření osvětlenosti na venkovní nezacloněné vodorovné rovině byl použit luxmetr Extech Light Meter 401025. Přesnost měření přístroje je  $\pm 5\%$ . Rozsah přístroje je 0 lx až 50 000 lx.



**Obr. 17:** Fotografie luxmetru Konica Minolta



**Obr. 18:** Fotografie luxmetru EXTECH

Pro měření jasu byl použit jasoměr Konica Minolta Luminance Meter LS-110. Úhel měření je  $1/3^\circ$  a úhel pohledu je  $9^\circ$ . Rozsah přístroje je  $0,001 \text{ cd.m}^{-2}$  až  $299\,900 \text{ cd.m}^{-2}$ . Zaostřovací vzdálenost od 1014 mm do nekonečna. Relativní spektrální odezva je 8 % CIE spektrální světelné účinnosti  $V(\lambda)$ . [11]



**Obr. 19:** Fotografie použitého jasoměru Konica Minolta Luminance Meter LS-110

#### 4.2.2 Měření činitele odrazu světla

Kromě denního osvětlení byl měřen také činitel odrazu světla  $\rho$  (-) jednotlivých povrchů použitých při tvorbě modelů představující stěny, strop, podlahu a výplň osvětlovacího otvoru. Způsob měření probíhá v závislosti na přístrojovém vybavení. V tomto případě byla použita kombinace jasoměru a luxmetru. Princip měření je založen na měření jasu  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) pomocí jasoměru, který se zacílí a zaostří nejlépe kolmo na měřený povrch. Současně se změří osvětlenost daného povrchu  $E$  (lx). Druhý měřič přidržuje fotonku kolmo k měřenému povrchu tak, aby nepřekrýval zorné pole jasoměru a zároveň nezastiňoval oblast snímanou jasoměrem a fotonku luxmetru. Dodržení těchto předpokladů má podstatný vliv na přesnost měření. Činitel odrazu světla se následně vypočítá ze změřených hodnot jako:

$$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E} \quad (-) \quad (4.1)$$

V tabulce 3 lze vidět naměřené hodnoty. Každé měření bylo provedeno minimálně dvakrát. Výsledný činitel denního osvětlení  $\bar{\rho}$  (-) jednotlivých materiálů byl vypočítán jako aritmetický průměr z jednotlivých měření.

**Tab. 3:** Vypočítané hodnoty činitele odrazu světla pomocí naměřených veličin

| Povrch  | Barva       | Činitel odrazu světla $\rho$ (-) |                       | Měření $\rho$ (-)                       |          |                  |                  |
|---------|-------------|----------------------------------|-----------------------|---|----------|------------------|------------------|
|         |             | dle JV-SST-Přednášky dle [11]    | dle vzorníku dle [17] | $L$ ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) | $E$ (lx) | $\rho$ (dle 4.1) | $\bar{\rho}$ (-) |
| karton  | světlě šedá | 0,40 - 0,60                      | 0,40                  | 15,77                                   | 117,9    | 0,42             | 0,42             |
|         |             |                                  |                       | 15,62                                   | 115,5    | 0,42             |                  |
|         |             |                                  |                       | 15,25                                   | 113      | 0,42             |                  |
| lepenka | hnědá       | 0,25                             | 0,34                  | 11,2                                    | 113,1    | 0,31             | 0,31             |
|         |             |                                  |                       | 11,7                                    | 119,2    | 0,31             |                  |
|         |             |                                  |                       | 11,6                                    | 119,1    | 0,31             |                  |
| čtvrtka | bílý        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                  | 32,4                                    | 126,9    | 0,80             | 0,80             |
|         |             |                                  |                       | 32,35                                   | 126,9    | 0,80             |                  |
| karton  | bílý        | 0,75 - 0,80                      | 0,68                  | 28,52                                   | 125,0    | 0,72             | 0,72             |
|         |             |                                  |                       | 28,49                                   | 124,6    | 0,72             |                  |
|         |             |                                  |                       | 27,29                                   | 120,2    | 0,71             |                  |
| fólie   | průhledný   | 0,10                             | -                     | 0,48                                    | 64,3     | 0,02             | 0,02             |
|         |             |                                  |                       | 0,51                                    | 64,5     | 0,02             |                  |
|         |             |                                  |                       | 0,49                                    | 66,1     | 0,02             |                  |
|         |             |                                  |                       | 0,47                                    | 66,0     | 0,02             |                  |

#### 4.2.3 Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

Další měřenou veličinou byl činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru. Výplň je průhledný materiál, u kterého se činitel prostupu světla stanovuje ve směru normály  $\tau_s$  (-). V prvním kroku se změří jas oblohy skrz osvětlovací otvor  $L_s$  ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) pomocí jasoměru umístěného kolmo na měřený povrch. V druhém kroku se změří také jas oblohy  $L_o$  ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ), ale bez výplně. Čím rychleji měření proběhne, tím přesnější bude výsledek činitele prostupu světla ve směru normály vypočítaný z naměřených hodnot:

$$\tau_s = \frac{L_s}{L_o} \quad (-) \quad (4.2)$$

V tomto případě byla výplň osvětlovacího otvoru všech modelů tvořena průhlednou fólií. Měření bylo provedeno celkem třikrát a konečná hodnota  $\tau_s$  byla vypočítána jako jejich aritmetický průměr.

**Tab. 4:** Vypočítané hodnoty činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru pomocí naměřených veličin

| Povrch | Měření                                    |   |                            |              |
|--------|---|---|----------------------------|--------------|
|        | $L_s$ ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) | $L_o$ ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) | $\tau_{s,n}$ (-) (dle 4.2) | $\tau_s$ (-) |
| fólie  | 115                                       | 123,1                                     | 0,93                       | 0,93         |
|        | 96,54                                     | 103,4                                     | 0,93                       |              |
|        | 91,51                                     | 98,3                                      | 0,93                       |              |

#### 4.2.4 Měření činitele denní osvětlenosti

Ke stanovení činitele denní osvětlenosti v objektu je nutné použít dva nezávislé luxmetry. S jejich pomocí se změří veličiny důležité pro výpočet činitele denního osvětlení  $D$  (%) dle vzorce (2.1). Prvním luxmetrem se změří osvětlenost  $E$  (lx) v kontrolních bodech rozmístěných v síti uvnitř prostoru. Fotonka luxmetru se umístí na srovnávací rovinu v kontrolním bodě a zajistí se tak, aby nedocházelo k jejímu natočení. K zajištění pozice v modelu sloužil vytvořený podstavec výšky 0,85 m v M 1:30, který lze vidět na obrázku 20.



**Obr. 20:** Fotografie podstavce pro umístění fotonky luxmetru

Druhým luxmetrem se změří osvětlenost venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx). Fotonka je umístěna na vodorovném vnějším povrchu a není ničím stíněna. K zajištění co nejpřesnějšího měření musí být osvětlenost v kontrolních bodech změřena současně s nezacloněnou vodorovnou rovinou.



**Obr. 21:** Fotografie luxmetru, který měřil osvětlenost venkovní nezacloněné vodorovné roviny

Před zahájením a po skončení měření činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) bylo provedeno ověření rovnoměrně zatažené oblohy gradované dle CIE 1:3. Byl změřen jas oblohy v elevačním úhlu  $15^\circ$  nad horizontem ve čtyřech svislých rovinách  $L_h$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) a jas v zenitu  $L_z$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Rozmezí, ve kterém se musí podíl změřených hodnot pohybovat je 0,3 až 0,6 při tmavém terénu. V tabulce 5 a 6 lze najít naměřené hodnoty při prvním a druhým měření. Naměřené hodnoty danému rozmezí podílu vyhoví.

**Tab. 5:** Naměřené hodnoty jasů na začátku a konci prvního měření

|                |                                      |        |       |       |       |
|----------------|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Začátek měření | $L_z(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 1660,0 |       |       |       |
|                | $L_h(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 516,0  | 545,0 | 584,0 | 568,0 |
| Konec měření   | $L_z(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 909,2  |       |       |       |
|                | $L_h(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 281,6  | 307,4 | 478,4 | 420,4 |

**Tab. 6:** Naměřené hodnoty jasů na začátku a konci druhého měření

|                |                                      |        |       |       |       |
|----------------|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Začátek měření | $L_z(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 1660,0 |       |       |       |
|                | $L_h(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 516,0  | 544,9 | 583,9 | 568,2 |
| Konec měření   | $L_z(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 1845,0 |       |       |       |
|                | $L_h(\text{cd} \cdot \text{m}^{-2})$ | 562,7  | 577,4 | 600,9 | 719,0 |





**Obr. 22:** Fotografie rovnoměrně zatažené oblohy

#### 4.2.4.1 Měření na prvním modelu

První měření probíhalo na kratší variantě prvního modelu a bylo změřeno celkem 9 bodů. V tabulce 7 lze vidět naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech  $E$  (lx) a venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx), z kterých se následně vypočítal činitel denní osvětlenosti  $D$  (%) dle vztahu (2.1).

**Tab. 7:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na prvním modelu varianty A

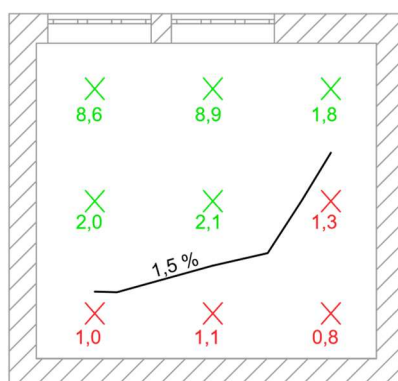
| Označení bodu | Měření   |            |                   |            |
|---------------|----------|------------|-------------------|------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |            |
| 1             | 136,0    | 7760       | 1,8               |            |
| 2             | 97,6     | 7440       | 1,3               |            |
| 3             | 60,8     | 7280       | 0,8               |            |
| 4             | 628,5    | 7060       | 8,9               |            |
| 5             | 147,6    | 7140       | 2,1               |            |
| 6             | 77,6     | 7200       | 1,1               |            |
| 7             | 623,0    | 7280       | 8,6               |            |
| 8             | 147,6    | 7420       | 2,0               |            |
| 9             | 79,3     | 7580       | 1,0               |            |
|               |          |            | $D_{\min}$        | <b>1,0</b> |
|               |          |            | $D_{\max}$        | <b>8,9</b> |

Požadavku dle ČSN 73 0580-3 [2] na minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5 \%$  nevyhoví 4 body. Konkrétně se jedná o bod 2, 3, 6 a 9. Na obrázku 23 lze vidět, že body, které vyhoví požadavku, jsou znázorněny zelenou barvou, zatímco body, které nevyhoví, barvou červenou. Poslední věc, kterou lze vidět na obrázku, je vyznačená izočára, která vymezuje funkčně vymezený prostor se splňujícím množstvím denního osvětlení.

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,8}{8,6} = 0,09 \not\geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 23:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech s vyznačenou izočárou 1,5 % na prvním modelu varianty A

Při druhém měření, které představovalo skutečné rozměry učebny, bylo změřeno celkem 18 bodů. V tabulce 8 lze vidět naměřené hodnoty osvětlenosti  $E$  (lx) v kontrolních bodech a venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx), z kterých se následně vypočítal činitel denní osvětlenosti.

**Tab. 8:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na prvním modelu varianty B

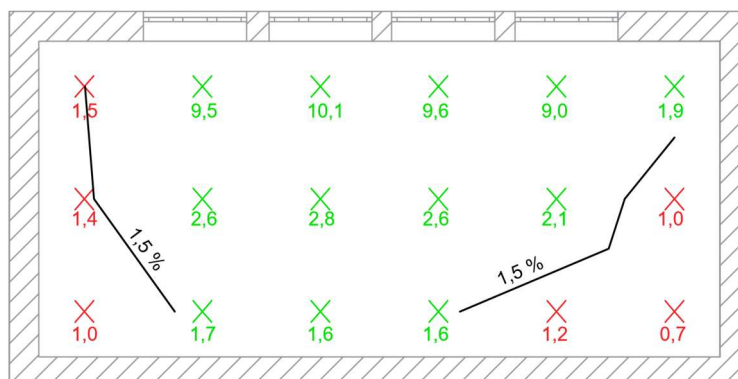
| Označení bodu | Měření   |            |                   |             |
|---------------|----------|------------|-------------------|-------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |             |
| 1             | 143,4    | 7616       | 1,9               |             |
| 2             | 98,2     | 9460       | 1,0               |             |
| 3             | 65,4     | 9380       | 0,7               |             |
| 4             | 818,2    | 9060       | 9,0               |             |
| 5             | 181,7    | 8520       | 2,1               |             |
| 6             | 96,5     | 8320       | 1,2               |             |
| 7             | 783,0    | 8160       | 9,6               |             |
| 8             | 204,2    | 7960       | 2,6               |             |
| 9             | 117,5    | 7500       | 1,6               |             |
| 10            | 749,8    | 7460       | 10,1              |             |
| 11            | 207,6    | 7440       | 2,8               |             |
| 12            | 122,3    | 7440       | 1,6               |             |
| 13            | 702,9    | 7420       | 9,5               |             |
| 14            | 192,5    | 7400       | 2,6               |             |
| 15            | 121,8    | 7360       | 1,7               |             |
| 16            | 107,2    | 7380       | 1,5               |             |
| 17            | 103,4    | 7360       | 1,4               |             |
| 18            | 73,8     | 7300       | 1,0               |             |
|               |          |            | $D_{\min}$        | <b>0,7</b>  |
|               |          |            | $D_{\max}$        | <b>10,1</b> |

Požadavku dle ČSN 73 0580-3 [2] na minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5\%$  nevyhoví 6 bodů. Konkrétně se jedná o bod 2, 3, 6, 16, 17 a 18. Na obrázku 24 si lze všimnout vyznačené izočáry, která vymezuje funkčně vymezený prostor se splňujícím množstvím denního osvětlení.

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,7}{10,1} = 0,07 \not\geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 24:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech s vyznačenou izočárou 1,5 % na prvním modelu varianty B



**Obr. 25:** Pohled na fotonku luxmetru při měření prvního modelu

#### 4.2.4.2 Měření na druhém modelu

První měření probíhalo na variantě, která představovala skutečné rozměry učebny stejně jako varianta B u prvního modelu. Bylo změřeno celkem 18 bodů. Jejich hodnoty by měly přibližně odpovídat předchozí variantě. Naměřené hodnoty lze vidět v tabulce 9.

**Tab. 9:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na druhém modelu varianty A

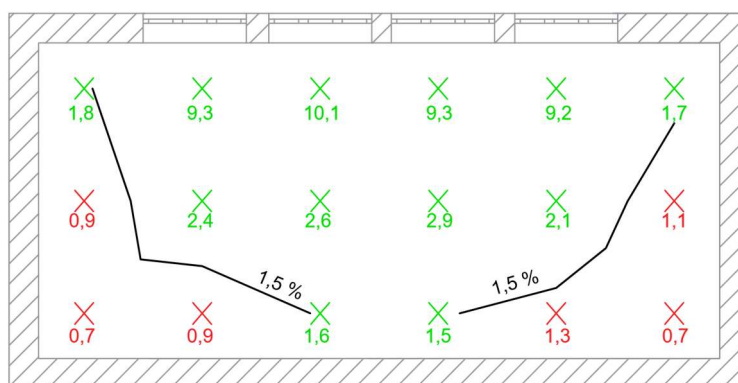
| Označení bodu | Měření   |            |                    |
|---------------|----------|------------|--------------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2. 1) |
| 1             | 89,2     | 5340       | 1,7                |
| 2             | 59,5     | 5300       | 1,1                |
| 3             | 36,4     | 5220       | 0,7                |
| 4             | 484,4    | 5240       | 9,2                |
| 5             | 109,1    | 5240       | 2,1                |
| 6             | 66,1     | 4980       | 1,3                |
| 7             | 458,0    | 4940       | 9,3                |
| 8             | 143,0    | 4920       | 2,9                |
| 9             | 74,4     | 4860       | 1,5                |
| 10            | 429,6    | 4240       | 10,1               |
| 11            | 107,0    | 4180       | 2,6                |
| 12            | 64,8     | 4160       | 1,6                |
| 13            | 392,4    | 4200       | 9,3                |
| 14            | 102,8    | 4280       | 2,4                |
| 15            | 37,6     | 4400       | 0,9                |
| 16            | 79,4     | 4480       | 1,8                |
| 17            | 39,5     | 4320       | 0,9                |
| 18            | 26,8     | 4000       | 0,7                |
|               |          | $D_{\min}$ | <b>0,7</b>         |
|               |          | $D_{\max}$ | <b>10,1</b>        |

Na obrázku 26 lze vidět, že hodnotově jsou body opravdu hodně podobné jako v předchozí variantě. Odlišnost výsledků je způsobena proměnlivostí oblohy. Požadavku dle ČSN 73 0580-3 [2] na minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5 \%$  nevyhoví 6 bodů. Konkrétně se jedná o bod 2, 3, 6, 15, 17 a 18. Na obrázku si také lze všimnout vyznačené izočáry, která vymezuje funkčně vymezený prostor se splňujícími světelnými podmínkami.

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,7}{10,1} = 0,07 \not\geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 26:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech s vyznačenou izočárou 1,5 % na druhém modelu varianty A

Při měření druhé varianty bylo změřeno stejných 18 bodů s rozdílem zvětšení místnosti. V tabulce 10 lze vidět naměřené hodnoty osvětlenosti  $E$  (lx) v kontrolních bodech a venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx), z kterých se následně vypočítal činitel denní osvětlenosti.

**Tab. 10:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na druhém modelu varianty B

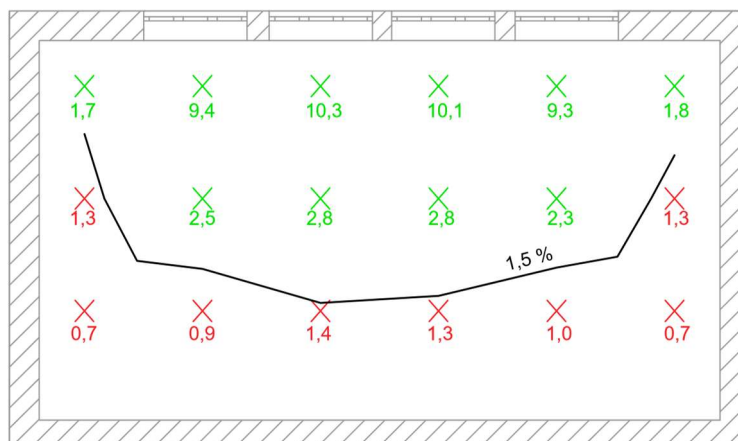
| Označení bodu | Měření   |            |                   |
|---------------|----------|------------|-------------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |
| 1             | 82,4     | 4700       | 1,8               |
| 2             | 64,2     | 5060       | 1,3               |
| 3             | 39,1     | 5360       | 0,7               |
| 4             | 416,0    | 4480       | 9,3               |
| 5             | 104,3    | 4500       | 2,3               |
| 6             | 46,8     | 4560       | 1,0               |
| 7             | 463,5    | 4600       | 10,1              |
| 8             | 121,0    | 4320       | 2,8               |
| 9             | 57,1     | 4280       | 1,3               |
| 10            | 439,2    | 4280       | 10,3              |
| 11            | 121,0    | 4360       | 2,8               |
| 12            | 60,0     | 4380       | 1,4               |
| 13            | 409,0    | 4360       | 9,4               |
| 14            | 106,5    | 4320       | 2,5               |
| 15            | 36,4     | 4240       | 0,9               |
| 16            | 68,8     | 4120       | 1,7               |
| 17            | 50,7     | 3980       | 1,3               |
| 18            | 27,1     | 3880       | 0,7               |
|               |          | $D_{\min}$ | <b>0,7</b>        |
|               |          | $D_{\max}$ | <b>10,3</b>       |

Na obrázku 27 lze vidět, že hodnoty jednotlivých bodů jsou menší než u předchozí varianty. To je způsobeno zvětšením učebny v příčném směru o 2 m. Požadavku dle ČSN 73 0580-3 [2] na minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5 \%$  nevyhoví 10 bodů. Konkrétně se jedná o bod 2, 3, 6, 12, 15, a 18. Na obrázku si lze také všimnout vyznačené izočáry, která vymezuje funkčně vymezený prostor se splňujícími světelnými požadavky. Z tohoto hlediska by na denní osvětlení nevyhověla celá levá řada od tabule.

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,7}{10,3} = 0,07 \not\geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 27:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech s vyznačenou izočarou 1,5 % na druhém modelu varianty B

#### 4.2.4.3 Měření na třetím modelu

První měření probíhalo na variantě, která představovala skutečné rozměry učebny se šikmým osvětlovacím systémem. Bylo změřeno celkem 16 bodů. Naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech  $E$  (lx) a venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx), z kterých se následně vypočítal činitel denní osvětlenosti lze vidět v tabulce 11.

**Tab. 11:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na třetím modelu varianty A

| Označení bodu | Měření   |            |                   |
|---------------|----------|------------|-------------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |
| 1             | 52,7     | 2080       | 2,5               |
| 2             | 83,0     | 2040       | 4,1               |
| 3             | 59,2     | 2020       | 2,9               |
| 4             | 58,0     | 2020       | 2,9               |
| 5             | 57,5     | 1980       | 2,9               |
| 6             | 130,3    | 1940       | 6,7               |
| 7             | 73,1     | 1900       | 3,8               |
| 8             | 134,6    | 1860       | 7,2               |
| 9             | 49,0     | 1640       | 3,0               |
| 10            | 147,7    | 1580       | 9,3               |
| 11            | 53,9     | 1480       | 3,6               |
| 12            | 78,4     | 1460       | 5,4               |
| 13            | 63,1     | 1460       | 4,3               |
| 14            | 245,6    | 1440       | 17,1              |
| 15            | 32,9     | 1400       | 2,4               |
| 16            | 232,5    | 1360       | 17,1              |
| $D_{\min}$    |          |            | <b>2,4</b>        |
| $D_m$         |          |            | <b>6,0</b>        |

Při měření druhé varianty bylo změřeno stejných 16 bodů s rozdílem zvětšení místnosti. V tabulce 12 lze vidět naměřené hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech

$E$  (lx) a venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx), z kterých byl následně vypočítán činitel denní osvětlenosti.

**Tab. 12:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na třetím modelu varianty B

| Označení bodu | Měření   |            |                   |
|---------------|----------|------------|-------------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |
| 1             | 31,8     | 1400       | 2,3               |
| 2             | 41,2     | 1420       | 2,9               |
| 3             | 32,8     | 1440       | 2,3               |
| 4             | 34,8     | 1440       | 2,4               |
| 5             | 39,7     | 1480       | 2,7               |
| 6             | 95,2     | 1480       | 6,4               |
| 7             | 51,8     | 1500       | 3,5               |
| 8             | 76,5     | 1500       | 5,1               |
| 9             | 48,4     | 1520       | 3,2               |
| 10            | 108,1    | 1520       | 7,1               |
| 11            | 50,3     | 1520       | 3,3               |
| 12            | 104,6    | 1520       | 6,9               |
| 13            | 84,9     | 1500       | 5,7               |
| 14            | 276,6    | 1480       | 18,7              |
| 15            | 46,1     | 1460       | 3,2               |
| 16            | 166,4    | 1460       | 11,4              |
|               |          | $D_{\min}$ | <b>2,3</b>        |
|               |          | $D_m$      | <b>5,4</b>        |

Z naměřených hodnot venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  lze vidět, že hodnoty jsou již dost nízké, a proto bylo nezbytně nutné měření opakovat jiný den.

Výsledky měření druhého pokusu první varianty lze vidět v tabulce 13.



**Tab. 13:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na třetím modelu varianty A

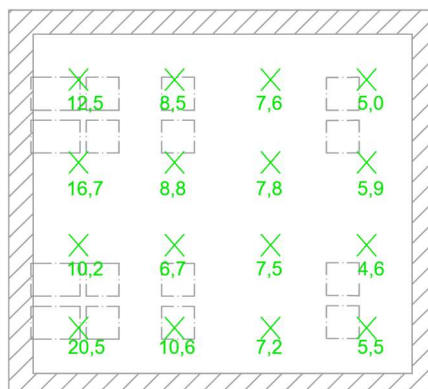
| Označení bodu | Měření   |            |                   |
|---------------|----------|------------|-------------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |
| 1             | 196,4    | 3890       | 5,0               |
| 2             | 224,0    | 3800       | 5,9               |
| 3             | 174,5    | 3760       | 4,6               |
| 4             | 203,7    | 3680       | 5,5               |
| 5             | 307,3    | 4070       | 7,6               |
| 6             | 312,7    | 4010       | 7,8               |
| 7             | 297,5    | 3980       | 7,5               |
| 8             | 282,1    | 3920       | 7,2               |
| 9             | 369,6    | 4360       | 8,5               |
| 10            | 377,3    | 4310       | 8,8               |
| 11            | 286,3    | 4260       | 6,7               |
| 12            | 442,4    | 4190       | 10,6              |
| 13            | 481,6    | 3860       | 12,5              |
| 14            | 687,3    | 4110       | 16,7              |
| 15            | 432,9    | 4250       | 10,2              |
| 16            | 911,3    | 4440       | 20,5              |
| $D_{\min}$    |          |            | <b>4,6</b>        |
| $D_m$         |          |            | <b>9,1</b>        |

Z obrázku 28 lze vyčíst, že průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti je  $D_m = 9,1 \%$  a nejmenší  $D_{\min} = 4,6 \%$ . Požadavku dle ČSN 73 0580-3 [2] na minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5 \%$  a na průměrný činitel denní osvětlenosti  $D_m = 5,0 \%$  vyhoví všechny body.

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{4,6}{9,1} = 0,51 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 28:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech na třetím modelu varianty A

Při měření druhé varianty bylo změřeno stejných 16 bodů s rozdílem zvětšení místnosti. V tabulce 14 lze vidět naměřené hodnoty osvětlenosti  $E$  (lx) v kontrolních bodech a venkovní nezacloněné vodorovné roviny  $E_h$  (lx), z kterých byl následně vypočítán činitel denní osvětlenosti.

**Tab. 14:** Výsledek měření činitele denní osvětlenosti na třetím modelu varianty B

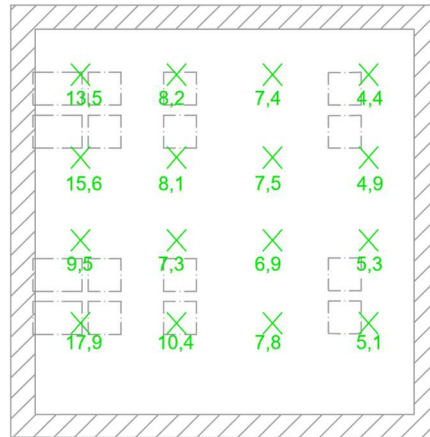
| Označení bodu | Měření   |            |                   |
|---------------|----------|------------|-------------------|
|               | $E$ (lx) | $E_h$ (lx) | $D$ (%) dle (2.1) |
| 1             | 184,5    | 4170       | 4,4               |
| 2             | 200,5    | 4060       | 4,9               |
| 3             | 219,8    | 4130       | 5,3               |
| 4             | 212,5    | 4140       | 5,1               |
| 5             | 316,0    | 4270       | 7,4               |
| 6             | 318,0    | 4240       | 7,5               |
| 7             | 293,9    | 4230       | 6,9               |
| 8             | 325,0    | 4190       | 7,8               |
| 9             | 368,0    | 4510       | 8,2               |
| 10            | 358,0    | 4410       | 8,1               |
| 11            | 320,0    | 4370       | 7,3               |
| 12            | 451,0    | 4330       | 10,4              |
| 13            | 677,0    | 5000       | 13,5              |
| 14            | 776,0    | 4970       | 15,6              |
| 15            | 470,2    | 4960       | 9,5               |
| 16            | 881,3    | 4910       | 17,9              |
|               |          | $D_{\min}$ | <b>4,4</b>        |
|               |          | $D_m$      | <b>8,8</b>        |

Na obrázku 29 lze vidět, že hodnoty jednotlivých bodů jsou ve většině případů menší než u předchozí varianty. To je zapříčiněno zvětšením učebny o 1 m. Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti je  $D_m = 9,1$  % a nejmenší  $D_{\min} = 4,6$  %. Požadavku dle ČSN 73 0580-3 [2] na minimální činitel denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5$  % a na průměrný činitel denní osvětlenosti  $D_m = 5,0$  % vyhoví ve všech bodech.

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{4,4}{8,8} = 0,50 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 29:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech na třetím modelu varianty B



**Obr. 30:** Fotografie upevnění třetího modelu



*Obr. 31: Pohled na fotonku luxmetru při měření třetího modelu*



*Obr. 32: Venkovní pohled na fotonku luxmetru při měření třetího modelu*

## 4.3 Výpočet

V této kapitole lze najít vstupní údaje a výsledky výpočtu denního osvětlení pomocí programu SVĚTLO+ [18] dle normy ČSN 73 0580-1 [1]. Hodnocení modelů bylo pomocí normy ČSN 73 0580-3 [2]. Jednotlivé protokoly z programu lze najít v Příloze A.

### 4.3.1 Vstupní údaje

Před začátkem výpočtu je nutné stanovit jednotlivé vstupní hodnoty, které se budou následně zadávat do programu.

#### 4.3.1.1 Situace stínících objektů

Pro výpočet modelů byla uvažována stejná situace jako při měření. To znamená, že hodnoceným modelům žádné objekty nestíní.

#### 4.3.1.2 Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

U modelů byla pro zasklení použita průhledná fólie. Pro výpočet byla aplikována hodnota vypočítána z naměřených veličin. V tabulce 15 lze vidět, jak se naměřená hodnota liší od odhadované normové hodnoty.

**Tab. 15:** Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

| Povrch | Odhad dle normových hodnot [1] | Měření       |
|--------|--------------------------------|--------------|
|        | $\tau_s (-)$                   | $\tau_s (-)$ |
| fólie  | 0,92 - 0,93                    | 0,93         |

#### 4.3.1.3 Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo

K výpočtu modelů byla použita hodnota  $\tau_k = 1$ , protože osvětlovací otvor je tvořen pouze fólií.

#### 4.3.1.4 Činitel znečištění

Protože modely reprezentují vybrané učebny, je hodnota činitele znečištění totožná jako u výpočtu učeben. Hodnoty lze najít v tabulce 30.

#### 4.3.1.5 Průměrný činitel odrazu světla

Průměrný činitel odrazu světla povrchů na modelech byl vypočítán dle vztahu (3.4). Hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů potřebné k výpočtu byly změřeny. Vypočítané hodnoty pro jednotlivé modely a jejich varianty jsou shrnuty v tabulkách 16 až 21 níže.

**Tab. 16:** Činitel odrazu světla v prvním modelu varianty A

| Označení                                      | Plocha<br>S [m <sup>2</sup> ] | Činitel odrazu světla<br>$\rho$ [-] | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| stěna - S1 (výmalba)                          | 0,019                         | 0,42                                | 0,01                    |
| stěna - S1 (okna)                             | 0,0098                        | 0,02                                | 0,00                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>   | <b>0,28</b>             |
| stěna - S2                                    | 0,027                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S3                                    | 0,029                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S4                                    | 0,027                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| podlaha - P1                                  | 0,06                          | 0,31                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla podlahy</b> |                               | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b>  | <b>0,31</b>             |
| strop - ST1                                   | 0,06                          | 0,72                                | 0,04                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stropu</b>  |                               | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>   | <b>0,72</b>             |

**Tab. 17:** Činitel odrazu světla v prvním modelu varianty B

| Označení                                      | Plocha<br>S [m <sup>2</sup> ] | Činitel odrazu světla<br>$\rho$ [-] | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| stěna - S1 (výmalba)                          | 0,038                         | 0,42                                | 0,02                    |
| stěna S1 (okna)                               | 0,0195                        | 0,02                                | 0,00                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>   | <b>0,28</b>             |
| stěna - S2                                    | 0,027                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S3                                    | 0,058                         | 0,42                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S4                                    | 0,027                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| podlaha - P1                                  | 0,12                          | 0,31                                | 0,04                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla podlahy</b> |                               | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b>  | <b>0,31</b>             |
| strop - ST1                                   | 0,12                          | 0,72                                | 0,08                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stropu</b>  |                               | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>   | <b>0,72</b>             |

**Tab. 18:** Číselný odrazu světla ve druhém modelu varianty A

| Označení                                      | Plocha<br>S [m <sup>2</sup> ] | Číselný odrazu světla<br>$\rho$ [-] | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| stěna - S1 (výmalba)                          | 0,038                         | 0,42                                | 0,02                    |
| stěna S1 (okna)                               | 0,0195                        | 0,02                                | 0,00                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>   | <b>0,28</b>             |
| stěna - S2                                    | 0,027                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S3                                    | 0,058                         | 0,42                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S4                                    | 0,027                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| podlaha - P1                                  | 0,12                          | 0,31                                | 0,04                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla podlahy</b> |                               | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b>  | <b>0,31</b>             |
| strop - ST1                                   | 0,12                          | 0,72                                | 0,08                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stropu</b>  |                               | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>   | <b>0,72</b>             |

**Tab. 19:** Číselný odrazu světla ve druhém modelu varianty B

| Označení                                      | Plocha<br>S [m <sup>2</sup> ] | Číselný odrazu světla<br>$\rho$ [-] | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| stěna - S1 (výmalba)                          | 0,038                         | 0,42                                | 0,02                    |
| stěna - S1 (okna)                             | 0,0195                        | 0,02                                | 0,00                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>   | <b>0,28</b>             |
| stěna - S2                                    | 0,034                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S3                                    | 0,058                         | 0,42                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| stěna - S4                                    | 0,034                         | 0,42                                | 0,01                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b>   | <b>0,42</b>             |
| podlaha - P1                                  | 0,15                          | 0,31                                | 0,05                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla podlahy</b> |                               | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b>  | <b>0,31</b>             |
| strop - ST1                                   | 0,15                          | 0,72                                | 0,11                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stropu</b>  |                               | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>   | <b>0,72</b>             |

**Tab. 20:** Číselný odrazu světla ve třetím modelu varianty A

| Označení                                      | Plocha<br>S [m <sup>2</sup> ] | Číselný odrazu světla<br>$\rho$ [-] | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| stěna - S1                                    | 0,021                         | 0,80                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>   | <b>0,80</b>             |
| stěna - S2                                    | 0,022                         | 0,80                                | 0,02                    |
| stěna - S2 (okna)                             | 0,008                         | 0,02                                | 0,00                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b>   | <b>0,59</b>             |
| stěna - S3                                    | 0,021                         | 0,80                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>   | <b>0,80</b>             |
| stěna - S4                                    | 0,030                         | 0,80                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stěn</b>    |                               | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b>   | <b>0,80</b>             |
| podlaha - P1                                  | 0,07                          | 0,31                                | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla podlahy</b> |                               | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b>  | <b>0,31</b>             |
| strop - ST1                                   | 0,03                          | 0,80                                | 0,03                    |
| strop - ST1 (okna)                            | 0,00                          | 0,02                                | 0,00                    |
| <b>Průměrný číselný odrazu světla stropu</b>  |                               | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>   | <b>0,70</b>             |

**Tab. 21:** Číselník odrazu světla ve třetím modelu varianty B

| Označení  | Plocha S [m <sup>2</sup> ] | Číselník odrazu světla ρ [-] | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|---|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| stěna - S1  | 0,021                      | 0,80                         | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselník odrazu světla stěn</b> $\rho_{stěny1}$     |                            |                              | <b>0,80</b>             |
| stěna - S2  | 0,026                      | 0,80                         | 0,02                    |
| stěna - S2 (okna)   | 0,008                      | 0,02                         | 0,00                    |
| <b>Průměrný číselník odrazu světla stěn</b> $\rho_{stěny2}$     |                            |                              | <b>0,62</b>             |
| stěna - S3  | 0,058                      | 0,80                         | 0,05                    |
| <b>Průměrný číselník odrazu světla stěn</b> $\rho_{stěny3}$     |                            |                              | <b>0,80</b>             |
| stěna - S4  | 0,025                      | 0,80                         | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselník odrazu světla stěn</b> $\rho_{stěny4}$     |                            |                              | <b>0,80</b>             |
| podlaha - P1  | 0,08                       | 0,31                         | 0,02                    |
| <b>Průměrný číselník odrazu světla podlahy</b> $\rho_{podlahy}$ |                            |                              | <b>0,31</b>             |
| strop - ST1   | 0,07                       | 0,80                         | 0,06                    |
| strop - ST1 (okna)  | 0,00                       | 0,02                         | 0,00                    |
| <b>Průměrný číselník odrazu světla stropu</b> $\rho_{stropu}$   |                            |                              | <b>0,75</b>             |

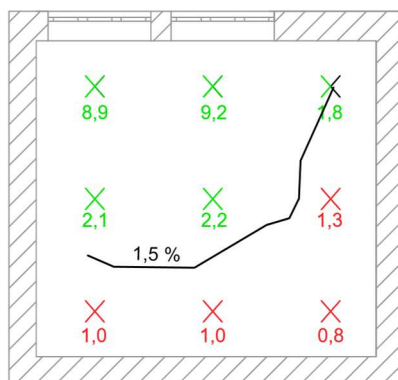
### 4.3.2 Výsledky

Jednotlivé varianty modelů byly zadány do programu SVĚTLO+ [18] do módu „Obloha“, který počítá denní osvětlení. Krok výpočtu byl pro všechny varianty uvažován v rozmezí 2 m až 2,5 m.

Pro srovnání s měřením byly modely hodnoceny pouze pomocí normy ČSN 73 0580-3 [2]. U každého posuzovaného modelu a jeho variant lze vidět obrázek hodnot číselníku denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Zeleně jsou označeny vyhovující body a červeně nevyhovující body. Dále lze vidět vyznačené izočáry v hladině 1,5 %.

#### 4.3.2.1 První model

Na prvním schématu lze vidět výsledky číselníku denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech u kratší varianty A pouze se dvěma osvětlovacími otvory.



**Obr. 33:** Hodnoty číselníku denní osvětlenosti v kontrolních bodech varianty A

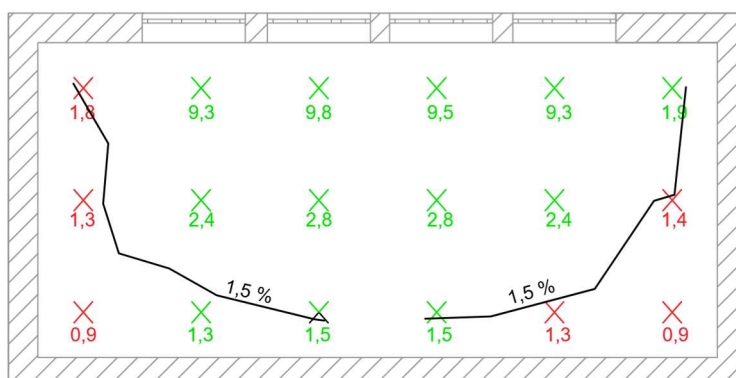


Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,8}{9,2} = 0,09 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Na dalším schématu lze vidět výsledky činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) vypočítané na druhé variantě s delší podélnou stranou a více osvětlovacími otvory.



**Obr. 34:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech varianty B

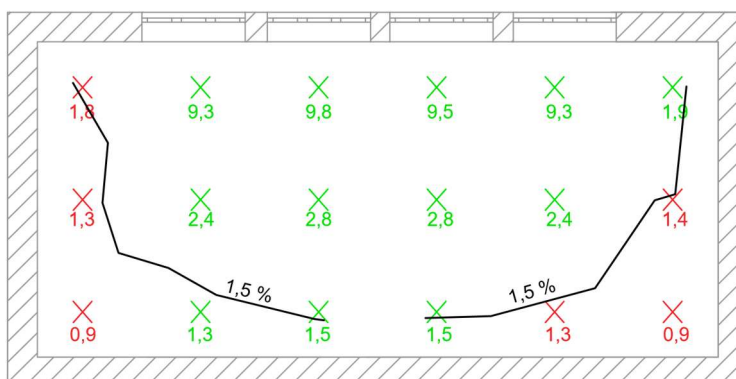
Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,9}{9,8} = 0,09 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

#### 4.3.2.2 Druhý model

Na prvním schématu lze vidět výsledky činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech varianty A, která je rozměrově totožná s předchozí variantou.



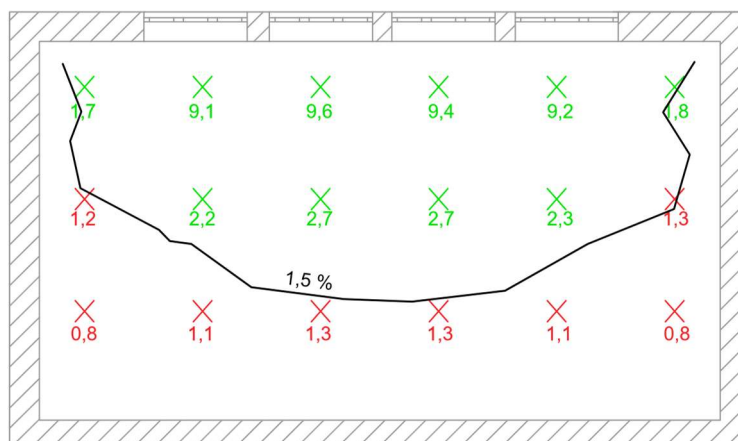
**Obr. 35:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech varianty A

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,9}{9,8} = 0,09 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Na dalším schématu lze vidět výsledky činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) vypočítané na druhé variantě B s delší příčnou stěnou, která tvoří učebnu hlubší.



**Obr. 36:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech varianty B

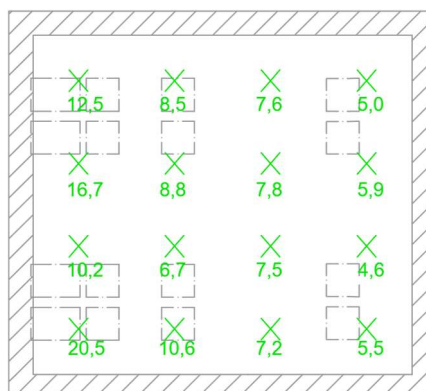
Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,8}{9,6} = 0,08 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

#### 4.3.2.3 Třetí model

Na prvním schématu lze vidět výsledky činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech varianty A. Postup zadávání šikmého osvětlení viz kapitola 5.3.



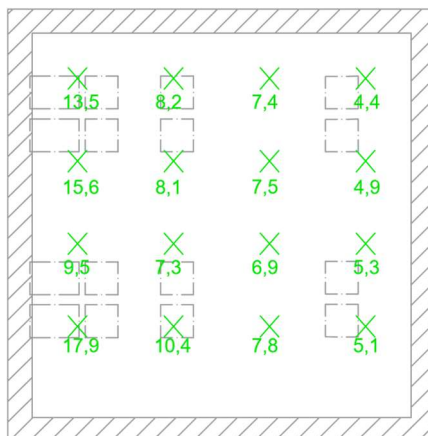
**Obr. 37:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech varianty A

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{3,2}{7,7} = 0,42 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.

Na dalším schématu lze vidět výsledky činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) vypočítané na druhé variantě B s delší podélnou stěnou.



**Obr. 38:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech varianty A

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{3,1}{7,4} = 0,42 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.

## 4.4 Vyhodnocení variant

V tabulkách níže lze vidět shrnutí výsledků činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) hodnocené dle normy ČSN 73 0580-3 [2] pomocí dvou metod. Konkrétně se jednalo o metodu měření na modelu pod reálnou oblohou a výpočtem pomocí programu SVĚTLO+ [18].

Porovnáním obou variant v tabulce 22 lze zjistit, že hodnoty se neliší o více než 0,4 %. Z toho vyplývá, že protažení učebny nemá tak velký vliv na denní osvětlení. Hodnota rovnoměrnosti osvětlení vyšla u obou variant stejná.

**Tab. 22:** Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot činitele denní osvětlenosti u prvního modelu

| varianta A: L = 7,48 m |              |                         | varianta B: L = 14,98 m |              |                         |
|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| Označení bodu          | Měření D (%) | Výpočet D (%) dle (2.1) | Označení bodu           | Měření D (%) | Výpočet D (%) dle (2.1) |
| 1                      | 1,8          | 1,8                     | 1                       | 1,9          | 1,9                     |
| 2                      | 1,3          | 1,3                     | 2                       | 1,0          | 1,4                     |
| 3                      | 0,8          | 0,8                     | 3                       | 0,7          | 0,9                     |
| 4                      | 8,9          | 9,2                     | 4                       | 9,0          | 9,3                     |
| 5                      | 2,1          | 2,2                     | 5                       | 2,1          | 2,4                     |
| 6                      | 1,1          | 1,0                     | 6                       | 1,2          | 1,3                     |
| 7                      | 8,6          | 8,9                     | 7                       | 9,6          | 9,5                     |
| 8                      | 2,0          | 2,1                     | 8                       | 2,6          | 2,8                     |
| 9                      | 1,0          | 1,0                     | 9                       | 1,6          | 1,5                     |
|                        |              |                         | 10                      | 10,1         | 9,8                     |
|                        |              |                         | 11                      | 2,8          | 2,8                     |
|                        |              |                         | 12                      | 1,6          | 1,5                     |
|                        |              |                         | 13                      | 9,5          | 9,3                     |
|                        |              |                         | 14                      | 2,6          | 2,4                     |
|                        |              |                         | 15                      | 1,7          | 1,3                     |
|                        |              |                         | 16                      | 1,5          | 1,8                     |
|                        |              |                         | 17                      | 1,4          | 1,3                     |
|                        |              |                         | 18                      | 1,0          | 0,9                     |

Při porovnání výsledků druhého modelu v tabulce 23 lze vidět, že hodnoty se liší více než u předchozího modelu, konkrétně o 0,7 %. Zvětšení hloubky místnosti má větší vliv na množství denního osvětlení a hodnoty činitele denní osvětlenosti se snížily. Hodnota rovnoměrnosti osvětlení se u druhé varianty snížila, tudíž hloubka vliv na rovnoměrnost osvětlení má.

**Tab. 23:** Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot činitele denní osvětlenosti u druhého modelu

| varianta A: L = 6,94 m |              |                         | varianta B: L = 8,94 m |              |                         |
|------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|--------------|-------------------------|
| Označení bodu          | Měření D (%) | Výpočet D (%) dle (2.1) | Označení bodu          | Měření D (%) | Výpočet D (%) dle (2.1) |
| 1                      | 1,7          | 1,9                     | 1                      | 1,8          | 1,8                     |
| 2                      | 1,1          | 1,4                     | 2                      | 1,3          | 1,3                     |
| 3                      | 0,7          | 0,9                     | 3                      | 0,7          | 0,8                     |
| 4                      | 9,2          | 9,3                     | 4                      | 9,3          | 9,2                     |
| 5                      | 2,1          | 2,4                     | 5                      | 2,3          | 2,3                     |
| 6                      | 1,3          | 1,3                     | 6                      | 1,0          | 1,1                     |
| 7                      | 9,3          | 9,5                     | 7                      | 10,1         | 9,4                     |
| 8                      | 2,9          | 2,8                     | 8                      | 2,8          | 2,7                     |
| 9                      | 1,5          | 1,5                     | 9                      | 1,3          | 1,3                     |
| 10                     | 10,1         | 9,8                     | 10                     | 10,3         | 9,6                     |
| 11                     | 2,6          | 2,8                     | 11                     | 2,8          | 2,7                     |
| 12                     | 1,6          | 1,5                     | 12                     | 1,4          | 1,3                     |
| 13                     | 9,3          | 9,3                     | 13                     | 9,4          | 9,1                     |
| 14                     | 2,4          | 2,4                     | 14                     | 2,5          | 2,2                     |
| 15                     | 0,9          | 1,3                     | 15                     | 0,9          | 1,1                     |
| 16                     | 1,8          | 1,8                     | 16                     | 1,7          | 1,7                     |
| 17                     | 0,9          | 1,3                     | 17                     | 1,3          | 1,2                     |
| 18                     | 0,7          | 0,9                     | 18                     | 0,7          | 0,8                     |

Porovnání výsledků třetího modelu se šikmými osvětlovacími otvory lze vidět v tabulce 24. Hodnoty činitele denní osvětlenosti se liší nejvíce o 4,5 %. Důvodem takto velké odchylky je chybějící funkce programu zadávání šikmého stropu s osvětlovacími otvory. Z toho vyplývá, že způsob zadávání nebyl nejpřesnější a vypočítané hodnoty vyšly větší, než ve skutečnosti jsou. Rovnoměrnost osvětlení je splněna u obou variant.

**Tab. 24:** Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot činitele denní osvětlenosti u třetího modelu

| varianta A: L = 7,46 m |              |                         | varianta B: L = 8,46 m |              |                         |
|------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|--------------|-------------------------|
| Označení bodu          | Měření D (%) | Výpočet D (%) dle (2.1) | Označení bodu          | Měření D (%) | Výpočet D (%) dle (2.1) |
| 1                      | 5,0          | 5,5                     | 1                      | 4,4          | 5,3                     |
| 2                      | 5,9          | 4,9                     | 2                      | 4,9          | 4,8                     |
| 3                      | 4,6          | 4,3                     | 3                      | 5,3          | 4,4                     |
| 4                      | 5,5          | 5,8                     | 4                      | 5,1          | 5,4                     |
| 5                      | 7,6          | 3,6                     | 5                      | 7,4          | 3,4                     |
| 6                      | 7,8          | 3,4                     | 6                      | 7,5          | 3,3                     |
| 7                      | 7,5          | 3,2                     | 7                      | 6,9          | 3,1                     |
| 8                      | 7,2          | 3,7                     | 8                      | 7,8          | 3,3                     |
| 9                      | 8,5          | 8,3                     | 9                      | 8,2          | 8,1                     |
| 10                     | 8,8          | 7,5                     | 10                     | 8,1          | 7,4                     |
| 11                     | 6,7          | 6,6                     | 11                     | 7,3          | 6,8                     |
| 12                     | 10,6         | 8,9                     | 12                     | 10,4         | 8,1                     |
| 13                     | 12,5         | 16,0                    | 13                     | 13,5         | 15,0                    |
| 14                     | 16,7         | 13,0                    | 14                     | 15,6         | 13,0                    |
| 15                     | 10,2         | 11,0                    | 15                     | 9,5          | 12,0                    |
| 16                     | 20,5         | 17,0                    | 16                     | 17,9         | 16,0                    |

Drobné odchylky měření jsou způsobeny nerovnoměrně zataženou oblohou. Závěrem lze konstatovat, že šikmý osvětlovací systém vyhoví jak činiteli denní osvětlenosti, tak rovnoměrnosti lépe než svislý osvětlovací systém.

## 5. Učebny

### 5.1 Popis posuzované školy

K hodnocení vlivu denního osvětlení jsem si vybrala Střední průmyslovou školu strojní a stavební v Táboře, kterou jsem před nástupem na vysokou školu sama absolvovala. Škola se nachází v městské části Marešův vrch ve svažitém terénu a v docházkové vzdálenosti od centra či nádraží. Komplex budov slouží jak ke středoškolskému, tak učňovskému vzdělání. V současné době navštěvuje školu přibližně 600 studentů.

#### 5.1.1 Členění areálu

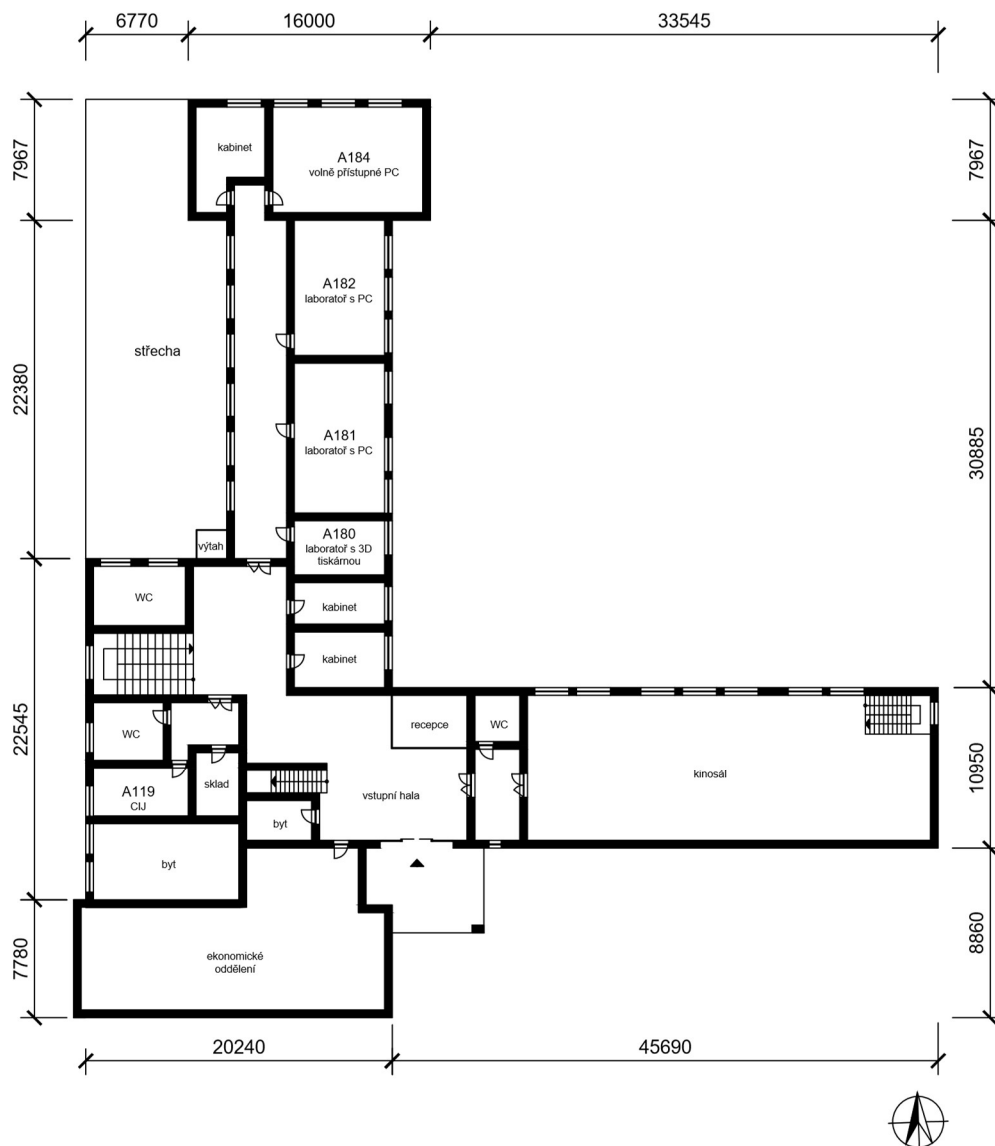
Objekty školy se nacházejí v blízkém kontaktu s městskou zástavbou v areálu vzdělávacích institucí. Členění areálu průmyslové školy lze vidět níže na obrázku 41. Vedle prvního posuzovaného pavilonu se z východní strany nachází mateřská a základní škola. Ze severní strany sousedí se střední zdravotnickou školou.



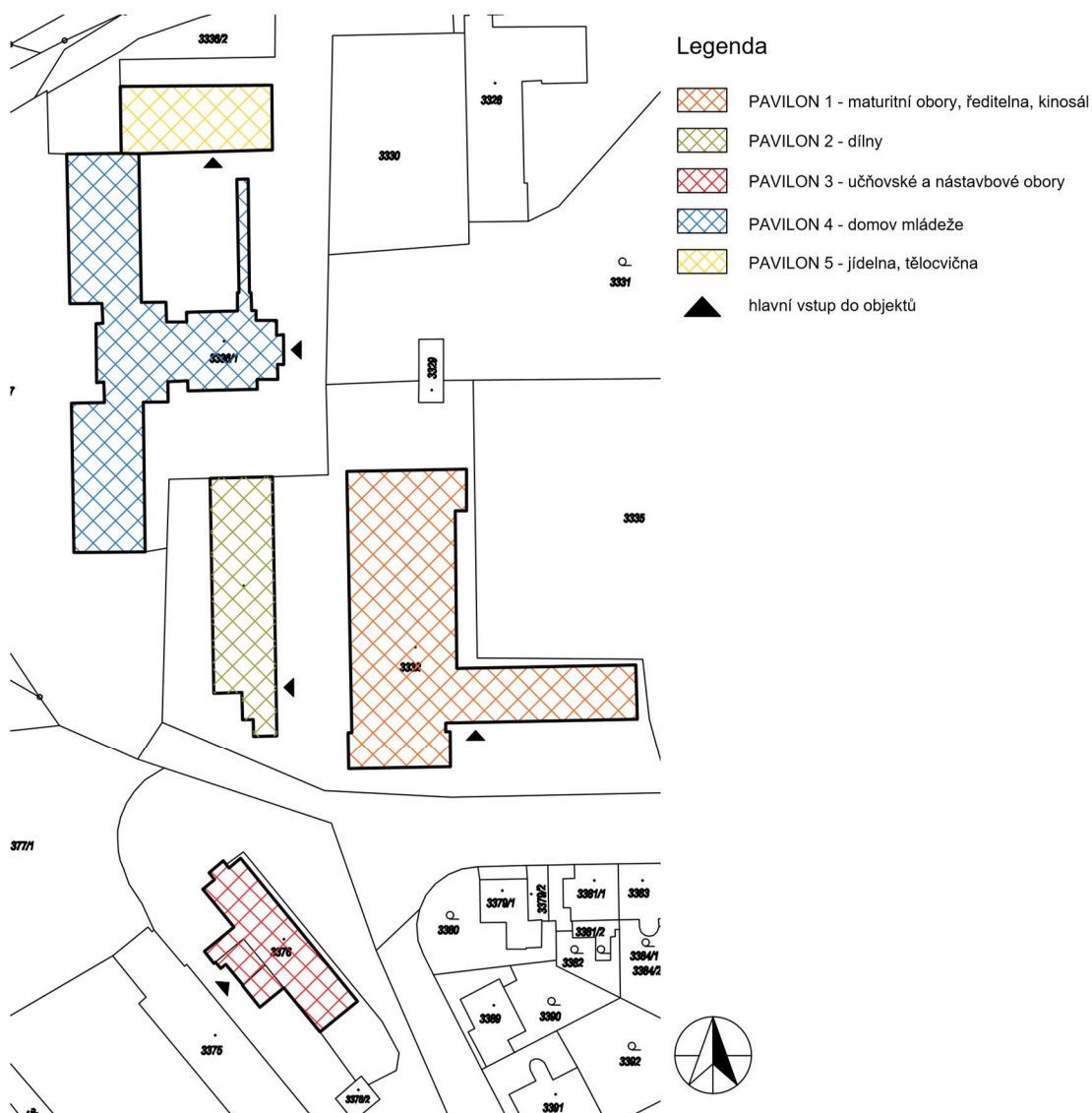
*Obr. 39: Mapové zobrazení posuzované budovy [10]*

V prvním, největším pavilonu se nachází veškeré zázemí střední školy. Lze zde najít kinosál, který slouží k pořádání školních ale i mimo školních aktivit, ředitelnu, učebny a ekonomické a IT zázemí sloužící ke správnému chodu školy. Druhý pavilon slouží jako

dílny pro učňovské a maturitní obory se strojním zaměřením. Hlavní budovou pro výuku učňovských a nástavbových oborů je třetí pavilon. Studenti z větších vzdáleností mají možnost ubytovat se v domově mládeže ve čtvrtém pavilonu, který sousedí s posledním, pátým pavilonem viz obrázek 42. V 1. NP se nachází jídelna a v 2. NP tělocvična.



**Obr. 40:** Dispozice 1. NP v M 1:500



**Obr. 41:** Katastrální situace staveb v M 1:1500

## 5.1.2 Popis hodnoceného prostoru

Pro posuzování kvality a množství denního osvětlení byla zvolena hlavní budova školy. Objekt má tři nadzemní podlaží s využívaným podkrovím a suterénem. Půdorysně je uspořádána do písmene L na levé a pravé křídlo. Nachází se zde odborné učebny, učebny sloužící ke všeobecně vzdělávacím předmětům a laboratoře.





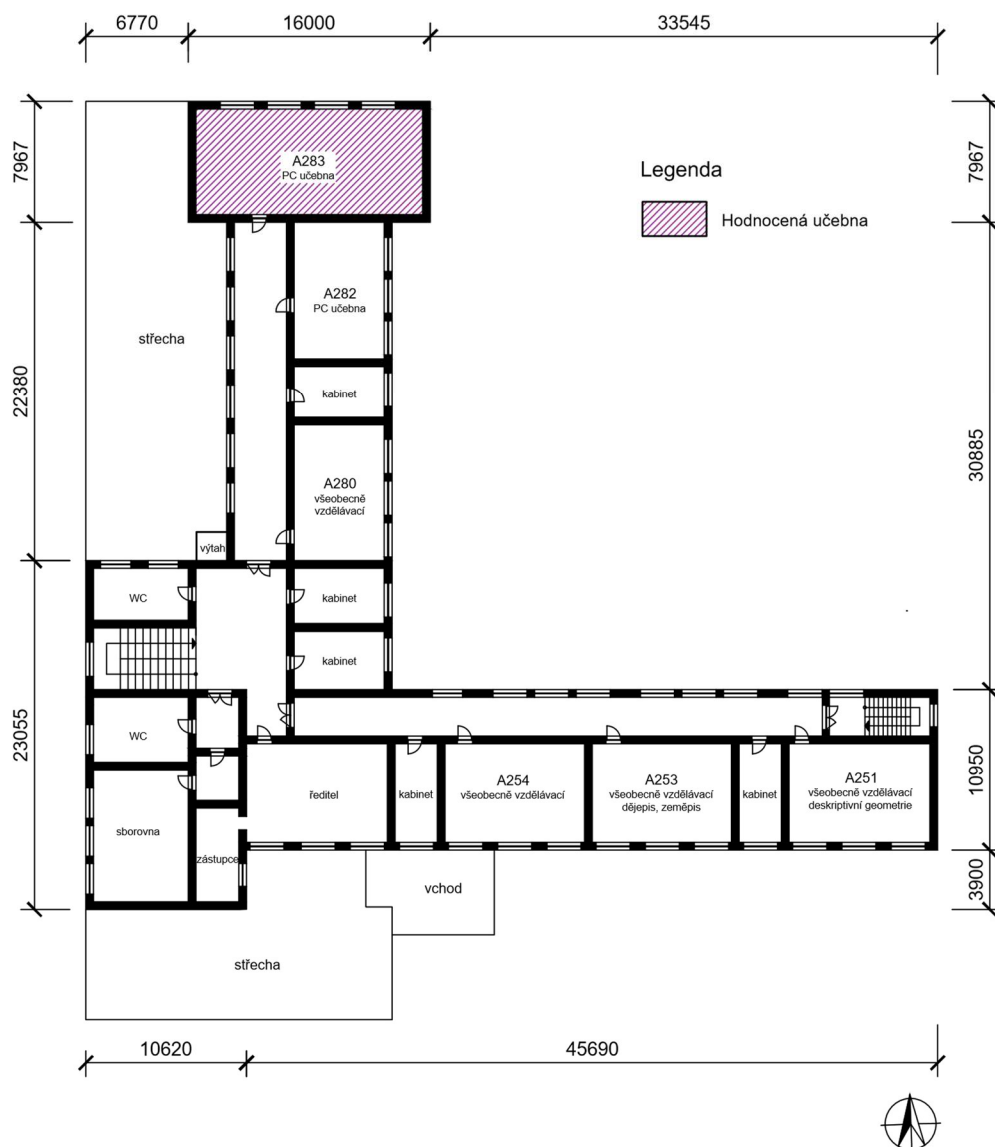
**Obr. 42:** Jižní pohled na posuzovanou budovu



**Obr. 43:** Severní a východní pohled na posuzovanou budovu

#### 5.1.2.1 PC učebna A283

První počítačová učebna se nachází ve druhém nadzemním podlaží na úplném konci levého křídla budovy. Přesné situační umístění lze vidět na obrázku 44. Maximální kapacita učebny je 34 studentů a učí se zde odborné předměty na počítači jako je informační a komunikační technologie, CAD systémy a programování.



**Obr. 44:** Dispozice 2. NP a učebny A283 v M 1:500

Délka učebny je 14,98 m a hloubka 6,935 m. Světlá výška místnosti je 3,45 m. Boční osvětlovací systém je tvořen čtyřmi bílými plastovými okny s tepelně izolačním dvojsklem o rozměru 2,27 m x 2,0 m naproti vstupu do učebny. Okna jsou osazena pouze v podélné stěně orientované na sever. Stínícími prostředky v této učebně jsou vnitřní tmavě modré rolety. Bílý plastový parapet je umístěn ve výšce 0,9 m nad podlahou. Barva stěn je převážně světle modrá. Bílou barvu najdeme pouze v horním líci učebny, dále jako obdélník určený k promítání projektorem a ve výklenku kolem oken. Zadní stěna naproti tabuli je obložena cihlovým obkladem. Bílou barvou je vymalován rovněž strop. Podlaha je pokryta PVC materiálem pletové barvy s drobnými skvrnami hnědých odstínů. V přední části učebny u tabule je zabudován stupínek vysoký 0,42 m, na kterém se nachází katedra s uzamčenou komodou s IT zařízením. Tabule je tvořena bílou popisovací deskou.

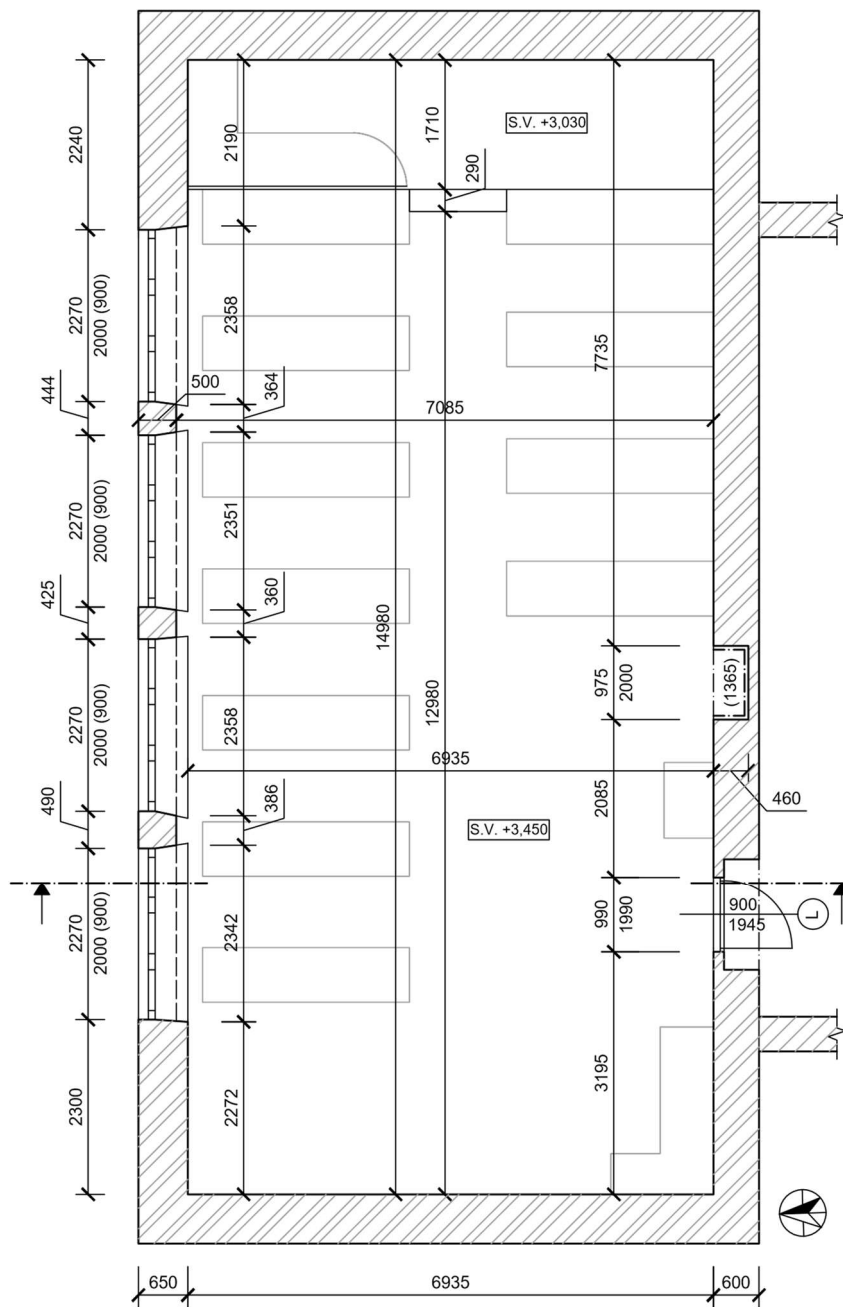
Naproti oknům se nachází výklenek s umyvadlem a lesklým bílým obkladem. V této místnosti zvolila škola umístění stolů s plnými boky ve středně hnědém odstínu dekoru dřeva.



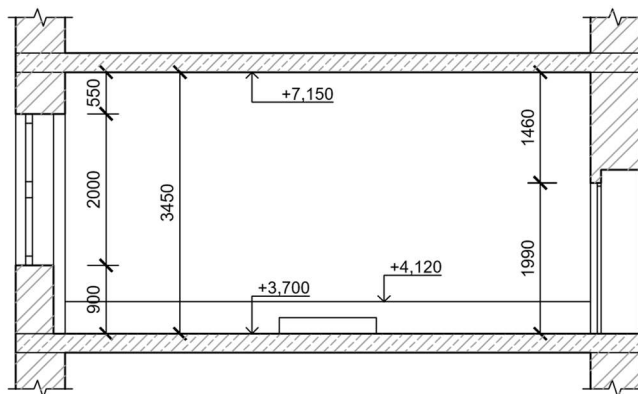
**Obr. 45:** Pohled na osvětlovací otvory ze severní strany



**Obr. 46:** Pohled do učebny A283



**Obr. 47:** Schéma zaměření půdorysu v M 1:100



**Obr. 48:** Schéma zaměření řezu v M 1:100

### 5.1.2.2 PC učebna A454

Druhá počítačová učebna se nachází v podkrovním podlaží. Situačně je umístěna v pravém křídle, kde se nacházejí tři stejné učebny za sebou s maximální kapacitou 18 studentů na třídu. Konkrétní situační umístění lze vidět na obrázku 49. Učí se zde konstrukční cvičení, CAD systémy, technologická cvičení, stavební příprava a provoz, pozemní stavitelství a informační a komunikační technologie.



**Obr. 49:** Dispozice 4. NP a učeben A454 a A405 v M 1:500

Délka učebny je 7,455 m a šířka 8,320 m. Přibližně uprostřed je rozdělena nízkou stěnou, která slouží jako místo na výstavu modelů budov vytvořené studenty při závěrečné práci. Výška v nejvyšším bodě místnosti je 3,87 m se sklonem šikmé

střechy 37°. Vstup do místnosti je ve středu obou příčných stěn. Učebna je průchozí. Šikmý osvětlovací systém je tvořen bílými plastovými střešními okny s tepelně izolačním dvojsklem na obou podélných obvodových stranách s orientací na sever a jih. Na severní straně je umístěno 8 střešních oken o rozměru 0,72 m x 0,90 m a 4 okna o rozměru 0,72 m x 1,35 m. Na jižní straně jsou umístěna 4 střešní okna o rozměru 0,72 m x 0,90 m. Stínící prostředky v této učebně jsou vnitřní žaluzie stříbrné barvy. Barva stěn a stropu je bílá s přiznaným dřevěným krovem natřeným tmavě hnědým odstínem. Nízká stěna má světle šedou barvu. Podlaha je pokryta PVC materiálem oranžové barvy. Jelikož se jedná o počítačovou učebnu, je podél stěn z bezpečnostního důvodu vedena kabelová chránička. Jako tabule v této učebně slouží mobilní otočná tabule na fixy a nade dveřmi je umístěno stahovací plátno k promítání. Stoly jsou zvoleny ve světlé barvě v odstínu buku.



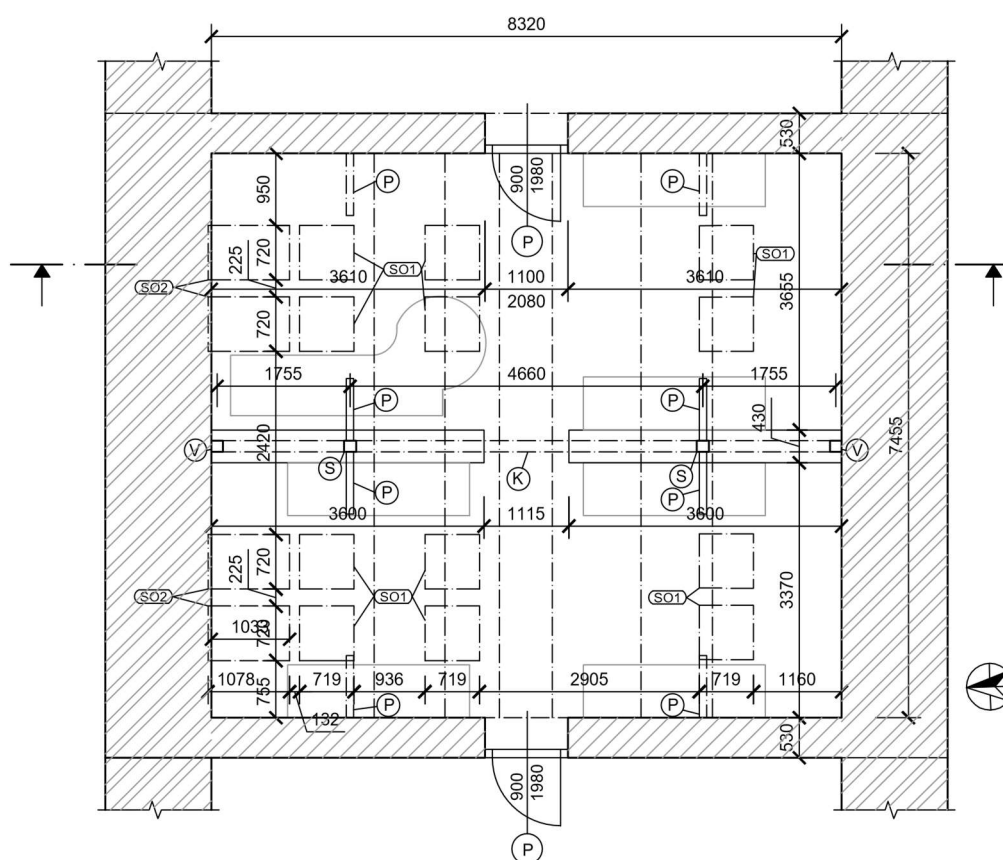
**Obr. 50:** Pohled na osvětlovací otvory z jižní strany



**Obr. 51:** Pohled na osvětlovací otvory ze severní strany



**Obr. 52:** Pohled do učebny A454



**Poznámky:**

S – dřevěný sloup 180 x 180 mm

V – dřevěná vzpěra 150 x 180 mm

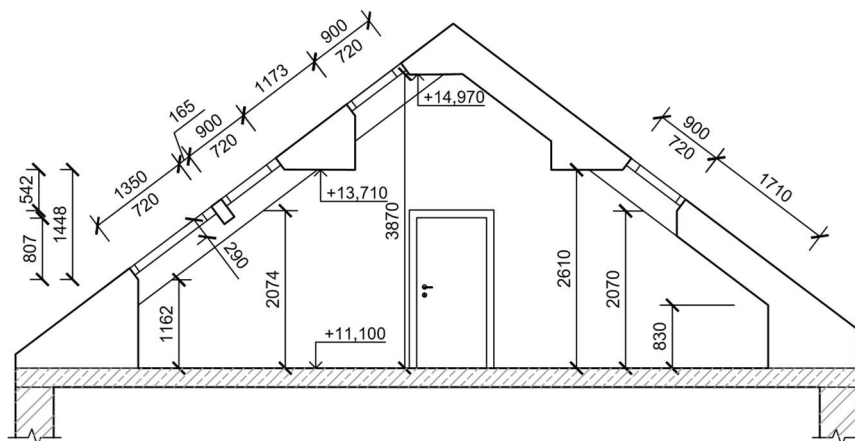
K – dřevěná kleština 180 x 180 mm

P – dřevěný pásek 115 x 95 mm

SO1 – střešní plastové okno 720 x 900 mm, tepelně izolační dvojsklo

SO2 – střešní plastové okno 720 x 1350 mm, tepelně izolační dvojsklo

**Obr. 53:** Schéma zaměření půdorysu v M 1:100



**Obr. 54:** Schéma zaměření řezu v M 1:100

### 5.1.2.3 Odborná učebna A319

První vybraná odborná učebna se nachází ve třetím nadzemním podlaží na konci levého křídla. Přesné situační umístění lze vidět na obrázku 56. Maximální kapacita učebny je 34 studentů a učí se zde mechanika, architektura, technické kreslení nebo třeba strojírenská technologie.



**Obr. 55:** Pohled na osvětlovací otvory ze západní strany

Učebna je obdélníkového půdorysu s rozměry 6,330 m x 8,635 m. Ze stěny naproti oknům vystupují dva sloupy. Poslední sloup se nachází mezi okny dle schématu zaměření viz obr. 49 a 50. V přední části místnosti je vytvořen učitelský stupínek výšky 0,21 m, na kterém se nachází katedra a uzamčená komoda s IT zařízením. Světlá výška místnosti



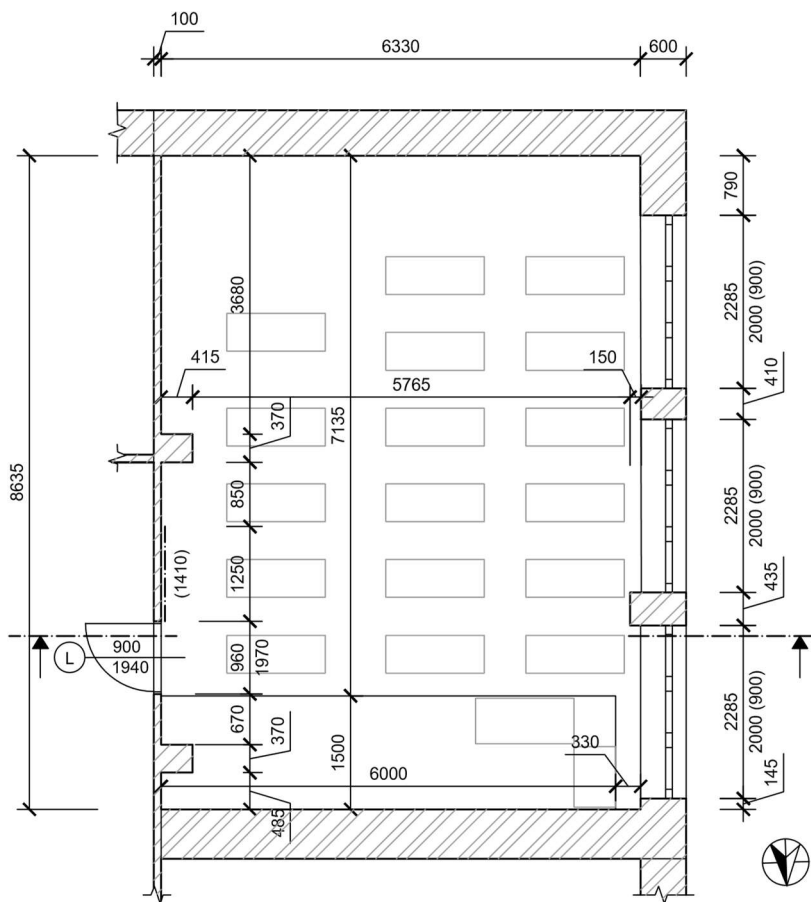
je 3,45 m. Boční osvětlovací systém je tvořen třemi bílými plastovými okny s tepelně izolačním dvojsklem o rozměru 2,285 m x 2,0 m naproti vstupu do učebny. Okna jsou osazena pouze na podélné stěně orientované na západ. Bílý plastová parapet je umístěn ve výšce 0,9 m nad podlahou. Stínícími prostředky jsou v této učebně vnitřní tmavě zelené rolety. Barva stěn je převážně světle žlutá, pouze horní pás a strop je vymalován bíle. Podlaha je pokryta světle šedým PVC materiálem. Tabule je tvořena bílou popisovací deskou s možností měnit její výšku. Vedle vchodu do učebny se nachází část s umyvadlem a lesklým bílým obkladem. V této místnosti zvolila škola veškeré vybavení nábytkem ve světle hnědém odstínu dekoru dřeva s kovovými částmi natřenými tmavě modrou barvou.



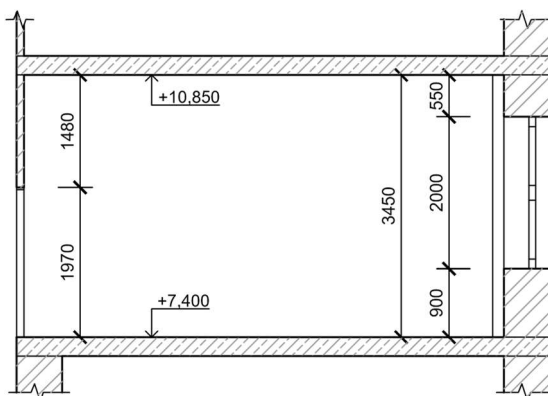
**Obr. 56:** Situační zakreslení 3.NP a učebny A319 v M1:500



**Obr. 57:** Pohled do učebny A319



**Obr. 58:** Schéma zaměření půdorysu učebny A319 v M1:100



**Obr. 59:** Schéma zaměření řezu učebny A319 v M1:100

#### 5.1.2.4 Odborná učebna A405

Poslední vybraná učebna se nachází také v podkroví, a to vedle počítačové učebny A454. Situačně se nachází především v pravém křídle, ale jak lze vidět na obrázku 49, tak z menší části zasahuje také do levého křídla. Maximální kapacita učebny je 34 studentů a učí se zde stavební mechanika, stavební konstrukce, pozemní stavitelství, inženýrské stavby nebo ekonomika.

Dispozičním řešením učebny je složitě zalamovaný půdorys. Největší délka je 11,805 m a šířka 9,655 m. V ploše místnosti se nachází 5 dřevěných sloupů, které mohou vadit studentům ve výhledu při výuce. V délce, kde pokračuje pravé křídlo, je sklon střechy 37° a výška v nejvyšším bodě 2,83 m. Na jižně orientované části je umístěno 9 střešních oken o rozměru 0,72 m x 0,90 m. Na severně orientované části je umístěno 1 střešní okno o rozměru 0,72 m x 1,35 m a nad ním 1 střešní okno o rozměru 0,72 m x 0,90 m. Přesnou polohu oken lze vidět na obrázku 66. Jižní stěna, která navazuje na levé křídlo školy je sešikmená se sklonem 30° a výškou v nejvyšším bodě 3,6 m. Na této stěně jsou osazena 2 střešní okna vedle sebe o rozměru 0,72 m x 0,90 m. Stínícími prostředky jsou v této učebně vnitřní stříbrné žaluzie. Vstup do učebny z chodby je tvořen předsíní s rovným stropem a výškou 2,55 m. Zádveří je vymalováno bílou barvou a je zde umístěná jedna skříňka. Bílou barvou je vymalován také bílý obdélník určený dříve při jiném uspořádání stolů k promítání, ostění, nadpraží, parapety a sloupky mezi okny. Zbytek je vymalován světle žlutou barvou. Na západní stěně je vytvořen vystupující výklenek, který slouží k umístění poliček na studijní materiály. Podlaha je pokryta světle šedým PVC materiálem. Jako tabule v této učebně slouží také mobilní otočná tabule na fixy, která je nyní umístěna

před východní stěnou sousedící s učebnou A454. Vybavení nábytkem je ve světlém odstínu dekoru dřeva s kovovými částmi natřených světle šedou barvou.



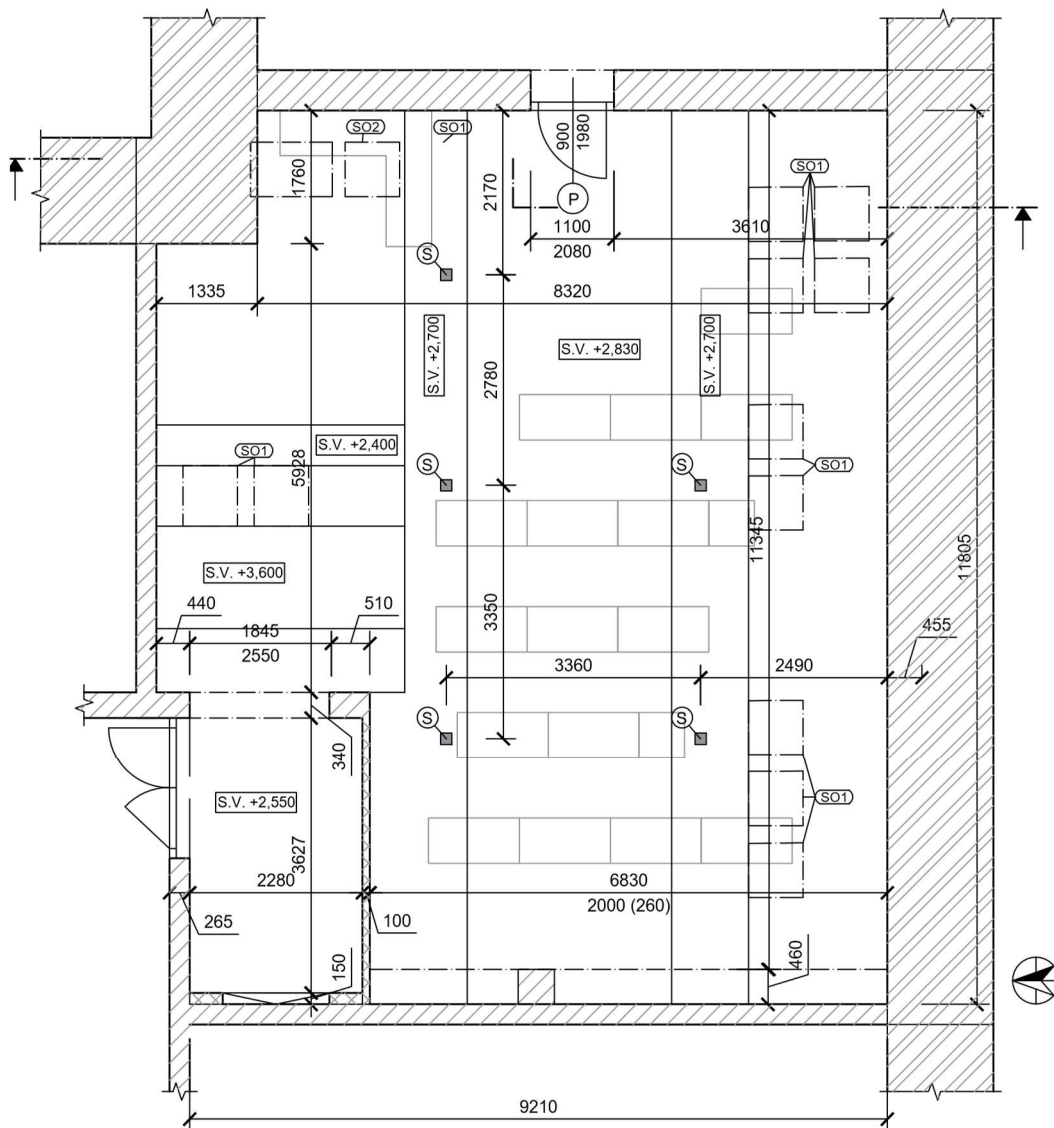
**Obr. 60:** Pohled na osvětlovací otvory z jižní strany



**Obr. 61:** Pohled na osvětlovací otvory ze severní a východní strany



**Obr. 62:** Pohled do učebny A405



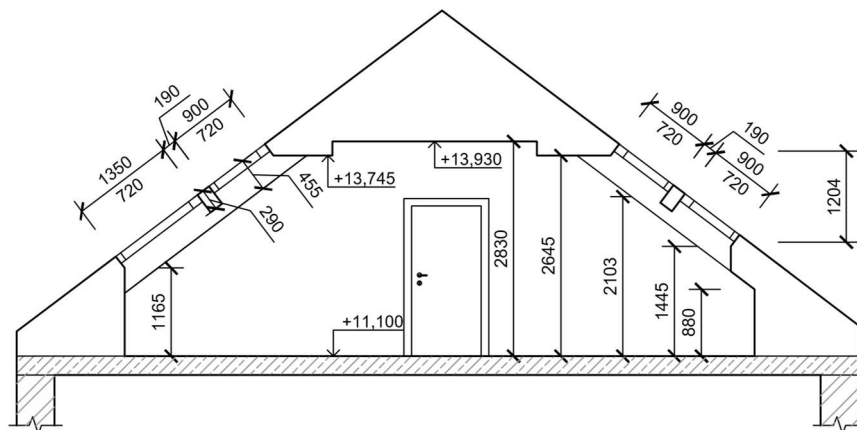
Poznámky:

S – dřevěný sloup 150 x 150 mm

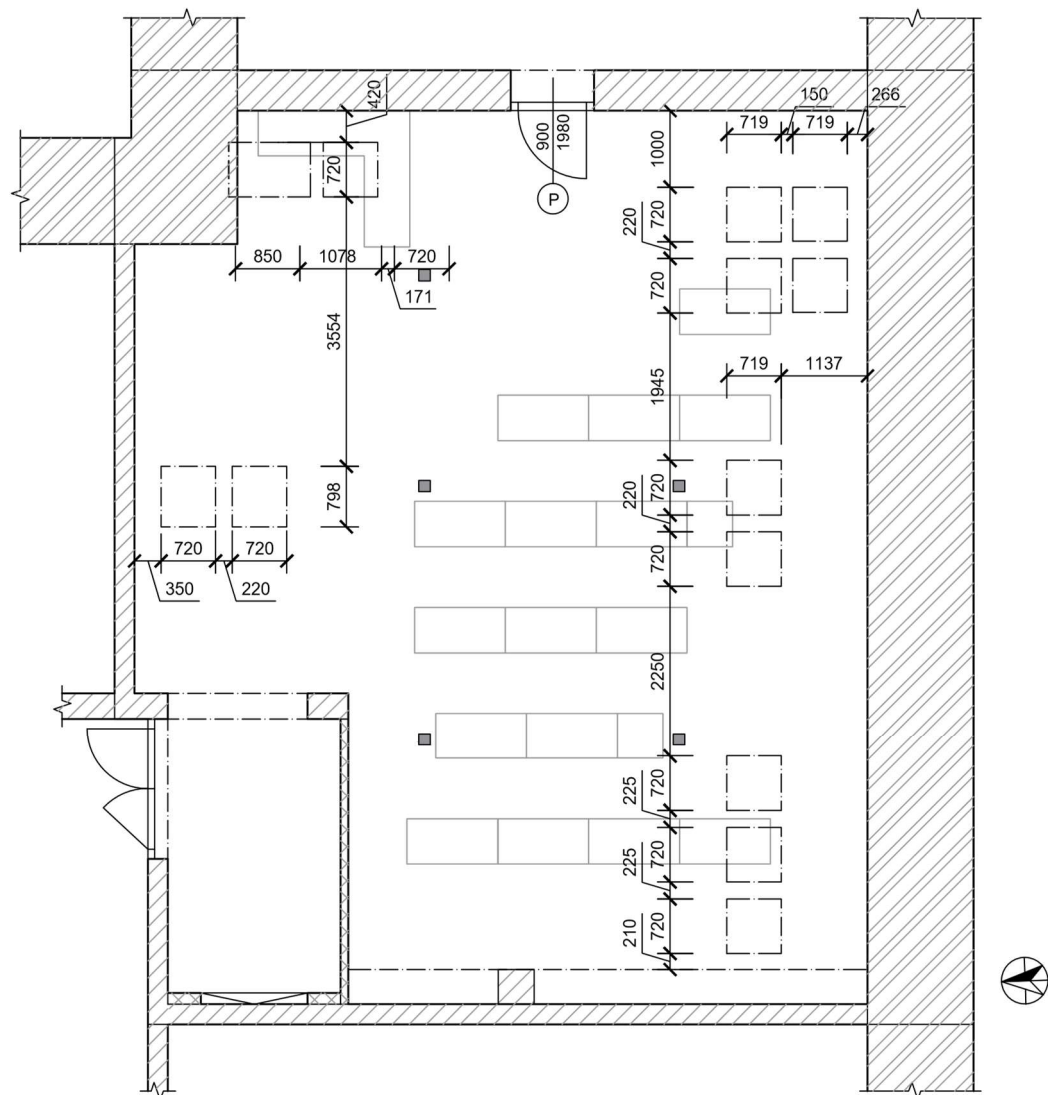
SO1 – střešní plastové okno 720 x 900 mm, tepelně izolační dvojsklo

SO2 – střešní plastové okno 720 x 1350 mm, tepelně izolační dvojsklo

**Obr. 63:** Schéma zaměření půdorysu učebny A405 v M1:100



**Obr. 64:** Schéma zaměření řezu učebny A405 v M1:100



**Obr. 65:** Schéma zaměření polohy střešních oken v učebně A405 v M1:100

## 5.2 Místní šetření

Místní šetření, při kterém byly zjištěny základní informace o škole proběhlo 18. 9. 2020. V tento den byly zaměřeny přibližné rozměry školy. Po výběru jednotlivých učeben byly 25. 9. 2020 zaměřeny konkrétní učebny. Zaměření bylo provedeno pomocí dálkového laserového měřice Parkside PLEM 50 B2, který má rozsah měření 0,05 až 50 m s přesností  $\pm 1,5$  mm. Na kratší rozměry byl aplikován klasický 5 m dlouhý metr od firmy Wurth. Použité měřicí přístroje lze vidět na obrázku 66.



*Obr. 66: Fotografie použitých měřicích přístrojů*

## 5.3 Výpočet

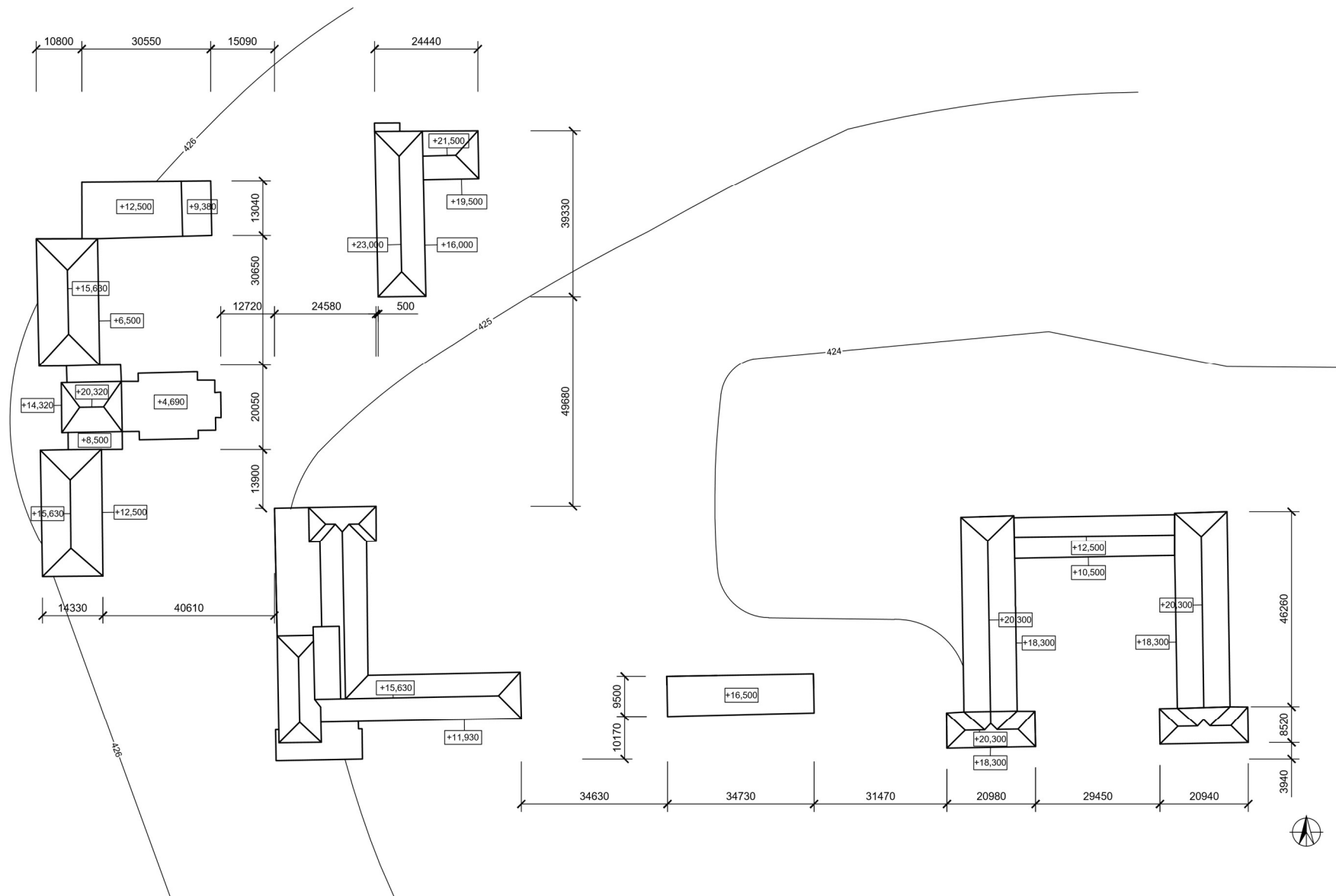
V této kapitole lze najít vstupní údaje a výsledky výpočtu množství denního osvětlení pomocí programu SVĚTLO+ [18]. Všechny učebny byly hodnoceny pomocí normy ČSN 73 0580-3 [2] a ČSN EN 17037 [3]. Jednotlivé protokoly z programu lze najít v Příloze A.

### 5.3.1 Vstupní hodnoty

Před začátkem výpočtu je nutné stanovit jednotlivé vstupní hodnoty, které se budou následně zadávat do programu.

#### 5.3.1.1 Situace stínících objektů

Na obrázku 67 lze vidět situaci stínících objektů posuzované školy. Výška vepsaná na střeše značí výšku vrcholu a výška mimo střechu značí výšku okapu. Jako stínící objekt se považuje budova, která je výše než osvětlovací otvory v posuzovaných učebnách. Ze severní strany stíní jiná střední škola. Ze západní strany stíní komplex domova pro mládež s jídelnou a tělocvičnou. Z východní strany stíní mateřská a základní škola.



**Obr. 67:** Situace stínících objektů v M 1:1000



### 5.3.1.2 Čítnel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

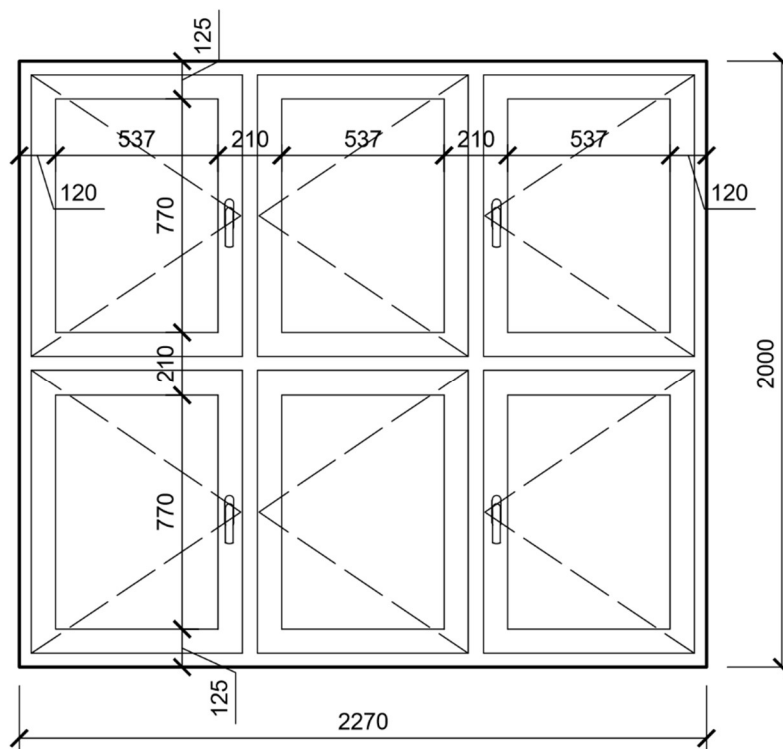
Svislé a šikmé osvětlovací otvory v hodnocené škole jsou zaskleny dvojsklem a pro výpočet byla použita hodnota dle výrobce.

**Tab. 25:** Čítnel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

| Povrch   | Odhad dle normových hodnot [1] |                               | Dle výrobce [20] |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
|          | $\tau_{s,nor} (-)$             | $\tau_s = \tau_{s,nor}^n (-)$ | $\tau_s (-)$     |
| dvojsklo | 0,92                           | 0,85                          | 0,82             |

### 5.3.1.3 Čítnel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo

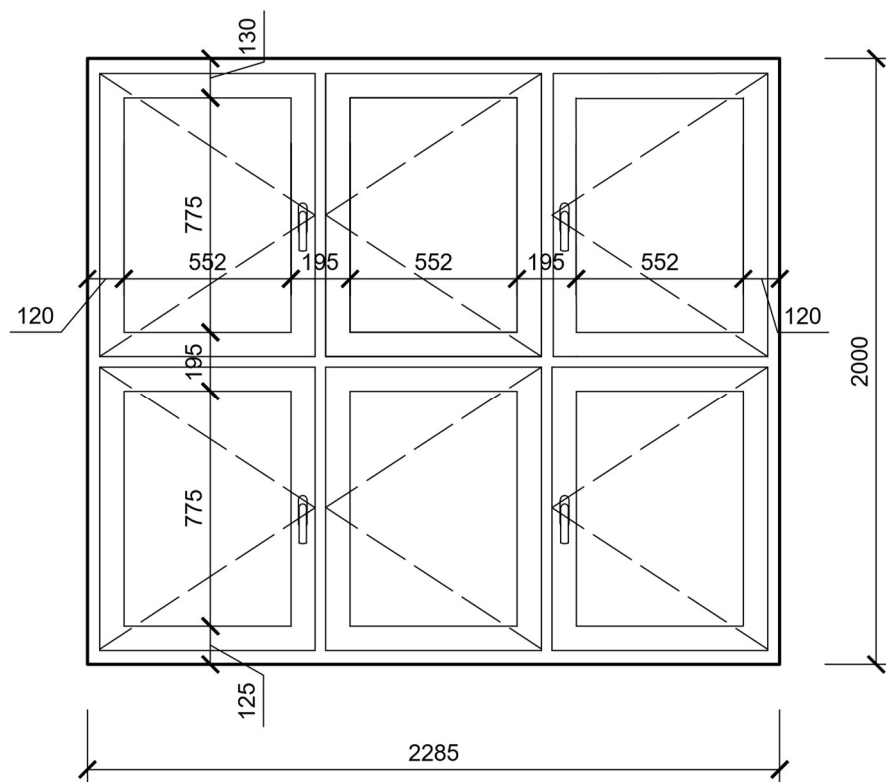
Část okenní výplně, která nepropouští světlo se nazývá rám okna. V hodnocené škole se jedná o bílý plastový rám. Čítnel  $\tau_k (-)$  se vypočítá se dle vztahu (3.2).



**Obr. 68:** Schéma okna v učebně A283 v M 1:25

**Tab. 26:** Čítnel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna 2,27 m x 2,0 m

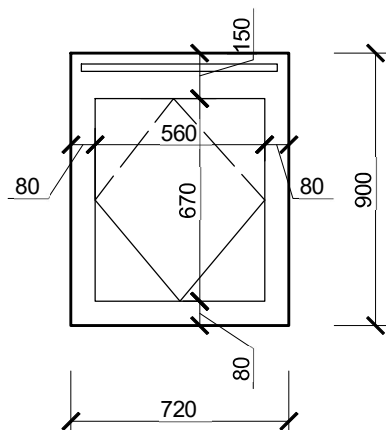
| Celková plocha okna<br>$A_c (m^2)$ | Celková plocha zasklení<br>$A_s (m^2)$ | Čítnel prostupu světla zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k (-)$ dle (3.2) |
|------------------------------------|--|---|
| 4,54                               | 2,48                                   | 0,546   |



Obr. 69: Schéma okna v učebně A319 v M 1:25

Tab. 27: Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna 2,285 m x 2,0 m

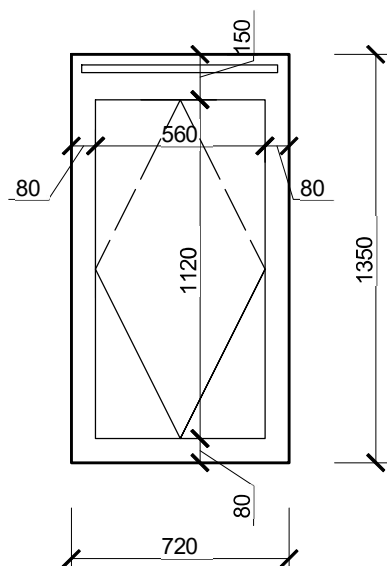
| Celková plocha okna<br>$A_c$ (m <sup>2</sup> ) | Celková plocha zasklení<br>$A_s$ (m <sup>2</sup> ) | Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k$ (-) dle (3. 2) |
|--|--|---|
| 4,57   | 2,57   | 0,562   |



Obr. 70: Schéma okna v učebnách A405 a A454 v M 1:25

Tab. 28: Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna 0,72 m x 0,9 m

| Celková plocha okna<br>$A_c$ (m <sup>2</sup> ) | Celková plocha zasklení<br>$A_s$ (m <sup>2</sup> ) | Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k$ (-) dle (3. 2) |
|--|--|---|
| 0,65   | 0,38   | 0,579   |



**Obr. 71:** Schéma okna v učebně A405 a A454 v M 1:25

**Tab. 29:** Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna 0,72 m x 1,35 m

| Celková plocha okna<br>$A_c$ (m <sup>2</sup> ) | Celková plocha zasklení<br>$A_s$ (m <sup>2</sup> ) | Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k$ (-) dle (3.2) |
|--|--|--|
| 0,97   | 0,63   | 0,645  |

#### 5.3.1.4 Činitel znečištění

Činitel znečištění dle sklonu osvětlovacího otvoru lze vidět v tabulce 30.

**Tab. 30:** Činitel znečištění

| Sklon osvětlovacího otvoru | Činitel znečištění na vnější straně dle [11]<br>$\tau_{z,e}$ (-) | Činitel znečištění na vnitřní straně dle [11]<br>$\tau_{z,i}$ (-) | Činitel znečištění<br>$\tau_z$ (-) dle (3.3) |
|----------------------------|--|---|--|
| svislý - 90°               | 0,90   | 0,95  | 0,86   |
| šikmý - 37°                | 0,69   | 0,95  | 0,66   |

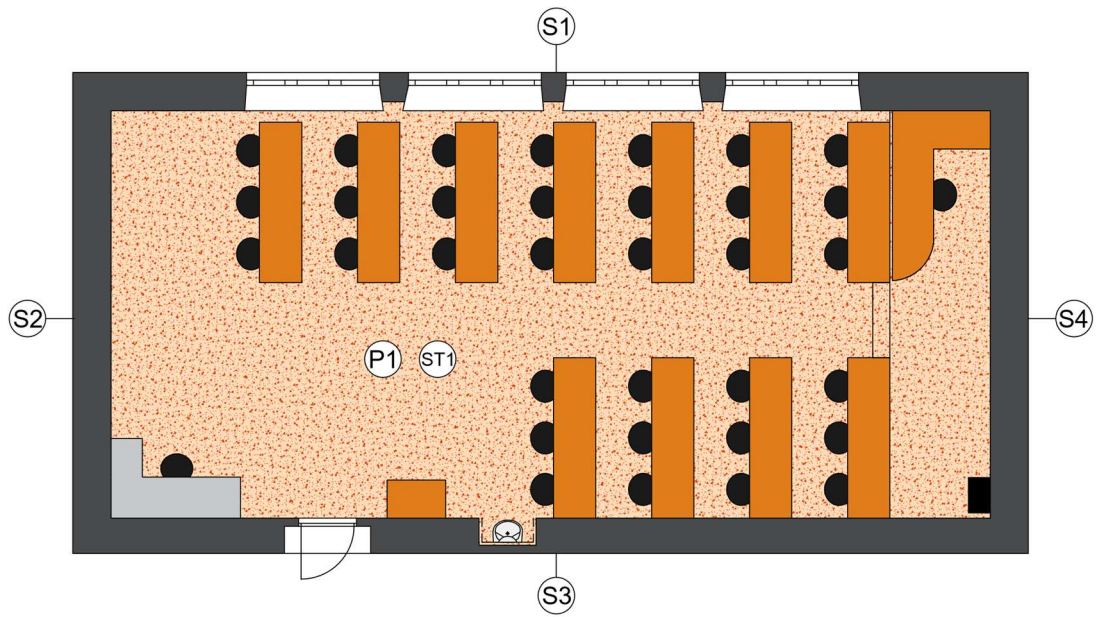
#### 5.3.1.5 Činitel jasu stínící překážky

Hodnota činitele jasu stínící překážky je uvažována  $k_\gamma = 0,1$ .

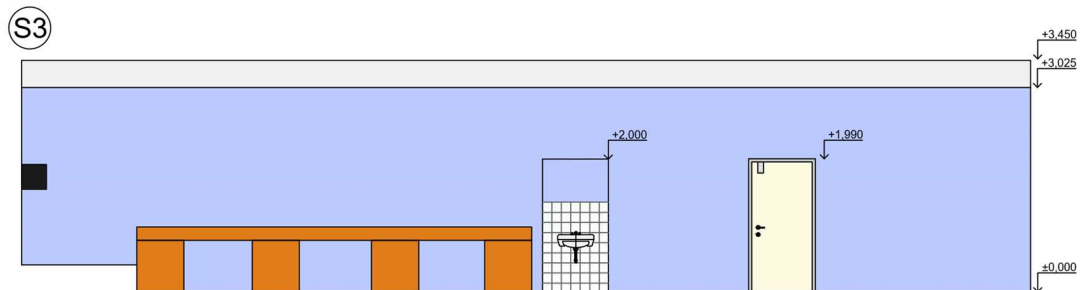
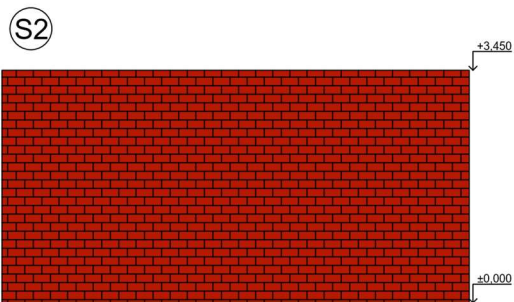
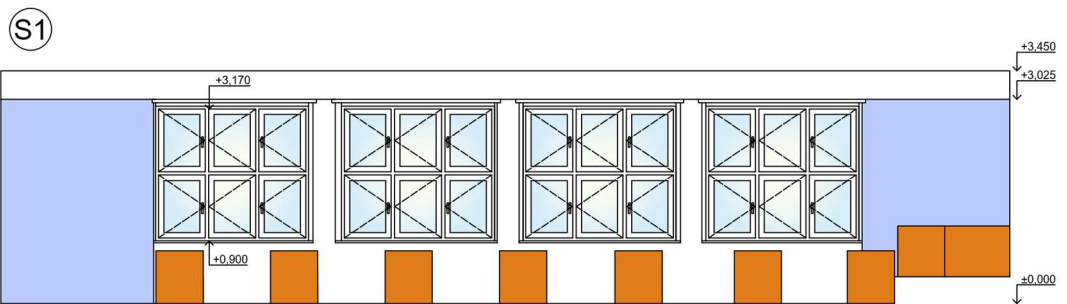
#### 5.3.1.6 Průměrný činitel odrazu světla

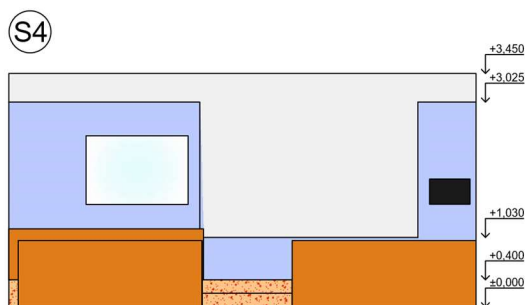
Průměrný činitel odrazu světla povrchů v učebnách byl vypočítán dle vztahu (3.4). Pro účel výpočtu byly uvažovány hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů zjištěné při návštěvě hodnocené školy pomocí vzorníku. K lepšímu pochopení barevného rozložení jednotlivých učeben slouží obrázky v následujících podkapitolách, díky kterým se dá lépe orientovat v tabulkách s průměrnými činiteli odrazu světla.

PC učebna A283



**Obr. 72:** Barevný pohled na půdorys učebny A283 v M 1:100





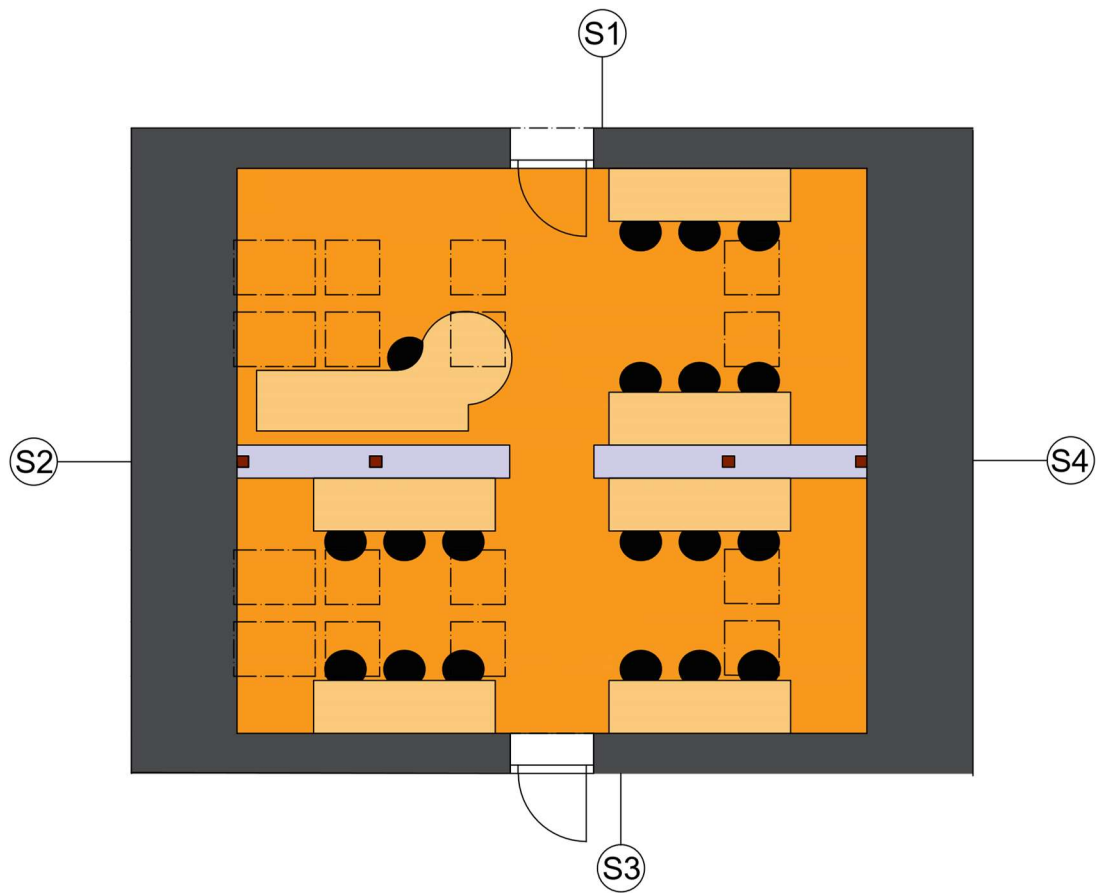
Obr. 73: Barevné pohledy na stěny učebny A283 v M 1:100

Tab. 31: Činitel odrazu světla v učebně A283

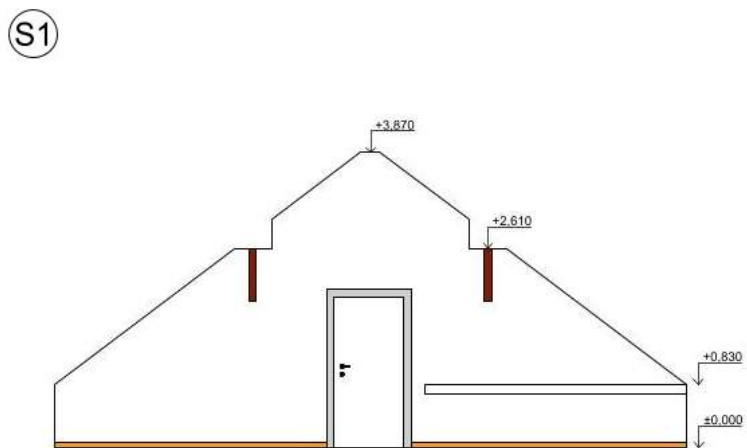
| A283  |   |               |                            |                             |                            |                                   |
|---|---|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Označení                                      | Povrch  | Barva         | Plocha S (m <sup>2</sup> ) | Činitel odrazu světla ρ (-) |                            | Σ S <sub>i</sub> · ρ <sub>i</sub> |
|   |   |               |                            | dle JV-SST-Přednášky [11]   | dle vzorníku [17]          |                                   |
| stěna - S1                                    | omítka  | světle modrá  | 11,1                       | 0,40 - 0,60                 | 0,70                       | 7,80                              |
|   | omítka  | bílá          | 14,5                       | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 11,78                             |
|   | boky stolů (0,72 m x 0,78 m x 7 ks)                 | odstín olše   | 3,9                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 1,61                              |
|   | bok učitelského stolu (1,665 m x 0,755 m x 2,890 m) | odstín olše   | 1,3                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 0,52                              |
|   | rolety (4 ks)                                       | bílá          | 0,5                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 0,40                              |
|   | ostění (0,28 m x 2,0 m x 8 ks)                      | bílá          | 4,5                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 3,63                              |
|   | nadpraží (0,28 m x 2,27 m x 4 ks)                   | bílá          | 2,5                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 2,06                              |
|   | výplň okna (0,77 m x 0,537 m x 24 ks)               | průhledná     | 9,9                        | 0,10                        | -                          | 0,99                              |
|   | rámeček okna (2,27 m x 2,0 m x 4 ks)                | bílá          | 8,2                        | 0,75 - 0,80                 | 0,85                       | 7,00                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny1</sub></b>  | <b>0,63</b>                       |
| stěna - S2                                    | cihelný obklad                                      | cihlová       | 23,9                       | 0,25                        | < 0,36                     | 5,98                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny2</sub></b>  | <b>0,25</b>                       |
| stěna - S3                                    | omítka  | světle modrá  | 35,6                       | 0,40 - 0,60                 | 0,70                       | 24,91                             |
|   | omítka  | bílá          | 6,4                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 5,16                              |
|   | skříň IT (0,6 m x 0,37 m x 0,37 m)                  | černá         | 0,1                        | 0,15 - 0,20                 | 0,32                       | 0,04                              |
|   | obklad u umyvadla (0,975 m x 1,365 m x 0,46 m)      | bílá - lesklá | 2,6                        | 0,75 - 0,80                 | 0,85                       | 2,20                              |
|   | výklenek (0,975 m x 2,0 m x 0,46 m)                 | světle modrá  | 0,9                        | 0,40 - 0,60                 | 0,7                        | 0,63                              |
|   | dřevěná lišta (0,2 m x 5,865 m)                     | odstín olše   | 1,2                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 0,48                              |
|   | boky stolů (0,72 m x 0,78 m x 2,73 m x 4 ks)        | odstín olše   | 2,2                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 0,92                              |
|   | dveře (0,9 m x 1,945 m)                             | bílé          | 1,8                        | 0,75 - 0,80                 | 0,73                       | 1,28                              |
|   | zárubně (tl. 45 mm)                                 | světlé šedá   | 0,2                        | 0,40 - 0,60                 | 0,5                        | 0,11                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny3</sub></b>  | <b>0,70</b>                       |
| stěna - S4                                    | omítka  | světle modrá  | 8,6                        | 0,40 - 0,60                 | 0,70                       | 6,03                              |
|   | omítka  | bílá          | 10,8                       | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 8,75                              |
|   | tabule (1,0 m x 1,515 m)                            | bílá - lesklá | 1,5                        | 0,75 - 0,80                 | 0,72                       | 1,09                              |
|   | skříň IT (0,6 m x 0,37 m x 0,37 m)                  | černá         | 0,2                        | 0,15 - 0,20                 | 0,32                       | 0,07                              |
|   | učitelský stůl (2,890 m x 0,755 m x 1,665 m)        | odstín olše   | 2,2                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 0,89                              |
|   | stůl + čelo (2,73 m x 0,98 m x 0,72 m)              | odstín olše   | 5,4                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 2,19                              |
| stupeň (v = 0,42 m)                           | pleťové PVC   | 0,5           | 0,60 - 0,70                | 0,65                        | 0,35                       |                                   |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny4</sub></b>  | <b>0,61</b>                       |
| podlaha - P1                                  | stůl (0,72 m x 0,78 m x 2,73 m x 11 ks)             | odstín olše   | 21,6                       | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 8,86                              |
|   | učitelský stůl (2,890 m x 0,755 m x 1,665 m)        | odstín olše   | 2,5                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 1,04                              |
|   | pracovní stůl (1,355 m x 2,205 m)                   | světle šedá   | 1,9                        | 0,40 - 0,60                 | 0,51                       | 0,96                              |
|   | odkládací stůl (1,0 m x 0,65 m)                     | odstín olše   | 0,7                        | 0,35 - 0,50                 | 0,41                       | 0,27                              |
|   | skříň IT (0,6 m x 0,37 m x 0,37 m)                  | černá         | 0,2                        | 0,15 - 0,20                 | 0,32                       | 0,07                              |
|   | výklenek (0,975 m x 2,0 m x 0,46 m)                 | tělové PVC    | 0,4                        | 0,60 - 0,70                 | 0,65                       | 0,29                              |
|   | parapety (0,43 m x 2,27 m x 4 ks)                   | bílá          | 0,5                        | 0,75 - 0,80                 | 0,85                       | 0,39                              |
| podlaha                                       | tělové PVC  | 78,8          | 0,60 - 0,70                | 0,65                        | 51,19                      |                                   |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla podlahy</b> |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>podlahy</sub></b> | <b>0,59</b>                       |
| strop - ST1                                   | omítka  | bílá          | 103,9                      | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 84,15                             |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stropu</b>  |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>stropu</sub></b>  | <b>0,81</b>                       |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla</b>         |   |               |                            |                             | <b>ρ<sub>m</sub></b>       | <b>0,66</b>                       |

\* pro výpočet jsou uvažovány vzorníkové hodnoty činitele odrazu světla, hodnoty < než ve vzorníku jsou uvažovány dle JV-SST-Přednášky [17]

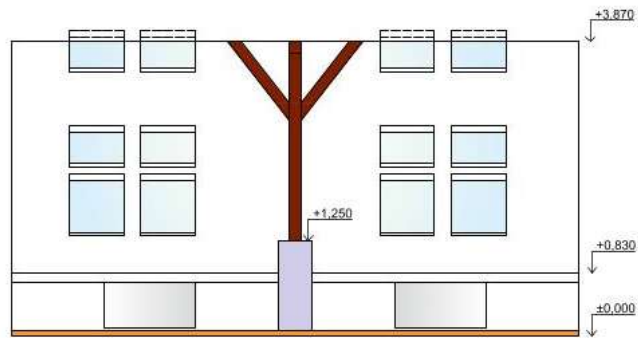
PC učebna A454



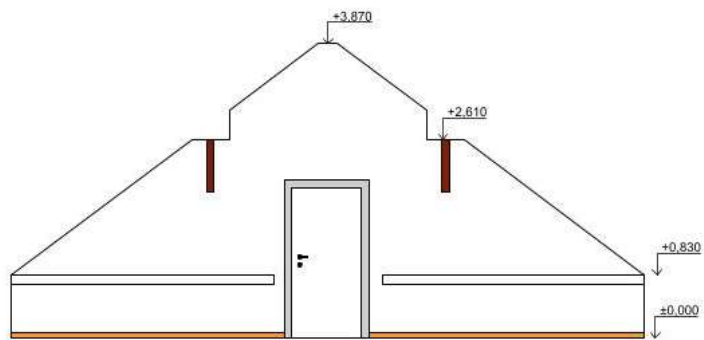
*Obr. 74: Barevný pohled na půdorys učebny A454 v M 1:100*



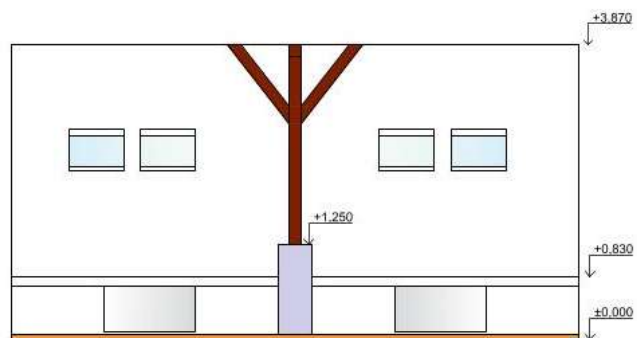
S2



S3



S4



**Obr. 75:** Barevné pohledy na stěny učebny A454 v M 1:100

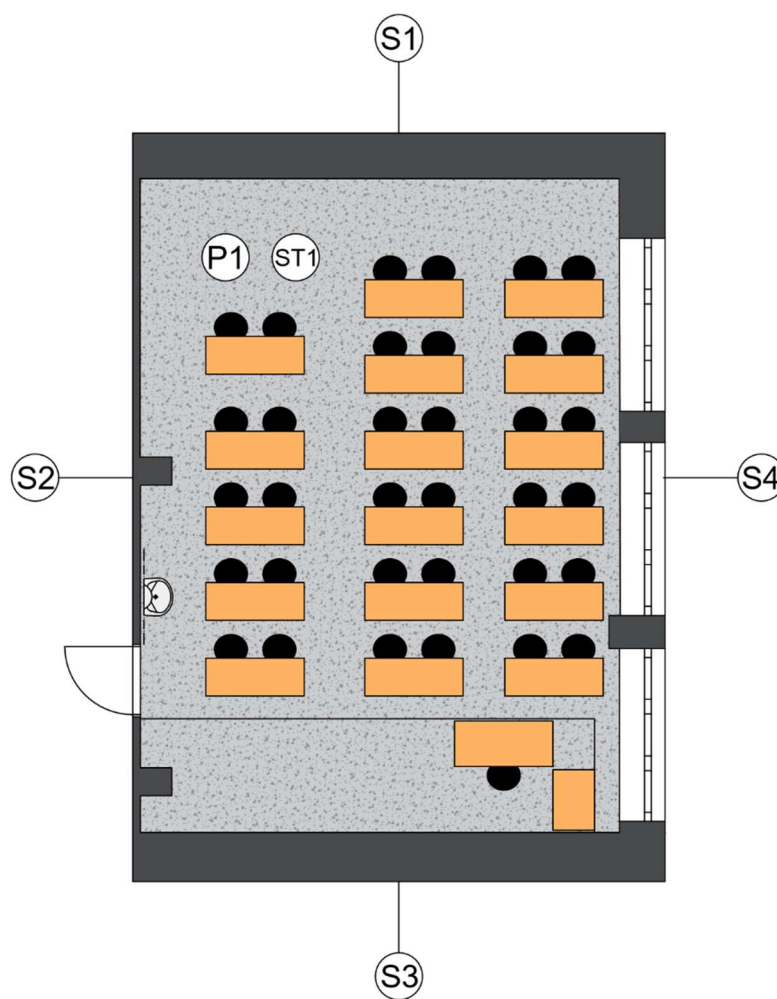
Tab. 32: Činitel odrazu světla v učebně A454

| A454  |   |             |                            |                                  |                                    |                                   |
|---|---|-------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Označení                                      | Povrch                                      | Barva       | Plocha S [m <sup>2</sup> ] | Činitel odrazu světla $\rho$ [-] |                                    | $\sum S_i \cdot \rho_i$           |
|   |   |             |                            | dle JV-SST-<br>Přednášky [11]    | dle vzorníku [17]                  |                                   |
| stěna - S1                                    | omítka                                      | bílá        | 16,2                       | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 13,11                             |
|   | dveře (0,9 m x 1,98 m)                      | bílá        | 1,8                        | 0,60 - 0,70                      | 0,81                               | 1,44                              |
|   | zárubně (tl. 0,1 m)                         | světle šedá | 0,5                        | 0,40 - 0,60                      | 0,50                               | 0,25                              |
|   | kabelová chránička (0,012 m x 0,06 m)       | bílá        | 0,0                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,03                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                          | oranžová    | 0,4                        | 0,40 - 0,50                      | 0,47                               | 0,21                              |
|   | sloupek (0,15 m x 0,095 m)                  | tmavě hnědá | 0,1                        | 0,08                             | < 0,22                             | 0,00                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |             |                            |                                  | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>  | <b>0,79</b>                       |
| stěna - S2                                    | omítka                                      | bílá        | 25,0                       | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 20,27                             |
|   | radiátor (1,4 m x 0,6 m x 2 ks)             | bílá        | 1,7                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,36                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                          | oranžová    | 0,5                        | 0,40 - 0,50                      | 0,47                               | 0,23                              |
|   | rám okna (0,9 m x 0,72 m x 4 ks)            | bílá        | 1,1                        | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 0,93                              |
|   | výplň okna (0,67 m x 0,56 m x 4 ks)         | průhledná   | 1,5                        | 0,10                             | -                                  | 0,15                              |
|   | rám okna (1,35 m x 0,72 m x 4 ks)           | bílá        | 1,4                        | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 1,17                              |
|   | výplň okna (1,12 m x 0,56 m x 4 ks)         | průhledná   | 2,5                        | 0,10                             | -                                  | 0,25                              |
|   | ostění                                      | bílá        | 9,3                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 7,50                              |
|   | nadpraží                                    | bílá        | 0,6                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,52                              |
|   | sloupky mezi okny                           | bílá        | 2,9                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 2,35                              |
|   | dřevěný sloup (0,15 m x 0,18 m)             | tmavě hnědá | 0,4                        | 0,08                             | < 0,26                             | 0,03                              |
|   | kabelová chránička (0,07 m x 0,06 m)        | bílá        | 0,5                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,40                              |
|   | <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b> |             |                            |                                  |                                    | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b> |
| stěna - S3                                    | omítka                                      | bílá        | 16,1                       | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 13,03                             |
|   | dveře (0,9 m x 1,98 m)                      | bílá        | 1,8                        | 0,60 - 0,70                      | 0,81                               | 1,44                              |
|   | zárubně (tl. 0,1 m)                         | světle šedá | 0,5                        | 0,40 - 0,60                      | 0,50                               | 0,25                              |
|   | kabelová chránička (0,012 m x 0,06 m)       | bílá        | 0,1                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,07                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                          | oranžová    | 0,4                        | 0,40 - 0,50                      | 0,47                               | 0,21                              |
|   | výklenek                                    | bílá        | 2,2                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,79                              |
|   | sloupek (0,15 m x 0,095 m)                  | tmavě hnědá | 0,1                        | 0,08                             | < 0,22                             | 0,00                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |             |                            |                                  | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>  | <b>0,79</b>                       |
| stěna - S4                                    | omítka                                      | bílá        | 31,2                       | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 25,31                             |
|   | radiátor (1,4 m x 0,6 m x 2 ks)             | bílá        | 1,7                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,36                              |
|   | rám okna (0,9 m x 0,72 m x 4 ks)            | bílá        | 1,1                        | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 0,93                              |
|   | výplň okna (0,67 m x 0,56 m x 4 ks)         | průhledná   | 1,5                        | 0,10                             | -                                  | 0,15                              |
|   | ostění                                      | bílá        | 2,8                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 2,25                              |
|   | nadpraží                                    | bílá        | 0,2                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,17                              |
|   | sloupky mezi okny                           | bílá        | 0,6                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,46                              |
|   | kabelová chránička (0,07 m x 0,06 m)        | bílá        | 0,5                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,40                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                          | oranžová    | 0,5                        | 0,40 - 0,50                      | 0,47                               | 0,23                              |
|   | dřevěný sloup (0,15 m x 0,18 m)             | tmavě hnědá | 0,4                        | 0,08                             | < 0,26                             | 0,03                              |
|   | <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b> |             |                            |                                  |                                    | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b> |
| podlaha - P1                                  | stůl ( 2,4 m x 0,7 m x 0,73 m x 6 ks)       | buk         | 10,1                       | 0,35 - 0,50                      | 0,72                               | 7,26                              |
|   | učitelský stůl                              | buk         | 3,2                        | 0,35 - 0,50                      | 0,72                               | 2,30                              |
|   | podlaha                                     | oranžová    | 45,6                       | 0,40 - 0,50                      | 0,47                               | 21,46                             |
|   | parapet                                     | bílá        | 0,9                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,70                              |
|   | sokl  | světle šedá | 3,1                        | 0,40 - 0,60                      | 0,7                                | 2,17                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla podlahy</b> |   |             |                            |                                  | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b> | <b>0,54</b>                       |
| strop - ST1                                   | omítka                                      | bílá        | 32,0                       | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 25,96                             |
|   | VZT (0,6 m x 0,6 m)                         | světle šedá | 0,4                        | 0,40 - 0,60                      | 0,50                               | 0,18                              |
|   | rám okna (0,9 m x 0,72 m x 4 ks)            | bílá        | 1,1                        | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 0,93                              |
|   | výplň okna (0,67 m x 0,56 m x 4 ks)         | průhledná   | 1,5                        | 0,10                             | -                                  | 0,15                              |
|   | ostění                                      | bílá        | 2,8                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 2,25                              |
|   | nadpraží                                    | bílá        | 0,2                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,17                              |
|   | sloupky mezi okny                           | bílá        | 0,3                        | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,26                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stropu</b>  |   |             |                            |                                  | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>  | <b>0,78</b>                       |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla</b>         |   |             |                            |                                  | <b><math>\rho_m</math></b>         | <b>0,72</b>                       |

\* pro výpočet jsou uvažovány vzorníkové hodnoty činitele odrazu světla, hodnoty < než ve vzorníku jsou uvažovány dle JV-SST-Přednášky [17]

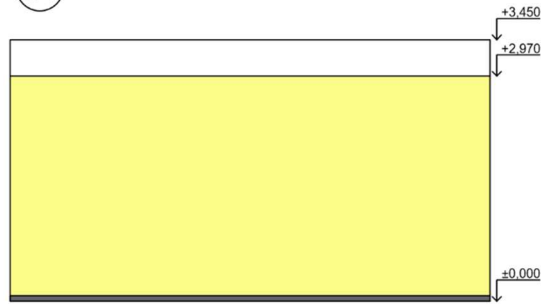


Odborná učebna A319

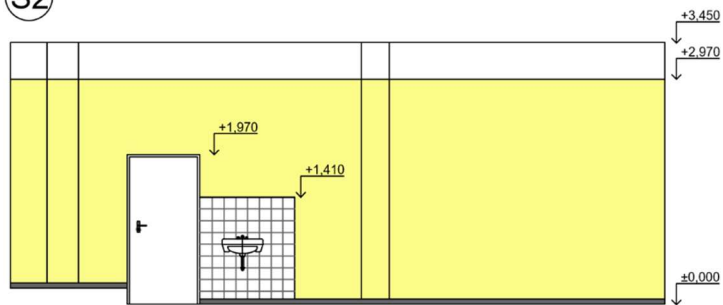


**Obr. 76:** Barevný pohled na půdorys učebny A319 v M 1:100

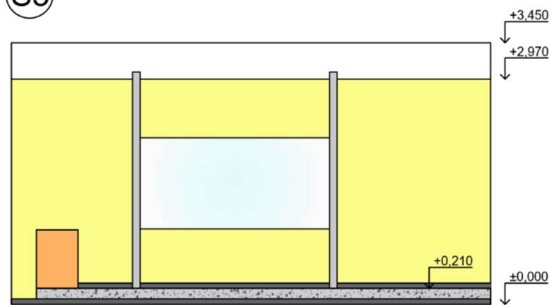
S1



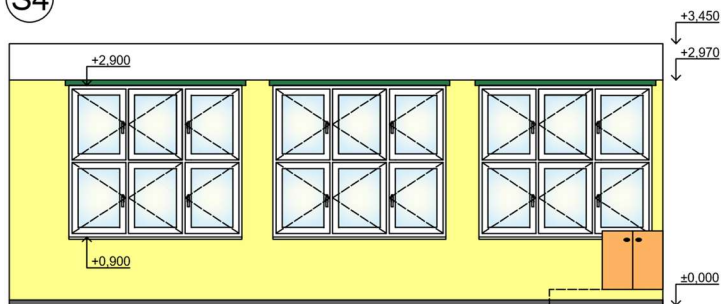
S2



S3



S4



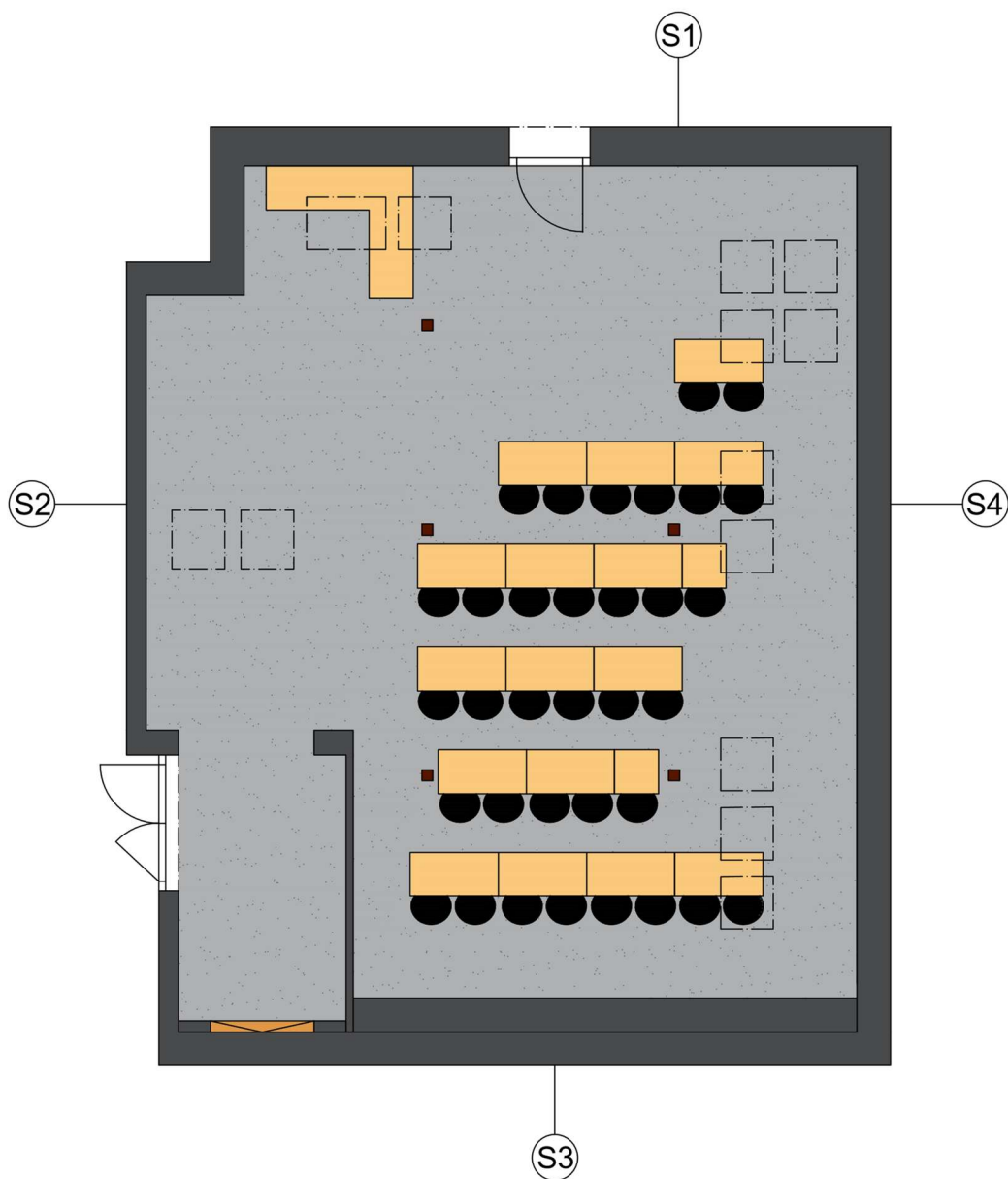
**Obr. 77:** Barevné pohledy na stěny učebny A319 v M 1:100

**Tab. 33: Činitel odrazu světla v učebně A319**

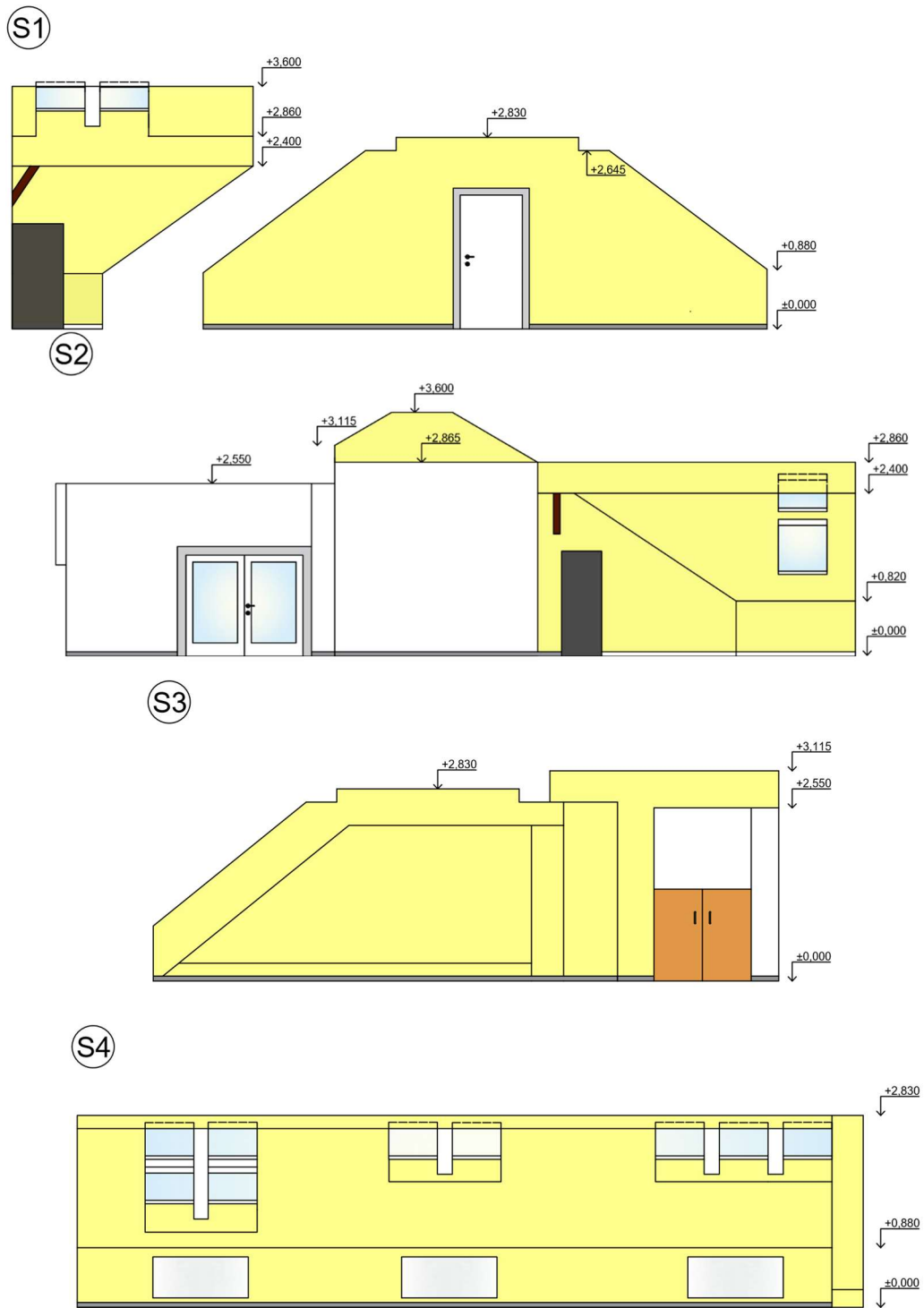
| A319  |   |                  |                            |                             |                            |                                   |
|---|---|------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Označení                                      | Povrch                                  | Barva            | Plocha S (m <sup>2</sup> ) | Činitel odrazu světla ρ (-) |                            | Σ S <sub>i</sub> · ρ <sub>i</sub> |
|   |   |                  |                            | dle JV-SST-Přednášky [11]   | dle vzorníku [17]          |                                   |
| stěna - S1                                    | omítka                                  | žlutá            | 19,2                       | 0,50 - 0,60                 | 0,70                       | 13,47                             |
|   | omítka                                  | bílá             | 3,2                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 2,58                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                      | tmavé šedé PVC   | 0,4                        | 0,15 - 0,20                 | 0,25                       | 0,11                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny1</sub></b>  | <b>0,71</b>                       |
| stěna - S2                                    | omítka                                  | žlutá            | 21,5                       | 0,50 - 0,60                 | 0,70                       | 15,03                             |
|   | omítka                                  | bílá             | 4,1                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 3,36                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                      | tmavé šedé PVC   | 0,6                        | 0,15 - 0,20                 | 0,25                       | 0,15                              |
|   | obklad u umyvadla (1,25 m x 1,41 m)     | bílá - lesklá    | 1,7                        | 0,75 - 0,80                 | 0,85                       | 1,42                              |
|   | dveře (0,9 m x 1,94 m)                  | bílé             | 1,7                        | 0,75 - 0,80                 | 0,75                       | 1,31                              |
|   | zárubně (tl. 0,03 m)                    | bílá             | 0,1                        | 0,75 - 0,80                 | 0,73                       | 0,11                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny2</sub></b>  | <b>0,72</b>                       |
| stěna - S3                                    | omítka                                  | žlutá            | 12,8                       | 0,50 - 0,60                 | 0,70                       | 8,93                              |
|   | omítka                                  | bílá             | 3,0                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 2,46                              |
|   | tabule (2,5 m x 1,2 m)                  | bílá - lesklá    | 3,0                        | 0,75 - 0,80                 | 0,72                       | 2,16                              |
|   | držáky tabule (2,85 m x 0,1 m x 2 ks)   | světle šedá      | 0,6                        | 0,40 - 0,60                 | 0,49                       | 0,28                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                      | tmavé šedé PVC   | 0,8                        | 0,15 - 0,20                 | 0,25                       | 0,21                              |
|   | skříň (0,550 m x 0,8 m x 0,77 m)        | buk              | 0,4                        | 0,35 - 0,50                 | 0,49                       | 0,19                              |
|   | stupeň (v = 0,21 m)                     | středně šedé PVC | 1,3                        | 0,35                        | 0,49                       | 0,62                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny3</sub></b>  | <b>0,68</b>                       |
| stěna - S4                                    | omítka                                  | žlutá            | 11,0                       | 0,50 - 0,60                 | 0,70                       | 7,69                              |
|   | omítka                                  | bílá             | 3,2                        | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 2,58                              |
|   | skříň (0,550 m x 0,8 m x 0,77 m)        | buk              | 0,6                        | 0,35 - 0,50                 | 0,49                       | 0,30                              |
|   | ostění (0,33 m x 2,285 m x 6 ks)        | žlutá            | 4,5                        | 0,50 - 0,60                 | 0,70                       | 3,17                              |
|   | nadpraží (0,33 m x 2,285 m x 3 ks)      | žlutá            | 2,3                        | 0,50 - 0,60                 | 0,70                       | 1,58                              |
|   | lišta (v = 0,07 m)                      | tmavé šedé PVC   | 0,4                        | 0,15 - 0,20                 | 0,25                       | 0,11                              |
|   | rolety (0,07 m x 2,385 m x 3 ks)        | tmavě zelené     | 0,5                        | 0,05 - 0,20                 | < 0,36                     | 0,05                              |
|   | rám okna (2,285 m x 2,0 m x 3 ks)       | bílá             | 6,0                        | 0,75 - 0,80                 | 0,85                       | 5,11                              |
|   | výplň okna (0,775 m x 0,552 m x 18 ks)  | průhledná        | 7,7                        | 0,10                        | -                          | 0,77                              |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>stěny4</sub></b>  | <b>0,59</b>                       |
| podlaha - P1                                  | stůl (1,3 m x 0,5 m x 0,77 m x 17 ks)   | buk              | 11,1                       | 0,35 - 0,50                 | 0,49                       | 5,41                              |
|   | učitelský stůl (1,3 m x 0,6 m x 0,77 m) | buk              | 0,8                        | 0,35 - 0,50                 | 0,49                       | 0,38                              |
|   | parapet (2,285 m x 0,33 m x 3 ks)       | 0,6              | 2,3                        | 0,75 - 0,80                 | 0,85                       | 1,92                              |
|   | podlaha                                 | středně šedé PVC | 42,5                       | 0,35                        | 0,49                       | 20,80                             |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla podlahy</b> |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>podlahy</sub></b> | <b>0,50</b>                       |
| strop - ST1                                   | omítka                                  | bílá             | 54,3                       | 0,75 - 0,80                 | 0,81                       | 43,97                             |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stropu</b>  |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>stropu</sub></b>  | <b>0,81</b>                       |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla</b>         |   |                  |                            |                             | <b>ρ<sub>m</sub></b>       | <b>0,67</b>                       |

\* pro výpočet jsou uvažovány vzorníkové hodnoty činitele odrazu světla, hodnoty < než ve vzorníku jsou uvažovány dle JV-SST-Přednášky [17]

Odborná učebna A405



**Obr. 78:** Barevný pohled na půdorys učebny A405 v M 1:100



**Obr. 79:** Barevné pohledy na stěny učebny A405 v M 1:100

Tab. 34: Činitel odrazu světla v učebně A405

| A405  |   |                 |               |                                  |                                    |                         |
|---|---|-----------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Označení                                      | Povrch  | Barva           | Plocha S [m2] | Činitel odrazu světla $\rho$ [-] |                                    | $\sum S_i \cdot \rho_i$ |
|   |   |                 |               | dle JV-SST-Přednášky [11]        | dle vzorníku [17]                  |                         |
| stěna - S1                                    | omítka  | žlutá           | 23,7          | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 17,57                   |
|   | dveře (0,9 m x 1,98 m)                                  | krémová         | 1,78          | 0,60 - 0,70                      | 0,81                               | 1,44                    |
|   | zárubně (tl. 0,1 m)                                     | světle šedá     | 0,5           | 0,40 - 0,60                      | 0,5                                | 0,25                    |
|   | kabelová chránička (0,07 m x 0,06 m)                    | bílá            | 0,1           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,08                    |
|   | lišta (v = 0,07 m)                                      | světle šedé PVC | 0,5           | 0,40 - 0,60                      | 0,48                               | 0,24                    |
|   | skříň IT (0,595 m x 0,755 m x 1,555 m)                  | černá           | 1,2           | 0,15 - 0,20                      | 0,32                               | 0,38                    |
|   | rám okna (0,9 m x 0,72 m x 2 ks)                        | bílá            | 0,5           | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 0,46                    |
|   | výplň okna (0,67 m x 0,56 m x 2 ks)                     | průhledná       | 0,8           | 0,10                             | -                                  | 0,08                    |
|   | ostění  | bílá            | 1,4           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,10                    |
|   | nadpraží + ostění                                       | bílá            | 0,2           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,17                    |
|   | sloupky mezi okny                                       | bílá            | 0,2           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,16                    |
| sloupek (0,15 m x 0,095 m)                    | tmavě hnědá   | 0,7             | 0,08          | < 0,22                           | 0,05                               |                         |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_{stěny1}</math></b>  | <b>0,70</b>             |
| stěna - S2                                    | omítka  | žlutá           | 17,2          | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 12,74                   |
|   | omítka  | bílá            | 16,9          | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 13,72                   |
|   | radiátor (0,6 m x 0,6 m)                                | bílá            | 0,4           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,29                    |
|   | skříň IT (0,595 m x 0,755 m x 1,555 m)                  | černá           | 0,9           | 0,15 - 0,20                      | 0,32                               | 0,30                    |
|   | rám okna (0,9 m x 0,72 m x 1 ks)                        | bílá            | 0,3           | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 0,23                    |
|   | výplň okna (0,67 m x 0,56 m x 1 ks)                     | průhledná       | 0,4           | 0,10                             | -                                  | 0,04                    |
|   | rám okna (1,35 m x 0,72 m x 1 ks)                       | bílá            | 0,3           | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 0,29                    |
|   | výplň okna (1,12 m x 0,56 m x 1 ks)                     | průhledná       | 0,6           | 0,10                             | -                                  | 0,06                    |
|   | ostění  | bílá            | 1,8           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,42                    |
|   | nadpraží  | bílá            | 0,1           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,09                    |
|   | sloupky mezi okny                                       | bílá            | 0,1           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,11                    |
|   | dveře (1,625 m x 1,985 m)                               | bílá            | 1,6           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,32                    |
|   | výplň dveří (1,2 m x 0,665 m x 2 ks)                    | průhledná       | 1,6           | 0,10                             | -                                  | 0,16                    |
|   | zárubně včetně ostění a nadpraží (tl. 0,265 m)          | světle šedá     | 4,9           | 0,40 - 0,60                      | 0,50                               | 2,45                    |
|   | sloupek (0,15 m x 0,095 m)                              | tmavě hnědá     | 0,1           | 0,08                             | < 0,22                             | 0,00                    |
|   | kabelová chránička (0,07 m x 0,06 m)                    | bílá            | 0,3           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,21                    |
| lišta (v = 0,07 m)                            | světle šedé PVC   | 0,4             | 0,40 - 0,60   | 0,48                             | 0,19                               |                         |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_{stěny2}</math></b>  | <b>0,70</b>             |
| stěna - S3                                    | omítka  | žlutá           | 19,3          | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 14,25                   |
|   | ostění výklenku   | žlutá           | 5,1           | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 3,75                    |
|   | nadpraží výklenku                                       | žlutá           | 1,7           | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 1,29                    |
|   | omítka  | bílá            | 3,9           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 3,14                    |
|   | lišta (v = 0,07 m)                                      | světle šedé PVC | 0,7           | 0,40 - 0,60                      | 0,48                               | 0,34                    |
|   | skříň (1,35 m x 1,435 m x 0,15 m)                       | světlé dřevo    | 1,9           | 0,35 - 0,50                      | 0,59                               | 1,14                    |
|   | sloup (0,15 m x 0,15 m x 2,645 m x 5 ks)                | středně hnědá   | 2,0           | 0,25                             | < 0,26                             | 0,50                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_{stěny3}</math></b>  | <b>0,71</b>             |
| stěna - S4                                    | omítka  | žlutá           | 49,0          | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 36,28                   |
|   | omítka  | bílá            | 10,3          | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 8,75                    |
|   | lišta (v = 0,07 m)                                      | světle šedé PVC | 0,8           | 0,40 - 0,60                      | 0,48                               | 0,38                    |
|   | rám okna (0,9 m x 0,72 m x 9 ks)                        | bílá            | 2,5           | 0,75 - 0,80                      | 0,85                               | 2,09                    |
|   | výplň okna (0,67 m x 0,56 m x 9 ks)                     | průhledná       | 3,4           | 0,10                             | -                                  | 0,34                    |
|   | ostění  | bílá            | 6,9           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 5,56                    |
|   | nadpraží  | bílá            | 0,6           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,51                    |
|   | sloupky mezi okny                                       | bílá            | 1,5           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 1,24                    |
| radiátor (1,4 m x 0,6 m x 3 ks)               | bílá  | 2,5             | 0,75 - 0,80   | 0,81                             | 2,04                               |                         |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stěny</b>   |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_{stěny4}</math></b>  | <b>0,74</b>             |
| podlaha - P1                                  | stůl (1,2 m x 0,6 m x 0,73 m x 17 ks)                   | buk             | 12,2          | 0,35 - 0,50                      | 0,72                               | 8,81                    |
|   | učitelský stůl (1,8 m x 0,6 m x 0,6 m x 1,4 m x 0,73 m) | buk             | 1,9           | 0,35 - 0,50                      | 0,72                               | 1,38                    |
|   | skříň IT (0,595 m x 0,755 m x 1,555 m)                  | černá           | 0,4           | 0,15 - 0,20                      | 0,32                               | 0,14                    |
|   | parapety  | bílá            | 0,7           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 0,57                    |
| podlaha                                       | světle šedé PVC   | 94,3            | 0,40 - 0,60   | 0,48                             | 45,25                              |                         |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla podlahy</b> |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_{podlahy}</math></b> | <b>0,51</b>             |
| strop - ST1                                   | omítka  | žlutá           | 50,1          | 0,50 - 0,60                      | 0,74                               | 37,09                   |
|   | VZT (0,6 m x 0,6 m)                                     | světle šedá     | 0,4           | 0,40 - 0,60                      | 0,50                               | 0,18                    |
|   | omítka  | bílá            | 9,0           | 0,75 - 0,80                      | 0,81                               | 7,31                    |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla stropu</b>  |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_{stropu}</math></b>  | <b>0,75</b>             |
| <b>Průměrný činitel odrazu světla</b>         |   |                 |               |                                  | <b><math>\rho_m</math></b>         | <b>0,67</b>             |

\* pro výpočet jsou uvažovány vzorníkové hodnoty činitele odrazu světla, hodnoty < než ve vzorníku jsou uvažovány dle JV-SST-Přednášky [17]

## 5.3.2 Výsledky

V této kapitole lze najít výsledky výpočtu stavebně světelných podmínek pomocí programu SVĚTLO+ [18]. Všechny učebny byly hodnoceny dle normy ČSN 73 0580-3 [2] a ČSN EN 17037 [3]. Zároveň byly obě varianty vypočítány se skutečnými a normovými vstupními činiteli.

Na obrázcích níže hodnocených dle ČSN 73 0580-3 [2] lze vidět vypočítané kontrolní body. Zeleně zbarvené jsou vyhovující body a červeně nevyhovující body. Dále lze vidět vyznačené izočáry v hladině 1,5 % ve srovnávací výšce 0,85 m nad podlahou.

Na obrázcích níže vypočítaných dle ČSN EN 17037 [3] lze vidět rovněž vypočítané kontrolní body. Zeleně zbarvené jsou body, ve kterých je hodnota činitele denní osvětlenosti  $D \geq 2,0$  %, modře zbarvené jsou body, ve kterých je hodnota činitele denní osvětlenosti  $D \geq 0,7$  %. Zbytek nevyhovujících bodů je zbarven červeně.

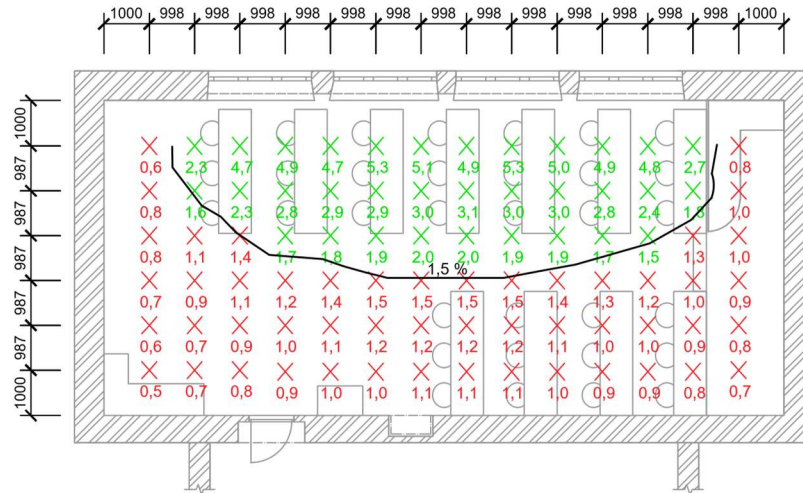
### 5.3.2.1 PC učebna A283

Učebna spolu se stínícími objekty byla zadána do programu SVĚTLO+ [18] do módu „Obloha“, který počítá denní osvětlení. Nejdůležitější bylo zadat správně tloušťku stěny ve které se nacházejí osvětlovací otvory. Z tohoto důvodu byla zadána tloušťka 0,5 m, která odpovídá tloušťce pilířů mezi okny a zbylých 0,15 m na krajích učebny bylo zadáno pomocí funkce „Zástěna“ ve výšce učebny. Výklenek pro umyvadlo byl ve výpočtu zanedbán, ale jeho vliv na odraznost světla byl započítán v průměrném činiteli odrazu světla stěny S3. Krok výpočtu byl pro všechny varianty v této učebně uvažován přibližně 1 m. Shrnutí vstupních hodnot lze vidět v tabulce 35.

**Tab. 35:** Vstupní údaje do programu SVĚTLO+ [18]

| Veličina                                      |              | Skutečnost | ČSN 73 0580-1 [1] | ČSN EN 17037 [3] |
|---|--------------|------------|-------------------|------------------|
| Název   | Značka       |            |                   |                  |
| Činitel odrazu světla - S1                    | $\rho_m$     | 0,63       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S2                    |              | 0,25       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S3                    |              | 0,70       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S4                    |              | 0,61       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - P1                    |              | 0,59       | 0,30              | 0,20             |
| Činitel odrazu světla - ST1                   |              | 0,81       | 0,70              | 0,70             |
| Činitel prostupu světla sklem                 | $\tau_s$     | 0,82       | 0,85              | 0,85             |
| Činitel prostupu světla zohledňující rám okna | $\tau_k$     | 0,546      |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnější straně zasklení  | $\tau_{z,e}$ | 0,90       |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnitřní straně zasklení | $\tau_{z,i}$ | 0,95       |                   |                  |
| Činitel jasu stínící překážky                 | $k_\gamma$   | 0,10       |                   |                  |

Na prvních dvou schématech lze vidět výsledky hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech vyhodnocené dle normy ČSN 73 0580-3 [2]. První varianta je vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy.

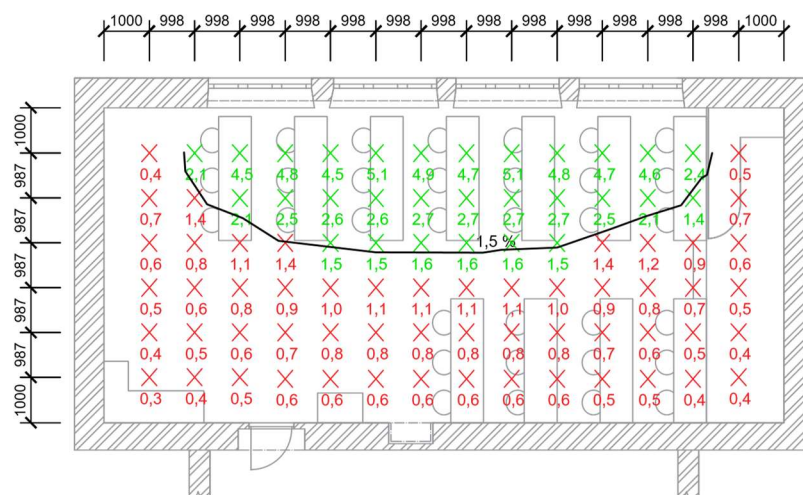


**Obr. 80:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 73 0580-3 [2] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,5}{5,3} = 0,09 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 81:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 73 0580-3 [2] se vstupními údaji dle normy



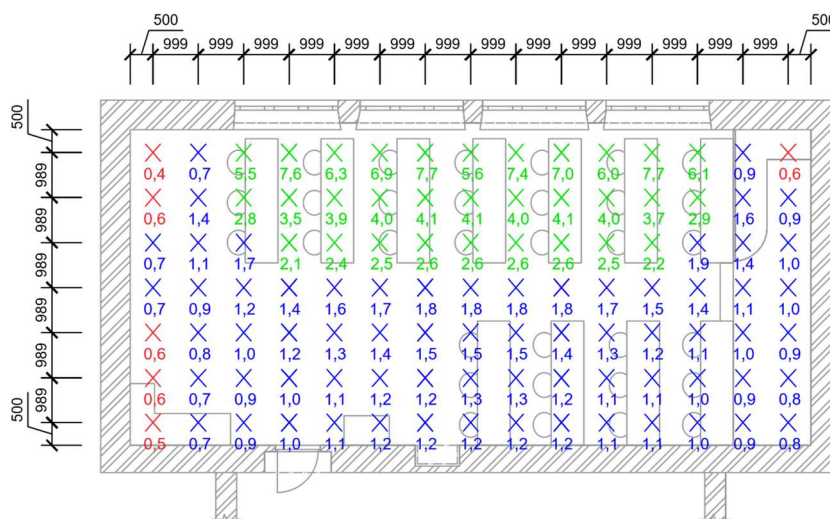
Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,3}{5,1} = 0,06 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn různými hodnotami činitele odrazu světla a činitelem prostupu světla sklem. Činitelé odrazu světla ve skutečnosti se velmi odlišují od normových hodnot a ve většině případů jsou větší. Pokud porovnáme obě varianty, lze zjistit, že ve výpočtu se skutečnými vstupními údaji vyhovuje více pracovních míst než v normově zadaných vstupních údajích, a to o 2 pracovní místa. Vyhovující pracovní místa z hlediska denního osvětlení se nacházejí v prostoru mezi izočárou a osvětlovacími otvory. Ani jedna varianta nesplní požadovanou hodnotu rovnoměrnosti osvětlení 0,20.

Na dalších dvou schématech lze vidět obdobný případ, jak bylo zmíněno výše, který se liší pouze výpočtem dle druhé normy ČSN EN 17037 [3]. První varianta je vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy.

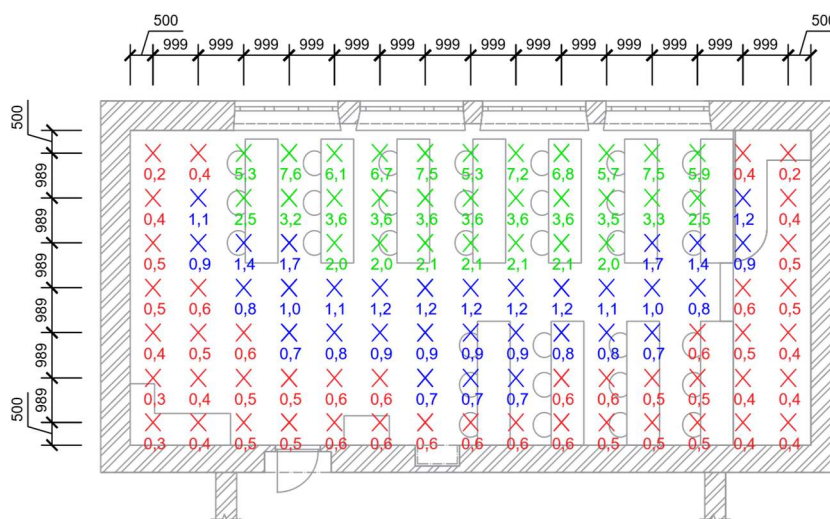


**Obr. 82:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,4}{7,7} = 0,05 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 83:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle normy

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,2}{7,6} = 0,03 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn taktéž různými hodnotami činitelů. Při porovnání obou variant dle požadavku normy na minimální cílové osvětlenosti 0,7 % na 95 % plochy a 2,0 % na 50 % plochy, nevyhoví ani jedna varianta. Na schématech si lze dle barevnosti všimnout, že varianta se skutečnými vstupními údaji je na tom vzhledem k množství denního osvětlení daleko lépe. Ani jedna varianta nesplňuje požadovanou hodnotu rovnoměrnosti osvětlení 0,20.

### 5.3.2.2 Učebna A454

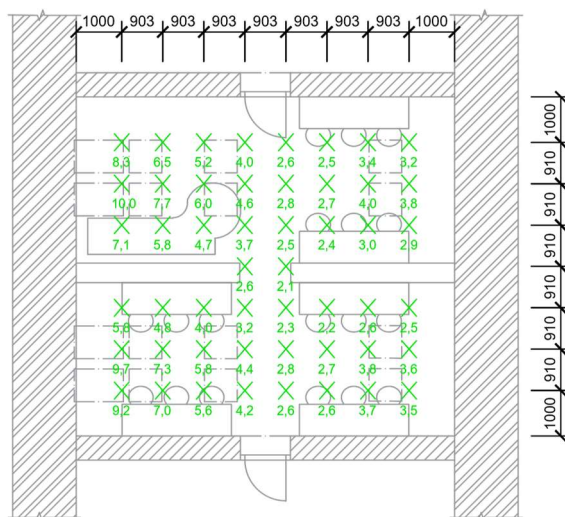
Učebna spolu se stínícími objekty byla zadána do programu SVĚTLO+ [18] do módu „Obloha“, který počítá denní osvětlení. Nízká stěna a sloupy krovu byly zadány pomocí funkce „Zástěna“. Protože funkce „Zástěna“ neuvažuje vodorovnou část konstrukce a nízká stěna není vysoká až ke stropu, lze v příloze najít výstup z programu, který ukazuje kontrolní body činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) i uvnitř této nízké stěny. Druhým problémem při zadávání je šikmý strop, který program neumožňuje. Z tohoto důvodu byla místnost zadána jako kvádr s výškou 2,61 m, který představuje část

vodorovné plochy sloužící k umístění umělého osvětlení. Osvětlovací otvory byly následně zadány jako horní a svislé tak, aby společně reprezentovaly šikmé osvětlení. Správnost zadávání byla tématem v kapitole modelů, kde se došlo k závěru, že správnost výsledku výpočtu nelze uvažovat jako stoprocentní. Krok výpočtu byl pro všechny varianty v této učebně uvažován přibližně 1 m. Shrnutí vstupních hodnot lze vidět v tabulce 36.

**Tab. 36:** Vstupní údaje do programu SVĚTLO+ [18]

| Veličina                                      |              | Skutečnost | ČSN 73 0580-1 [1] | ČSN EN 17037 [3] |
|---|--------------|------------|-------------------|------------------|
| Název   | Značka       |            |                   |                  |
| Činitel odrazu světla - S1                    | $\rho_m$     | 0,79       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S2                    |              | 0,74       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S3                    |              | 0,79       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S4                    |              | 0,77       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - P1                    |              | 0,54       | 0,30              | 0,20             |
| Činitel odrazu světla - ST1                   |              | 0,78       | 0,70              | 0,70             |
| Činitel prostupu světla sklem                 | $\tau_s$     | 0,82       | 0,85              | 0,85             |
| Činitel prostupu světla zohledňující rám okna | $\tau_{k1}$  | 0,579      |                   |                  |
|   | $\tau_{k2}$  | 0,645      |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnější straně zasklení  | $\tau_{z,e}$ | 0,69       |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnitřní straně zasklení | $\tau_{z,i}$ | 0,95       |                   |                  |
| Činitel jasů stínící překážky                 | $k_v$        | 0,10       |                   |                  |

Na prvních dvou schématech lze vidět výsledky hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech vyhodnocené dle normy ČSN 73 0580-3 [2]. První varianta je vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy ČSN 73 0580-1 [1].

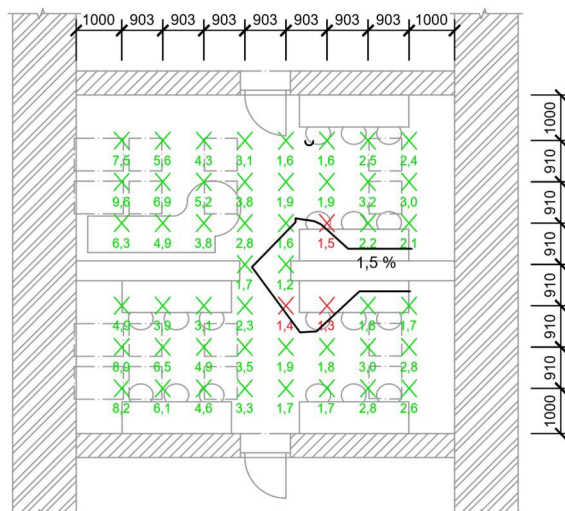


**Obr. 84:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 73 0580-3 [2] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{2,1}{4,2} = 0,50 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 85:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 73 0580-3 [2] se vstupními údaji dle normy

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

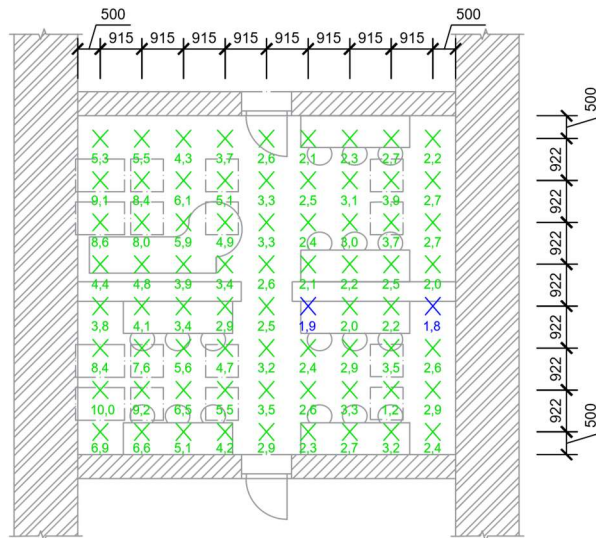
$$U = \frac{1,2}{3,3} = 0,36 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn různými hodnotami činitelů. Činitelé odrazu světla ve skutečnosti se velmi odlišují od normových hodnot a ve většině případů jsou větší. Při porovnání obou variant lze zjistit, že ve výpočtu se skutečnými vstupními údaji vyhoví všechna pracovní místa. Ve variantě s normově zadanými vstupními údaji nevyhoví 2 pracovní místa. Vyhovující pracovní místa z hlediska denního osvětlení se nacházejí v prostoru mezi izočarou a osvětlovacími otvory. U obou variant byla splněna požadovaná hodnota rovnoměrnosti osvětlení 0,20.

Na dalších dvou schématech lze vidět obdobný případ, jak bylo zmíněno výše, který se liší pouze výpočtem dle druhé normy ČSN EN 17037 [3]. První varianta je

vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy ČSN 73 0580-1 [1].

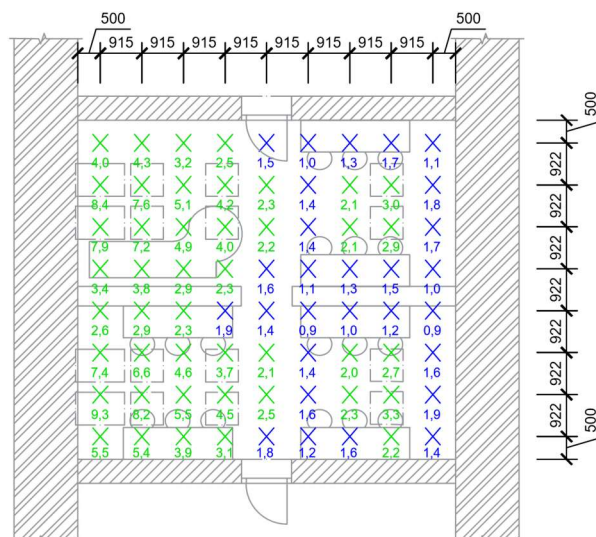


**Obr. 86:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{1,8}{4,1} = 0,44 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 87:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle normy

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{0,9}{3,1} = 0,29 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn taktéž různými hodnotami činitele odrazu světla a činitelem prostupu světla sklem. Při porovnání obou variant dle požadavku normy na minimální cílové osvětlenosti 0,7 % na 95 % plochy a 2,0 % na 50 % plochy, tak obě varianty legislativním požadavkům vyhovují. Na schématech si lze dle barevnosti všimnout, že varianta se skutečnými vstupními údaji je na tom vzhledem k množství denního osvětlení daleko lépe. U obou variant je splněna požadovaná hodnota rovnoměrnosti osvětlení 0,20.

### 5.3.2.3 Učebna A319

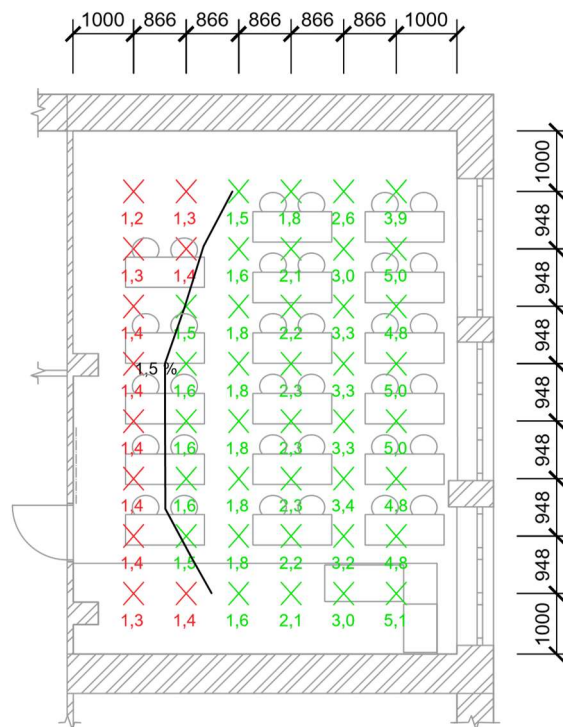
Učebna spolu se stínícími objekty byla zadána do programu SVĚTLO+ [18] do módu „Obloha“, který počítá denní osvětlení. Sloupy vystupující ze stěn byly zadány pomocí funkce „Zástěna“ ve výšce učebny. Krok výpočtu byl pro všechny varianty v této učebně uvažován přibližně 1 m. Shrnutí vstupních hodnot lze vidět v tabulce 37.

**Tab. 37:** Vstupní údaje do programu SVĚTLO+ [18]

| Veličina                                      |              | Skutečnost | ČSN 73 0580-1 [1] | ČSN EN 17037 [3] |
|---|--------------|------------|-------------------|------------------|
| Název   | Značka       |            |                   |                  |
| Činitel odrazu světla - S1                    | $\rho_m$     | 0,71       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S2                    |              | 0,72       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S3                    |              | 0,68       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S4                    |              | 0,59       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - P1                    |              | 0,50       | 0,30              | 0,20             |
| Činitel odrazu světla - ST1                   |              | 0,81       | 0,70              | 0,70             |
| Činitel prostupu světla sklem                 | $\tau_s$     | 0,82       | 0,85              | 0,85             |
| Činitel prostupu světla zohledňující rám okna | $\tau_k$     | 0,562      |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnější straně zasklení  | $\tau_{z,e}$ | 0,90       |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnitřní straně zasklení | $\tau_{z,i}$ | 0,95       |                   |                  |
| Činitel jasu stínící překážky                 | $k_\gamma$   | 0,10       |                   |                  |

Na prvních dvou schématech lze vidět výsledky hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech vyhodnocené dle normy ČSN 73 0580-3 [2]. První varianta je

vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy.

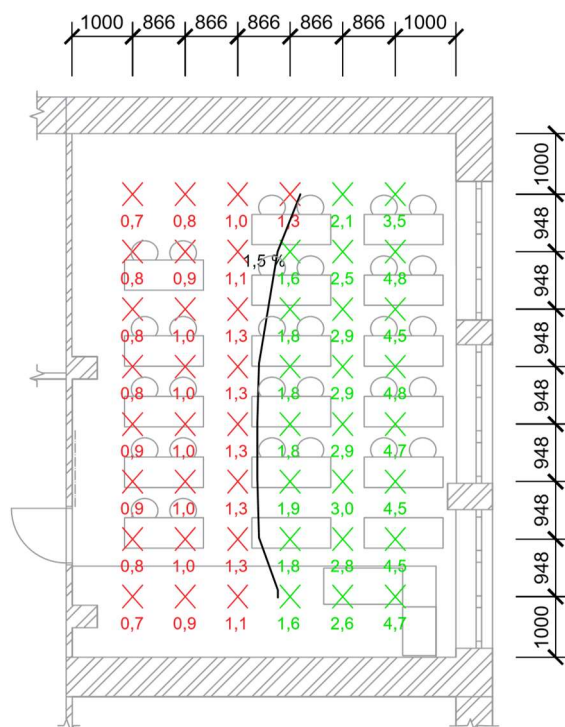


**Obr. 88:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 730580-3 [2] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{1,2}{5,1} = 0,24 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 89:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 730580-3 [2] se vstupními údaji dle normy

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

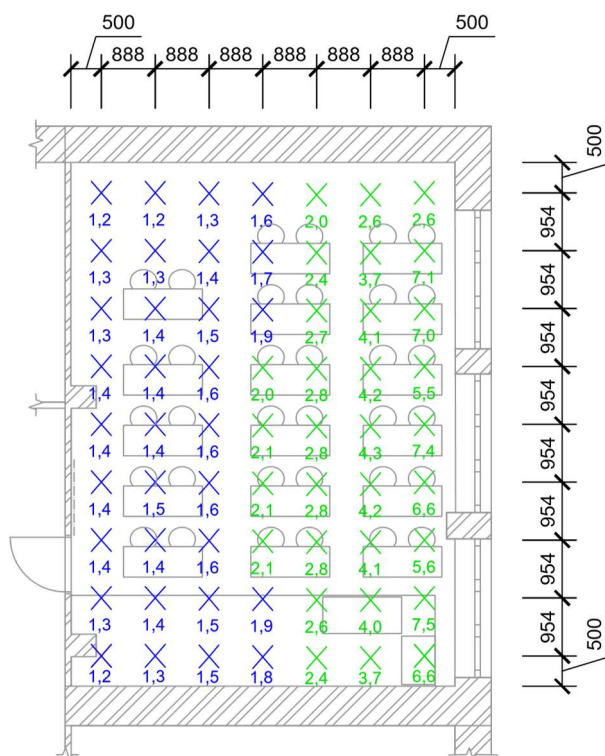
$$U = \frac{0,7}{4,8} = 0,15 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn různými hodnotami činitelů. Činitelé odrazu světla ve skutečnosti se velmi odlišují od normových hodnot a ve většině případů jsou větší. Při porovnání obou variant, lze zjistit, že ve výpočtu se skutečnými vstupními údaji vyhovuje více pracovních míst než v normově zadaných vstupních údajích, a to o 6 pracovních míst. Vyhovující pracovní místa z hlediska denního osvětlení se nacházejí v prostoru mezi izočarou a osvětlovacími otvory. V tomto případě vyhovuje požadované hodnotě rovnoměrnosti osvětlení 0,20 pouze první varianta se skutečnými vstupními údaji.

Na dalších dvou schématech lze vidět obdobný případ, jak bylo zmíněno výše, který se liší pouze výpočtem dle druhé normy ČSN EN 17037 [3]. První varianta je vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy ČSN 73 0580-1 [1].



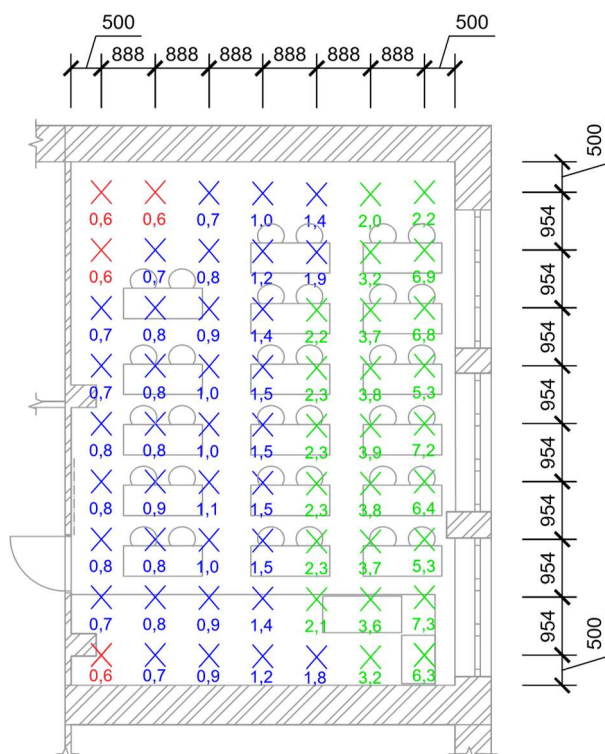


**Obr. 90:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{1,2}{7,5} = 0,16 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.



**Obr. 91:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle normy

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.3):

$$U = \frac{0,6}{7,3} = 0,08 \not\geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn taktéž různými hodnotami činitelů. Při porovnání obou variant dle požadavku normy na minimální cílové osvětlenosti 0,7 % na 95 % plochy a 2,0 % na 50 % plochy, nevyhovuje ani jedna varianta. Na schématech dle barevnosti lze vidět, že varianta se skutečnými vstupními údaji je na tom vzhledem k množství denního osvětlení daleko lépe a vyhoví alespoň na požadavek osvětlenosti 0,7 %. Ani u jedné varianty nebylo dosaženo požadované hodnoty rovnoměrnosti osvětlení 0,20.

### 5.3.2.4 Odborná učebna A405

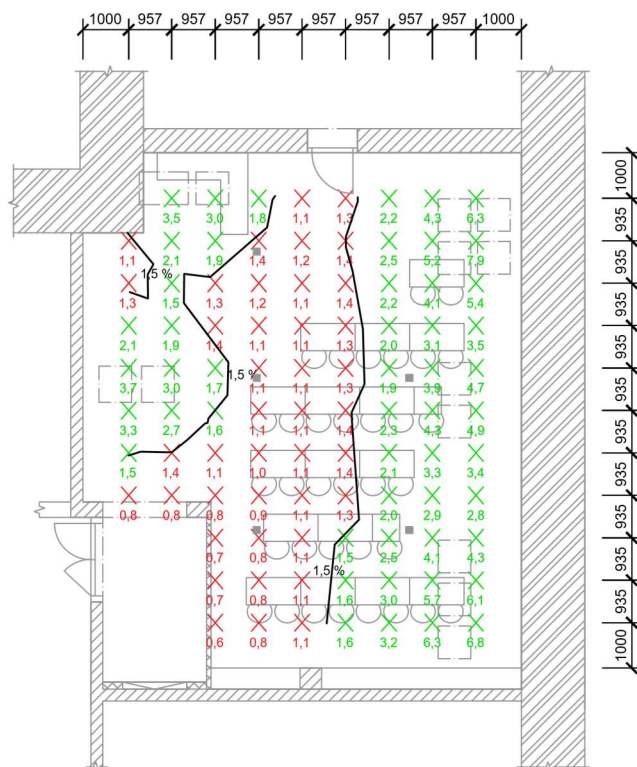
Učebna spolu se stínícími objekty byla zadána do programu SVĚTLO+ [18] do módu „Obloha“, který počítá denní osvětlení. Protože se jedná o učebnu se šikmým stropem a střešními okny, byla tato učebna zadávána obdobně jako PC učebna A454 s výškou stropu 2,645 m. Sloupy krovu a stěna tvořící předsíň byly zadány pomocí funkce

„Zástěna“ ve výšce učebny. Krok výpočtu byl pro všechny varianty v této učebně uvažován přibližně 1 m. Shrnutí vstupních hodnot lze vidět v tabulce 38.

**Tab. 38:** Vstupní údaje do programu SVĚTLO+ [18]

| Veličina                                      |              | Skutečnost | ČSN 73 0580-1 [1] | ČSN EN 17037 [3] |
|---|--------------|------------|-------------------|------------------|
| Název   | Značka       |            |                   |                  |
| Činitel odrazu světla - S1                    | $\rho_m$     | 0,70       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S2                    |              | 0,70       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S3                    |              | 0,71       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - S4                    |              | 0,74       | 0,50              | 0,50             |
| Činitel odrazu světla - P1                    |              | 0,51       | 0,30              | 0,20             |
| Činitel odrazu světla - ST1                   |              | 0,75       | 0,70              | 0,70             |
| Činitel prostupu světla sklem                 | $\tau_s$     | 0,82       | 0,85              | 0,85             |
| Činitel prostupu světla zohledňující rám okna | $\tau_{k1}$  | 0,579      |                   |                  |
|   | $\tau_{k2}$  | 0,645      |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnější straně zasklení  | $\tau_{z,e}$ | 0,69       |                   |                  |
| Činitel znečištění na vnitřní straně zasklení | $\tau_{z,i}$ | 0,95       |                   |                  |
| Činitel jasů stínící překážky                 | $k_v$        | 0,10       |                   |                  |

Na prvních dvou schématech lze vidět výsledky hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech vyhodnocené dle normy ČSN 73 0580-3 [2]. První varianta je vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy ČSN 73 0580-1 [1].

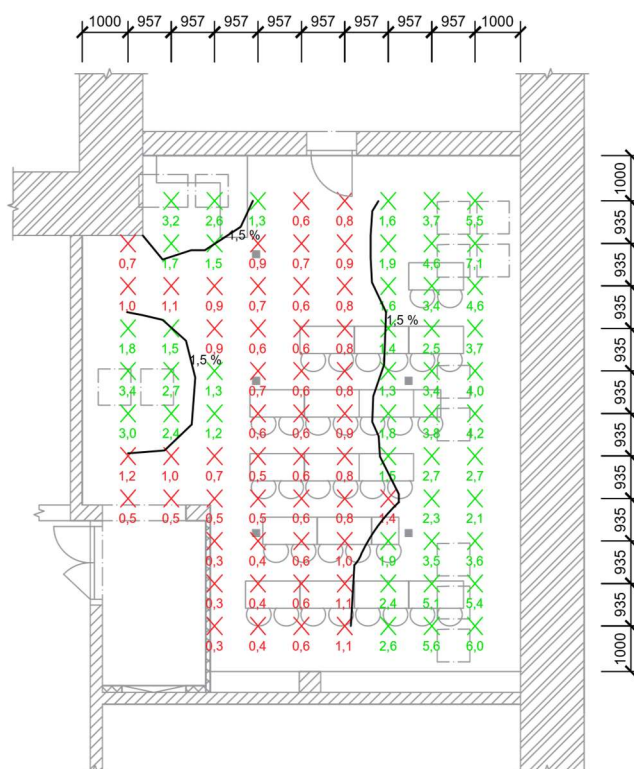


**Obr.92:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 730580-3 [2] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{0,6}{2,2} = 0,27 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 93:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN 730580-1 [1] se vstupními údaji dle normy

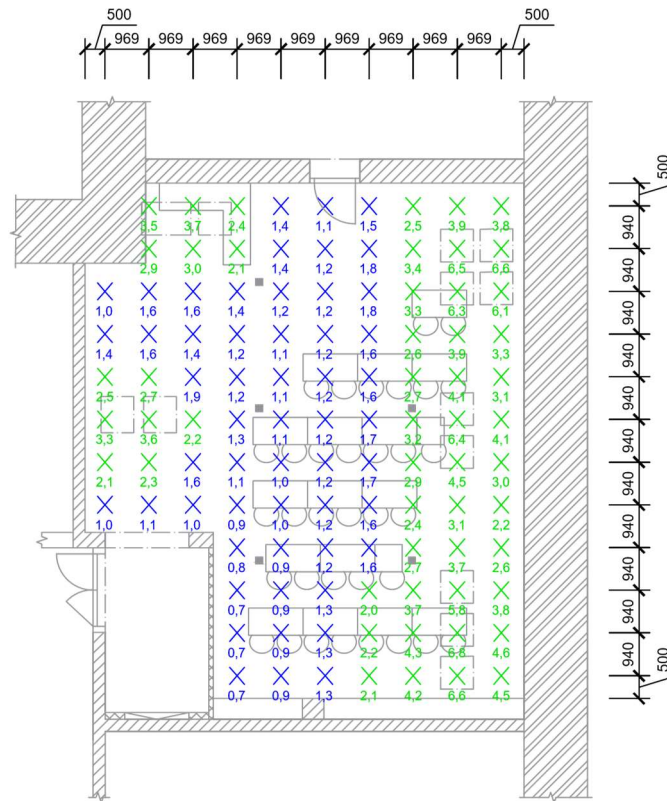
Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{0,3}{1,7} = 0,18 \not\geq 0,20.$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn různými hodnotami činitelů. Činitelé odrazu světla ve skutečnosti se velmi odlišují od normových hodnot a ve většině případů jsou větší. Při porovnání obou variant, lze zjistit, že ve výpočtu se skutečnými vstupními údaji vyhovuje o 2 pracovní místa více než s normovými vstupními údaji. Vyhovující pracovní místa z hlediska denního osvětlení se nacházejí v prostoru mezi izočárou a osvětlovacími otvory. Požadovaná hodnota rovnoměrnosti osvětlení 0,20 je splněna pouze u první varianty.

Na dalších dvou schématech lze vidět obdobný případ, jak bylo zmíněno výše, který se liší pouze výpočtem dle druhé normy ČSN EN 17037 [3]. První varianta je vypočítána se vstupními údaji dle skutečnosti. Druhá varianta je vypočítána se vstupními údaji dle normy.

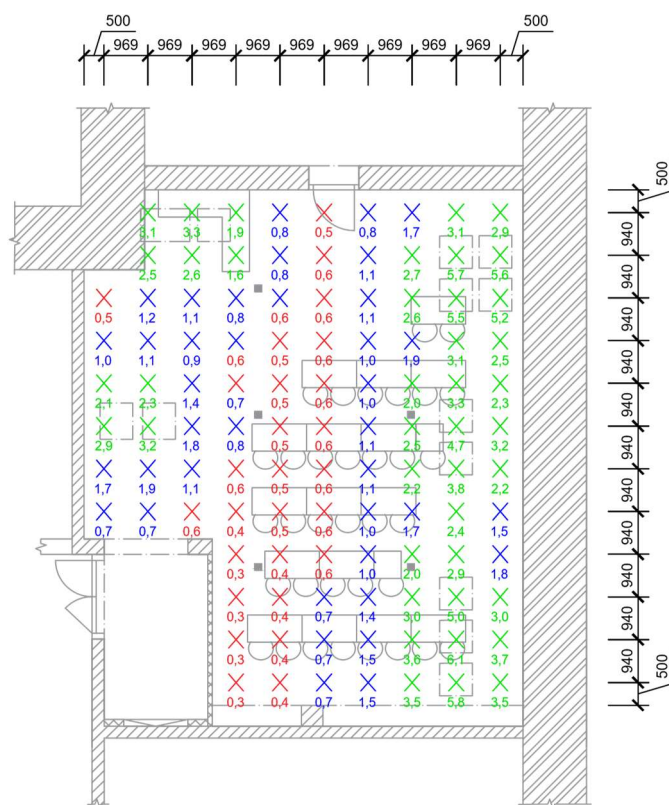


**Obr. 94:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle skutečnosti

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{0,7}{2,2} = 0,32 \geq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 je splněna.



**Obr. 95:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle normy

Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru lze vypočítat dosazením do vztahu (2.4):

$$U = \frac{0,3}{1,7} = 0,18 \neq 0,20$$

Požadovaná hodnota 0,20 není splněna.

Rozdíl mezi oběma variantami je zapříčiněn taktéž různými hodnotami činitelů. Při porovnání obou variant dle požadavku normy na minimální cílové osvětlenosti 0,7 % na 95 % plochy a 2,0 % na 50 % plochy, nevyhoví ani jedna varianta. Normovému požadavku bohužel nevyhovuje ani jedna varianta. Požadovanou hodnotu rovnoměrnosti osvětlení 0,20 splňuje alespoň první varianta.

### 5.3.3 Zhodnocení

Pouze jedna učebna ze čtyř vyhověla požadavkům normy ČSN 73 0580-3 [2] se zadanými skutečnými vstupními údaji. Konkrétně se jednalo o PC učebnu A454 se šikmým osvětlovacím systémem, u které je zajištěna i rovnoměrnost osvětlení. Za předpokladu, že by se v učebně změnily barvy povrchů a s nimi spojené odraznosti světla, tak jak je udává norma, učebna by již požadavku činitele denní osvětlenosti nevyhověla.

Rovnoměrnost osvětlení by ale zajištěna stále byla. Na ostatní počty nevyhovujících pracovních míst se lze podívat v tabulce 39 a 40.

**Tab. 39:** Výsledky výpočtu dle normy ČSN 73 0580-3 [2] se vstupními údaji dle skutečnosti

| Název učebny | Počet vyhovujících pracovních míst při minimální hodnotě činitele denní osvětlenosti $D_{min} = 1,5 \%$ | Hodnocení  |
|--------------|---|------------|
|              | vyhovujících pracovních míst / maximální počet pracovních míst  |            |
| A283         | 21/34   | NEVYHOVUJE |
| A454         | 18/18   | VYHOVUJE   |
| A319         | 28/34   | NEVYHOVUJE |
| A405         | 18/34   | NEVYHOVUJE |

**Tab. 40:** Výsledky výpočtu dle normy ČSN 73 0580-3 [2] se vstupními údaji dle normy

| Název učebny | Počet vyhovujících pracovních míst při minimální hodnotě činitele denní osvětlenosti $D_{min} = 1,5 \%$ | Hodnocení  |
|--------------|---|------------|
|              | vyhovujících pracovních míst / maximální počet pracovních míst  |            |
| A283         | 19/34   | NEVYHOVUJE |
| A454         | 16/18   | NEVYHOVUJE |
| A319         | 22/34   | NEVYHOVUJE |
| A405         | 16/34   | NEVYHOVUJE |

U aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [3] se hodnotí činitel denní osvětlenosti odlišně než v předchozí normě. Nevymezuje se funkční prostor izočárou, ale hodnotí se minimální cílová osvětlenost, která musí být splněna na požadovaném procentu plochy místnosti. Doba, po kterou se využívá denní osvětlení, se uvažuje 50 % a má být zajištěno překročení hladin osvětlenosti 100 lx na 95 % plochy místnosti a 300 lx na 50 % plochy místnosti. V tabulkách níže lze zjistit, že v učebně A454 jsou minimální cílové osvětlenosti splněny v obou variantách. U učebny A319 jsou hodnoty denního osvětlení blízké požadovaným procentům, a tak lze i v této učebně považovat úroveň denní osvětlení za dobrou.

**Tab. 41:** Výsledky výpočtu dle normy ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle skutečnosti

| Název učebny | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti $D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti $D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|--------------|---|--|------------|
|              | % plochy učebny vypočítané / požadované                 | % plochy učebny vypočítané / požadované              |            |
| A283         | 90,5/95   | 29,5/50  | NEVYHOVUJE |
| A454         | 100/95  | 97,2/50  | VYHOVUJE   |
| A319         | 100/95  | 49,2/50  | NEVYHOVUJE |
| A405         | 89,2/95   | 42,5/50  | NEVYHOVUJE |

**Tab. 42:** Výsledky výpočtu dle normy ČSN EN 17037 [3] se vstupními údaji dle normy

| Název učebny | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti $D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti $D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|--------------|---|--|------------|
|              | % plochy učebny vypočítané / požadované                 | % plochy učebny vypočítané / požadované              |            |
| A283         | 57,1/95   | 24,6/50  | NEVYHOVUJE |
| A454         | 100/95  | 61,1/50  | VYHOVUJE   |
| A319         | 93,7/95   | 38,1/50  | NEVYHOVUJE |
| A405         | 65,8/95   | 32,5/50  | NEVYHOVUJE |

Z vyhodnocení všech variant vyplývá, že nová evropská norma není tak přísná, jako byla ta předchozí. Její nevýhodou je absence zrakových tříd, s čímž je spojeno umístění pracovních míst. Procento splnění denní osvětlenosti může být tudíž splněno v jiném místě učebně, než tam kde sedí a pracují studenti. Z tohoto důvodu má architekt při návrhu nových staveb za úkol vymezit prostor v místnostech, který má splňovat dané požadavky denní osvětlenosti.



## 6. Dotazníkové šetření

K objektivnímu šetření kvality denního osvětlení byla použita metoda dotazníkového průzkumu. Dotazování byli studenti a učitelé navštěvující posuzované učebny. Metoda dotazníkového šetření byla zvolena z důvodu rychlého a ekonomického shromažďování dat. Vzhledem k vládním nařízením v České republice a distanční výuce byla zvolena bezpečná on-line forma dotazníků na webových stránkách pomocí aplikace – formuláře Google [21]. Studentům a učitelům byl prostřednictvím vedení školy odeslán webový odkaz dotazníků, které mohli vyplnit.

Dotazník byl rozdělen do tří částí. V první části – úvodu byl popsán předmět a hlavní cíl dotazníku. Další část byla zaměřena na všeobecné otázky ohledně pohlaví, věku, studijního oboru, dominantní ruky, korekce zraku, preference osvětlení a barevných odstínů. Na ty odpovídali všichni dotázaní studenti. Třetí, poslední část, byla věnovaná otázkám ohledně světelných podmínek v konkrétních učebnách. Pro dotazníky byly použity tři druhy otázek. Prvním typem byly otázky uzavřené s možností výběru z nabídky. Druhým typem byly otázky polouzavřené, které mimo výběr z nabídky umožňovaly doplnění v položce „jiné“. Posledním typem byly otázky otevřené, kde mohl každý vyjádřit svoji odpověď stručným textem. U dotazníků pro studenty převažovaly otázky polouzavřené, kdežto v dotaznících pro učitele byla snaha o četnější použití otázek otevřených. Vzorové dotazníky lze vidět v Příloze B.

Vyplněné dotazníky jsou součástí Přílohy C pouze na CD. Jeden stažený dotazník je reprezentován 8 stranami a jejich tisk by byl neekonomický a neefektivní.

### 6.1 Hypotézy

Vyhodnocení dotazníkového šetření určeného pro studenty proběhlo na základě čtyř hypotéz. Na základě stanovených hypotéz byly následně vytvořeny dotazované otázky tak, aby každou hypotézu potvrdily nebo vyvrátily. Zde lze najít soupis následujících hypotéz:

- 1. Studenti, kteří sedí dále od okna jsou více nespokojeni s množstvím denního osvětlení než studenti sedící blíže k oknu.*

- II. *Studenti jsou více spokojeni se svislým osvětlením než se šikmým osvětlením.*
- III. *Studenti jsou přesvědčeni, že sluneční záření má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během výuky.*
- IV. *Studenti jsou přesvědčeni, že volba teplých a světlých odstínů interiéru učebny má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během výuky.*

K vyhodnocení hypotéz bude sestavena bodová stupnice od 1 do 5. Číslo blíží se 1 představují studenti, kteří nejsou spokojeni, čísla blíží se 5 představují spokojené studenty a číslo 3 znamená, že si student není vědom nebo neví.

Vyhodnocení dotazníkového šetření určeného pro učitele proběhlo na základě třech hypotéz. Na základě stanovených hypotéz byly následně vytvořeny dotazované otázky tak, aby každou hypotézu potvrdily nebo vyvrátily. Zde lze najít soupis následujících hypotéz:

- I. *Učitelé preferují osvětlení svislými osvětlovacími otvory než šikmými osvětlovacími otvory*
- II. *Učitelům se lépe pracuje při neutrálních barvách a většina posuzovaných učeben jim barevně vyhovuje.*
- III. *Učitelé nejčastěji používají stínící prostředky z důvodu rušení odrážejícím se světlem.*

## 6.2 Předvýzkum

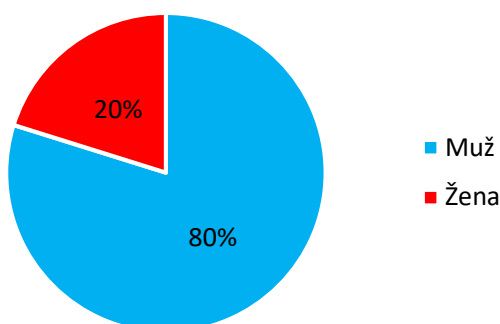
Odeslání dotazníků na danou střední školu předcházela jejich zkouška. Dotazník byl poskytnut k vyplnění dvěma studentům, kteří navštěvují jinou střední školu a dvěma nezávislým dospělým osobám. Ti testy vyplnili a poskytli zpětnou vazbu, zda jsou dotazníky srozumitelné. Dotazníky byly pro obě skupiny pochopitelné. Respondenti neměli žádné připomínky, které by se musely zohlednit, a proto mohly být dotazníky odeslány na hodnocenou střední školu.

## 6.3 Otázky pro studenty a jejich vyhodnocení

Pro vyplnění dotazníku se rozhodlo 128 studentů napříč všemi třídami. Po zhlédnutí dotazníků bylo třeba 9 dotazníků vyjmout z hodnocení, protože studenti neodpověděli na všechny otázky, a tudíž byl jejich dotazník označen za neplatný.

### 6.3.1 Pohlaví dotázaných

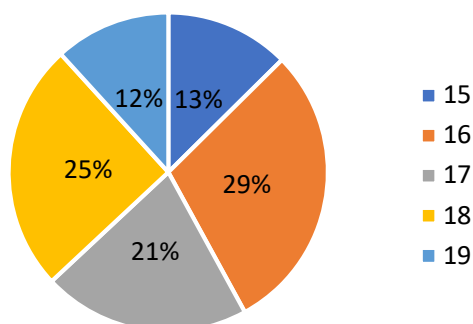
První otázka byla zaměřena na pohlaví dotázaných studentů. Dotazníkového šetření se zúčastnilo 24 žen a 95 mužů. To odpovídá charakteru školy s technickým zaměřením.



**Obr. 96:** Pohlaví dotázaných studentů

### 6.3.2 Věkové rozdělení dotázaných

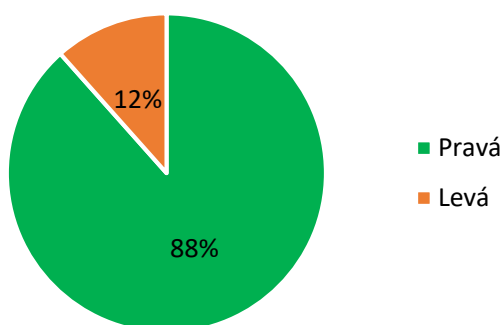
Věk studentů na střední škole se pohybuje v rozmezí od 15 do 19 let. Nejvíce studentů, kteří se zapojili do průzkumu, bylo ve věkové skupině 16 a 18 let. Nejméně se zapojili patnáctiletí a devatenáctiletí studenti, kteří jsou věkově na rozhraní mezi základním a vysokoškolským vzděláním, a tudíž jich je na škole méně. Nejpočetnější zastoupení měl studijní obor Technické lyceum, kterému odpovídá nejčastější návštěvnost jednotlivých učeben dle rozvrhu.



**Obr. 97:** Věk dotázaných

### 6.3.3 Preference dominantní ruky

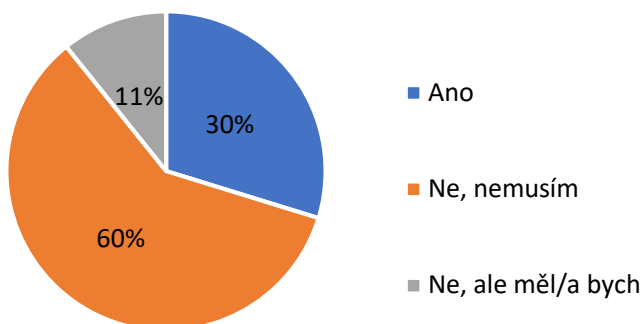
Na otázku, kterou rukou studenti píšou, 105 dotázaných odpovědělo, že pravou a zbylých 14 dotázaných levou rukou. To odpovídá výzkumům [19], které tvrdí, že zhruba 10 % lidské populace jsou leváci. Osvětlovací otvory se nejčastěji navrhují jako svislý boční systém po levé straně sedících studentů. Zjednodušeně řečeno tak, aby si praváci při psaní nestínili. Bohužel leváci jsou tímto diskriminováni a stínit si budou. Tento problém lze vyřešit například šikmým osvětlovacím systémem jako je například v posuzovaných učebnách A405 a A454, které vyhoví oběma skupinám.



**Obr. 98:** Preference dominantní ruky

### 6.3.4 Korekce zraku

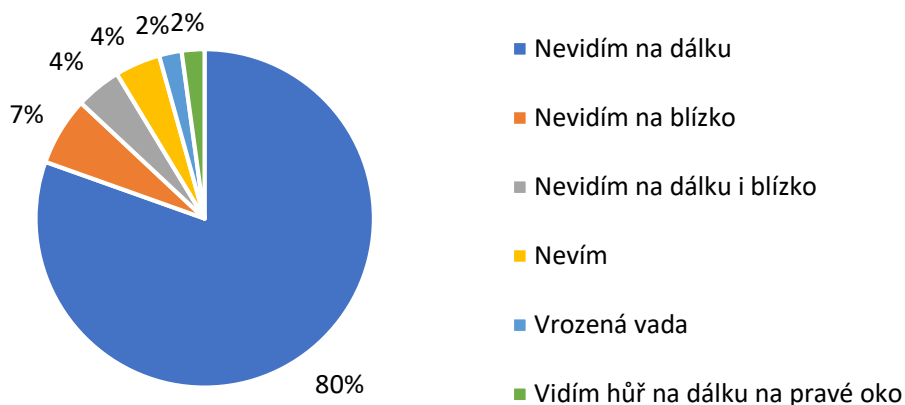
Další otázka byla zaměřena na stav zraku dotázaných. Konkrétně, zda studenti musí nosit brýle nebo čočky ke korekci zraku. Jedna třetina studentů musí nosit korekci zraku, 13 studentů přiznalo, že i přes to, že mají zhoršený zrak, nenosí brýle nebo čočky.



**Obr. 99:** Korekce zraku

### 6.3.5 Důvod korekce zraku

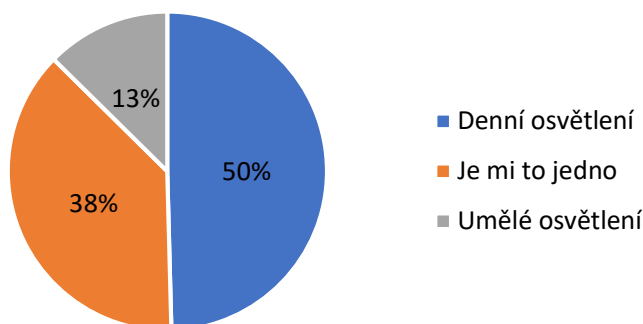
Nejčastější vadou zraku je krátkozrakost. Trpí jí 37 dotázaných (tj. 80 %), kteří musí nosit brýle nebo čočky. Malé množství denního osvětlení v učebnách může mít vliv na tak vysoké číslo krátkozrakých. Konkrétní rozložení vad lze vidět na obrázku 100 níže.



Obr. 100: Důvod korekce zraku

### 6.3.6 Preference druhu osvětlení

Okruh otázek vztahený k dennímu osvětlení byl započat 7. otázkou ohledně preference druhu osvětlení. Polovině studentům vyhovuje při výuce více denní osvětlení. Umělé osvětlení preferuje pouze 15 studentů. Zbylým 47 studentům je to jedno.

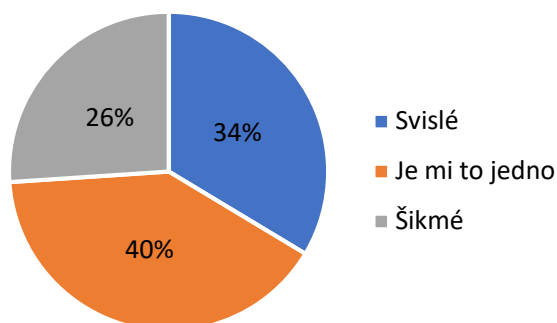


Obr. 101: Preference druhu osvětlení

### 6.3.7 Preference osvětlovacího otvoru

Dále byli studenti dotazováni, zda raději upřednostňují svislé nebo šikmé osvětlovací otvory nebo je jim to jedno. Čtvrtina studentů odpověděla, že je jim to jedno a neupřednostňují svislé nebo šikmé osvětlení. U ostatních studentů, kteří

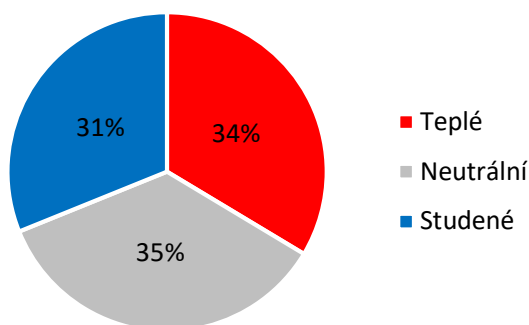
upřednostňují pouze jeden osvětlovací systém, zvítězil svislý osvětlovací systém před šikmým, který má v oblibě 40 studentů.



**Obr. 102:** Preference osvětlovacího otvoru

### 6.3.8 Preference barevných odstínů

Poslední všeobecnou otázkou byla preference barevných odstínů. Ani u této otázky neměli studenti jednotný názor. Teplé barvy, mezi které patří například odstíny červené, oranžové a žluté preferuje 40 studentů. 42 studentů preferuje neutrální barvy, mezi které patří odstíny černé, šedé a bílé. Poslední část zastoupená 37 studenty preferuje studené barvy, mezi které lze zařadit odstíny modré a fialové.



**Obr. 103:** Preference barevných odstínů

### 6.3.9 PC učebna A283

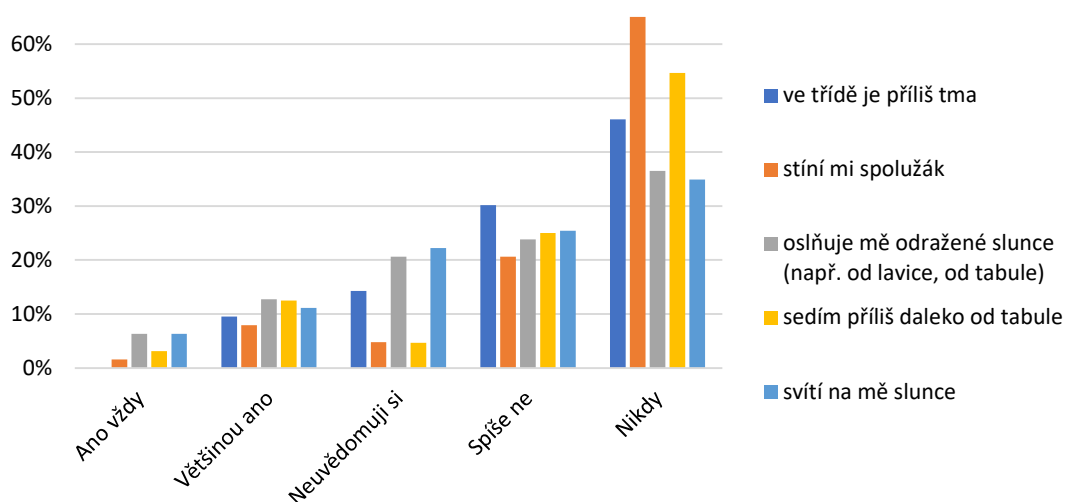
V počítačové učebně A283 odpovědělo celkem 59 studentů. Na obrázku 104 lze vidět, z jakého místa kolik studentů odpovědělo.

|      |  | TABULE |   |   |   |   |   |
|------|--|--------|---|---|---|---|---|
| OKNO |  | 0      | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
|      |  | 0      | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| OKNO |  | 2      | 4 | 2 | 0 | 3 | 0 |
|      |  | 1      | 1 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| OKNO |  | 2      | 3 | 0 |   |   |   |
|      |  | 3      | 2 | 2 |   |   |   |
| OKNO |  | 0      | 2 | 1 |   |   |   |

**Obr. 104:** Schéma učebny s počtem, kolik studentů odpovědělo a na jakém místě sedí

### 6.3.9.1 Důvod špatného vidění na tabuli

Na obrázku 105 lze vidět počty odpovědí u 12. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na tabuli. Studenti ve většině případu vidí na tabuli vždy bez problému až na pár jedinců, kterým vadí odražené nebo přímé sluneční paprsky. Jiným důvodem, proč studenti občas nevidí na tabuli, jsou zatažené rolety, špatná pozice studentského stolu těsně pod katedrou, kde učitel při výkladu zabraňuje studentovi ve výhledu na tabuli nebo vzdálené místo od tabule.



**Obr. 105:** Stává se Ti, že v této učebně špatně vidíš na tabuli, protože:

### 6.3.9.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky ohledně spokojenosti s množstvím denního osvětlení v učebně byla většina dotázaných spokojena. Nespokojení studenti, kterých bylo pouze 11, sedí dále od osvětlovacích otvorů a podle výpočtu v kapitole 5.3 na těchto pozicích opravdu není takové množství denního osvětlení, které by tam mělo být. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 106.

### 6.3.9.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 21 studentů neuvědomuje, 20 studentů ví, že denní osvětlení vliv na výkon má a zbytek studentů tomu nepřikládá žádnou váhu. Navzdory výsledku této otázky je prokázáno, že denní osvětlení má vliv na psychiku člověka a jeho soustředěnost. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 106.

### 6.3.9.4 Doba svícení umělým osvětlením

Důvodem častého svícení umělým osvětlením je nedostatečné množství denního osvětlení. Jelikož v této třídě množství denního osvětlení není dostatečné, odpovědělo 26 studentů, že svítí často. Tuto odpověď zvolili převážně studenti, kteří sedí dále od osvětlovacích otvorů, čímž je zapříčiněno, že potřebují umělé osvětlení při výuce častěji. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 106.

### 6.3.9.5 Používání stínících prostředků

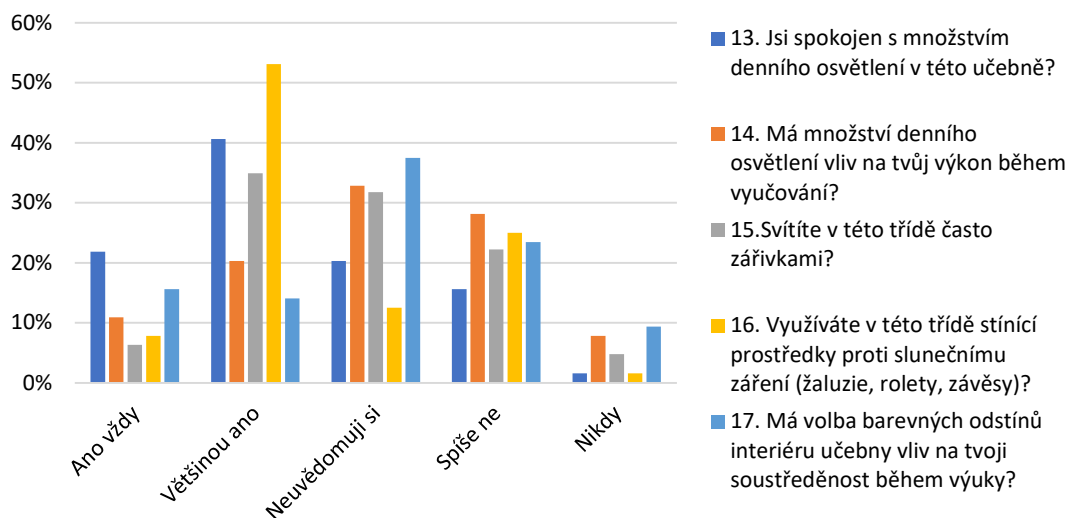
U otázky ohledně používání stínících prostředků jsou již studenti více jednoznační a převážný počet studentů odpověděl, že je většinou používají často. Jsou to hlavně studenti, kteří sedí blíže osvětlovacím otvorům a při nezatažených roletách se jim může odrážet světlo od monitoru počítače. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 106.

### 6.3.9.6 Vliv barevných odstínů na soustředěnost

Barevné odstíny 19 studentů vnímá tak, že mají vliv na jejich soustředěnost během výuky. Na dalších 21 studentů vliv nemá a zbylí studenti si vliv barevných odstínů



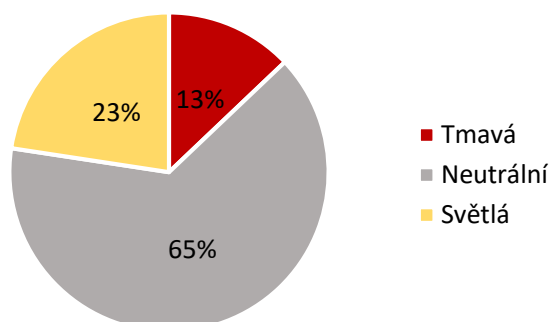
neuvědomují. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 106.



**Obr. 106:** Počty odpovědí u 13., 14., 15., 16. a 17. otázky

### 6.3.9.7 Sytost barev v učebně

Další, 18. otázka, byla zaměřena na sytost barev v učebně. Tato otázka je velmi subjektivní, protože každý člověk vnímá barvy trochu jinak, a proto 40 studentů označilo sytost barev v učebně za neutrální, 14 studentů za světlou a zbylí studenti za tmavou. Při pohledu na fotografii učebny na obrázku 46 lze zjistit, že učebna je vymalována opravdu světlými až neutrálními barvami. Nábytek a stěna naproti tabuli je naopak v barvách tmavých. Tudíž nejednoznačná odpověď studentů je v tomto případě patřičná.

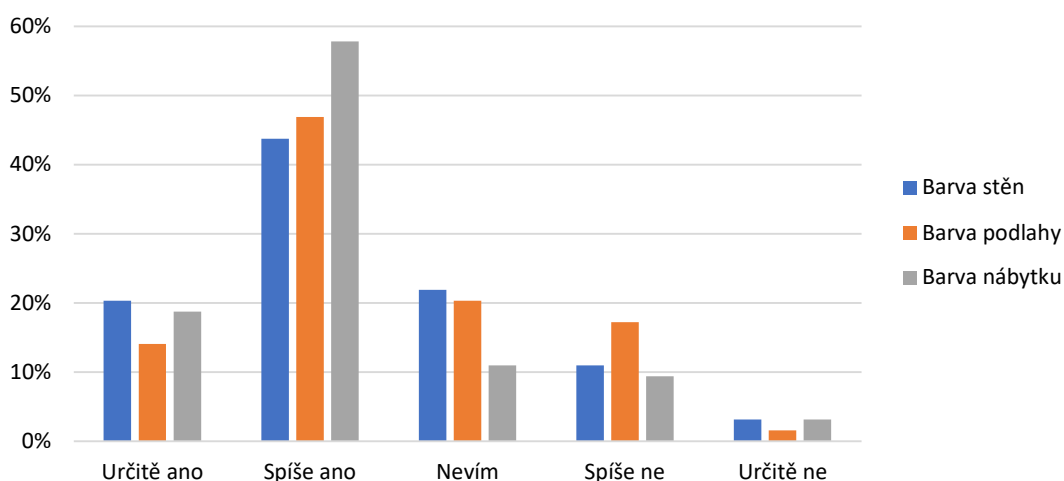


**Obr. 107:** Sytost barev v učebně

### 6.3.9.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

Dle následujícího obrázku 108 lze říci, že studenti jsou spokojeni s výběrem použitých barev stěn, podlahy a nábytku v této učebně. Nejčastěji se jim nelíbí barva

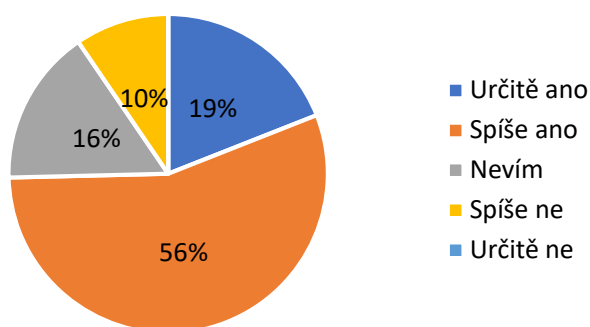
podlahy. Tato otázka je velmi subjektivní, protože každý člověk upřednostňuje jiné odstíny barev.



**Obr. 108:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

### 6.3.9.9 Spokojenost v učebně

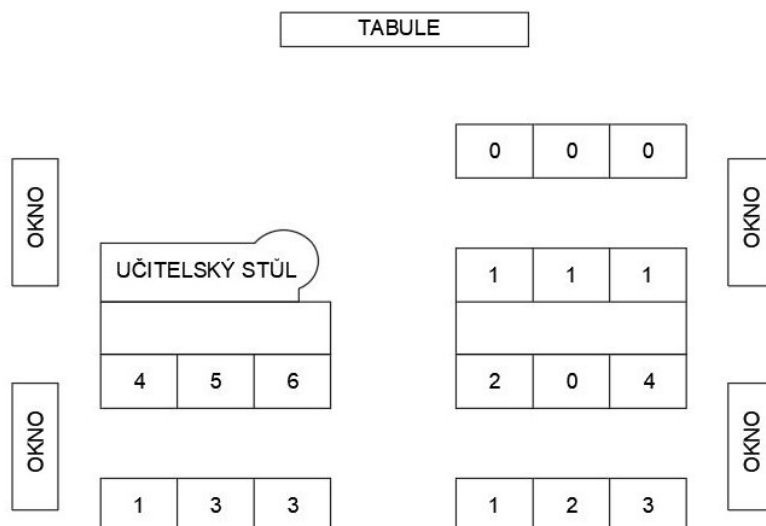
Poslední otázka byla směřována na pocity studentů v učebně. Převážně většina studentů se v učebně cítí spokojeně, což lze vidět na obrázku 109. Nespokojení studenti sedí většinou dále od osvětlovacích otvorů a pociťují nedostatek denního osvětlení nebo nejsou spokojeni s výběrem použitých barevných odstínů, které jim přijdou tmavé.



**Obr. 109:** Spokojenost v učebně

### 6.3.10 PC učebna A454

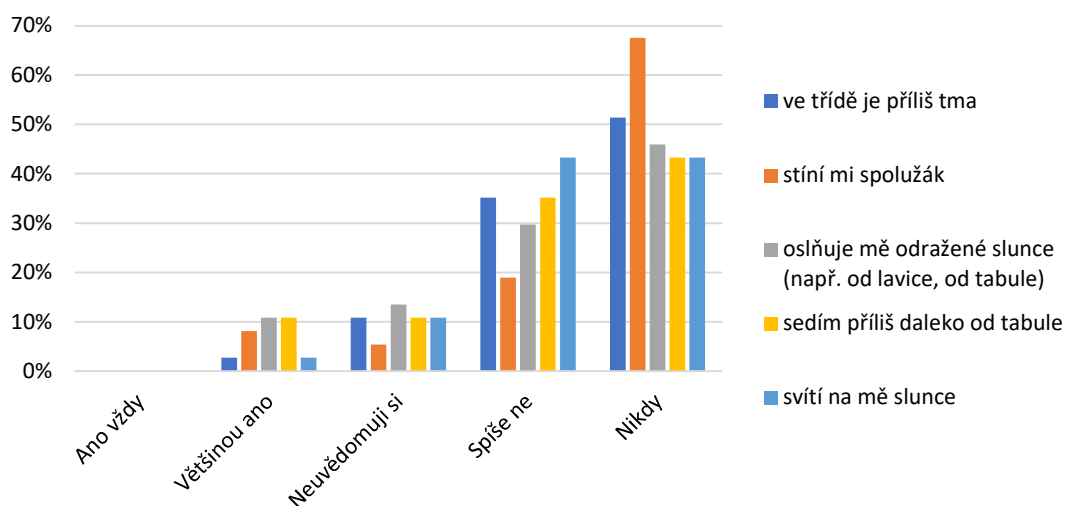
V počítačové učebně A454 odpovědělo celkem 37 studentů. Na obrázku 110 lze vidět, z jakého místa kolik studentů odpovědělo.



**Obr. 110:** Schéma učebny s počtem, kolik studentů odpovědělo, z jakého místa

### 6.3.10.1 Důvod špatného vidění na tabuli

Na obrázku 111 lze vidět počty odpovědí u 43. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na tabuli. Studenti ve většině případů vidí na tabuli vždy bez problému. V ojedinělých případech jim vadí odlesk od bílé tabule na fixy, stínící spolužák, pozice daleko, v rovině nebo zády k tabuli.



**Obr. 111:** Stává se Ti, že v této učebně špatně vidíš na tabuli, protože:

### 6.3.10.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

Posuzovaná učebna jako jediná vyhověla vypočítanému množství denního osvětlení na požadavky legislativy. Tomu odpovídají i odpovědi studentů. Spokojeni

s denním osvětlením jsou všichni studenti kromě 5, kteří odpověděli, že neví. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 112.

#### 6.3.10.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 8 studentů neuvědomuje, 16 studentů ví, že denní osvětlení vliv na výkon má a zbylí studenti tomu nepřikládají žádnou váhu. V této učebně si vliv denního osvětlení uvědomuje více studentů než u předchozí učebně A283. To je zřejmě způsobeno tím, že tuto učebnu navštěvují studenti převážně vyšších ročníků, kteří již vnímají vliv okolních podnětů více. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 112.

#### 6.3.10.4 Doba svícení umělým osvětlením

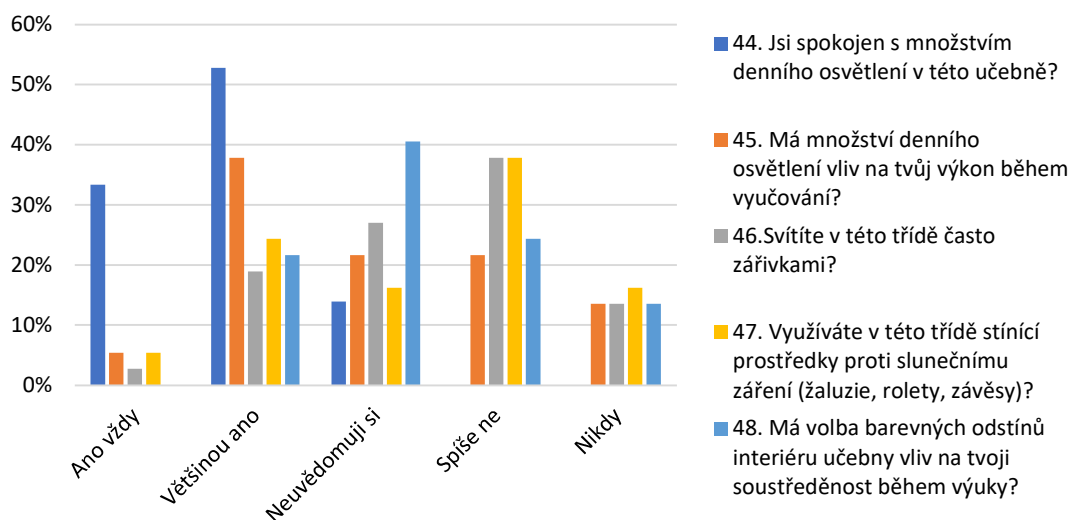
Z důvodu vyhovujícího denního osvětlení lze předpokládat výsledek této otázky. 21 studentů je názoru, že nesvíí často zářivkami, 10 studentů neví a zbylí studenti si myslí, že se většinou svítí často. Ti sedí nejčastěji v místech, kde je nejmenší množství denního osvětlení. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 112.

#### 6.3.10.5 Používání stínících prostředků

Stínících prostředků využívá 11 studentů, 6 studentů si je neuvědomuje a zbylí studenti je nepotřebují používat. Použitím stínících prostředků lze zabránit oslňování a eliminovat přehřívání učebny v podkroví za cenu snížení denního osvětlení. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 112.

#### 6.3.10.6 Vliv barevných odstínů na soustředěnost

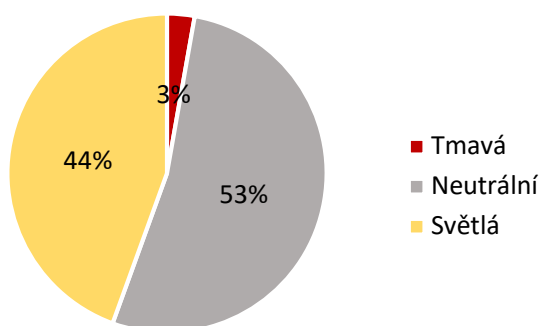
Barevné odstíny 8 studentů vnímá tak, že mají vliv na jejich soustředěnost během výuky. Na dalších 14 studentů barevné odstíny vliv nemají a zbylí studenti si vliv barevných odstínů neuvědomují. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 112.



**Obr. 112:** Počty odpovědí u 44., 45., 46., 47. a 48. otázky

### 6.3.10.7 Sytost barev v učebně

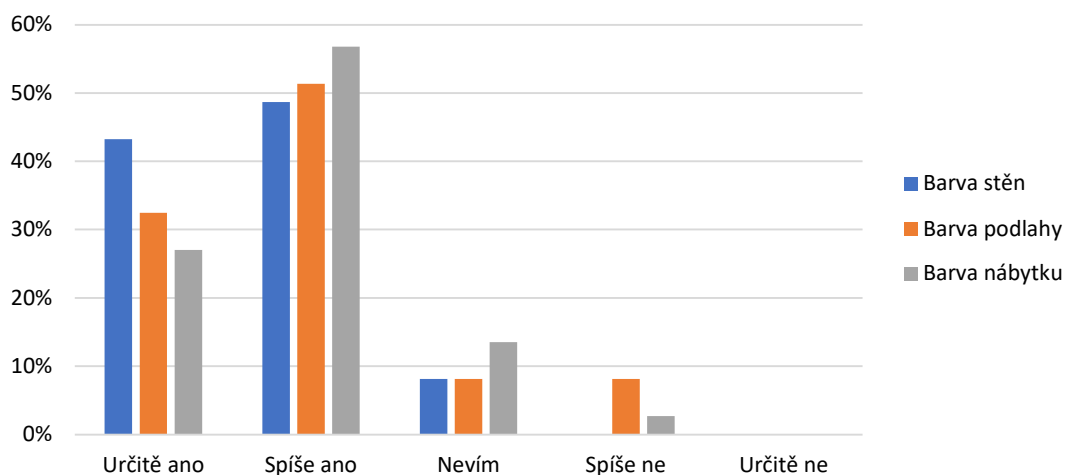
Otázka číslo 49 byla zaměřena na sytost barev v učebně. Tato otázka je velmi subjektivní, protože každý člověk vnímá barvy trochu jinak, a proto 19 studentů označilo sytost barev v učebně za neutrální, 16 studentů za světlou a zbylý 1 student za tmavou. Při pohledu na fotografii učebny na obrázku 52 lze zjistit, že učebna je vymalována neutrální bílou barvou. Nábytek je světlý a podlaha má výraznou oranžovou barvu. Tudíž nejednoznačná odpověď studentů je v tomto případě patřičná.



**Obr. 113:** Sytost barev v učebně

### 6.3.10.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

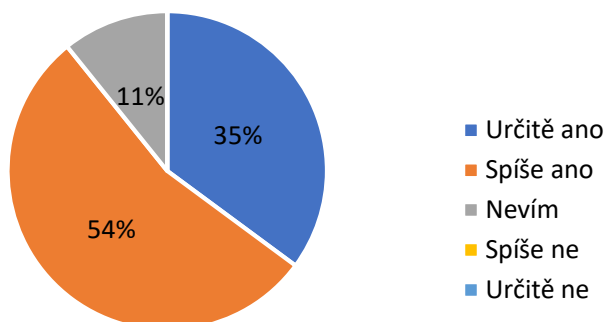
Dle následujícího obrázku 114 lze říci, že studenti jsou spokojeni s výběrem použitých barev stěn, podlahy a nábytku v této učebně. Nejčastěji se jim nelíbí barva podlahy. Tato otázka je velmi subjektivní, protože každý upřednostňuje jiné odstíny.



**Obr. 114:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

### 6.3.10.9 Spokojenost v učebně

Poslední otázka byla směřována na pocity studentů v učebně. Převážná většina, kromě 4 studentů, kteří nevěděli, se v učebně cítí spokojeně. To lze vidět i na obrázku 115.



**Obr. 115:** Spokojenost v učebně

### 6.3.11 Odborná učebna A319

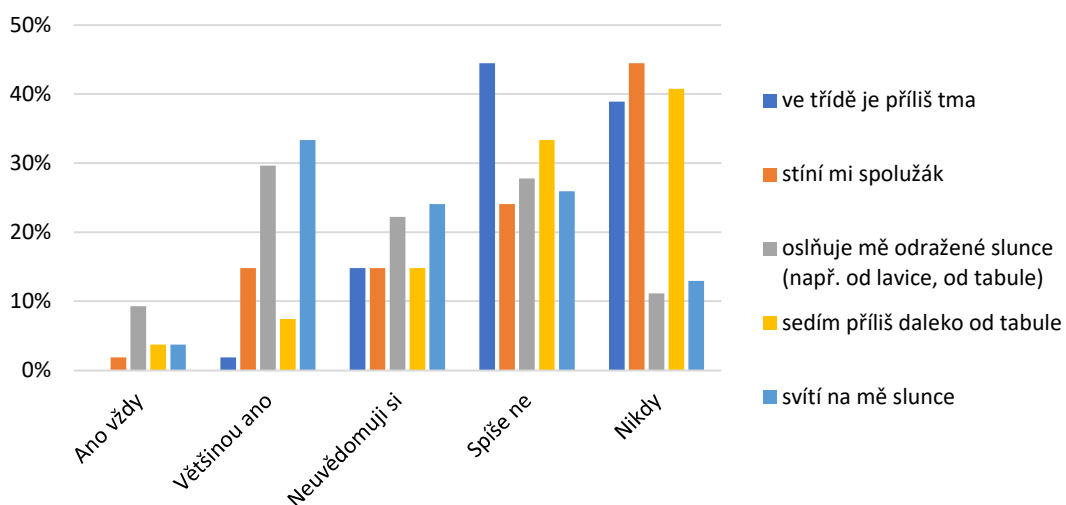
V odborné učebně A319 odpovědělo celkem 47 studentů. Na obrázku 116 lze vidět, z jakého místa kolik studentů odpovědělo.

|      |  | TABULE |   |   |   |   |   |
|------|--|--------|---|---|---|---|---|
| OKNO |  | 0      | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|      |  | 2      | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| OKNO |  | 2      | 2 | 0 | 1 | 1 | 3 |
|      |  | 2      | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| OKNO |  | 3      | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 |
|      |  | 0      | 2 | 1 | 0 |   |   |

**Obr. 116** Schéma učebny s počtem, kolik studentů odpověděl, z jakého místa

### 6.3.11.1 Důvod špatného vidění na tabuli

Na obrázku 117 lze vidět počty odpovědí u 23. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na tabuli. Studenti ve většině případů vidí na tabuli vždy bez problému. Názorově se rozdělují pouze u dotazu s přímými a odraženými slunečními paprsky, kterými je třetina studentů sedící blíže k osvětlovacím otvorům negativně ovlivněna. Protože jsou osvětlovací otvory orientované na západ, nastává tento problém až při odpolední výuce během jarních a letních měsíců.



**Obr. 117:** Stává se Ti, že v této učebně špatně vidíš na tabuli, protože:

#### 6.3.11.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky ohledně spokojenosti s množstvím denního osvětlení v učebně byla většina dotázaných spokojena. Nespokojení studenti, kterých bylo pouze 5, sedí dále od osvětlovacích otvorů a podle výpočtu v kapitole 5.3 na těchto pozicích opravdu není takové množství denního osvětlení, které by mělo být. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 118.

#### 6.3.11.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 21 studentů neuvědomuje, 19 studentů ví, že má denní osvětlení vliv na výkon a 7 studentů tomu nepřikládá žádnou váhu. Studenti navštěvující tuto učebnu si vliv denního osvětlení uvědomují více než tomu bylo v učebně A283. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 118.

#### 6.3.11.4 Doba svícení umělým osvětlením

Důvodem častého svícení umělým osvětlením je nedostatečné množství denního osvětlení. Jelikož v této třídě množství denního osvětlení není dostatečné, odpovědělo 21 studentů, že svítí často. Tuto odpověď zvolili převážně studenti, kteří sedí dále od osvětlovacích otvorů, a kteří potřebují umělé osvětlení při výuce častěji. Protože je učebna orientovaná na západ, svítí se v učebně převážně v ranních hodinách, kdy sluneční intenzita ještě není dostatečně velká. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 118.

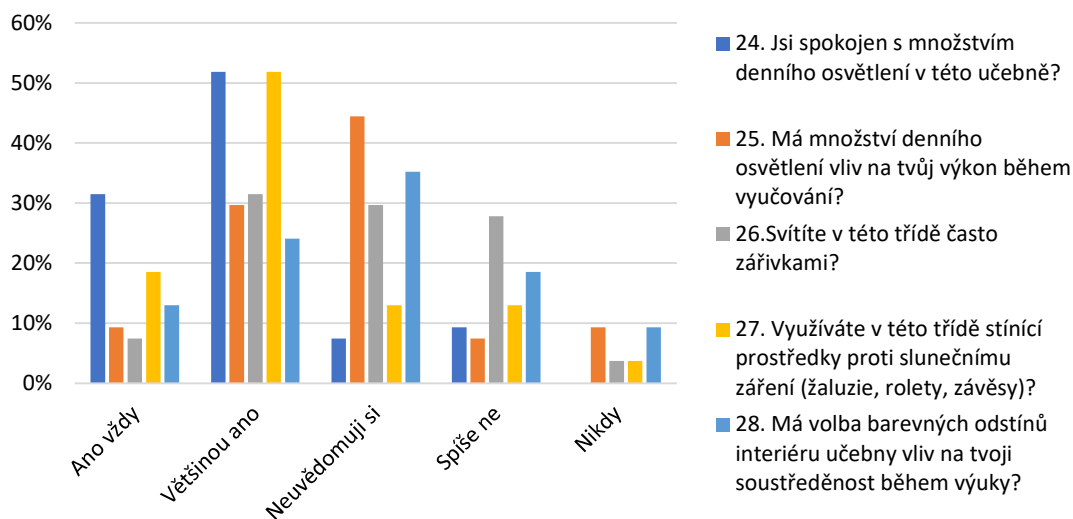
#### 6.3.11.5 Používání stínících prostředků

U otázky ohledně používání stínících prostředků jsou již studenti více jednoznační. 36 studentů odpovědělo, že stínící prostředky většinou nebo vždy používají. Jsou to převážně studenti, kteří sedí blíže k osvětlovacím otvorům a ovlivňuje je odražené světlo nebo přímé sluneční paprsky. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 118.



### 6.3.11.6 Vliv barevných odstínů na soustředěnost

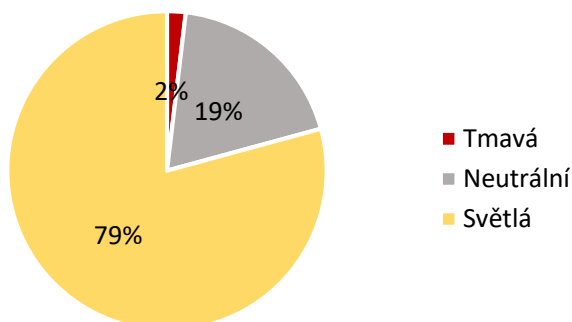
Barevné odstíny 18 studentů vnímá tak, že mají vliv na jejich soustředěnost během výuky. Na dalších 13 studentů vliv nemají a posledních 16 studentů si vliv barevných odstínů neuvědomuje. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 118.



**Obr. 118:** Počty odpovědí u 24., 25., 26., 27. a 28. otázky

### 6.3.11.7 Sytost barev v učebně

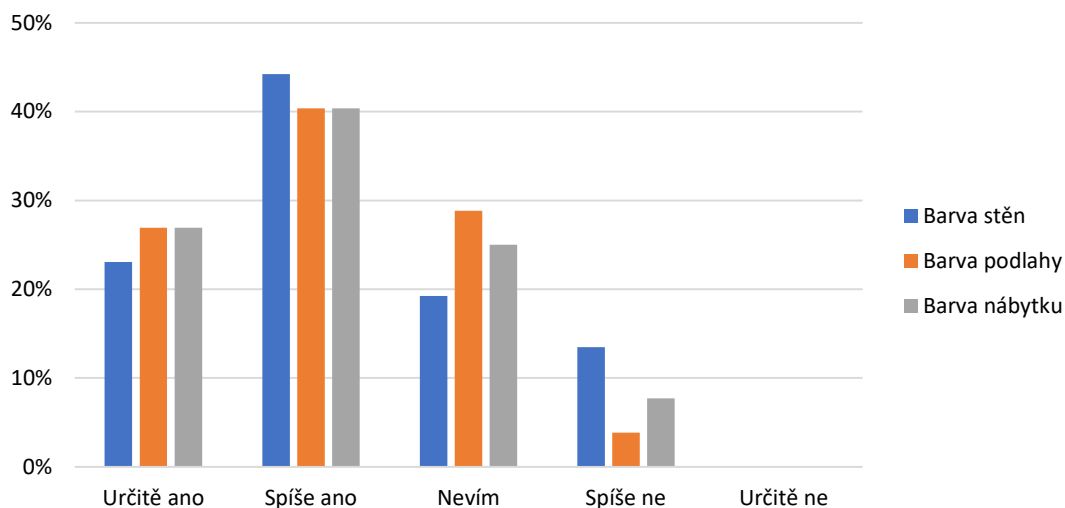
29. otázka byla zaměřena na sytost barev v učebně. Tato otázka je velmi subjektivní, protože každý člověk vnímá barvy trochu jinak, a proto 8 studentů označilo sytost barev v učebně za neutrální, 38 studentů za světlou a zbylý 1 student za tmavou. Při pohledu na fotografii učebny na obrázku 57, lze vidět, že učebna je vymalována opravdu světlou žlutou barvou. Nábytek a podlaha jsou také ve světlých odstínech.



**Obr. 119:** Sytost barev v učebně

### 6.3.11.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

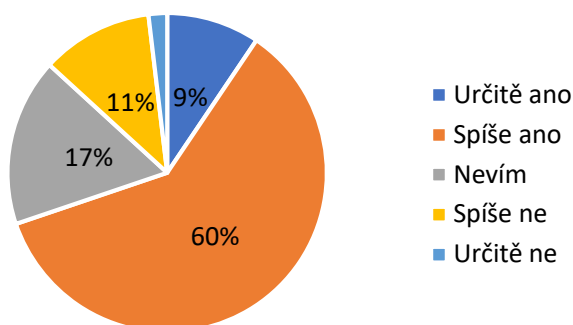
Dle následujícího obrázku 120 lze říci, že studenti jsou spokojeni s výběrem použitých barev stěn, podlahy a nábytku v této učebně. Nejčastěji se jim nelíbí barva stěn. Důsledkem nelibosti je žlutá barva výmalby, která by měla vytvářet pocit tepla. Pokud se tento pocit spojí s přímými slunečními paprsky, vzniká ve třídě přehřívání.



**Obr. 120:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

### 6.3.11.9 Spokojenost v učebně

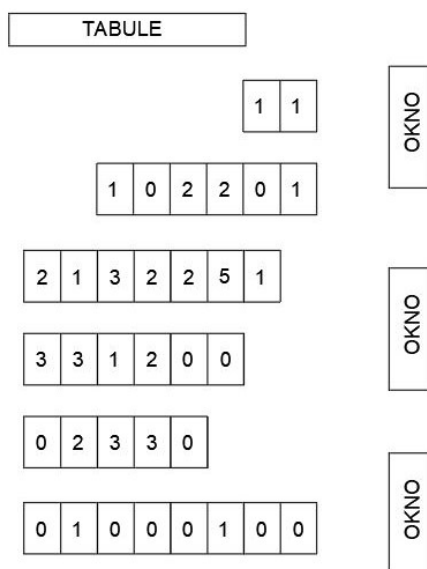
Poslední otázka byla směřována na pocity studentů v učebně. Převážně většina se v učebně cítí spokojeně, což lze vidět na obrázku 121. Nespokojení studenti, kterých je 5, sedí většinou blíž osvětlovacím otvorům a obtěžují je přímé sluneční paprsky.



**Obr. 121:** Spokojenost v učebně

## 6.3.12 Odborná učebna A405

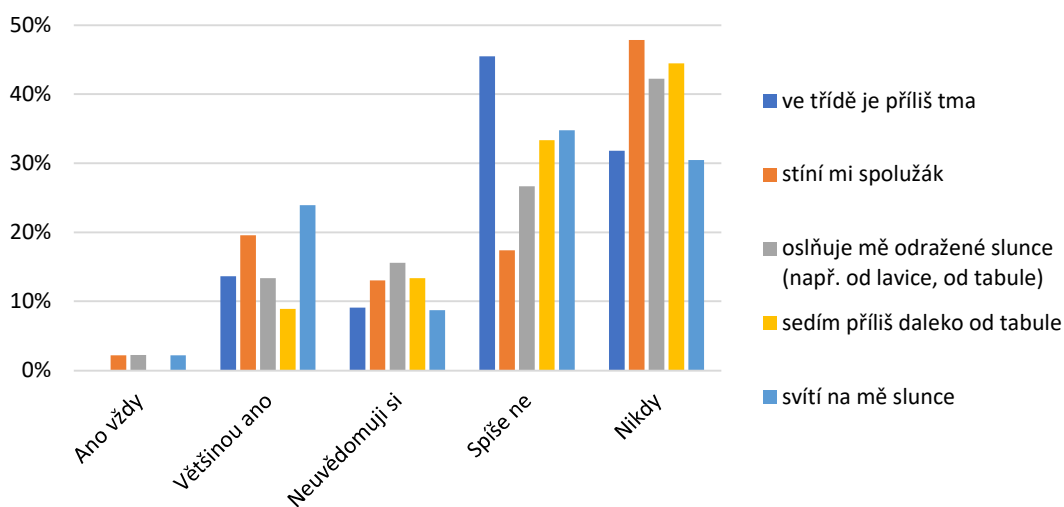
V odborné učebně A405 odpovědělo celkem 43 studentů. Na obrázku 122 lze vidět, z jakého místa kolik studentů odpovědělo.



**Obr. 122:** Schéma učebny s počtem, kolik studentů odpovědělo, z jakého místa

### 6.3.12.1 Důvod špatného vidění na tabuli

Na obrázku 123 lze vidět počty odpovědí u 33. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na tabuli. Studenti ve většině případů vidí na tabuli vždy bez problému. V ojedinělých případech jim vadí odlesk od bílé tabule na fixy, stínící spolužák nebo jako jeden z jiných důvodů studenti uváděli dřevěné sloupy krovu, které jim překáží ve výhledu na tabuli.



**Obr. 123:** Stává se Ti, že v této učebně špatně vidíš na tabuli, protože:

### 6.3.12.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky ohledně spokojenosti s množstvím denního osvětlení v učebně byla většina dotázaných spokojena. Nespokojení studenti, kterých bylo pouze 9, sedí dále od osvětlovacích otvorů a podle výpočtu v kapitole 5.3 na těchto pozicích opravdu není takové množství denního osvětlení, které by mělo být. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 124.

### 6.3.12.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 17 studentů neuvědomuje, 18 studentů ví, že denní osvětlení vliv má a 8 studentů dennímu osvětlení nepřikládá žádnou váhu. Studenti navštěvující tuto učebnu si vliv denního osvětlení uvědomují více než tomu bylo v učebně A283. To je způsobeno tím, že tuto učebnu navštěvují častěji studenti vyšších ročníků, kteří již vnímají vliv okolních podnětů více. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 124.

### 6.3.12.4 Doba svícení umělým osvětlením

Důvodem častého svícení umělým osvětlením je nedostatečné množství denního osvětlení způsobené hloubkou učebny. Že v této třídě není množství denního osvětlení dostatečné a často se svítí, odpovědělo 24 studentů. Tuto odpověď zvolili převážně studenti, kteří sedí dále od osvětlovacích otvorů. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 124.

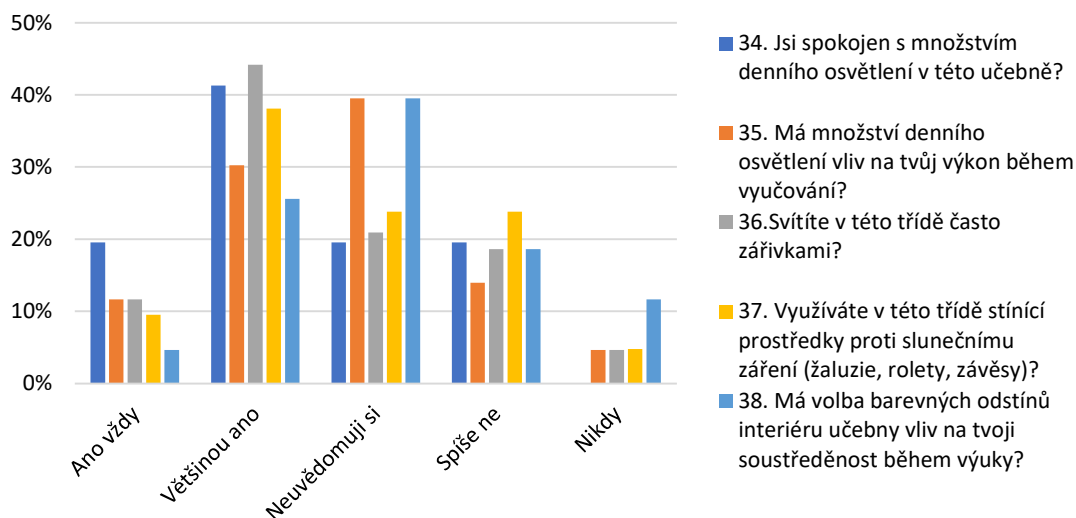
### 6.3.12.5 Používání stínících prostředků

U otázky ohledně používání stínících prostředků 20 studentů odpovědělo, že je využívají často. Důvodem této odpovědi je orientace osvětlovacích otvorů na jih. Použitím stínících prostředků lze zabránit oslňování a eliminovat přehřívání učebny v podkroví v důsledku snížení množství denního osvětlení. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 124.

### 6.3.12.6 Vliv barevných odstínů na soustředěnost

Barevné odstíny 13 studentů vnímá tak, že mají vliv na jejich soustředěnost během výuky. Na dalších 13 studentů vliv nemá a posledních 17 studentů si vliv barevných odstínů

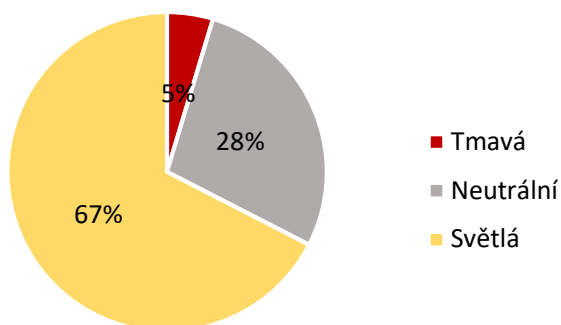
neuvědomuje. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 124.



**Obr. 124:** Počty odpovědí u 34., 35., 36., 37. a 38. otázky

### 6.3.12.7 Sytost barev v učebně

Otázka číslo 39 byla zaměřena na sytost barev v učebně. Tato otázka je velmi subjektivní, protože každý člověk vnímá barvy trochu jinak, a proto 12 studentů označilo sytost barev v učebně za neutrální, 29 studentů za světlou a zbylí 2 studenti za tmavou. Při pohledu na fotografii učebny na obrázku 62, lze zjistit, že učebna je vymalována opravdu světlou žlutou barvou. Nábytek a podlaha jsou také ve světlých odstínech.

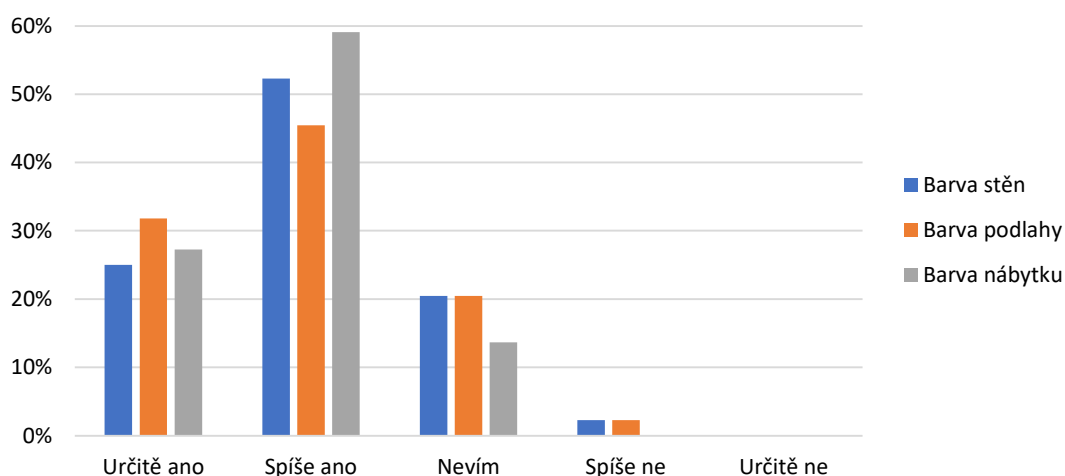


**Obr. 125:** Sytost barev v učebně

### 6.3.12.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

Dle následujícího obrázku 126 lze říci, že studenti jsou spokojeni s výběrem použitých barev stěn, podlahy a nábytku v této učebně. Pouze jeden student má k barvě stěn a podlahy výhrady. To je zapříčiněno tím, že učebna je vymalována žlutou barvou,

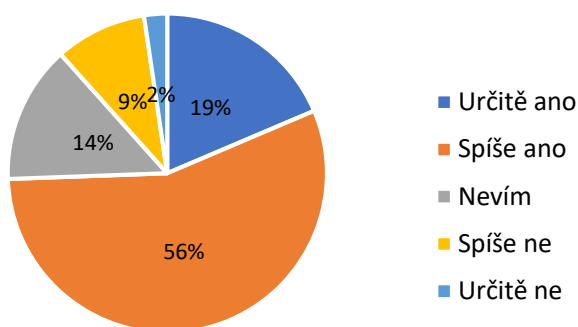
kteřá má navodit pocit tepla. Pokud se tento pocit spojív se slunečními paprsky, mohou mít studenti ve třídě pocit nelibého horka.



**Obr. 126:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

### 6.3.12.9 Spokojenost v učebně

Poslední otázka byla směřována na pocity studentů v učebně. Převážná většina studentů se v učebně cítí spokojeně, což lze vidět na obrázku 127. Nespokojení studenti, kterých je pouze 5, sedí většinou dále od osvětlovacích otvorů a stěžují si na nedostatečné množství denního osvětlení.



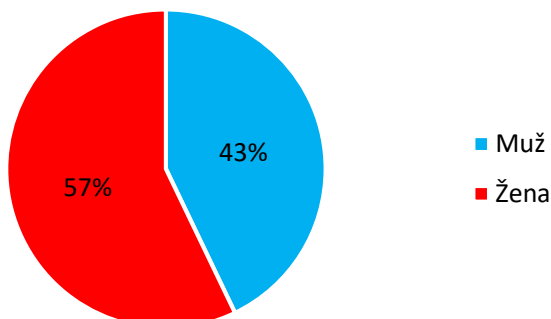
**Obr. 127:** Spokojenost v učebně

## 6.4 Otázky pro učitele a jejich vyhodnocení

Pro vyplnění dotazníku se rozhodlo 7 učitelů, kteří vyučují ve vybraných učebnách.

### 6.4.1 Pohlaví dotázaných

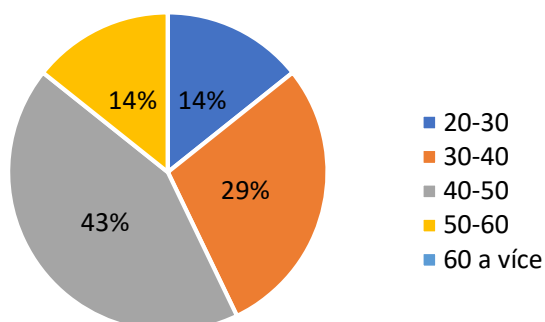
První otázka byla zaměřena na pohlaví dotázaných učitelů. Dotazníkového šetření se zúčastnili 4 ženy a 3 muži.



**Obr. 128:** Pohlaví dotázaných učitelů

### 6.4.2 Věkové rozdělení dotázaných

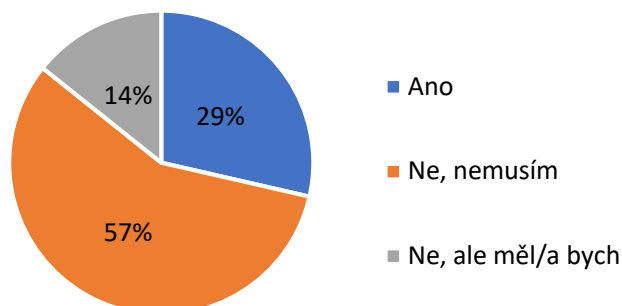
Věk dotázaných učitelů byl v rozmezí od 20 let do 60 let. Nejvíce za zapojili učitelé z věkové kategorie 40 až 50 let. Učitelé starší šedesáti let se bohužel průzkumu nezúčastnili.



**Obr. 129:** Věk dotázaných

### 6.4.3 Korekce zraku

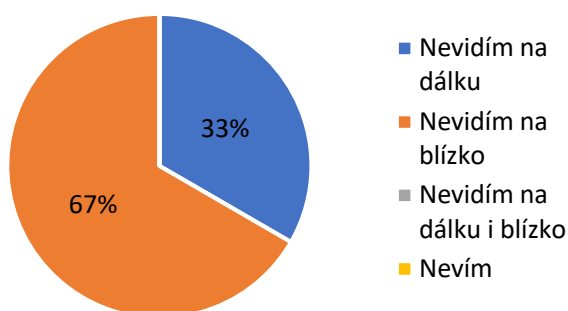
Další otázka byla zaměřena na stav zraku dotázaných. Konkrétně, zda učitelé nosí brýle nebo čočky ke korekci zraku. Pouze jedna třetina učitelů musí nosit korekci zraku. 1 učitel se přiznal, že má problémy se zrakem a měl by brýle nebo čočky používat.



**Obr. 130:** Korekce zraku

#### 6.4.4 Důvod korekce zraku

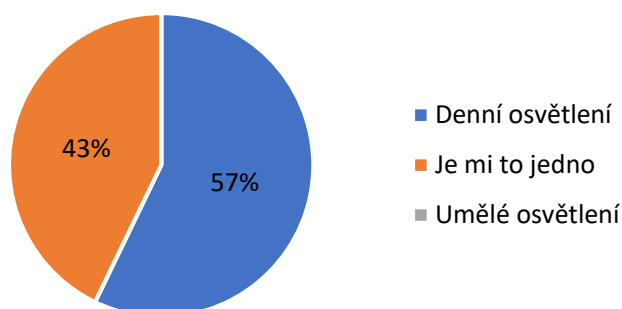
Nejčastější vadou zraku byla dalekozrakost. Na dálku nevidí pouze 1 dotázaný učitel. Tento fakt je odlišný od studentů, u kterých převážná většina neviděla dobře právě na dálku.



**Obr. 131:** Důvod korekce zraku

#### 6.4.5 Preference druhu osvětlení

Okruh otázek vztahený k dennímu osvětlení byl započat 5. otázkou ohledně preference osvětlení. Umělé osvětlení nepreferuje žádný učitel. Zbytek dotázaných učitelů preferuje denní osvětlení nebo je jim to jedno, viz obrázek 132.

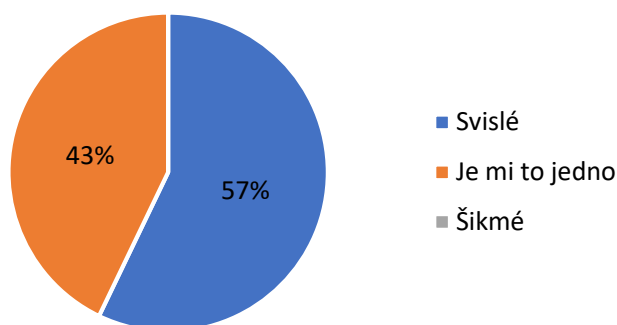


**Obr. 132:** Preference druhu osvětlení



## 6.4.6 Preference osvětlovacího otvoru

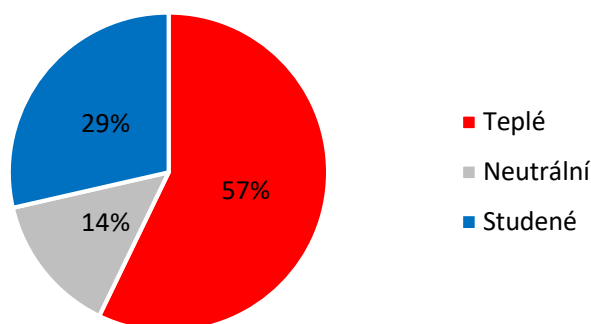
Další otázka byla zaměřená na přednosti osvětlovacího otvoru. Konkrétně, zda učitelé raději preferují svislé nebo šikmé osvětlovací otvory nebo je jim to jedno. Odpověď byla stejná jako u předchozí otázky. Šikmé osvětlovací otvory neupřednostňuje žádný z dotázaných. Učitelé upřednostňují spíše svislé osvětlovací otvory nebo je jim to jedno.



**Obr. 133:** Preference osvětlovacího otvoru

## 6.4.7 Preference barevných odstínů

Poslední všeobecnou otázkou byla preference barevných odstínů. U této otázky měli učitelé jednoznačnější názor než studenti a to takový, že většina preferuje teplé barevné odstíny.



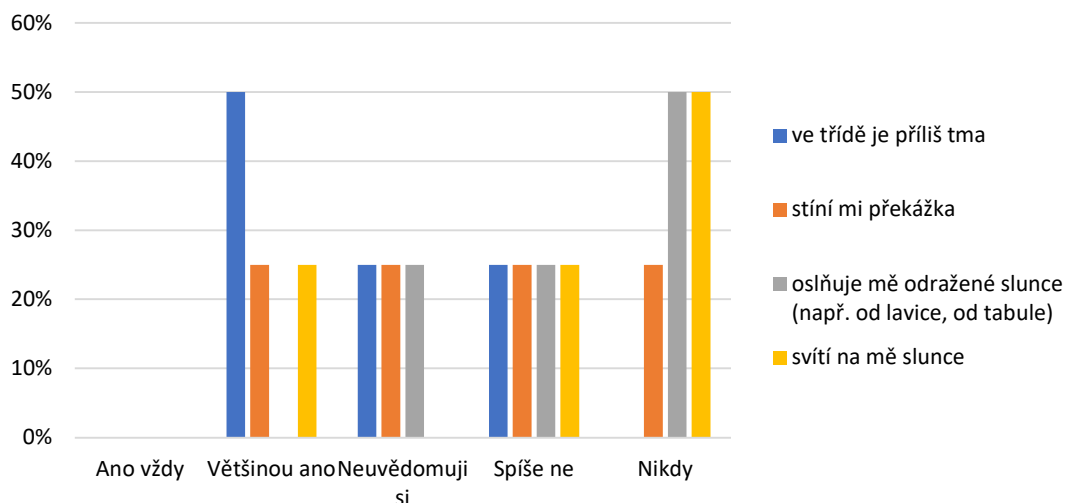
**Obr. 134:** Preference barevných odstínů

## 6.4.8 PC učebna A283

Na otázky ohledně PC učebny A283 odpověděli celkem 4 učitelé.

#### 6.4.8.1 Důvod špatného vidění na studenty

Na obrázku 135 lze vidět počty odpovědí u 8. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na studenty. Učitelé ve většině případů vidí na studenty vždy bez problému. Občasným problémem je tma v učebně. Ta je nejspíše zapříčiněna stahováním rolet z důvodu lepšího obrazu projektoru nebo odlesk od monitorů PC.



**Obr. 135:** Stává se mi, že v této učebně špatně vidím na studenty, protože:

#### 6.4.8.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky ohledně spokojenosti s množstvím denního osvětlení v učebně byli 2 učitelé spokojeni. Spíše nespokojený byl pouze 1 učitel a 1 učitel si nebyl jistý. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 136.

#### 6.4.8.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 1 učitel uvědomuje vždy, 2 učitelé nevědí, a na posledního učitele vliv spíše nemá. Vliv denního osvětlení na psychickou pohodu člověka je prokázáný a o to je znalost této problematiky důležitější u učitelé profese, při které jsou v každodenním kontaktu s ne vždy spolupracujícími studenty. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 136.

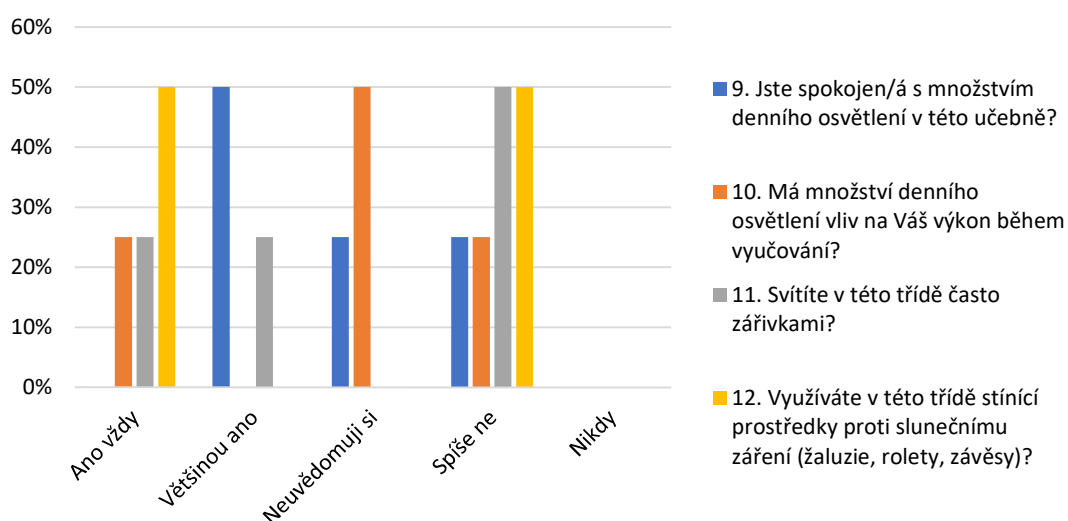
#### 6.4.8.4 Doba svícení umělým osvětlením

Důvodem častého svícení umělým osvětlením je nedostatečné množství denního osvětlení. Podle učitele, který odpověděl, že svítí zářivkami vždy, je umělé osvětlení

pro práci na PC vhodnější než světlo přirozené. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 136.

#### 6.4.8.5 Používání stínících prostředků

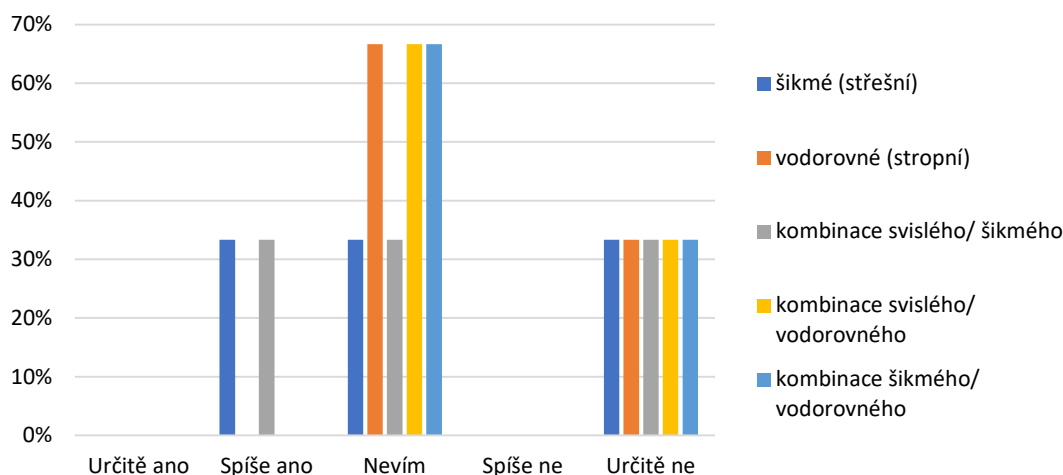
Otázka ohledně používání stínících prostředků v této učebně, konkrétně rolet, přímo souvisí s předchozí otázkou. Polovina učitelů zatahuje rolety vždy, aby předešli oslňování monitorů PC a bylo lépe vidět na promítaný obraz. Naopak druhá polovina rolety spíše nezatahuje z důvodu již tak malého množství denního osvětlení. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 136.



**Obr. 136:** Počty odpovědí u 9., 10., 11. a 12. otázky

#### 6.4.8.6 Možnost změny svislých okenních otvorů

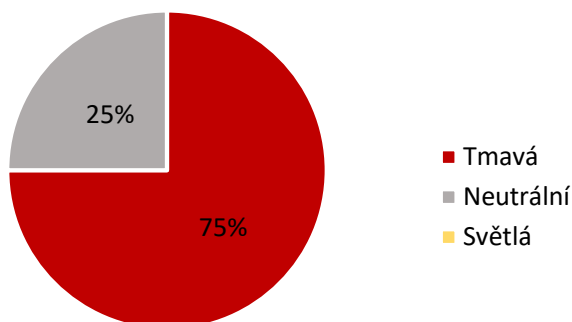
Další otázka byla zaměřená na změnu svislých okenních otvorů v učebně. Učitelé byli svolní pouze s variantou výměny za střešní okna nebo kombinaci svislých a šikmých osvětlovacích otvorů. Učitel, který by tuto možnost nevyměnil, preferuje stávající svislé okenní otvory.



**Obr. 137:** Možnost změny svislých okenních otvorů

#### 6.4.8.7 Sytost barev v učebně

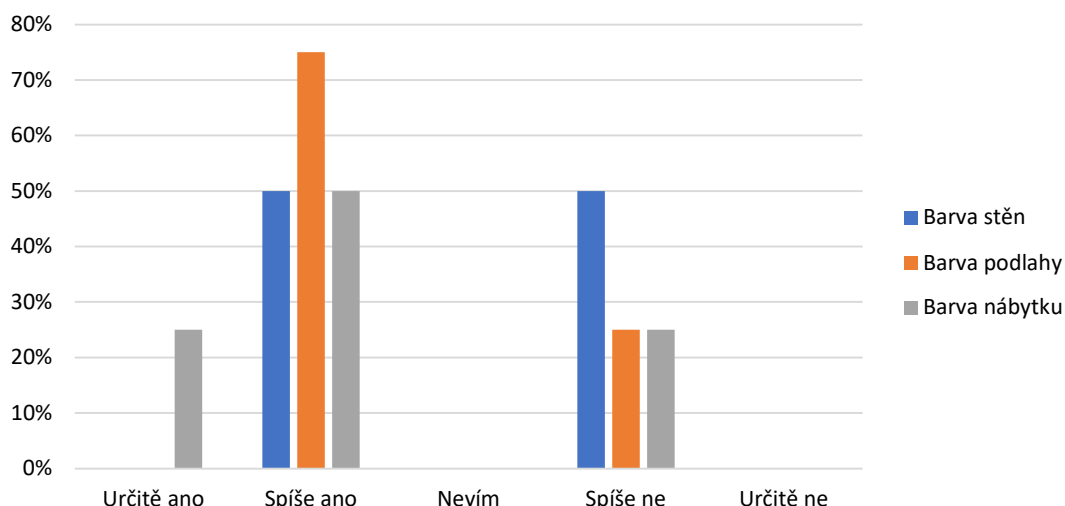
Kladená otázka ohledně sytosti barev v učebně je velmi subjektivní, protože každý člověk vnímá barvy trochu jinak, a tak se není čemu divit, že navzdory tomu, že studenti zvolili sytost barev neutrální, tak učitelé zvolili sytost tmavou.



**Obr. 138:** Sytost barev v učebně

#### 6.4.8.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

Dle následujícího obrázku 139 lze říci, že učitelé jsou víceméně spokojeni s výběrem použitých barev podlahy a nábytku v této učebně. Rozporuplně odpověděli ohledně barvy stěn. Polovina dotázaných spokojená spíše je, kdežto druhá polovina nikoli.



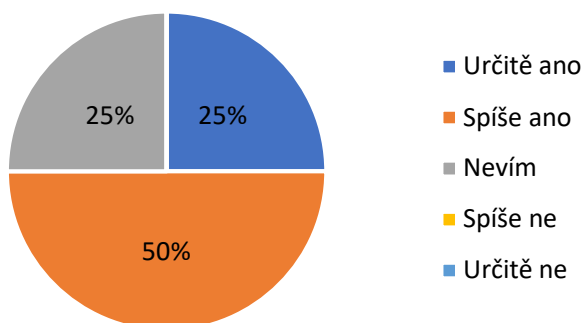
**Obr. 139:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

#### 6.4.8.9 Možnost změny barev v učebně

Kdyby měli učitelé možnost změnit barvy v učebně, většina by zvolila světlejší barvu stěn. Konkrétně barvu teplejší z důvodu orientace učebny k severní světové straně. Znamená to, že jim v této učebně chybí přímé sluneční paprsky a například v zimě pocít tepla.

#### 6.4.8.10 Spokojenost v učebně

Poslední otázka byla směřována na pocity učitelů v učebně. Převážně většina se v učebně cítí spokojeně, což lze vidět na obrázku 140. Vyzdvihují například orientaci na sever, díky které se studentům tolik neoslňují monitory PC nebo promítací plocha. Nevýhodu vidí v celodenním umělém svícení.



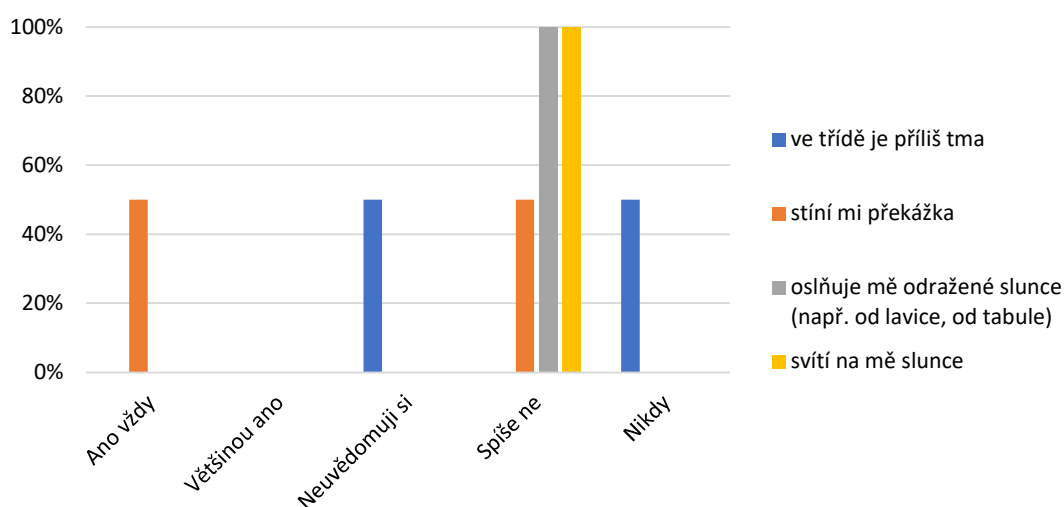
**Obr. 140:** Spokojenost v učebně

## 6.4.9 PC učebna A454

Na otázky ohledně PC učebny A454 odpověděli celkem 2 učitelé. Konkrétně se jednalo o 2 muže ve věku 30 až 50 let.

### 6.4.9.1 Důvod špatného vidění na studenty

Na obrázku 141 lze vidět počty odpovědí u 44. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na studenty. Učitelé ve většině případů vidí na studenty vždy bez problému. Občasným problémem je stínící překážka, pravděpodobně sloupy krovu, na které se stěžovali již studenti.



**Obr. 141:** Stává se mi, že v této učebně špatně vidím na studenty, protože:

### 6.4.9.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky zaměřené na spokojenost s množstvím denního osvětlení jsou oba učitelé spokojeni. Odpověď koresponduje s výpočtem v kapitole 5.3. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 142.

### 6.4.9.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 1 učitel neuvědomuje a 1 učitel si myslí, že vliv spíše nemá. Vliv denního osvětlení na psychickou pohodu člověka je prokázáný a o to je znalost této problematiky důležitější u učitelské profese, při které jsou v každodenním kontaktu s ne vždy spolupracujícími studenty. Výsledek odpovědí je závislý na množství denního osvětlení v učebně, kde je ho v tomto případě dostatek. To je

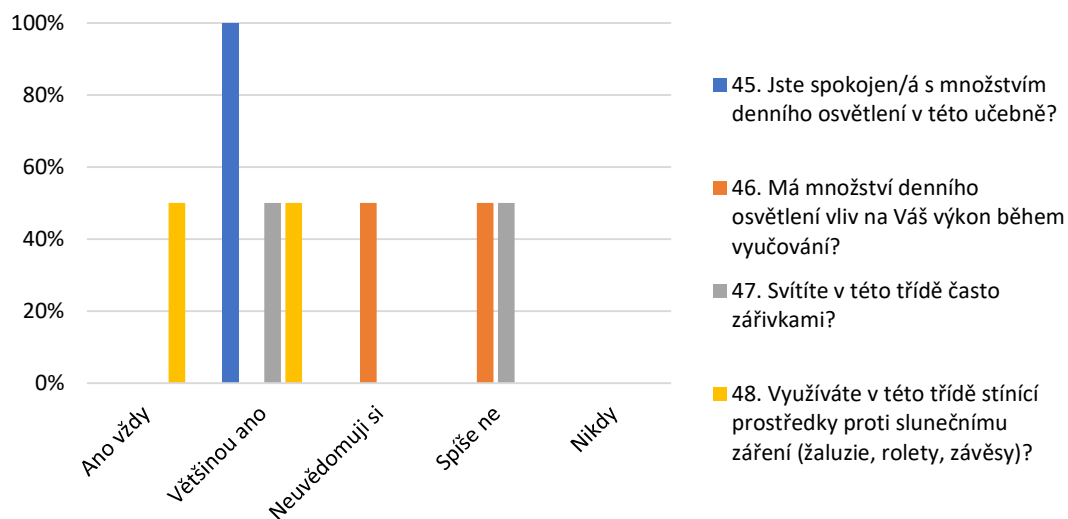
možný důvod, proč si jeho vliv učitelé neuvědomují. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 142.

#### 6.4.9.4 Doba svícení umělým osvětlením

Polovina dotázaných používá většinou často osvětlení zářivkami, kdežto druhá polovina spíše ne. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 142.

#### 6.4.9.5 Používání stínících prostředků

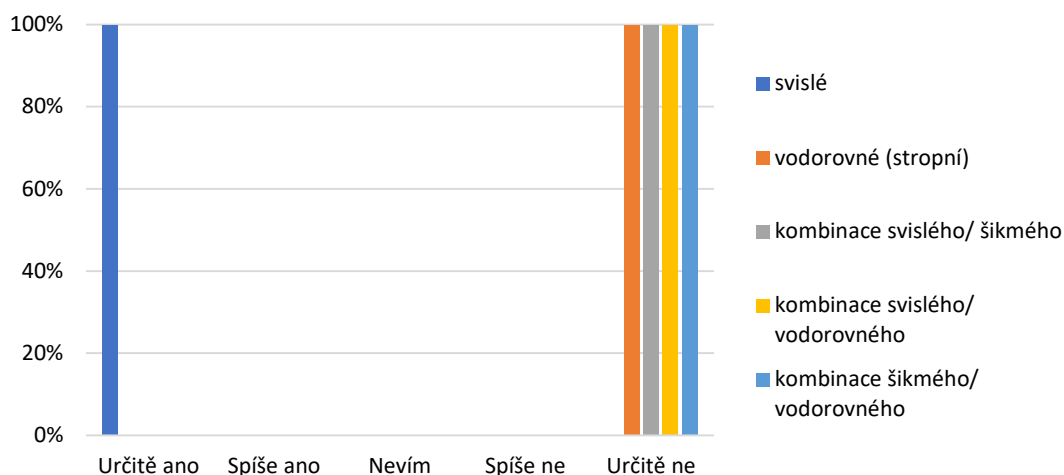
Učitelé využívají stínící prostředky, konkrétně vnitřní žaluzie, často z důvodu lepší viditelnosti promítaného obrazu. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 142.



**Obr. 142:** Počty odpovědí u 45., 46., 47. a 48. otázky

#### 6.4.9.6 Možnost změny šikmých okenních otvorů

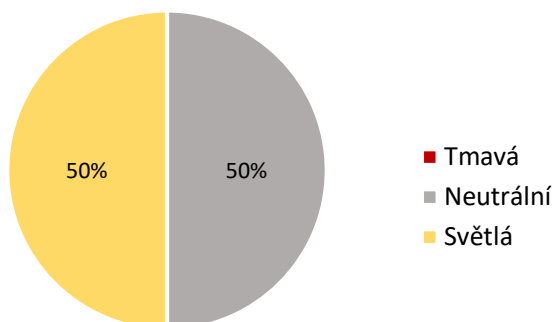
Další otázka byla zaměřena na změnu šikmých okenních otvorů v učebně. Učitelé byli svolní pouze s variantou výměny za svislé okenní otvory.



**Obr. 143:** Možnost změny svislých osvětlovacích otvorů

#### 6.4.9.7 Sytost barev v učebně

Kladená otázka týkající se sytosti barev v učebně je velmi subjektivní, protože každý člověk vnímá barvy trochu jinak, a tak je přirozené, že jeden učitel zvolil sytost barev neutrální, kdežto druhý učitel zvolil sytost barev světlou.

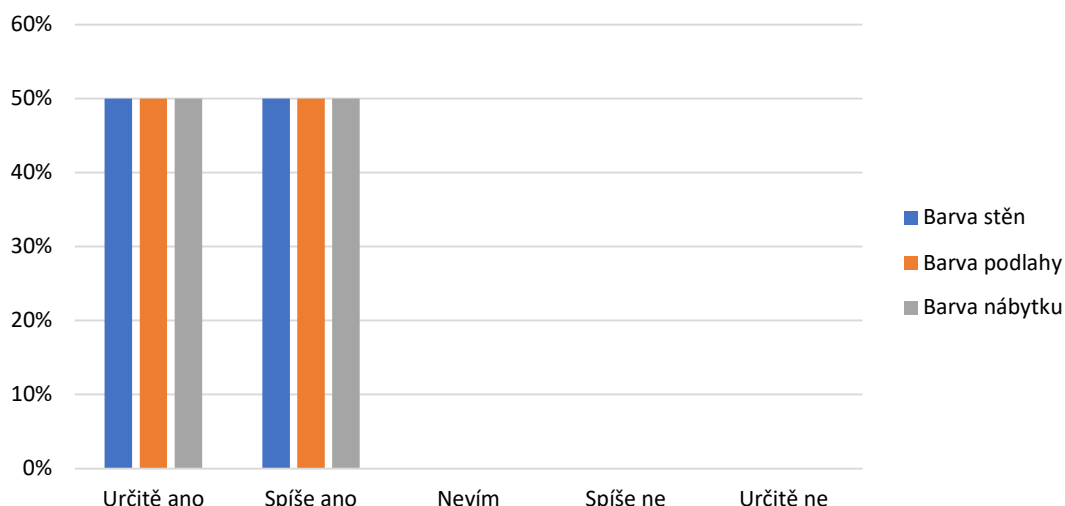


**Obr. 144:** Sytost barev v učebně

#### 6.4.9.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

Dle následujícího obrázku 145 lze říci, že učitelé jsou víceméně spokojeni s výběrem použitých barev podlahy a nábytku v této učebně. Rozporuplně dopadla barva stěn, kde polovina dotázaných spokojená spíše je, kdežto druhá polovina nikoli.





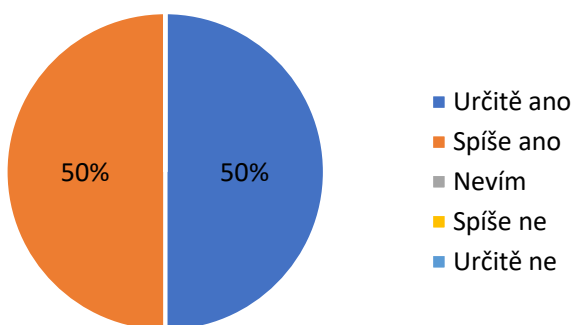
**Obr. 145:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

#### 6.4.9.9 Možnost změny barev v učebně

K otázce týkající se změny barev v učebně se dotázaní nevyjádřili. Vzhledem k výsledku předchozí otázky by zřejmě barvy v učebně ponechali.

#### 6.4.9.10 Spokojenost v učebně

Poslední otázka byla směřována na pocity učitelů v učebně. Oba učitelé se cítí v učebně spokojeně, což lze vidět na obrázku 146. Vyzdvihují například množství osvětlovacích otvorů orientovaných na severní a jižní stranu. Pokud v jarních a letních měsících zatáhnou žaluzie na jižně orientovaných osvětlovacích otvorech, je v učebně stále dostatečné množství denního osvětlení ze severních otvorů. Zároveň lze učebnu často větrat, což není možné v učebnách s roletami, kde se se zataženými roletami nelze otevřít okna.



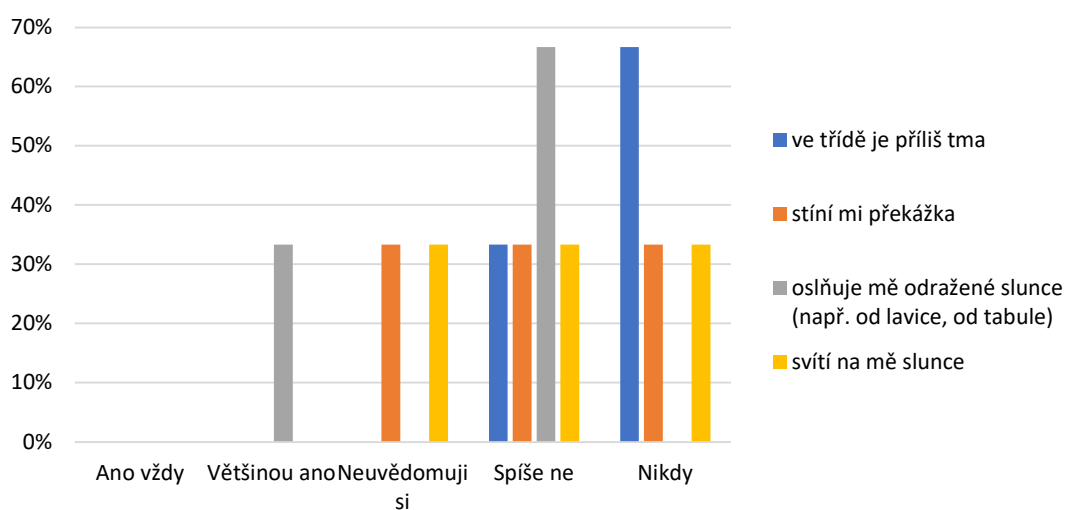
**Obr. 146:** Spokojenost v učebně

## 6.4.10 Odborná učebna A319

Na otázky týkající se odborné učebny A319 odpověděli celkem 3 učitelé. Konkrétně 2 ženy ve věku 40 až 60 let a 1 muž ve věku 30 až 40 let.

### 6.4.10.1 Důvod špatného vidění na studenty

Na obrázku 147 lze vidět počty odpovědí u 20. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na studenty. Učitelé ve většině případů vidí na studenty vždy bez problému. Občasným problémem je oslňování od odraženého světla.



**Obr. 147:** Stává se mi, že v této učebně špatně vidím na studenty, protože:

### 6.4.10.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky ohledně spokojenosti s množstvím denního osvětlení v učebně byli 2 učitelé spokojeni a 1 učitel si nebyl jistý, zda je spokojen. Dle výpočtu množství denního osvětlení v kapitole 5.3 tato učebna sice nevyhovuje legislativním požadavkům, ale vzhledem k množství denního osvětlení se jeví celkem optimálně. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 148.

### 6.4.10.3 Vliv denního osvětlení na výkon

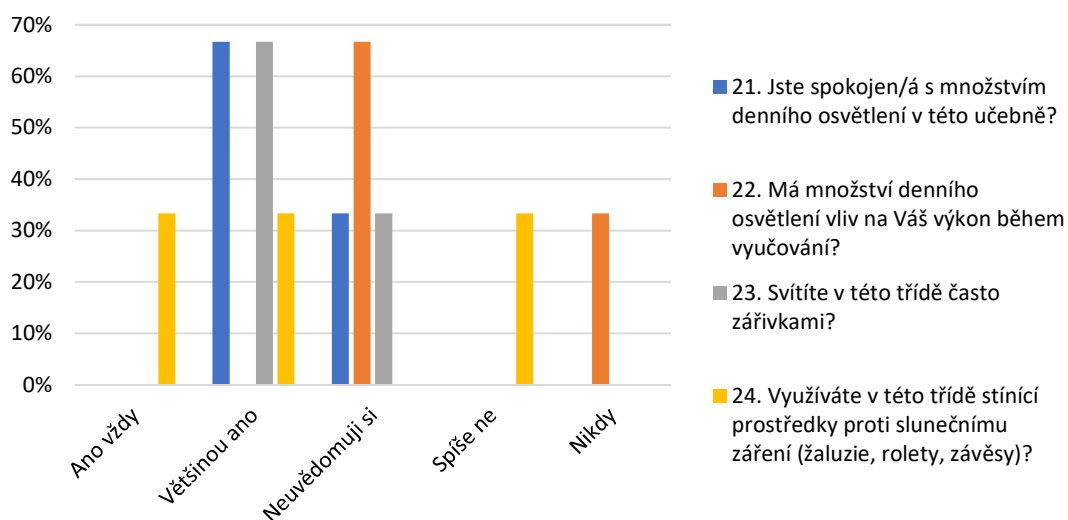
Vliv denního osvětlení na výkon během vyučování si 2 učitelé neuvědomují a na 1 učitele nemá vliv nikdy. Tento pocit může být zapříčiněn stejně jako v učebně A454 dostatečným množstvím denního osvětlení. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 148.

#### 6.4.10.4 Doba svícení umělým osvětlením

Umělé osvětlení používají 2 učitelé většinou často a 1 učitel si toho není vědom. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 148.

#### 6.4.10.5 Používání stínících prostředků

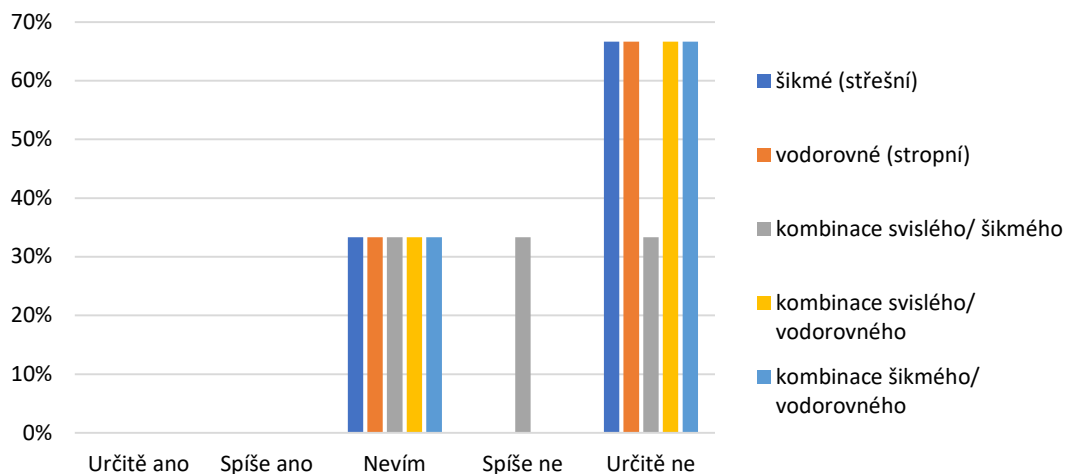
Používání stínících prostředků v této učebně, konkrétně rolet, využívají často nebo vždy 2 učitelé ze 3. Důvodem je lepší obraz na promítacím plátně. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 148.



Obr. 148: Počty odpovědí u 21., 22., 23. a 24. otázky

#### 6.4.10.6 Možnost změny svislých okenních otvorů

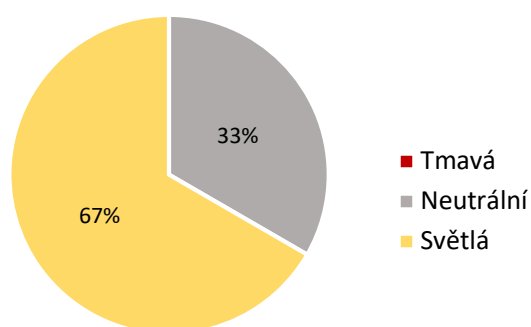
Další otázka byla zaměřena na změnu svislých okenních otvorů v učebně. Při pohledu na obrázek 149 lze vyčíst, že učitelé by svislé okenní otvory neměnili.



Obr. 149: Možnost změny svislých osvětlovacích otvorů

#### 6.4.10.7 Sytost barev v učebně

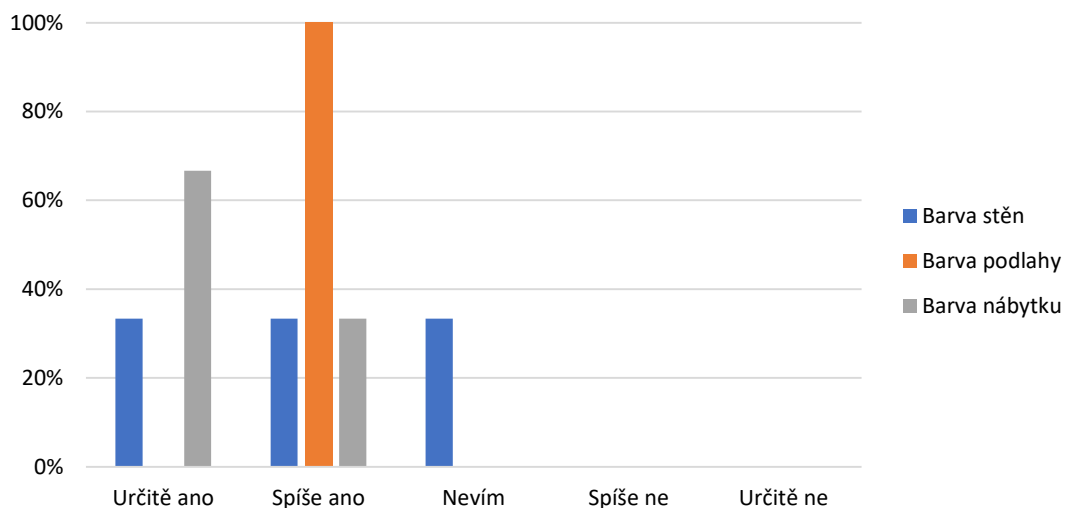
Kladená otázka zaměřená na sytost barev v učebně je velmi subjektivní. Dva učitelé jsou toho názoru, že sytost barev je světlá. Poslední učitel preferoval sytost barev neutrální. To odpovídá barevnosti učebny, ve které jsou stěny vymalovány převážně žlutou barvou se světlým nábytkem a podlahou.



**Obr. 150:** Sytost barev v učebně

#### 6.4.10.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

Dle následujícího obrázku 151 lze říci, že učitelé jsou spokojeni s výběrem použitých barev stěn, podlahy a nábytku v této učebně. Pouze jeden učitel si není jistý barvou výmalby stěn.



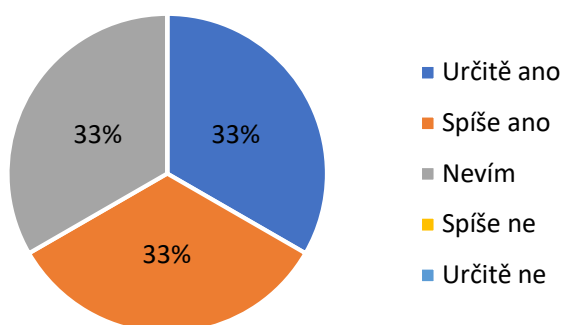
**Obr. 151:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

#### 6.4.10.9 Možnost změny barev v učebně

K otázce týkající se změny barev v učebně se dotázaní nevyjádřili. Vzhledem k výsledku předchozí otázky by zřejmě barvy v učebně ponechali.

#### 6.4.10.10 Spokojenost v učebně

Poslední otázka byla směřována na pocity učitelů v učebně. Převážně většina se v učebně cítí spokojeně, což lze vidět na obrázku 152. Respondenti vyzdvihují například polohu učebny, která není rušena vedlejšími učebnami nebo spojovací chodbou.



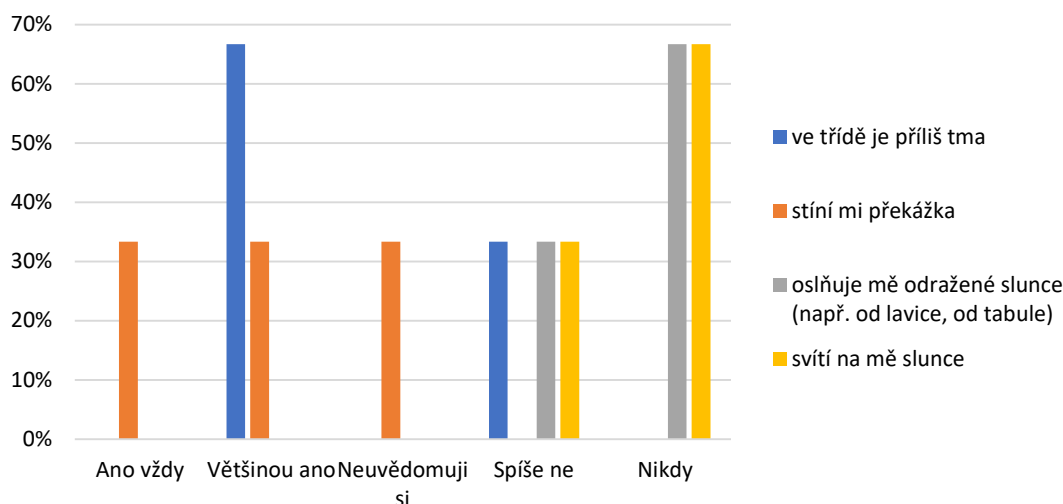
*Obr. 152: Spokojenost v učebně*

#### 6.4.11 Odborná učebna A405

Na otázky ohledně odborné učebny A405 odpověděli celkem 3 učitelé. Konkrétně 1 žena ve věku od 40 do 50 let a 2 muži ve věku 30 až 50 let.

##### 6.4.11.1 Důvod špatného vidění na studenty

Na obrázku 153 lze vidět počty odpovědí u 32. otázky, která byla zaměřena na problematiku špatného vidění na studenty. Učitelé ve většině případů vidí na studenty vždy bez problému. Občasným problémem je stínící překážka sloupu krovu nebo přílišná tma v učebně.



**Obr. 153:** Stává se mi, že v této učebně špatně vidím na studenty, protože:

#### 6.4.11.2 Spokojenost s množstvím denního osvětlení

U otázky zaměřené na spokojenost s množstvím denního osvětlení v učebně byli všichni učitelé nespokojeni. Dle výpočtu množství denního osvětlení v kapitole 5.3 tato učebna opravdu nevyhovuje legislativním požadavkům, tudíž je jejich stížnost na místě. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 154.

#### 6.4.11.3 Vliv denního osvětlení na výkon

Pouze jeden učitel si myslí, že má denní osvětlení vliv na jeho výkon. Ostatní 2 učitelé jsou opačného názoru. To může být zapříčiněno tím, že učitelé učí převážně v této učebně a již si na špatné světelné podmínky zvykli. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 154.

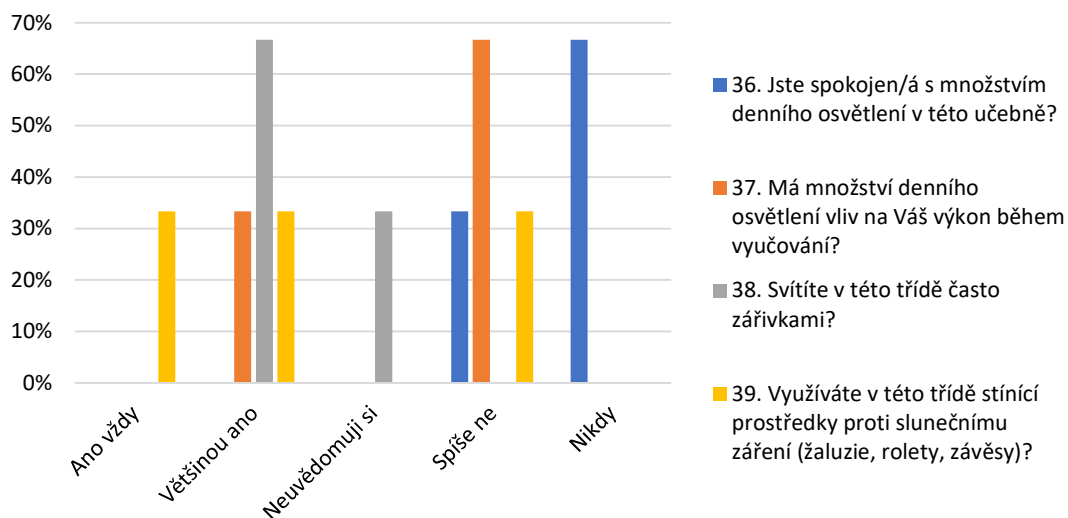
#### 6.4.11.4 Doba svícení umělým osvětlením

Umělé osvětlení používají 2 učitelé většinou často a 1 učitel si toho není vědom. Kompenzují tím nízké množství denního osvětlení. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 154.

#### 6.4.11.5 Používání stínících prostředků

Používání stínících prostředků v této učebně, konkrétně vnitřními žaluziemi, využívají často nebo vždy 2 učitelé ze 3. Důvodem je lepší vidění na promítací plátno

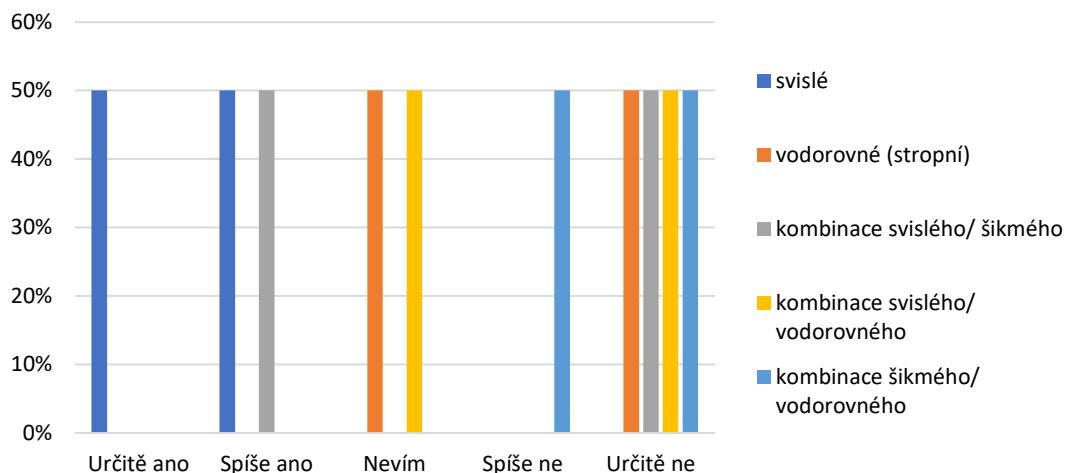
nebo nelibost u studentů, kteří jsou vystaveni přímým slunečním paprskům. Konkrétní rozložení výsledků v procentech si lze prohlédnout na obrázku 154.



**Obr. 154:** Počty odpovědí u 36., 37., 38. a 39. otázky

#### 6.4.11.6 Možnost změny šikmých okenních otvorů

Další otázka byla zaměřena na změnu šikmých okenních otvorů v učebně. Při pohledu na obrázek 155 lze vidět, že by šikmé osvětlovací otvory dotazovaní vyměnili za svislé osvětlovací otvory nebo kombinaci svislých a šikmých osvětlovacích otvorů.

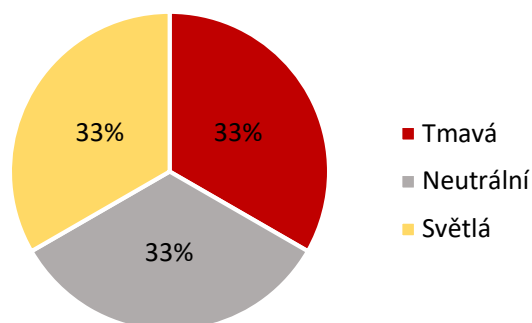


**Obr. 155:** Možnost změny svislých osvětlovacích otvorů

#### 6.4.11.7 Sytost barev v učebně

Kladená otázka ohledně sytosti barev v učebně je velmi subjektivní. Každý učitel odpověděl jinak. Navzdory tomu, že je učebna vymalována světle žlutou barvou, hloubka

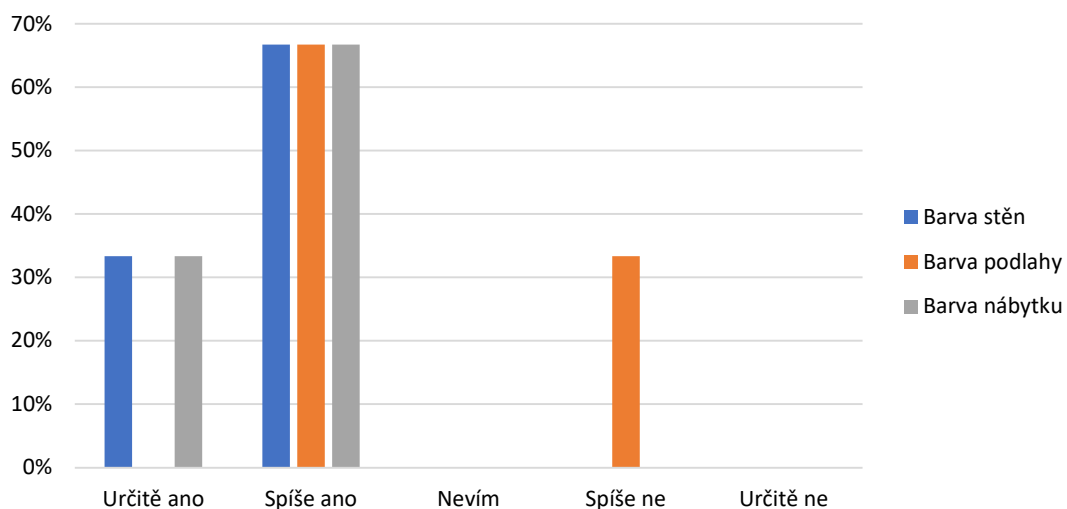
učebny a tmavě natřené sloupy spojené s malým množstvím denního osvětlení mohou působit tmavě.



**Obr. 156:** Sytost barev v učebně

#### 6.4.11.8 Spokojenost s výběrem barev v učebně

Dle následujícího obrázku 157 lze říci, že učitelé jsou spokojeni s výběrem použitých barev stěn, podlahy a nábytku v této učebně. Pouze jeden učitel není spokojen s barvou podlahy.



**Obr. 157:** Spokojenost s výběrem barev ve třídě

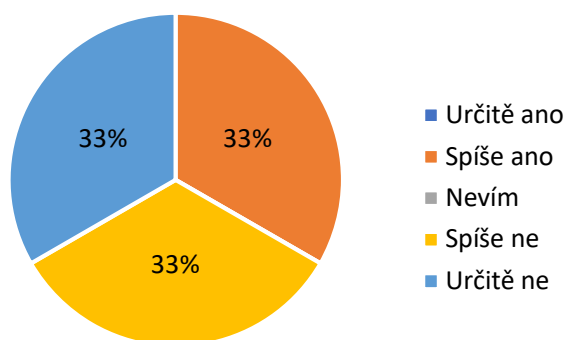
#### 6.4.11.9 Možnost změny barev v učebně

K otázce týkající se změny barev v učebně se dotázaní nevyjádřili. Vzhledem k výsledku předchozí otázky by zřejmě barvy v učebně ponechali.



#### 6.4.11.10 Spokojenost v učebně

Poslední otázka byla směřována na pocity učitelů v učebně. Převážná většina se v učebně necítí spokojeně, což je patrné z obrázku 158. Nelíbí se jim například dispoziční uspořádání stolů, mezi kterými nejsou mezery a studenti jsou tím pádem rozptylováni z obou stran. Učitelé jsou také limitováni sloupy, které jim vadí ve výhledu a na které si stěžovali již studenti. Konstruktivně je učebna však neměnná.



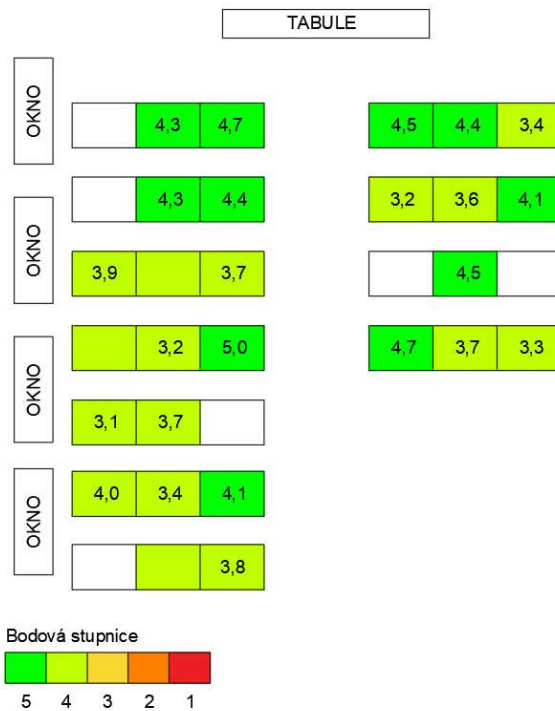
Obr. 158: Spokojenost v učebně

### 6.5 Vyhodnocení I. hypotézy pro studenty

První hypotéza zní: „*Studenti, kteří sedí dále od okna jsou více nespokojeni s množstvím denního osvětlení, než studenti sedící blíže k oknu*“. Vybrané otázky z dotazníkového šetření potvrdí nebo vyvrátí danou hypotézu.

#### 6.5.1 PC učebna A283

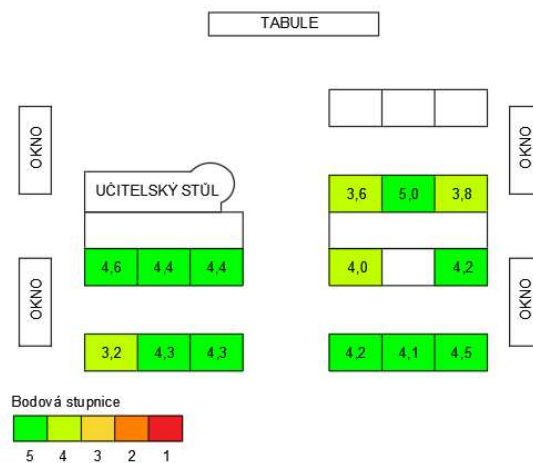
Podle první hypotézy by měli být studenti sedící dále od okenních výplní více nespokojeni. V bodovém hodnocení to znamená, že by místa k sezení vpravo měla mít menší číselnou hodnotu, než místa blíže k oknu. Při pohledu na obrázek 159 lze vidět, že hypotéze by byla potvrzena pouze v prvních dvou řadách od tabule. Dotazníkové šetření je velmi subjektivní a velmi záleží na momentálním psychickém stavu dotázaného. Hypotéza v této učebně byla vyvrácena.



**Obr. 159:** Výsledky I. hypotézy

## 6.5.2 PC učebna A454

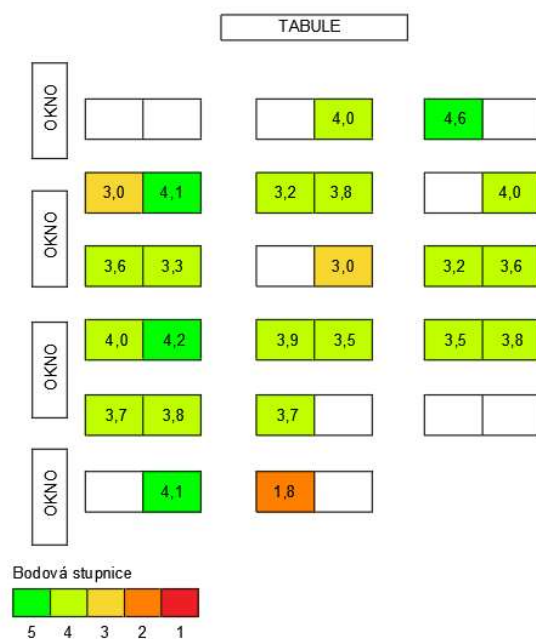
Podle první hypotézy by měli být studenti sedící dále od okenních výplní více nespokojeni. Na obrázku 160 lze vidět, že hodnoty spokojenosti se směrem od osvětlovacích otvorů až na pár výjimek snižují. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr. 160:** Výsledky I. hypotézy

### 6.5.3 Odborná učebna A319

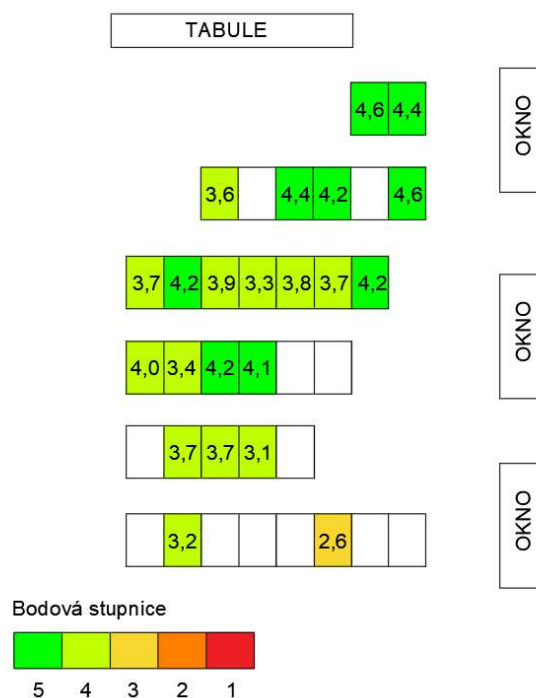
Podle první hypotézy by měli být studenti sedící dále od okenních výplní více nespokojeni. Při pohledu na vyhodnocení hypotézy na obrázku 161 lze vidět, že až na výjimku v 1. řadě u třetího stolu jsou opravdu studenti sedící blíže k oknu více spokojeni s denním osvětlením. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr. 161:** Výsledky I. hypotézy

### 6.5.4 Odborná učebna A405

Podle první hypotézy by měli být studenti sedící dále od okenních výplní více nespokojeni. Při pohledu na vyhodnocení hypotézy na obrázku 162 lze vidět, že až na pár výjimek jsou nejvíce spokojeni studenti sedící blíže k osvětlovacím otvorům. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr. 162:** Výsledky I. hypotézy

### 6.5.5 Závěrečné vyhodnocení I. hypotézy

Vyhodnocení první hypotézy proběhlo ve všech vybraných učebnách. Až na PC učebnu A283 byla hypotéza ve všech učebnách potvrzena. Studenti sedící blíže k oknu jsou více spokojeni s množstvím denního osvětlení. Celkově lze tedy tvrdit, že tato hypotéza byla potvrzena.

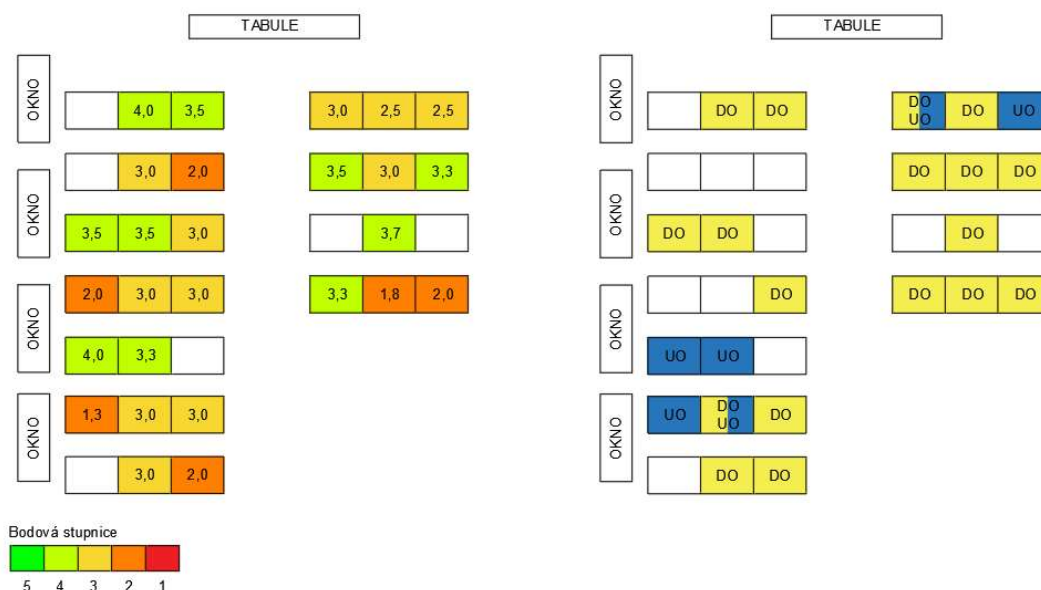
## 6.6 Vyhodnocení II. hypotézy pro studenty

Druhá hypotéza zní: „Studenti jsou přesvědčeni, že denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během výuky.“ Vybrané otázky z dotazníkového šetření potvrdí nebo vyvrátí danou hypotézu.

### 6.6.1 PC učebna A283

Podle druhé hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Při pohledu na obrázek 163 vpravo, lze vidět žlutě vybarvená místa. Na těch sedí studenti, kteří upřednostňují denní osvětlení. Na místech vybarvených modře upřednostňují studenti umělé osvětlení. Místa, na kterých zůstalo políčko prázdné, vykazují, že student neupřednostňuje ani jeden

system osvětlení. Na obrázku 163 vlevo lze vidět bodové ohodnocení vlivu denního osvětlení na soustředěnost. Místa zbarvená do zelena, kterých je 11, znázorňují, že denní osvětlení má vliv na soustředěnost studentů během vyučování. Oranžově zbarvená místa, kterých je 10, jsou místa studentů, kteří nevěděli a do červena zbarvená místa studentů, kterých je 6, vliv denního osvětlení na soustředěnost nepocítují. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr. 163:** Výsledky II. hypotézy (DO – denní osvětlení, UO – umělé osvětlení)

## 6.6.2 PC učebna A454

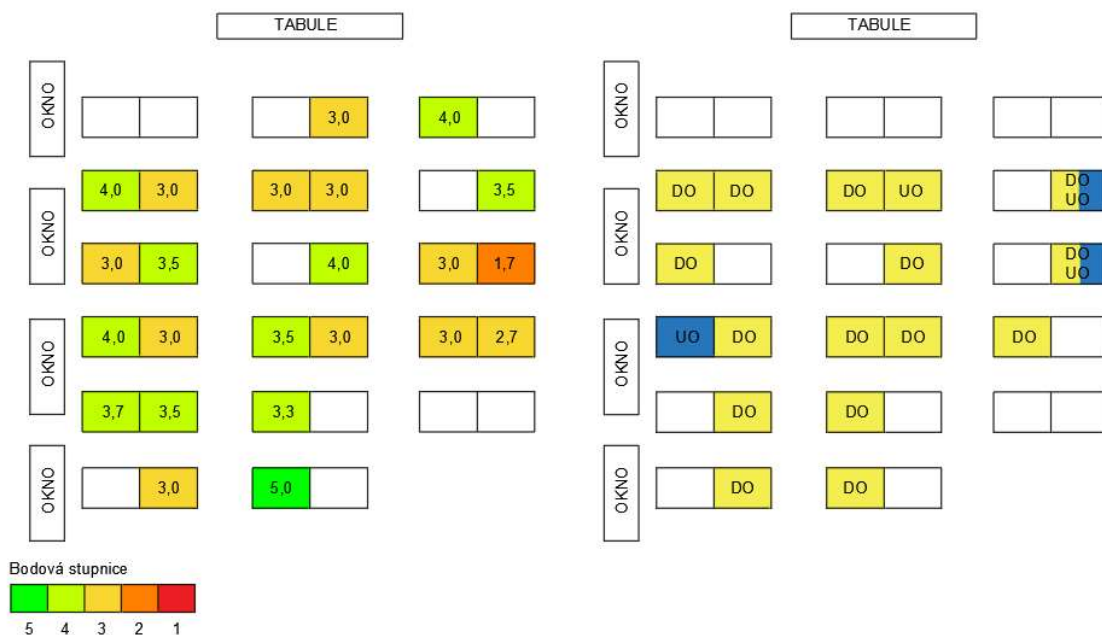
Podle druhé hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 164 vpravo lze vidět, že umělé osvětlení upřednostňují studenti pouze na 3 místech. Vliv denního osvětlení si uvědomují studenti na 7 místech. To je více než na místech, kde si studenti vliv denního osvětlení neuvědomují nebo jsou přesvědčeni, že denní osvětlení vliv na jejich soustředěnost nemá. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr. 164:** Výsledky II. hypotézy (DO – denní osvětlení, UO – umělé osvětlení)

### 6.6.3 Odborná učebna A319

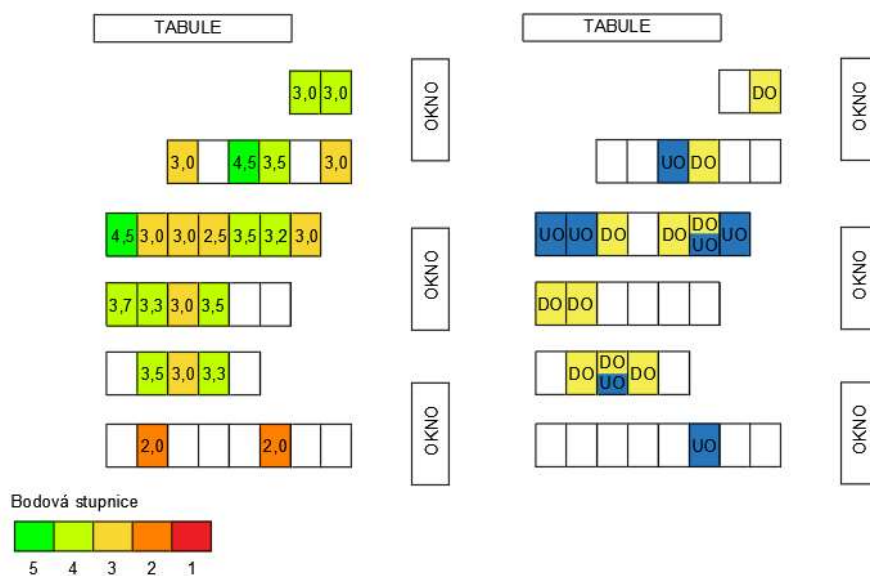
Podle druhé hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 165 vpravo lze vidět, že umělé osvětlení upřednostňují studenti pouze na 3 místech. Jsou to místa vzdálenější od osvětlovacích otvorů zřejmě z důvodu nedostatečného množství denního osvětlení. Vliv denního osvětlení si více uvědomují studenti sedící blíže k osvětlovacím otvorům. Celkem se jedná o 11 míst. Studenti sedící na dalších 11 místech si jejich vliv na denní osvětlení neuvědomují. Na zbylých dvou místech k sezení si studenti myslí, že denní osvětlení nemá vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Hypotéza v této učebně se nedá potvrdit, ani vyvrátit. Důvodem je stejný počet míst, na kterých jsou studenti přesvědčeni o vlivu denního osvětlení na soustředěnost a stejný počet míst, kde si studenti jistí nejsou.



**Obr. 165:** Výsledky II. hypotézy (DO – denní osvětlení, UO – umělé osvětlení)

## 6.6.4 Odborná učebna A405

Podle druhé hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 166 vpravo lze vidět, že umělé osvětlení upřednostňují studenti pouze na 5 místech. Vliv denního osvětlení si uvědomují všichni kromě studentů, kteří sedí na 3 místech, nebo si jeho vliv neuvědomují. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr.166:** Výsledky II. hypotézy (DO – denní osvětlení, UO – umělé osvětlení)

## 6.6.5 Závěrečné vyhodnocení II. hypotézy

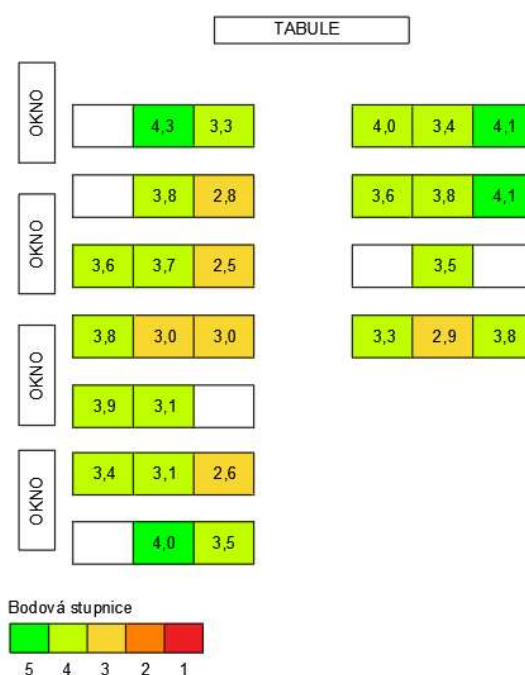
Vyhodnocení druhé hypotézy proběhlo ve všech vybraných učebnách. Kromě odborné učebny A319, u které hypotézu nelze vyhodnotit, byla hypotéza ve všech ostatních učebnách potvrzena. Celkově lze tedy tvrdit, že tato hypotéza byla potvrzena.

## 6.7 Vyhodnocení III. hypotézy pro studenty

Třetí hypotéza zní: „*Studenti jsou přesvědčeni, že volba teplých a světlých odstínů interiéru učebny má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během výuky*“. Vybrané otázky z dotazníkového šetření potvrdí nebo vyvrátí danou hypotézu.

### 6.7.1 PC učebna A283

Podle třetí hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že volba teplých a světlých odstínů interiéru učebny má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 167 níže lze vidět, že většina studentů ovlivněna barvami interiéru je. Při uvažování oblíbenosti odstínů, zvítězily teplé odstíny v 1. a 7. řadě. Ve 4. řadě preferují neutrální odstíny a ve všech ostatních řadách zvítězily odstíny studené. Hypotéza v této učebně byla vyvrácena. Světlé odstíny pozitivní vliv na studenty mají, ale naopak teplé barvy by raději vyměnili za studené.

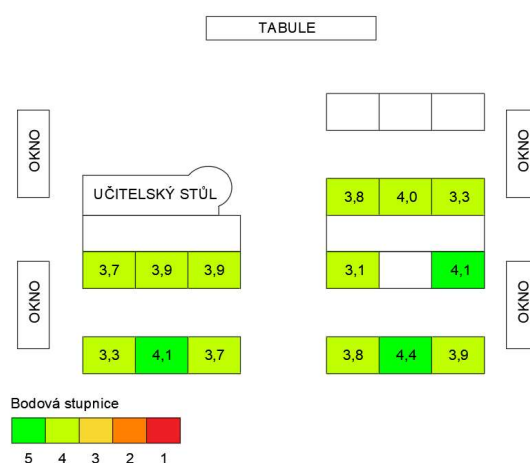


**Obr. 167:** Výsledky III. hypotézy



## 6.7.2 PC učebna A454

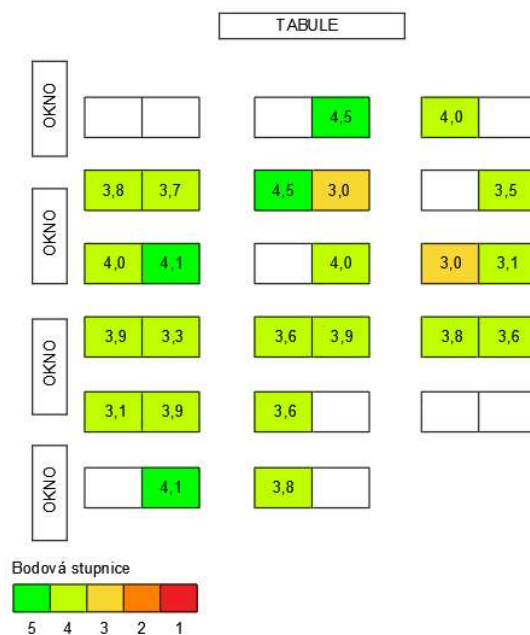
Podle třetí hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že volba teplých a světlých odstínů interiéru učebny má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 168 níže lze vidět, že většina studentů ovlivněna barvami interiéru je. V této učebně jsou ovlivněni pozitivně a barvu učebny označili za světlou nebo neutrální. Při uvažování oblíbenosti odstínů, zvítězily u studentů odstíny teplé. Hypotéza v této učebně byla potvrzena.



**Obr. 168:** Výsledky III. hypotézy

## 6.7.3 Odborná učebna A319

Podle třetí hypotézy by měli být studenti přesvědčeni, že volba teplých a světlých odstínů interiéru učebny má pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 169 níže lze vidět, že většina studentů, kromě 2, kteří nevěděli, světlými a teplými odstíny ovlivněna je a je spokojena s výběrem barev v interiéru. Velká část dotázaných odpověděla, že barvy ve třídě jsou světlé. Při uvažování oblíbenosti odstínů, zvítězily teplé odstíny pouze v 7. řadě. Ve 3. a 6. řadě mají studenti nejvíce v oblibě studené odstíny a ve všech ostatních řadách upřednostňují neutrální odstíny. Hypotéza v této učebně byla potvrzena. Studenti mají v oblibě světlé odstíny barev, ale už ne teplé, nýbrž studené nebo neutrální.



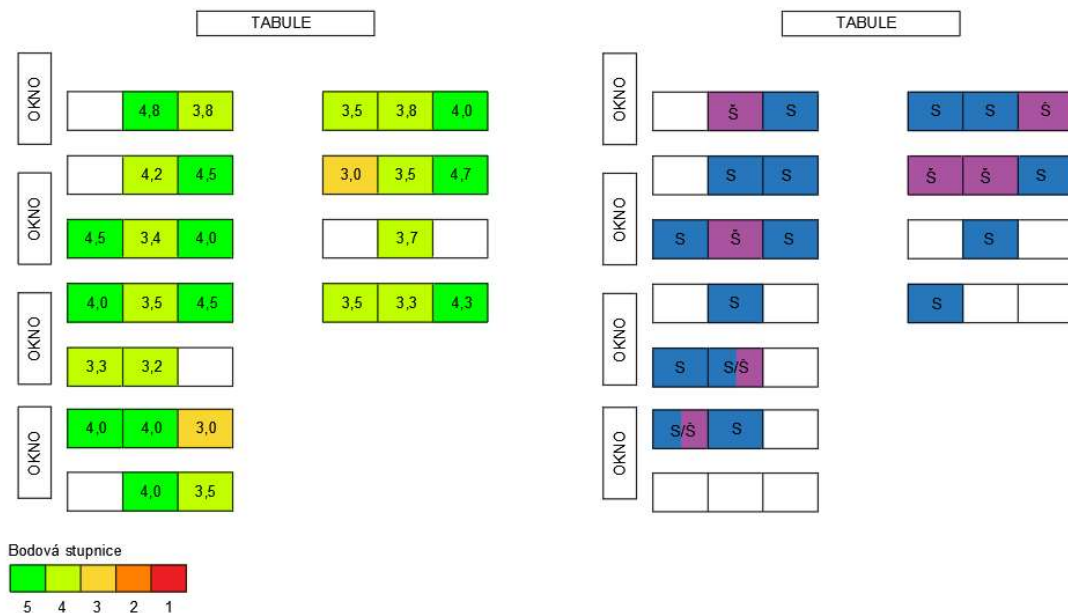
**Obr. 169:** Výsledky III. hypotézy

## 6.7.4 Odborná učebna A405

Na základě vybraných otázek byla vyšetřena třetí hypotéza. Podle ní by měli být studenti přesvědčeni, že volba teplých a světlých odstínů interiéru učebny pozitivní vliv na jejich soustředěnost během vyučování. Na obrázku 170 níže lze vidět, že většina studentů je ovlivněna barvami interiéru a zároveň jsou spokojeni s výběrem barev v interiéru. Většina dotázaných odpověděla, že barvy ve třídě jsou světlé. Při uvažování oblíbenosti odstínů, zvítězily studené odstíny pouze v 6. řadě. V 1., 2. a 5. řadě mají nejvíce v oblibě studené odstíny a ve všech ostatních řadách upřednostňují neutrální odstíny. Hypotéza v této učebně byla potvrzena. Volba teplých a světlých tónů má pozitivní vliv na dotázané studenty.



a na modře zbarvených místech studenti preferují svislé osvětlovací otvory. Na levé straně obrázku je vyhodnocena spokojenost studentů. Hypotéza v této učebně byla potvrzena. Studenti jsou více spokojeni se svislým osvětlením než se šikmým osvětlením.



**Obr. 171:** Výsledky IV. hypotézy (S – svislý, Š – šikmý osvětlovací otvor)

## 6.8.2 PC učebna A454

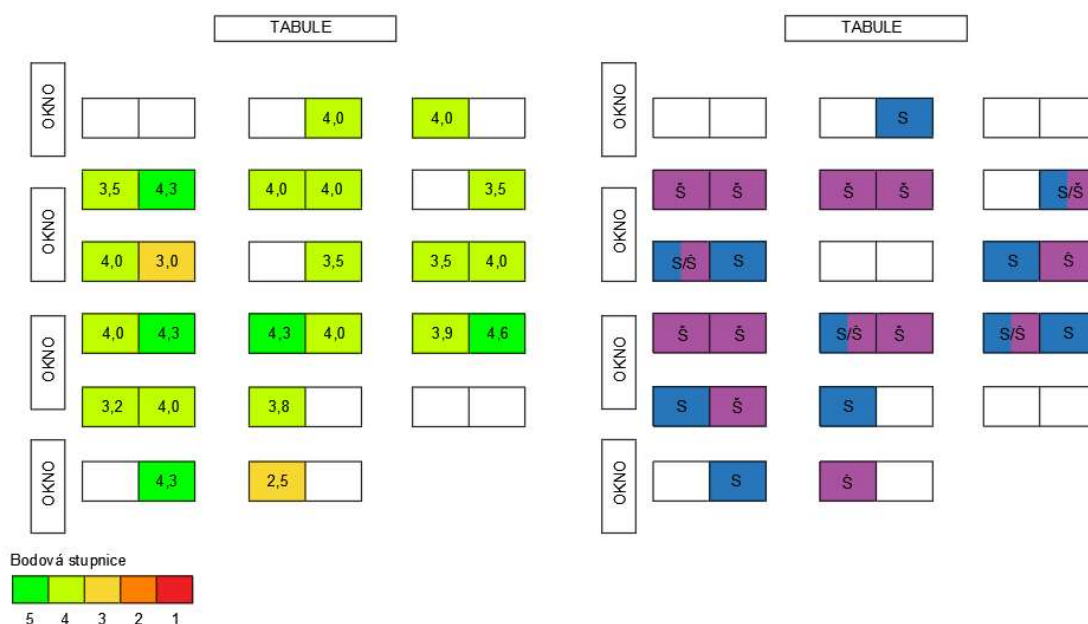
Podle čtvrté hypotézy by měli být studenti více spokojeni se svislými osvětlovacími otvory než šikmými osvětlovacími otvory. Při pohledu na obrázek 172 níže, lze vidět, že studenti navštěvující posuzovanou učebnu preferují více šikmé osvětlovací otvory. Zároveň na obrázku výše lze vidět, že studenti jsou spokojeni se šikmým osvětlovacím systémem. Hypotéza v této učebně byla vyvrácena.



**Obr. 172:** Výsledky IV. hypotézy (S – svislý, Š – šikmý osvětlovací otvor)

### 6.8.3 Odborná učebna A319

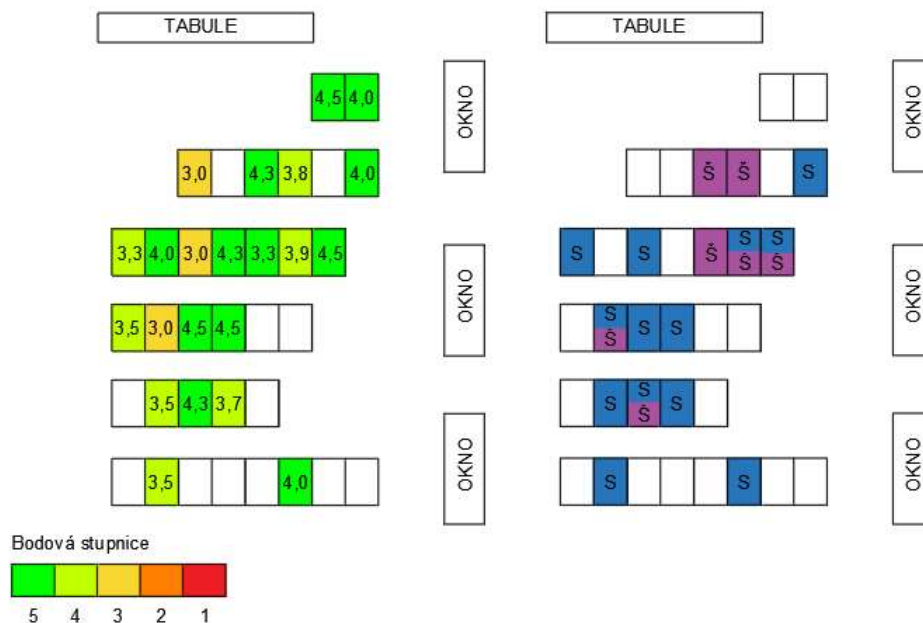
Podle čtvrté hypotézy by měli být studenti více spokojeni se svislými osvětlovacími otvory než šikmými osvětlovacími otvory. Při pohledu na obrázek 173 vpravo, lze vidět, že studenti navštěvující posuzovanou učebnu preferují více šikmé osvětlovací otvory. Zároveň na obrázku vlevo lze vidět, že studenti jsou celkem spokojeni i se svislým osvětlovacím systémem. Hypotéza v této učebně byla vyvrácena. Studenti by byli více spokojený se šikmým osvětlovacím systémem.



**Obr. 173:** Výsledky IV. hypotézy (S – svislý, Š – šikmý osvětlovací otvor)

### 6.8.4 Odborná učebna A405

Podle čtvrté hypotézy by měli být studenti více spokojeni se svislými osvětlovacími otvory než šikmými osvětlovacími otvory. Při pohledu na obrázek 174 vpravo lze vidět, že studenti navštěvující tuhle učebnu preferují více svislé osvětlovací otvory. Zároveň na obrázku vlevo lze vidět, že studenti jsou spokojeni i s šikmým osvětlovacím systémem. Hypotéza v této učebně byla potvrzena. Studenti by byli více spokojeni se svislým osvětlovacím systémem.



Obr. 174: Výsledky IV. hypotézy (S – svislý, Š – šikmý osvětlovací otvor)

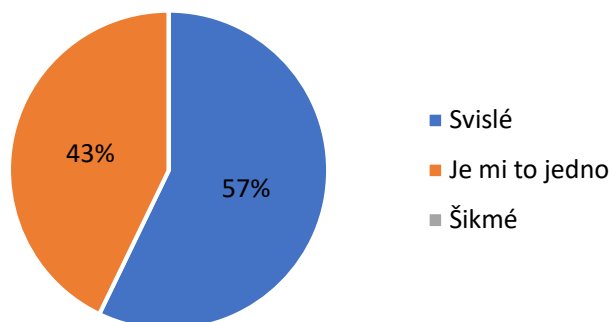
### 6.8.5 Závěrečné vyhodnocení IV. hypotézy

Vyhodnocení čtvrté hypotézy proběhlo ve všech vybraných učebnách. Studenti navštěvující učebny A283 a A405 hypotézu potvrdili, kdežto studenti navštěvující učebny A319 a A454 vyvrátili. Při zohlednění počtu dotazovaných, kterých bylo více v učebnách A283 a A454, byla hypotéza spíše potvrzena. Pro přesnější vyhodnocení by bylo nutné dotazování studentů zopakovat s rozšířeným okruhem otázek.

## 6.9 Vyhodnocení I. hypotézy pro učitele

První hypotéza zní: „Učitelé preferují osvětlení svislými osvětlovacími otvory než šikmými osvětlovacími otvory“. Vybrané otázky z dotazníkového šetření potvrdí nebo vyvrátí danou hypotézu.

V dotazníkovém šetření 4 učitelé odpověděli, že upřednostňují svislé osvětlovací otvory. Zbylým 3 učitelům je druh osvětlení nezáleží.



**Obr. 175:** Výsledek I. hypotézy

Hypotéza v této učebně byla potvrzena. Učitelé skutečně dávají přednost klasickému svislému osvětlovacímu otvoru.

## 6.10 Vyhodnocení II. hypotézy pro učitele

Druhá hypotéza zní: „Učitelům se lépe pracuje při neutrálních barvách a většina posuzovaných učeben jim barevně vyhovuje.“ Vybrané otázky z dotazníkového šetření potvrdí nebo vyvrátí danou hypotézu.

Výsledek vzešel obdobným bodovým způsobem jako u studentů. Učitelé preferují teplé odstíny a spokojeni s barvami interiéru jsou v bodovém hodnocení 3,9 bodů z maximálních 5, kde 5 je maximální spokojenost. Hypotéza v této učebně je vyvrácena.

## 6.11 Vyhodnocení III. hypotézy pro učitele

Třetí hypotéza zní: „Učitelé nejčastěji zatahují stínící prostředky z důvodu rušení odrážejícím se světlem.“ Vybrané otázky z dotazníkového šetření potvrdí nebo vyvrátí danou hypotézu.

Po vyhodnocení dotazníků vzešel výsledek, že učitelé stínící prostředky zatahují celkem často. Konkrétně vyšlo bodové hodnocení 3,7 z 5 možných bodů, kde 5 znamená vždy. Účel stínění je téměř vždy stejný, a to lepší vidění promítaného obrazu. Hypotéza v této učebně byla vyvrácena.

## 6.12 Závěr dotazníkového šetření

V této kapitole bylo dokázáno, že dotazníkové šetření je subjektivní metoda. Velmi záleží na momentálním psychickém rozpoložení dotázaných. Proto také lze vidět,

že místa, která podle výpočtu splňují požadavky na množství a kvalitu denního osvětlení, nespĺňují požadavky podle dotazovaného.

Tři hypotézy sestavené z otázek pro studenty byly potvrzeny a jedna hypotéza byla vyvrácena. Hypotézy sestavené z otázek pro učitele byly celkem jednou potvrzeny a dvakrát vyvráceny.



## 7. Doporučená opatření

Jak již bylo zmíněno v úvodu, je třeba brát ohled na denní osvětlení již v počátečním návrhu budov – konkrétně na lokalitu, orientaci ke světovým stranám nebo na rozměry jednotlivých místností v závislosti na jejich účelu. Zde se jedná o posuzování již postavené budovy, u které se úpravy ke zlepšení denního osvětlení provádějí hůře. Jediné, co lze změnit, jsou vstupní údaje činitelů, které byly použity k výpočtu.

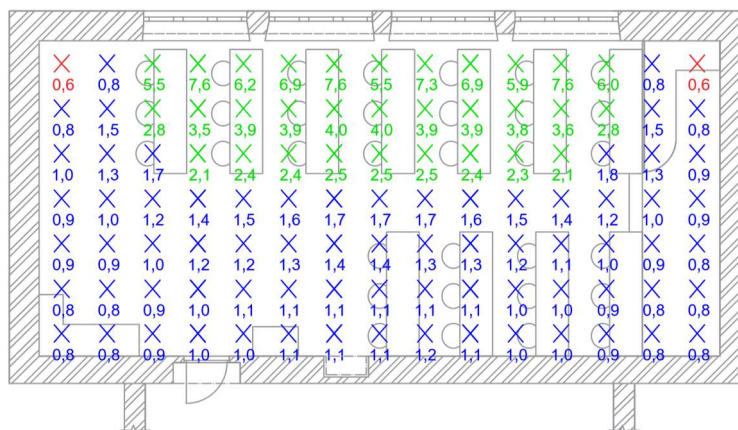
V následující kapitole budou popsány úpravy, které vedou ke zlepšení denního osvětlení v učebnách, které nevyhovely legislativním požadavkům. Výpočet navržených opatření bude proveden již pouze dle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [3].

### 7.1 Úprava povrchů

První úpravou, kterou lze aplikovat na stávající stav učebny, je změna barevnosti povrchů. Ta má nejen vliv na denní osvětlení, ale také ovlivňuje psychiku osob v místnosti. Tímto předpokladem lze docílit vyšší soustředěnosti studentů během vyučování. Sama norma ČSN 73 0580-3 [2] doporučuje ke zvýšení soustředěnosti použít chladnější a klidné odstíny barev. K omezení pocitu horka při jarních a letních měsících v učebnách se slunnou orientací se doporučuje použít studené barevné odstíny. Tomuto doporučení byli nakloněni i studenti v dotazníkovém šetření.

#### 7.1.1 PC učebna A283

U posuzované učebny si studenti a učitelé nejvíce stěžovali na stěnu naproti tabuli, která je obložena cihelným obkladem. Nejvíce jim vadila tmavá sytost odstínu. Na následujícím obrázku 176 lze vidět, jak by se změnila hodnoty v kontrolních bodech činitele denní osvětlenosti  $D$  (%), pokud by tato stěna byla vymalována světle modrou barvou jako je zbytek učebny. Průměrný činitel odrazu světla stěny, by se změnil z  $\rho_{stěny2} = 0,25$  na  $\rho_{stěny2} = 0,70$ .



**Obr. 176:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna barevnosti)

Množství denního osvětlení v učebně by se zvýšilo, ovšem požadavky normy ČSN EN 17037 [3] by splněny stále nebyly. Rovnoměrnost osvětlení  $U (-)$  v celém prostoru vypočítaná dosazením do vztahu (2.3) také nevyhoví:

$$U = \frac{0,6}{7,6} = 0,08 \not\geq 0,20$$

**Tab. 43:** Shrnutí výsledků výpočtu

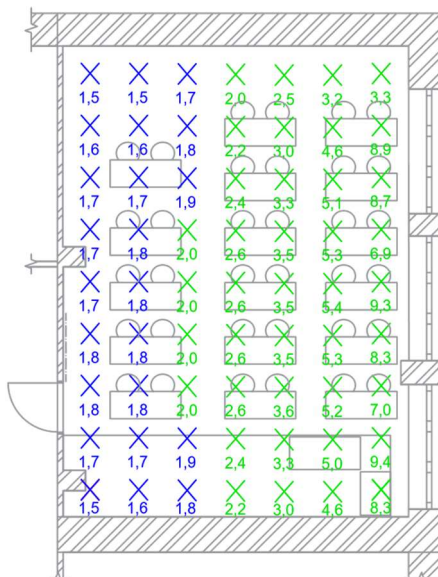
| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90,5/95  | 29,5/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 98,1/95  | 29,5/50   | NEVYHOVUJE |

## 7.1.2 Odborná učebna A319

Učebna je vymalována světle žlutou barvou a studenti jsou celkově s barvami ve třídě spokojeni. Pouze by zvolili raději chladnější barvy stěn vzhledem k orientaci na západ z důvodu přehřívání v jarních a letních měsících. Žlutá barva se řadí do teplých odstínů a pocitově vyvolává vyšší teplotu, než v učebně je. Návrhem je změna barvy výmalby stěn na bílou. Na obrázku 177 lze vidět, jak by se změnilo hodnoty v kontrolních bodech činitele denní osvětlenosti  $D (\%)$ . Průměrný činitel odrazu světla stěn a stropu by se změnil následovně:

**Tab. 44:** Průměrný činitel odrazu světla po navržené úpravě (změna barevnosti)

| Povrch          | Skutečnost | Návrh |
|-----------------|------------|-------|
| $\rho_{stěny1}$ | 0,71       | 0,80  |
| $\rho_{stěny2}$ | 0,72       | 0,80  |
| $\rho_{stěny3}$ | 0,68       | 0,74  |
| $\rho_{stěny4}$ | 0,59       | 0,62  |



**Obr. 177:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna barevnosti)

Množství denní osvětlení v učebně by se zlepšilo a požadavky legislativy by byly splněny. Rizikem takto světlé barvy omítky je, že se časem zašpiní a světelné parametry se budou postupně zhoršovat. Proto je výhodnější navrhnout jiné opatření. Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.3) stále nevyhoví:

$$U = \frac{1,2}{7,7} = 0,16 \not\geq 0,20$$

**Tab. 45:** Shrnutí výsledků výpočtu

| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90,5/95  | 29,5/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 100/95   | 52,4/50   | VYHOVUJE   |

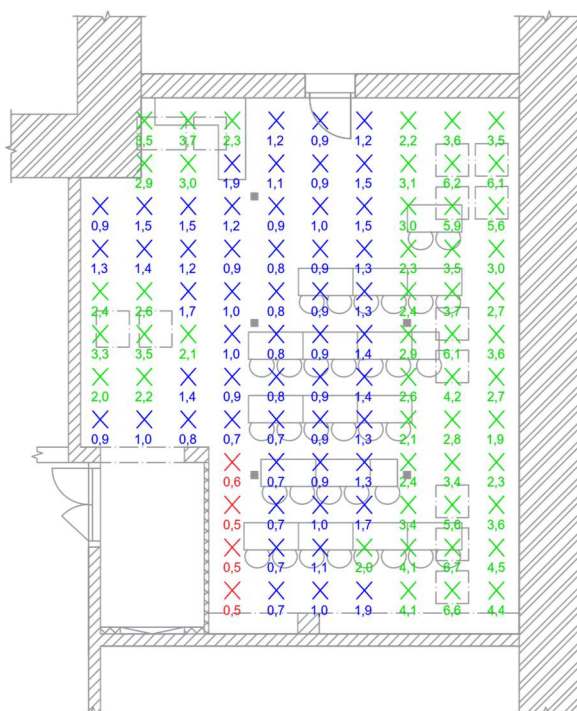
### 7.1.3 Odborná učebna A405

Učebna je vymalována světle žlutou barvou. Protože v ní není zajištěno dostatečné množství a kvalita denního osvětlení, byly změněny barvy stěn a stropu

na bílou, jako je tomu ve vedlejší PC učebně A454. Na obrázku 178l ze vidět, jak by se změnilo hodnoty v kontrolních bodech činitele denní osvětlenosti  $D$  (%). Průměrný činitel odrazu světla stěn a stropu by se změnil následovně:

**Tab. 46:** Průměrný činitel odrazu světla po navržené úpravě (změna barevnosti)

| Povrch          | Skutečnost | Návrh |
|-----------------|------------|-------|
| $\rho_{stěny1}$ | 0,70       | 0,75  |
| $\rho_{stěny2}$ | 0,70       | 0,73  |
| $\rho_{stěny3}$ | 0,71       | 0,75  |
| $\rho_{stěny4}$ | 0,74       | 0,74  |
| $\rho_{stropu}$ | 0,75       | 0,81  |



**Obr. 178:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolní bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna barevnosti)

Množství denního osvětlení v učebně by se zlepšilo, ovšem požadavky normy by splněny stále nebyly. Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.4) již vyhoví:

$$U = \frac{0,5}{2,0} = 0,25 \geq 0,20$$

**Tab. 47:** Shrnutí výsledků výpočtu

| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90/95  | 45/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 86,7/95  | 40,8/50   | NEVYHOVUJE |

## 7.2 Úprava osvětlovacích otvorů

Další možnou úpravou by byla výměna osvětlovacích otvorů. Čím více skel bude tvořit okenní výplň, tím menší bude hodnota činitele prostupu světla sklem a s tím spojena hodnota činitele denní osvětlenosti. To jde ale proti sobě s legislativními tepelně technickými požadavky a je nutné mezi nimi vytvořit kompromis. V současné době jsou v posuzované škole okenní výplň tvořena dvojsklem. S ohledem na tepelnou a světelnou techniku je nelze vyměnit za lepší variantu.

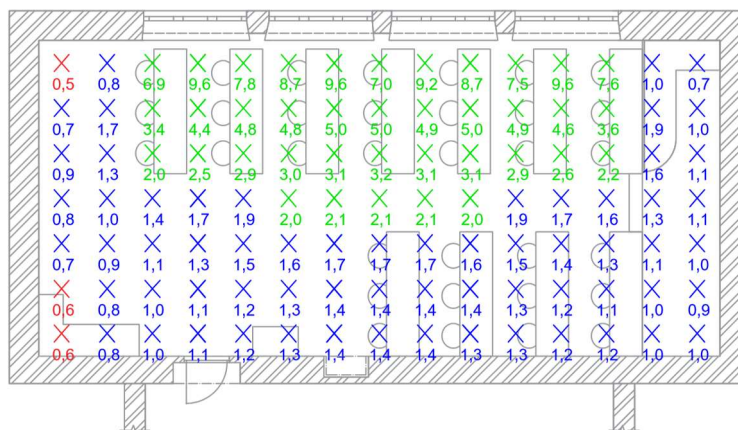
Jediný činitel, kterým lze ovlivnit výpočet, je činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna. V dnešní době se výrobce osvětlovacích otvorů snaží co nejvíce eliminovat tloušťku rámu tak, aby osvětlovacím otvorem prostupovalo co nejvíce světla.

### 7.2.1 PC učebna A283

Rám okna nyní zaujímá 43 % celkové plochy. Na obrázku 179 níže lze vidět hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) po snížení plochy rámu na 30 %.

**Tab. 48:** Nově vypočítaný činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu

| Celková plocha okna<br>$A_c (m^2)$ | Celková plocha zasklení<br>$A_s (m^2)$ | Činitel prostupu světla<br>zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k (-)$ dle (3.2) |
|------------------------------------|--|---|
| 4,57                               | 3,17                                   | 0,694   |



**Obr. 179:** Nové hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna tloušťky okenního rámu)

Množství denní osvětlení v učebně by se zlepšilo, ovšem legislativní požadavky by splněny stále nebyly. Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.3) také nevyhoví:

$$U = \frac{0,5}{9,6} = 0,05 \not\geq 0,20$$

**Tab. 49:** Shrnutí výsledků výpočtu

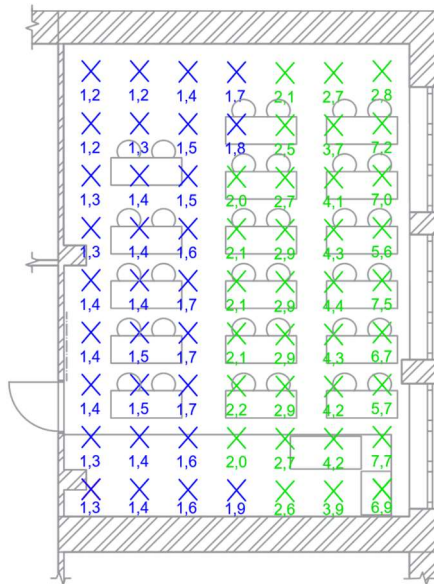
| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90,5/95  | 29,5/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 97,1/95  | 36,2/50   | NEVYHOVUJE |

## 7.2.2 Odborná učebna A319

Rám okna nyní zaujímá 44 % celkové plochy. Na obrázku 180 níže lze vidět hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) po snížení plochy rámu na 30 %.

**Tab. 50:** Nově vypočítaný činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu

| Celková plocha okna<br>$A_c$ ( $m^2$ ) | Celková plocha zasklení<br>$A_s$ ( $m^2$ ) | Činitel prostupu světla<br>zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k$ (-) dle (3.2) |
|--|--|---|
| 4,57                                   | 3,20                                       | 0,700   |



**Obr. 180:** Nové hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna tloušťky okenního rámu)

Množství denní osvětlení v učebně by se zlepšilo a již by byly splněny legislativní požadavky. Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.3) bohužel stále nevyhoví:

$$U = \frac{1,5}{9,4} = 0,16 \neq 0,20$$

**Tab. 51:** Shrnutí výsledků výpočtu

| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90,5/95  | 29,5/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 100/95   | 63,5/50   | VYHOVUJE   |

### 7.2.3 Odborná učebna A405

Rám menšího okna 0,72 m x 0,90 m nyní zaujímá 41,5 % celkové plochy.

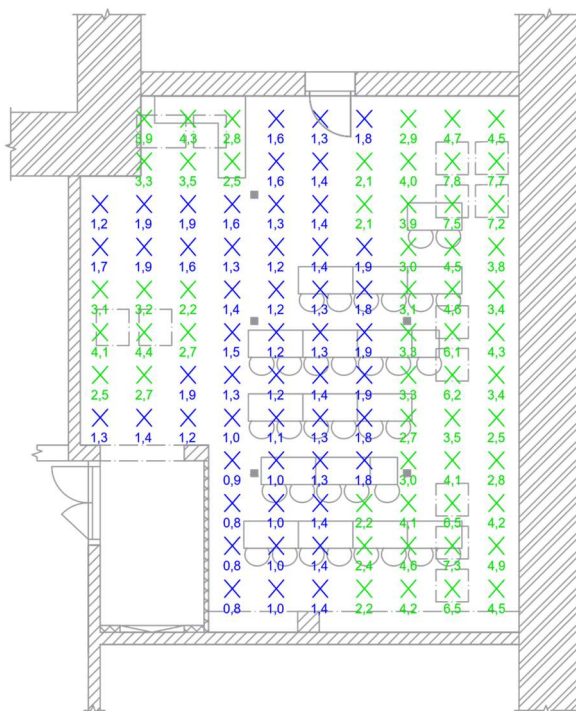
**Tab. 52:** Nově vypočítaný činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu

| Celková plocha okna<br>$A_c$ (m <sup>2</sup> ) | Celková plocha zasklení<br>$A_s$ (m <sup>2</sup> ) | Činitel prostupu světla<br>zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k$ (-) dle (3.2) |
|--|--|---|
| 0,65   | 0,46   | 0,710   |

Rám většího okna 0,72 m x 1,35 m nyní zaujímá 35 % celkové plochy. Na obrázku 181 níže lze vidět hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) po snížení plochy rámu na 30 %.

**Tab. 53:** Nově vypočítaný činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu

| Celková plocha okna<br>$A_c (m^2)$ | Celková plocha zasklení<br>$A_s (m^2)$ | Činitel prostupu světla<br>zohledňující vliv rámu<br>$\tau_k (-)$ dle (3.2) |
|------------------------------------|--|---|
| 0,97                               | 0,68                                   | 0,700   |



**Obr. 181:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna tloušťky okenního rámu)

Množství denní osvětlení v učebně by se zlepšilo, ale stále by nespĺnilo požadavky legislativy. Rovnoměrnost osvětlení  $U (-)$  v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.4) již vyhoví:

$$U = \frac{0,8}{2,5} = 0,32 \geq 0,20$$

**Tab. 54:** Shrnutí výsledků výpočtu

| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90/95  | 45/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 92,5/95  | 43,3/50   | NEVYHOVUJE |

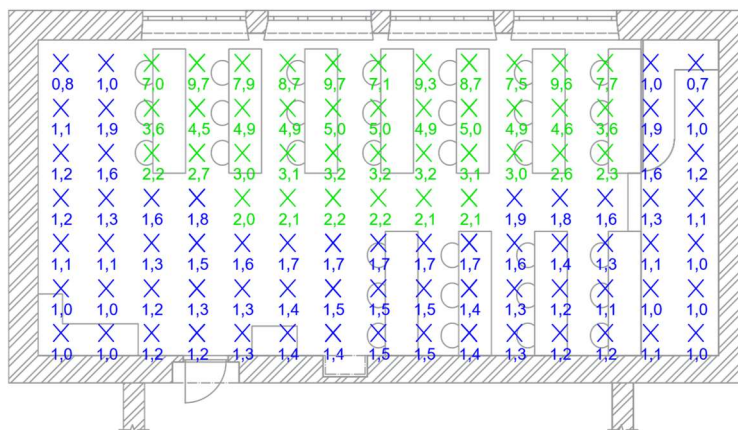


## 7.3 Kombinace opatření

Protože je těžké dosáhnout požadované kvality a množství denního osvětlení při úpravě pouze jednoho parametru, dalším navrhovaným doporučením bude kombinace předešlých opatření. Z hlediska denního osvětlení nebyly požadavky legislativy stále dosaženy u PC učebny A283 a odborné učebny A405.

### 7.3.1 PC učebna A283

Na obrázku 182 lze vidět výsledky hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech při úpravě barvy stěny S2 a zmenšení plochy rámu na 30 % celkové plochy.



**Obr. 182:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna barevnosti a tloušťky okenního rámu)

Ani při kombinaci těchto opatření se nedosáhlo požadavku normy ČSN EN 17037 [3]. Splněna byla pouze minimální cílová osvětlenost 100 lx na 100 % plochy učebny. Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.3) také nevyhoví:

$$U = \frac{0,7}{9,7} = 0,07 \neq 0,20$$

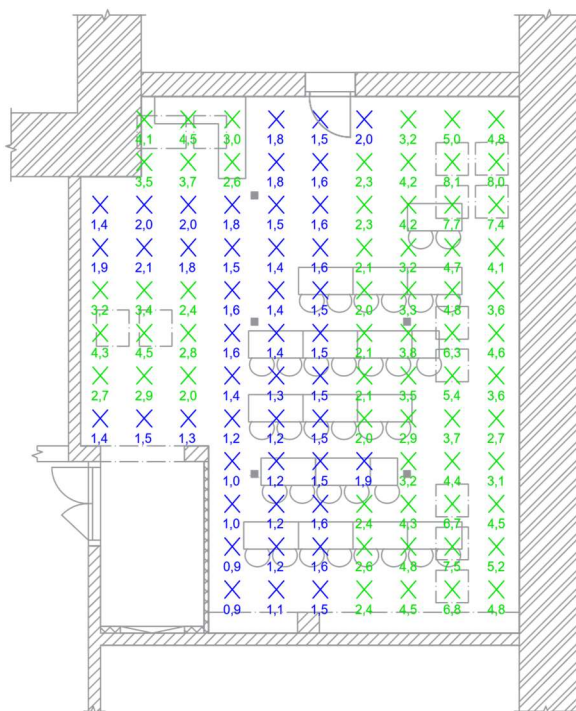
**Tab. 55:** Shrnutí výsledků výpočtu

| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90,5/95  | 29,5/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 100/95   | 37,1/50   | NEVYHOVUJE |

Závěrem lze konstatovat, že učebna je moc hluboká a žádná úprava by její kvalitu a množství denní osvětlení nezlepšila až na legislativní požadavky.

### 7.3.2 Odborná učebna A405

Na obrázku 183 lze vidět výsledky hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) v kontrolních bodech při úpravě barvy stěn, stropu a zmenšení plochy rámu na 30 % celkové plochy.



**Obr. 183:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [3] po navržené úpravě (změna barevnosti a tloušťky okenního rámu)

Při kombinaci těchto opatření lze dosáhnout požadavku normy ČSN EN 17037 [3]. Rovnoměrnost osvětlení  $U$  (-) v celém prostoru vypočítána dosazením do vztahu (2.4) také vyhoví:

$$U = \frac{0,9}{2,7} = 0,33 \geq 0,20$$

**Tab. 56:** Shrnutí výsledků výpočtu

| Stav           | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_{TM} = 0,7 \%$ | Hodnoty minimální cílové osvětlenosti<br>$D_T = 2,0 \%$ | Hodnocení  |
|----------------|--|---|------------|
|                | % plochy učebny vypočítané / požadované                    | % plochy učebny vypočítané / požadované                 |            |
| Skutečnost     | 90/95  | 45/50   | NEVYHOVUJE |
| Návrh opatření | 99,2/95  | 55,8/50   | VYHOVUJE   |

Závěrem lze konstatovat, že ačkoliv je učebna velmi hluboká, lze její kvalitu a množství denní osvětlení až na legislativní požadavky zlepšit pomocí doporučených opatření.

Další variantou ke zlepšení množství a kvality denního osvětlení je přidání osvětlovacího otvoru. To je možné pouze v případě, kdy to dovoluje dispoziční řešení učebny.

V PC učebnách však není nejdůležitější množství denního osvětlení, ale umístění osvětlovacích otvorů vůči monitorům tak, aby nevznikaly rušivé odrazy světla na obrazovkách monitorů zrcadlením osvětlovacích otvorů, aby nebyla úroveň denního osvětlení na obrazovkách monitorů tak velká, že by narušovala jejich viditelnost a aby nevznikalo oslnění způsobené velkým jasem osvětlovacích otvorů v blízkosti obvyklého směru pohledu na obrazovku. [1]

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo hodnocení množství a kvality denního osvětlení na konkrétní střední škole pomocí objektivních a subjektivních metod. Objektivní metoda byla zastoupena měřením a výpočtem. Subjektivní metoda byla zastoupena dotazníkovým šetřením na vybrané střední škole.

Měření probíhalo na modelech pod reálno oblohou a jejím záměrem bylo zkalibrovat výpočetní program, který byl použit pro druhou srovnávací výpočtovou metodu. Na rozdíl mezi hodnotami z měření a výpočtu lze vidět odchylky, které byly zapříčiněny nerovnoměrně zataženou oblohou. Dále bylo dokázáno, že výpočet denního osvětlení šikmého stropu v programu není tak přesný a hodnoty se od skutečnosti liší. V kapitole výpočtů lze vidět, že výpočet pomocí normy ČSN 73 0580-1 [1] je více přísný než pomocí aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [3]. To znamená, že budovy navržené před platností této aktuální normy jsou z pohledu denního osvětlení navržené kvalitněji. Zároveň bylo zjištěno, že hodnoty činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN EN 17307 [3] jsou velmi závislé na tom, jak velký krok sítě výpočtu bude zvolen. Čím menší krok sítě bude zadán, tím se budou hodnoty více blížit legislativním požadavkům. Tím lze lehce ovlivnit výsledek splnitelnosti minimální cílové osvětlenosti. Poslední metodou k hodnocení denního osvětlení bylo dotazníkové šetření. U té se lze přesvědčit, že metoda je velmi subjektivní a je velmi ovlivněna momentálním psychickým rozpoložením dotázaných. Výsledek hodnocení dotazníkového šetření odpovídal výsledku výpočtu. Kde byla vypočítána nejnižší hodnota denního osvětlení, tam byli studenti méně spokojeni. Dotázaní nejvíce preferovali svislý osvětlovací otvor. Nicméně u šikmého osvětlovacího otvoru je častěji splněn činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost osvětlení.

Mezi vybranými čtyřmi učebnami na střední škole vyhověla legislativním požadavkům pouze jedna učebna, konkrétně odborná učebna A454 se šikmým osvětlovacím systémem. Další dvě učebny dosáhly se přiblížily legislativním požadavkům až při návrhu doporučených opatření. Všeobecně mají učebny stejný problém, kterým je velká hloubka učebny. Pokud je v učebně pouze boční osvětlovací systém, těžko lze jakýmkoli úpravami dosáhnout zlepšení z hlediska množství světla. Při výběru barevných odstínů v interiéru učeben by nebylo od věci zapojovat studenty například formou ankety,

ve které by zvolili barvy, které preferují. Tím lze dosáhnout větší spokojenosti a psychické pohody studentů.

Závěrem lze dodat, že denní osvětlení je pro člověka nenahraditelné, je ekologické a zdarma. Tak pojďme navrhovat budovy a místa s respektem k dennímu osvětlení a našim životům.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN 73 0580-1: *Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, 2007, 24 s. Zohledněny změny Z1 z r. 2011, Z2 z r. 2017 a Z3 z r. 2019.
- [2] ČSN 73 0580-3: *Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: ČNI, 1994, 8 s. Zohledněny změny Z1 z r. 1996, Z2 z r. 1999 a Z3 z r. 2019.
- [3] ČSN EN 17037: *Denní osvětlení budov*. Praha: ČNI, 2019, 56 s.
- [4] Vyhláška č. 465/2016 Sb. kterou se mění Vyhláška č. 410/2005 Sb., o *hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*. Praha: Ministerstvo zdravotnictví v dohodě s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy a Ministerstvem práce a sociálních věcí.
- [5] Vyhláška č. 343/2009 Sb., kterou se mění Vyhláška č. 410/2005 Sb., o *hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*. Praha: Ministerstvo zdravotnictví v dohodě s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy a Ministerstvem práce a sociálních věcí. Zohledněna změna 465/2016 Sb.
- [6] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o *hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*. Praha: Ministerstvo zdravotnictví v dohodě s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy a Ministerstvem práce a sociálních věcí. Zohledněny změny 343/2009 Sb. a 465/2016 Sb.
- [7] Zákon č. 258/2000 Sb. o *ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*. Poslední zohlednění změna z r. 2020
- [8] KUDLÁČEK, Patrik. *Modré světlo*. In: CERVA, 2019 [online]. Dostupné z: <https://www.cerva.com/clanek/modre-svetlo>
- [9] Co je astigmatismus: definice, symptomy, diagnostika a následná péče. In: *Vaše Čočky*, 2018 [online]. Dostupné z: <https://www.vasecocky.cz/blog/astigmatismus-osa-cylind.html>
- [10] *Mapová data*. In: Google, 2020 [online]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.4084762,14.673595,293m/data=!3m1!1e3>
- [11] VYCHYTIL, Jaroslav a Jan KAŇKA. *Stavební světelná technika: přednášky*. V Praze:

- České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [12] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [13] HABEL, Jiří. Základy světelné techniky (2). *SVĚTLO* [online]. Praha: FCC Public, 2008, (5), 53-55. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-2--15893>
- [14] Refrakční vady (ametropie). In: Oční optika Marketa Tomková [online]. Dostupné z: <http://www.optika-tomkova.cz/images/teorie/Refrak%C4%8Dn%C3%AD%20vady.pdf>
- [15] ZVĚŘINOVÁ, Zdeňka. Světlo a cirkadiánní rytmy. *SVĚTLO* [online]. Praha: FCC Public, 2018, 21(4), 18-22. ISSN 1212-0812. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz//flipviewer/Svetlo/2018/04/Svetlo\\_04\\_2018/index.html#p=21](http://www.odbornecasopisy.cz//flipviewer/Svetlo/2018/04/Svetlo_04_2018/index.html#p=21)
- [16] ČERMÁK, Miroslav. Denní osvětlení ve školách podle ČSN EN 17037. *SVĚTLO*. Praha: FCC Public, 2020, 23(4-5), 64-67 [cit. 2020-12-05]. ISSN 1212-0812.
- [17] Colored by Baunit, vzorník barev, 2018
- [18] JpSoft s.r.o. *SVĚTLO+* [software] *Software pro denní osvětlení a oslunění budov*. Verze 2.62. Informace na [www.Svetloplus.cz](http://www.Svetloplus.cz)
- [19] VODIČKA, Ivo. Počet leváků v populaci. *Leváci a leváctví: stránky o levácích a leváctví nejen pro rodiče, učitele a leváky* [online]. 2016. Dostupné z: <https://www.levactvi.cz/je-levak-nebo-neni-/pocet-levaku-v-populaci/>
- [20] Plastová okna. *VEKRA* [online]. Window Holding, 2015. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/sortiment/okna-dvere/okna/plastova-okna/>
- [21] Google formuláře [online]. Dostupné z: <https://docs.google.com/forms/u/0/>