ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Hodnocení denního osvětlení ve vybraných základních školách

Evaluation of Daylighting in Selected Elementary Schools

Diplomová práce

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

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

Dominika Müllerová

Praha 2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Müllerová Jméno: Dominika Osobní číslo: 410 702

Zadávající katedra: K 124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: N3649 - Budovy a prostředí

Studijní obor: 3608 T006 - Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Hodnocení denního osvětlení ve vybraných základních školách

Název diplomové práce anglicky: Evaluation of daylighting in selected elementary schools

Pokyny pro vypracování:
Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Zdůvodnění potřeby denního světla. Výpočtové posouzení kmenových učeben ve vybraných základních školách v Jindřichově Hradci z hlediska denního osvětlení podle požadavků kladených platnou legislativou. Změření vybraných vstupních parametrů (činitel odrazu světla, případně i propustnost světla zasklením a velikosti znečištění osvětlovacího otvoru). Zjištění názorů žáků na úroveň a kvalitu osvětlení v dané učebně pomocí dotazníků. Ověření platnosti subjektivního hodnocení podáním dotazníků v různých časových úsecích. Porovnání výsledků výpočtů s názory žáků zjištěných v dotazníkovém šetření. Doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Seznam doporučené literatury:
ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení. Praha : ÚNMZ, 2014, 16 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.
VYCHYTIL, Jaroslav. Stavební světelná technika - cvičení. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 156 s. 2015. ISBN 978-80-01-05858-9.
WEIGLOVÁ, Jiřina., KAŇKA, Jan. Stavební fyzika 10. Denní osvětlení a oslunění budov. Dotisk prvního vydání. Praha : ČVUT v Praze, 2002, 172 s., 16 příloh (na volných listech). ISBN 80-01-01913-6.

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

Datum zadání diplomové práce: 5. 10. 2017 Termín odevzdání diplomové práce: 8. 1. 2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[redacted]
Podpis vedoucího práce

[redacted]
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".

6. 10. 2017
Datum převzetí zadání

[redacted]
Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Dominika Müllerová

Název diplomové práce: Hodnocení denního osvětlení ve vybraných základních školách

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Zdůvodnění potřeby denního světla. Posouzení denního osvětlení v učebnách vybraných základních škol pomocí výpočtů. Zjištění názorů žáků na úroveň a kvalitu osvětlení pomocí dotazníků podaných v různých časových úsecích. Porovnání výsledků výpočtů s názory žáků. Doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Podpis vedoucího DP: [redacted] Datum: 5. 10. 2017

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 diplomovou práci vypracovala samostatně a všechny použití 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 Praze dne 7.1.2017 …….

podpis

Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, vstřícnost při jejím zpracování a za asistenci při měření na základních školách. Dále bych chtěla poděkovat vedení základních škol a pedagogickým pracovníkům za ochotu, kterou mi poskytli při distribuci dotazníků a měření.

Anotace

Cílem diplomové práce je zhodnocení učeben na základních školách z hlediska denního osvětlení. Pro hodnocení budou vybrány tři základní školy. Na každé škole dvě kmenové učebny – jedna učebna stíněná méně a druhá více. V každé učebně se pro všechny povrchy provede měření činitele odrazu světla pomocí jasoměru a luxmetru. Získané hodnoty budou zpracovány a zadány do specializovaného výpočetního softwaru, z kterého se získají hodnoty množství denního osvětlení a které budou dále porovnány s normovými hodnotami. Ve všech učebnách proběhnou dvě dotazníková šetření zaměřená na subjektivní hodnocení kvality denního osvětlení. Výsledky dotazníků jsou zhodnoceny dle předem stanovených hypotéz a následně porovnány s výsledky z výpočetního softwaru. Závěrem budou pro učebny navrženA doporučující opatření, která budou zaručovat zlepšení světelných podmínek.

Klíčová slova

Činitel denní osvětlenosti, činitel odrazu světla, denní osvětlení, jas, kmenová učebna, kvalita osvětlení, měření, osvětlenost, rovnoměrnost osvětlení, výpočtová metoda, základní škola

Anotace

The aim of this thesis is to evaluate elementary school clasrooms based on amount of daylight. Three different elementary schools will be chosen to be evaulated. At each of the schools two clasrooms will be chosen – one with less shadow and one with more. For all surfaces of each of the classrooms measurements of light reflection factor will be performed using luminance and illuminance meters. All the obtained values will be put into a specialized software which will give us values of daylight which then will be compared with standard values. In all the classroms two surveys aiming at subjective evaulation of quality of daylight will be performed. Survey results are evaluated based on predetermined hypotheses and then compared with values obtained from the software. In conclusion measures to improve daylight conditions will be recommended.

Klíčová slova

Dalight factor, reflection factor, daylighting, luminance, generic classroom, quality of lighting, measurement, illuminance, uniformity, computational method, elementary school

Úvod ... 15
1. Principy světelné techniky ... 16
1.1 Vznik a vývoj planety Země ... 16
1.2 Sluneční záření a jeho význam ... 16
1.3 Zrakový systém ... 18
1.4 Oční bulva ... 18
1.5 Akomodace zraku a poruchy ... 20
1.5.1 Adaptace zraku ... 21
1.5.2 Fototropický reflex ... 22
2. Denní osvětlení ve školách ... 22
2.1 Činitel denní osvětlenosti ... 23
2.1.1 Poloha kontrolních bodů a výška srovnávací roviny ... 23
2.1.2 Poměrná pozorovací vzdálenost a třídy zrakové činnosti ... 24
2.2 Osvětlovací systémy ... 25
2.3 Okenní otvory ... 25
2.4 Kvalitativní požadavky denního osvětlení ... 26
2.4.1 Rovnoměrnost osvětlení ... 26
2.4.2 Převládající směr světla ... 26
2.4.3 Zabránění oslnění ... 27
2.4.4 Barevnost ... 27
3. Hodnocené objekty ... 28
3.1 1. Základní škola v Jindřichově Hradci ... 28
3.1.1 Popis objektu a jeho okolí ... 28
3.1.2 Dispozice objektu ... 29
3.1.3 Výběr učebny ... 30
3.1.4 Učebna 6.A ... 32
3.1.5 Učebna 9.A ... 36
3.2 5. Základní škola v Jindřichově Hradci ... 39
3.2.1 Popis objektu a jeho okolí ... 39
3.2.2 Dispozice objektu ... 39

3.2.3 Výběr učebny ... 41
3.2.4 Učebna 8.B ... 43
3.2.5 Učebna 9.A ... 47
3.3 6. Základní škola v Jindřichově Hradci ... 50
3.3.1 Popis objektu a jeho okolí ... 50
3.3.2 Dispozice objektu ... 51
3.3.3 Výběr učebny ... 53
3.3.4 Učebna 7.A ... 57
3.3.5 Učebna 8.A ... 59
4. Měření ... 63
4.1 Popis přístrojů a pomůcek ... 63
4.2 Plochy v učebnách ... 66
4.2.1 Měření činitele odrazu světla ... 66
4.3 Stínící překážky ... 67
4.4 Okenní otvory ... 67
4.4.1 Měření činitele prostupu světla výplní ... 67
4.4.2 Měření činitele znečištění výplně ... 67
4.5 Vlastní měření ... 68
4.5.1 Měření ve třídě 6.A na 1. ZŠ ... 68
4.5.2 Měření ve třídě 9.A na 1. ZŠ ... 70
4.5.3 Měření ve třídě 8.B na 5. ZŠ ... 71
4.5.4 Měření ve třídě 9.A na 5. ZŠ ... 73
4.5.5 Měření ve třídě 7.A na 6. ZŠ ... 74
4.5.6 Měření ve třídě 8.A na 6. ZŠ ... 76
5. Výpočet ... 78
5.1 Výpočetní model ... 78
5.2 Vyhodnocení ... 79
5.3 Výstup z třídy 6.A na 1. ZŠ ... 79
5.3.1 Činitel odrazu světla ... 79
5.3.2 Vstupní údaje pro program Světlo+ ... 81

5.4 Výstupní hodnoty pro 6.A na 1. ZŠ ... 82
5.4.1 Činitel denní osvětlenosti ... 82
1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti ... 84
5.4.2 Rovnoměrnost denního osvětlení ... 84
1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení ... 85
5.4.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 6.A na 1. ZŠ ... 85
1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti ... 86
5.5 Výstup z třídy 9.A na 1. ZŠ ... 86
5.5.1 Činitel odrazu světla ... 86
5.5.2 Vstupní údaje pro program Světlo+ ... 87
5.6 Výstupní hodnoty pro 9.A na 1. ZŠ ... 88
5.6.1 Činitel denní osvětlenosti ... 88
1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti ... 90
5.6.2 Rovnoměrnost denního osvětlení ... 90
1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení ... 91
5.6.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 9.A na 1. ZŠ ... 91
1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti ... 92
5.7 Výstup z třídy 8.B na 5. ZŠ ... 92
5.7.1 Činitel odrazu světla ... 92
5.7.2 Vstupní údaje pro program Světlo+ ... 94
5.8 Výstupní hodnoty pro 8.B na 5. ZŠ ... 95
5.8.1 Činitel denní osvětlenosti ... 95
1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti ... 97
5.8.2 Rovnoměrnost denního osvětlení ... 97
1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení ... 98
5.8.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 8.B na 5. ZŠ ... 98
1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti ... 99
5.9 Výstup z třídy 9.A na 5. ZŠ ... 99
5.9.1 Činitel odrazu světla ... 99
5.9.2 Vstupní údaje pro program Světlo+ ... 101

5.10 Výstupní hodnoty pro 9.A na 5. ZŠ 102
5.10.1 Činitel denní osvětlenosti 102
1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti 104
5.10.2 Rovnoměrnost denního osvětlení 104
1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení 105
5.10.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 9.A na 5. ZŠ 105
1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti 106
5.11 Výstup z 7.A na 6. ZŠ 106
5.11.1 Činitel odrazu světla 106
5.11.2 Vstupní údaje pro program Světlo+ 108
5.12 Výstupní hodnoty pro 7.A na 6. ZŠ 110
5.12.1 Činitel denní osvětlenosti 110
1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti 112
5.12.2 Rovnoměrnost denního osvětlení 112
1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení 113
1.4.2.1 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 7.A na 6. ZŠ 113
1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenost 114
5.13 Výstup z třídy 8.A na 6. ZŠ 114
5.13.1 Činitel odrazu světla 114
5.13.2 Vstupní údaje pro program Světlo+ 116
5.14 Výstupní hodnoty pro 8.A na 6. ZŠ 117
5.14.1 Činitel denní osvětlenosti 117
1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti 119
5.14.2 Rovnoměrnost denního osvětlení 119
1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denní osvětlení 120
5.14.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 8.A na 6. ZŠ 120
1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti 121
6. Dotazníkové šetření 122
6.1 Popis metody 122
6.2 Předvýzkum 122
6.3 Hypotézy 123

6.4 Okrajové podmínky 123
6.5 Popis respondentů 124
6.6 Vyhodnocení dotazníku 129
6.7 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření 129
6.8 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro I. hypotézu 130
6.8.1 I. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ 130
6.8.2 I. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ 131
6.8.3 I. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ 132
6.8.4 I. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ 133
6.8.5 I. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ 134
6.8.6 I. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ 135
6.9 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro II. hypotézu 136
6.9.1 II. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ 137
6.9.2 II. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ 138
6.9.3 II. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ 138
6.9.4 II. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ 139
6.9.5 II. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ 140
6.9.6 II. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ 141
6.10 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro III. hypotézu 142
6.10.1 III. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ 143
6.10.2 III. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ 143
6.10.3 III. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ 144
6.10.4 III. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ 145
6.10.5 III. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ 146
6.10.6 III. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ 147
6.11 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro IV. hypotézu 148
6.11.1 IV. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ 148
6.11.2 IV. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ 149
6.11.3 IV. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ 150

6.11.4 IV. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ 151
6.11.5 IV. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ 152
6.11.6 IV. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ 153
7. Vyhodnocení 154
7.1 Vyhodnocení 6.A na 1. ZŠ 154
7.1.1 I. hypotéza 6.A na 1. ZŠ 155
7.1.2 II. hypotéza v **6.A** na 1. ZŠ 156
7.1.3 III. hypotéza v **6.A** na 1. ZŠ 157
7.1.4 IV. hypotéza v **6.A** na 1. ZŠ 158
7.2 Vyhodnocení 9.A na 1. ZŠ 159
7.2.1 I. hypotéza 9.A na 1. ZŠ 160
7.2.2 II. hypotéza v **9.A** na 1. ZŠ 161
7.2.3 III. hypotéza v **9.A** na 1. ZŠ 162
7.2.4 IV. hypotéza v **9.A** na 1. ZŠ 163
7.3 Vyhodnocení 8.B na 5. ZŠ 164
7.3.1 I. hypotéza v **8.B** na 5. ZŠ 165
7.3.2 II. hypotéza v **8.B** na 5. ZŠ 166
7.3.3 III. hypotéza v **8.B** na 5. ZŠ 167
7.3.4 IV. hypotéza v **8.B** na 5. ZŠ 168
7.4 Vyhodnocení 9.A na 5. ZŠ 169
7.4.1 I. hypotéza v **8.B** na 5. ZŠ 170
7.4.2 II. hypotéza v **9.A** na 5. ZŠ 171
7.4.3 III. hypotéza v **9.A** na 5. ZŠ 172
7.4.4 IV. hypotéza v **9.A** na 5. ZŠ 173
7.5 Vyhodnocení 7.A na 6. ZŠ 174
7.5.1 I. hypotéza 7.A na 6. ZŠ 175
7.5.2 II. hypotéza v **7.A** na 6. ZŠ 176
7.5.3 III. hypotéza v **7.A** na 6. ZŠ 177

7.5.4 IV. hypotéza v **7.A** na 6. ZŠ 178
7.6 Vyhodnocení 8.A na 6. ZŠ 179
7.6.1 I. hypotéza 8.A na 6. ZŠ 180
7.6.2 II. hypotéza v **8.A** na 6. ZŠ 181
7.6.3 III. hypotéza v **8.A** na 6. ZŠ 182
7.6.4 IV. hypotéza v **8.A** na 6. ZŠ 183
8. Závěrečná doporučení 184
8.1 Celkové zhodnocení všech vybraných tříd 184
8.2 Doporučení 185
8.2.1 Povrchová úprava 186
8.3 Údržba povrchů 186
8.4 Regulační zařízení 186
8.4.1 Stínící technika 187
8.4.2 Výplň osvětlovacího otvoru 188
8.5 Zvýšení činitele denní osvětlenosti 188
Závěr 189
Zdroje 191

Seznam příloh:

Příloha A – Vzorový dotazník

Příloha B – Výkresová dokumentace

Příloha C – Dotazníkové šetření

Úvod

Téma světelné techniky mě velice zaujalo již při navštěvování povinných předmětů na toto téma. Při těchto hodinách jsem získala základní informace, které jsem uplatnila při tvorbě své bakalářské práce. I díky těmto primárním znalostem se mi do podvědomí dostala důležitost denního osvětlení. Začala jsem si více všímat, že pro svůj pobyt vyhledávám spíše dostatečně osvětlené prostory s velkými prosklenými plochami, ve kterých se mi nejen lépe pracuje, ale i se zde lépe cítím.

Dalším podstatným důvodem, proč dostat denní osvětlení do podvědomí lidí je, že lidská populace tráví až 90 % svého času v interiéru budov. V tomto století se procentuální podíl zastoupení dětí ve věku 10 až 14 let pohybuje okolo 15 % a čas který děti tráví v prostorách školy je málokdy menší jak 6 hodin denně. Pokud si uvědomíme, že zraková soustava této věkové skupiny teprve prochází vývojem, pak je nutné, aby se ve stavebnictví kladl důraz i na obor světelné techniky. Dále si také musíme uvědomit, že naše tělo je schopné velice rychle reagovat na podněty tepelné a akustické, zatímco špatné světelné podmínky se na našem oku mohou projevit až po dlouhé době, kdy je vliv jejich působení již nevratný. Z výše uvedených důvodů jsem se rozhodla pokračovat v prohlubování znalostí o světelné technice při psaní diplomové práce, která je zaměřená na hodnocení denního osvětlení ve vybraných učebnách základních škol.

Vzhledem k tomu, že od svého narození bydlím v Jindřichově Hradci, ihned jsem věděla, že základní školy budu vybírat zde. Díky vysokému tempu technického pokroku jsem se rozhodla zkombinovat výpočetní metodu pomocí softwaru s kombinací měření vstupních veličin při místním šetření a konečně i porovnávání subjektivního názoru žáků, který je neopomenutelný.

1. Principy světelné techniky

Vzhledem k tématu mé diplomové práce, která pojednává o denním osvětlení ve školách, bych chtěla zkráceně a zjednodušeně představit, co to vlastně světlo je, jak ho lidský organismus může vnímat a jak důležité jsou sluneční paprsky pro náš život. Světlo je důležité především pro náš vývoj, který začíná již v útlém věku, a proto bychom tento fakt neměli opomíjet a dbát, aby nejen naše děti měly vhodné zrakové a světelné podmínky.

1.1 Vznik a vývoj planety Země

Země, jakožto třetí planeta sluneční soustavy, obíhá kolem Slunce po elipse a zároveň se otáčí kolem své vlastní osy. Předpokládaný vznik Země se datuje zhruba před 4,6 miliardami let, kdy krátce po svém vzniku získala i svůj jediný satelit, Měsíc. Další zásadní mezník byl zhruba před 3,7 miliardami let, kdy se mu přisuzuje vznik života na naší Zemi.

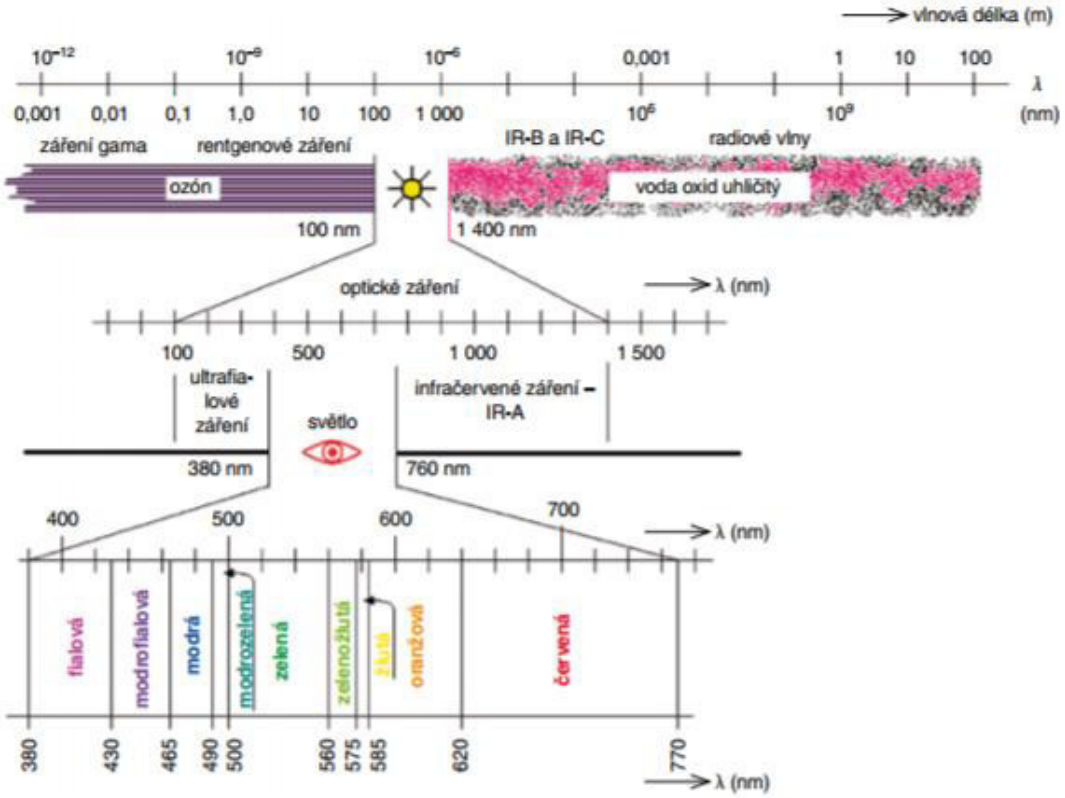
Naše planeta oběhne dráhu kolem Slunce za 365,25 dnů. Během tohoto pohybu dochází ještě k otáčení se kolem své vlastní osy, které trvá 24 hodin a sluneční záření tak dopadá vždy jen na část zeměkoule, což způsobuje střídání dne a noci. Těmto různým a měnícím se podmínkám na Zemi se musely živé organismy během svého vývoje přizpůsobit.

Díky Slunci a slunečnímu záření vznikl život a naše planeta dospěla do formy, jak ji známe dnes. Denní světlo je tedy nedílnou součástí našeho života a již od pradávna ovlivňovalo formu našich životů. Vzhledem k tomu, že dnešní populace tráví až 90 % svého času v budovách, ať už ve školách, na pracovištích, nebo doma, je důležité, aby tyto budovy splňovaly požadavky na dostatečné množství denního světla vstupujícího dovnitř.

1.2 Sluneční záření a jeho význam

Významnou částí spektra elektromagnetického záření, které je vyzařováno Sluncem, je optické záření. Energie přenášená elektromagnetickým zářením ve formě elektromagnetických vln neboli fotonů se šíří od Slunce směrem k Zemi rychlostí 300 000 km/s, a to pouze ve vakuu a tuto vzdálenost

překoná za pouhých 8 minut a 19 sekund. Díky atmosféře je většinová část slunečního záření odražena, pohlcena, či propuštěna. Na zemský povrch tak dopadne pouze malá část elektromagnetického záření s vlnovou délkou v rozmezí 100 až 1400 nm. Mezi dopadají záření patří ultrafialové záření, infračervené záření a světlo. Přehledné schéma elektromagnetického záření naleznete na obrázku 1.



Obrázek 1: Spektrum elektromagnetického záření [1]

Zrakový vjem je však vyvolán ještě menší částí tohoto spektra, a to vlnovou délkou v rozsahu 380 až 770 nm, označovanou jako světlo. Zrak tedy vnímá tuto oblast jako spektrum barev – od fialové až po červenou.

Infračervené záření s vlnovou délkou delší než je světlo, vnímá člověk především povrchem těla jakožto působení tepla. Toto záření má na lidský organismus řadu pozitivních účinků, mezi které se řadí lepší prokrvování a s tím související okysličování a výživa tkáně, zlepšení hojení a mnoho dalších. Infračervené záření pronikající do interiéru může v zimním období přispívat k zvyšování teploty, anebo naopak k nepříjemnému přehřívání v letním období.

Ultrafialové záření, známé jako UV záření, má naopak kratší vlnovou délku než viditelné záření a má pozitivní i negativní účinky. Díky UV záření dochází

k fotosyntéze rostlin, které tak vytváří kyslík nezbytný k životu na planetě a u lidí vyvolává tvorbu vitamínu D, který je důležitý pro správný růst kostí. Při nadměrném vystavování se tomuto záření, patří mezi negativní vlivy poškození očí a kůže. Při pronikání ultrafialového záření skrz okna do interiéru budov sice ztrácí na síle, ale na prostředí zde působí baktericidním účinkem a zbavuje nás tak choroboplodných zárodků, které by následně mohli ohrozit naše pohodlí, či dokonce život.

Vzhledem k výše zmíněným pozitivním vlivům světla je důležité, aby byl umožněn vstup přímých nebo difúzně rozptýlených slunečních paprsků do škol a interiéru obecně a to tak, aby byla dosažena zraková pohoda uživatele tohoto prostoru, tedy aby byly zajištěny dostatečné světelné podmínky.

1.3 Zrakový systém

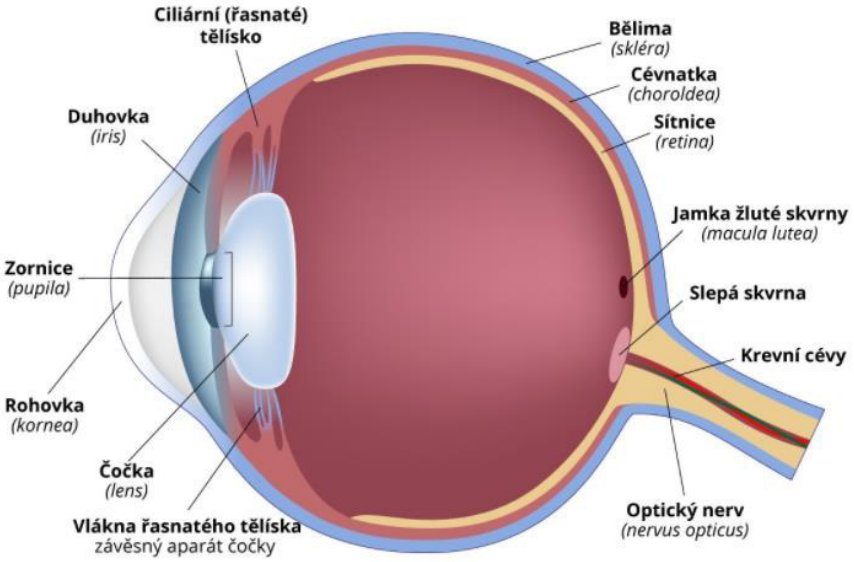
Jak již bylo psáno, denní světlo je velice důležité pro fyziologickou a psychologickou potřebu lidského organizmu. Jeho působení je tedy pro člověka nenahraditelné, proto je důležité znát, jak je takové světlo naším okem vnímáno.

Příjem, přenos a zpracování informací, které jsou přenášeny světelným podnětem, zajišťuje zrakový systém, který se skládá ze tří částí – periferní část má za úkol příjem podnětů (oči), spojovací část (zrakové nervy) přenáší informace do centrální části (mozek), kde jsou tyto informace vyhodnoceny. Výsledkem tohoto procesu je zrakový vjem.

1.4 Oční bulva

Abychom si dokázali představit, jak k takovému zrakovému vjemu dochází, připravila jsem jednoduché shrnutí toho, jak oko funguje od okamžiku, kdy do něj sluneční paprsek vstupuje, až do okamžiku, kdy nastává již zmíněný zrakový vjem.

Oční bulva má přibližný kulovitý tvar o průměru zhruba 24 mm a je uložena v lebce, konkrétně v části zvané očnice.



Obrázek 2: Popis oční bulvy člověka [2]

Oko se skládá ze dvou částí. První část oka je část optická, která je tvořená rohovkou, oční komorou s komorovou vodou, duhovkou se zornicí, čočkou, sklivcem a druhá část oka je část světločivná, která je tvořena sítnicí. Stěna oka je tvořena třemi základními vrstvami: bělimou – bělavá hustá tkáň, zajišťující nosnou vrstvu a poté cévnatkou – vyživuje nitro oka a poslední vrstvou sítnicí – obsahuje dva druhy světločivných buněk. Světločivnými buňkami jsou tyčinky a čípky, kdy nejvíce z nich se objevuje v optické ose oka, která se nazývá žlutá skvrna.

Vidění skotopické je vidění za šera, kdy k tomuto účelu jsou určeny světločivné tyčinky. Ty nám neumožňují rozlišování světla, ale pouze vnímání odstínů šedi od bíle až po černou. Zatímco čípky nám umožňují vidění fotopické, tedy vidění za dne při dostatečném a silném světle, ale nejsou schopné registrovat rozdíl v jasu. Mezním přechodem je viděni mezopické, kdy pracují čípky a tyčinky společně.

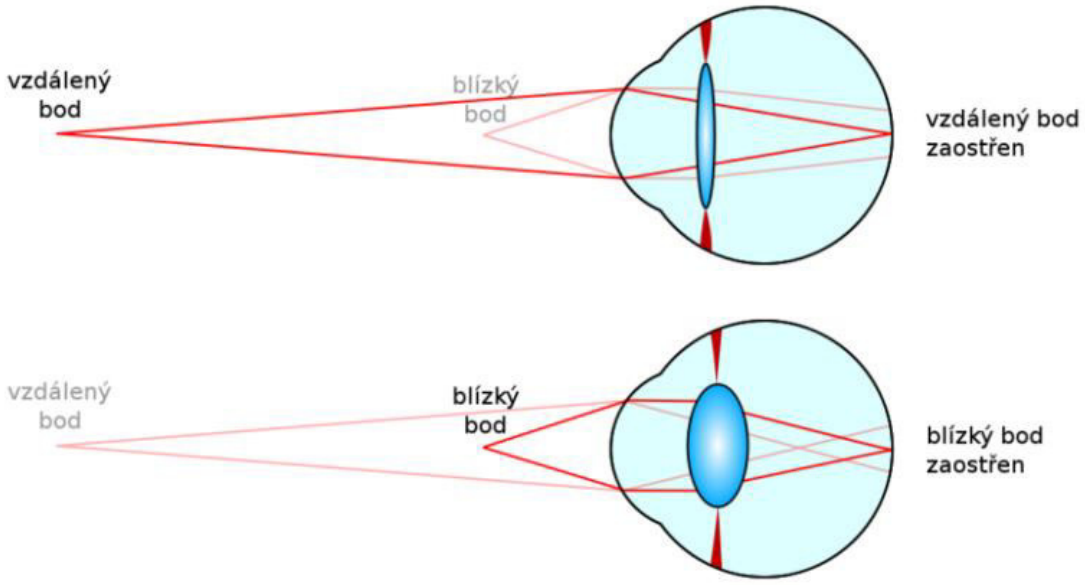
V přední části oka přechází bělima v rohovku, cévnatka přechází v řasnaté tělísko, které zavěšuje oční čočku a na které je napojená duhovka. Sluneční paprsky vstupují do oční bulvy přes rohovku, kde se světlo láme a přes přední oční komoru, která je naplněná komorovou vodou. Dále pak vstupují sluneční paprsky skrz zornici do čočky, která je pomocí svalů řasnatého tělíska roztahována, nebo zužována tak, aby se měnilo její zakřivení i ohnisko

vzdálenosti. Paprsky se tak sbíhají přesně na sítnici oka, kde vytváří zmenšený a převrácený obraz.

1.5 Akomodace zraku a poruchy

Pokud si představíme žáky sedící ve své třídě při vyučovací hodině, jejich náplní práce je především pozorovat a poslouchat učitele, který vysvětluje probíranou látku u tabule, na kterou poté zapíše důležité poznámky. Tyto poznatky si žák z tabule přečte a zapíše si je do sešitu. S tímto koloběhem souvisí akomodace zraku, tedy schopnost oka přizpůsobit vidění na různé vzdálenosti, v našem případě z tabule do sešitu a naopak.

Část řasnatého tělíska vlivem kontrakcí regulovaných ciliárním svalem vyvolá změnu tvaru čočky, která má velice poddajné jádro a pružný obal. Změna mohutnosti čočky je tedy mimovolný děj. Čočka je u normální uvolněného oka zploštělá a zaostřená do dálky tak, jak je vidět v první části obrázku 3 nahoře. Pokud chceme oko zaostřit na blízký předmět, musí se svaly uvolňovat a snížit tak tah řasnatého tělíska na čočku, která se stává vypouklejší, což můžeme vidět v druhé části obrázku 3 dole.



Obrázek 3: Změna čočky dle vzdálenosti pozorovaného bodu [3]

Schopnost akomodace není u všech lidí stejná a s přibývajícím věkem se mění a snižuje. Porucha akomodace je způsobena zeslábnutím svalů a snížení schopnosti čočky měnit svoji mohutnost.

Mezi poruchy akomodace patří krátkozrakost (myopie), kdy čočka dostatečně nezaostří a paprsky se sbíhají před sítnicí. Člověk trpící myopií vidí dobře na blízko, nikoliv na dálku. Tuto vadu korigují rozptylky, které střetnou paprsky přímo na sítnici.

Další poruchou je dalekozrakost (hypermetrie), kdy se paprsky sbíhají až za sítnicí a takového člověka označujeme za dalekozrakého, protože vidí dobře na dálku, ale ne na blízko. Tato vada se koriguje spojkami. [4]

Na poruchy zraku navazuje i dotazníková část mé diplomová práce, která se zabývá procentuálním podílem žáků v dotazovaných školách se zdravým zrakem a podílem žáků, kteří k lepšímu vidění potřebují korekci zraku. Přesné zastoupení naleznete v kapitole *6.5 Popis respondentů.*

1.5.1 Adaptace zraku

Pokud si vezmeme další případ, tak žák tráví většinu vyučovací hodiny sezením a pozorováním svého okolí. Při každém jeho sebemenším pohybu dochází ke změně světelných podmínek v jeho zorném poli, proto je důležité, aby jeho oko bylo schopné se měnit podle podmínek. Důležitou funkcí zraku je adaptace, tedy schopnost zraku přizpůsobit se různým hladinám osvětlenosti a jasu, kdy zdravé oko dokáže vidět předmět, který má osvětlenost minimálně 2×10^{-9} lx a maximálně 1×10^{5} lx.

Oko je schopné na změnu osvětlenosti reagovat hned několika způsoby. Prvním způsobem je zornicový reflex, kdy dochází k změně velikosti zornice. Při vysoké hladině osvětlenosti se zornice zužuje a při nízké hladině se rozšiřuje tak, aby skrz ni pronikalo do oka velké množství světla. Zornice je schopná reagovat velice rychle, v řádu setin sekund, a chrání tak zrak před náhlými změnami jasu.

Dalším způsobem je změna citlivosti světločivných buněk a změnou velikosti vjemových polí sítnice. Světločivné buňky jsou ovlivněny fotochemických dějem probíhajícím na sítnici. Tato adaptace je výrazně pomalejší než zornicový reflex a trvá v řádu minut.

1.5.2 Fototropický reflex

Fototropický reflex je další důležitá funkce oka, kdy dochází k automatickému obracení očí k místu, které leží v zorném poli a má nejvyšší jas nebo nejvyšší kontrast jasů. Tohoto faktu lze využít k podpoře soustředění žáků. Fototropický reflex nám může také škodit, pokud se chceme soustředit na jedno konkrétní místo, které má v našem zorném poli menší jas, naše oko musí tento rozdíl překonávat a dojde tak k zrakové únavě.

2. Denní osvětlení ve školách

Sluneční paprsky, které prošly atmosférou můžeme rozdělit na přímé sluneční paprsky a světlo rozptýlené. Denní osvětlení chápejme jako jejich kombinaci. Dostatečná zraková pohoda je tedy zajištěna při dostatečném osvětlení, které je potřebné pro vykonávání různých činností od relaxace až po přesnou práci lékařů.

V Zákoně č. 258/2000 Sb. [5] je uvedeno: *„Školy a školská zařízení zapsaná do školského rejstříku jsou povinny zajistit, aby byly splněny hygienické požadavky upravené prováděcím právním předpisem na prostorové podmínky, vybavení, provoz, osvětlení… „*. Abychom mohli říct, že prostor má dostatečné a vyhovující světelné prostředí, musíme splnit požadavky, které stanovila norma pro denní osvětlení ČSN 73 0581-1 [6], a to kvantitativní i kvalitativní. Dále se zde uvádí prostory, ve kterých musí být vyhovující denní osvětlení splněno, ať už jde o novostavby či o stavby stávající. Prostor, kde musí být splněno denní osvětlení, se nazývá prostor s trvalým pobytem osob, kdy trvalý prostor je definován jako pobyt osob, které v daném prostoru tráví více jak 4 hodiny denně více jak jeden den v týdnu. Dále jsou zde pak konkrétně jmenované prostory, ve kterých musí být tyto požadavky splněny také:

- v obytných místnostech v bytech a rodinných domech,
- **v učebnách škol** mimo speciálních poslucháren, denních místnostech mateřských škol, kabinety atd.,
- v místnostech pro dlouhodobé ubytování,
- v denní místnostech pro zaměstnance,
- a mnoho dalších,

Pro tuto diplomovou práci je stěžejní druhý bod – učebny škol. Jsou tu ale i další vyhlášky, jako například vyhláška 410/2005 Sb. [7] a 343/2009 Sb. [8] které říkají, že musí být ve vnitřních prostorech budov zařízení pro výchovu a vzdělávání vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům. Školní budovy by také měly splňovat technické požadavky na stavby, které jsou vypsané ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [9] a kde jsou jmenované například světlé výšky místností, šířky chodeb, šířky dveří do učeben a dělení hygienických prostor.

Jak se určuje a posuzuje vhodné zrakové prostředí ve školách je podrobně rozepsáno v následujících kapitolách.

2.1 Činitel denní osvětlenosti

Činitel denní osvětlenosti vyjadřuje kvantitativní úroveň denního osvětlení a značí se *D (%)*. Činitel denní osvětlenosti je podíl osvětlenosti v kontrolním bodě *E (lx)* a současné horizontální exteriérové osvětlenosti na nezastíněné rovině E_h *(lx)*.

$$D = \frac{E}{E_h} \times 100\,(-) \tag{1}$$

Činitel denní osvětlenosti se stanovuje při rovnoměrně zatažené obloze v zimě při gradovaném jasu oblohy při tmavém nebo zasněženém terénu (do 600 m n. m. při tmavém terénu nebo při zasněženém terénu nad 600 m n. m). Gradovaný jas zohledňuje, že obloha je směrem k zenitu jasnější. Pro toto zohlednění se používají dva modely, první model pro tmavý terén je CIE 1:3, kde jas zenitu ku 3x většímu jasu horizontu a druhý model pro zasněžený terén je CIE 1:2, kdy jas zenitu je pouze 2x větší než jas horizontu.

2.1.1 Poloha kontrolních bodů a výška srovnávací roviny

Činitel denní osvětlenosti *D (%)* se ve školách stanovuje v kontrolních bodech, které jsou umístěny na srovnávací rovině. Kontrolní body v místnostech s trvalým pobytem osob, v našem případě se jedná o učebny, jsou umístěny v pravidelné síti kontrolních bodů. Krajní kontrolní body jsou umístěny 1 metr od vnitřního povrchu stěn či pevně stojících překážek, například vitrín. Vzdálenosti kontrolních bodů po délce nebo šířce místnosti nemusí být stejné,

ale rozestupy v daném směru musí být takové, aby jejich rozmístění bylo pravidelné.

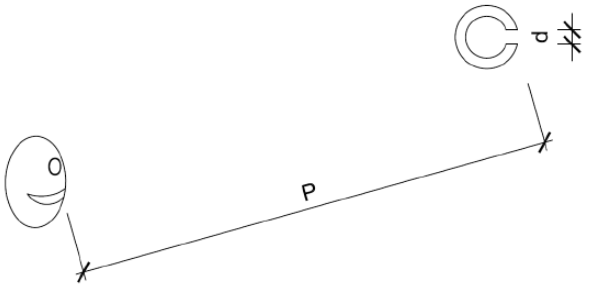
Srovnávací rovina je vodorovná rovina, která nám značí úroveň probíhající zrakové činnosti. V učebnách a kabinetech probíhá hlavní zraková činnost na psacím stole v úrovni desky stolu, proto bude srovnávací rovina umístěna ve výšce 850 mm nad úrovní podlahy. V tělocvičnách a chodbách probíhá hlavní zraková činnost na zemi, proto je srovnávací rovina rovna rovině podlahy.

2.1.2 Poměrná pozorovací vzdálenost a třídy zrakové činnosti

Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti se stanovují na základě třídy zrakové činnosti. Dle ČSN 73 0581-1 [6] máme 7 tříd zrakové činnosti, které jsou stanovené podle poměrné pozorovací vzdálenosti.

Poměrná pozorovací vzdálenost je poměr vzdálenosti oka od kritického detailu *P (mm)* a rozměru kritického detailu *d (mm).* Za kritický detail se považuje nejmenší podrobnost, která musí být zrakem rozlišitelná. U žáka, který čte ze sešitu, je poměrná vzdálenost rovna vzdálenosti jeho hlavy od sešitu a kritickým detailem je například nejmenší část písemka, jako je zobrazeno v obrázku 4.

$$p_v = \frac{P}{d}(-) \tag{2}$$



Obrázek 4: Poměrná pozorovací vzdálenost [10]

Pro učebny a kabinety je stanovená IV. třída zrakové činnosti, kdy poměrná pozorovací vzdálenost p_v je v rozsahu od 500 až do 1000. K této zrakové činnosti je stanoven požadavek na nejmenší činitel denní osvětlenosti D_{min} = 1,5 %, který musí být splněn ve všech kontrolních bodech. Požadavky na průměrný činitel

denní osvětlenosti D_m = 3 % jsou stanoveny pro místnosti, kde je horní, nebo kombinovaný osvětlovací systém.

2.2 Osvětlovací systémy

Aby bylo zajištěno dostatečné denní osvětlení a zraková pohoda žáků v učebnách škol, je důležité, aby do objektů pronikalo dostatečné množství slunečních paprsků ať už přímých, nebo rozptýlených. Osvětlovací systémy se dělí na boční, horní a kombinovaný osvětlovací systém.

Při *bočním osvětlovacím systému* jsou okna umístěna v obvodových stěnách, což nám zajišťuje vizuální kontakt s exteriérem, který nám přináší psychickou, ale i zrakovou relaxaci. Další výhodou je, že u tohoto systému dochází k menšímu zadržování nečistot na povrchu. Velkou nevýhodou však je, že v prostoru blíže k oknu je činitel denní osvětlenosti vyšší než ve vzdálenějších místech, a tak dochází k nerovnoměrnému rozložení denního osvětlení, to však závisí i na velikosti a typu okenního otvoru. Tento systém je v budovách pro vzdělávání používán nejčastěji a v hodnocených učebnách to bude jediný osvětlovací systém, se kterým se setkáme.

Dalším je *horní osvětlovací systém*, kdy jsou osvětlovací otvory umístěny například ve střeše nebo stropě. Tento systém nám sice zajistí rovnoměrnější denní osvětlení, avšak nelze ho využít všude. Další jeho nevýhodou je větší znečišťování otvoru během jeho provozu.

Kombinovaný osvětlovací systém je dle názvu kombinací horního a bočního osvětlovacího systému, kdy jsou využitý jejich výhody.

2.3 Okenní otvory

Mezi základní funkce okna patří zejména zajištění dostatečného množství přirozeného denního osvětlení a kontakt s exteriérem. Mezi další funkce patří zajištění přirozeného větrání, oddělení vnitřního prostředí od vlivů venkovního prostředí, které na ně kladou další požadavky, mezi které patří zejména tepelně technické, vlhkostní a akustické požadavky.

Aby byl zajištěn kontakt s exteriérem, je důležité vhodně zvolit výšku parapetu a to tak, že u věkové skupiny do 6 let je výška parapetu maximálně 0,75 m, u věkové skupiny v rozmezí 6 až 14 let je výška parapetu 1,05 m nad

podlahou a u věkové skupiny starší 14 let je výška parapetu nastavena na 1,2 m [11].

Aby bylo zajištěno dostatečné denní osvětlení, měla by okna mít tyto vlastnosti [12]:

- okna by měla být co nejvíce souvislá s minimálním přerušením,
- nadpraží oken by mělo být minimální,
- světlá výška učebny by měla být u základních škol vyšší jak 3,3 metru,
- co nejmenší ploch okenního rámu,
- zasklení oken by mělo být provedeno z čirých skel.

2.4 Kvalitativní požadavky denního osvětlení

2.4.1 Rovnoměrnost osvětlení

Jak již bylo zmíněno u osvětlovacích systémů, vlivem různého rozložení jasů v zorném poli pozorovatele dochází k nerovnoměrnosti osvětlení, které má velký vliv na zrakovou pohodu uživatelů prostoru. Proto se stanovuje rovnoměrnost osvětlení ***U (-)*** [1], která je kvalitativním hodnocením denního osvětlení a stanovuje se na srovnávací rovině jako poměr nejmenší D_{min} ***(%)*** a největší hodnoty denní osvětlenosti D_{min} ***(%)***, tedy:

$$U = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} (-) \tag{3}$$

Limitní hodnotou pro zrakovou třídu I – III je U ≥ 0,3, pro IV je U ≥ 0,2 a pro zrakovou třídu V je U ≥ 0,15.

2.4.2 Převládající směr světla

Valná většina žáků píše pravou rukou, viz dotazníkové šetření *kapitola 6.5 Popis respondentů*, a proto je vhodné, aby převládající směr světla byl zleva a shora, a to kvůli tomu, aby si žák nestínil. I z toho důvodu se požaduje, aby okenní otvory měly co nejmenší nebo vůbec žádné nadpraží a sluneční paprsky tak mohly pronikat shora a co nejdál do prostoru.

[1] V diplomové práci je použito značení U (-) pro rovnoměrnost dle skript [11].

2.4.3 Zabránění oslnění

Oslňování je nepříznivý jev, kdy sluneční paprsky dopadají přímo do oka pozorovatele, nebo jsou odraženy povrchem. Oslněný člověk má pak výrazně sníženou zrakovou pohodu.

Na oslnění osob mají vliv vnitřní a venkovní podmínky. Kdy venkovní povrchy by se měli navrhovat ze světlejších barev a lesklé povrchy by neměly být orientovány směrem k oknům, aby do nich neodrážely přímé sluneční světlo. Vnitřní podmínky jsou vyjádřeny odrazivostí povrchů, kdy pro jednotlivé povrchy v zorném poli sedícího žáka jsou stanoveny doporučené hodnoty.

Doporučené hodnoty činitele odrazu světla v učebně [11]:

- stěny s umístěnými okny – 0,7-0,8,
- ostatní stěny místnosti – 0,5-0,7,
- strop místnosti – 0,8-0,9,
- podlaha místnosti – 0,3-0,5,
- tabule – > 0,1 [13] (nejlépe však 0,15 – 0,25 [14])
- lavice – 0,35-0,5,
- sokl místnosti – 0,4-0,6.

2.4.4 Barevnost

Barevnost prostoru se navrhuje podle pracovního prostředí a činnosti, která se zde bude vykonávat. Každý člověk má individuální vnímání barevnosti prostředí, a proto je hlavním měřítkem.

Barevnost můžeme hodnotit z několika pohledů:

- **světelně-technický pohled** – kdy barevnost prostoru má vliv na úroveň osvětlení jak po kvalitativní, tak i po kvantitativní stránce hodnocení, tento pohled bude v diplomové práci hodnocen,
- psycho-fyzický pohled – tento pohled nebude v diplomové práci hodnocen,
- estetický pohled – tento pohled nebude v diplomové práci hodnocen.

3. Hodnocené objekty

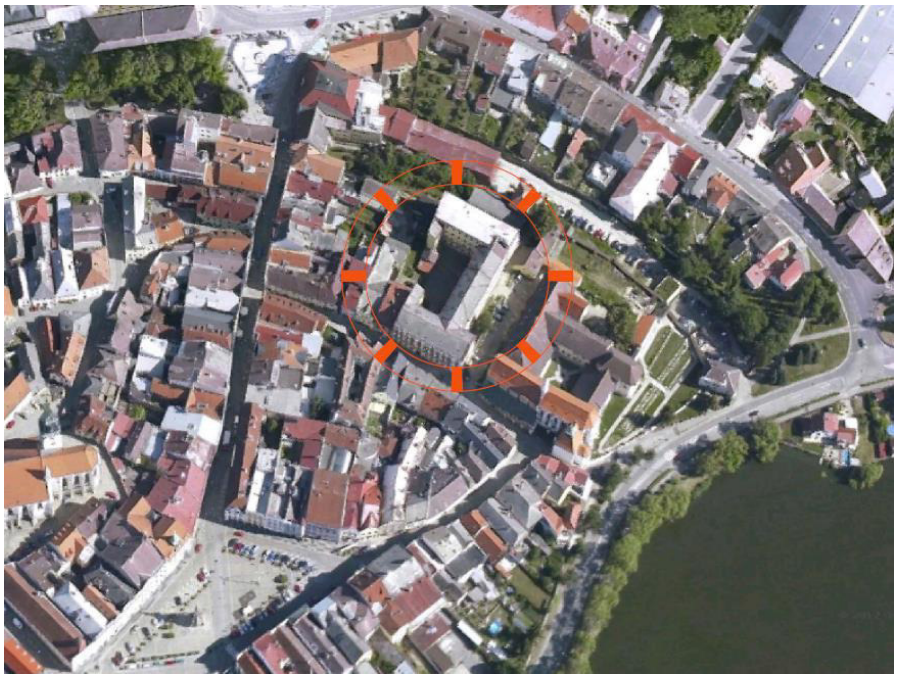
Pro svou diplomovou práci jsem si vybrala tři základní školy ze svého rodného města, Jindřichova Hradce. V každé škole byly vybrány dvě rozdílné třídy, jedna z tříd by měla být vždy více osvětlená a měly by v ní panovat lepší zrakové podmínky, druhá ze tříd by měla být alespoň částečně stíněná okolními objekty, nebo by měla okna dané učebny směřovat k severu.

3.1 1. Základní škola v Jindřichově Hradci

3.1.1 Popis objektu a jeho okolí

Identifikace objektu [15]:

Název objektu:	1. Základní škola Jindřichův Hradec
Rok výstavby:	16.9.1885



Obrázek 5: *Situační mapa 1. ZŠ [16]*

Škola je umístěna v samém centru Jindřichova Hradce v ulici Štítného, kde se nachází i hlavní vchod do objektu. Toto jádro je městskou památkovou rezervací. Z jedné strany škola plynule navazuje na původní řadové domy a z druhé strany přechází do volného prostoru dvora, který náleží Muzeu Jindřichohradecka, který těsně navazuje na gotický kostel svatého Jana Křtitele.

Zadní strana školy je napojena na parkoviště a zahrady okolní zástavby z ulice Růžová.

3.1.2 Dispozice objektu

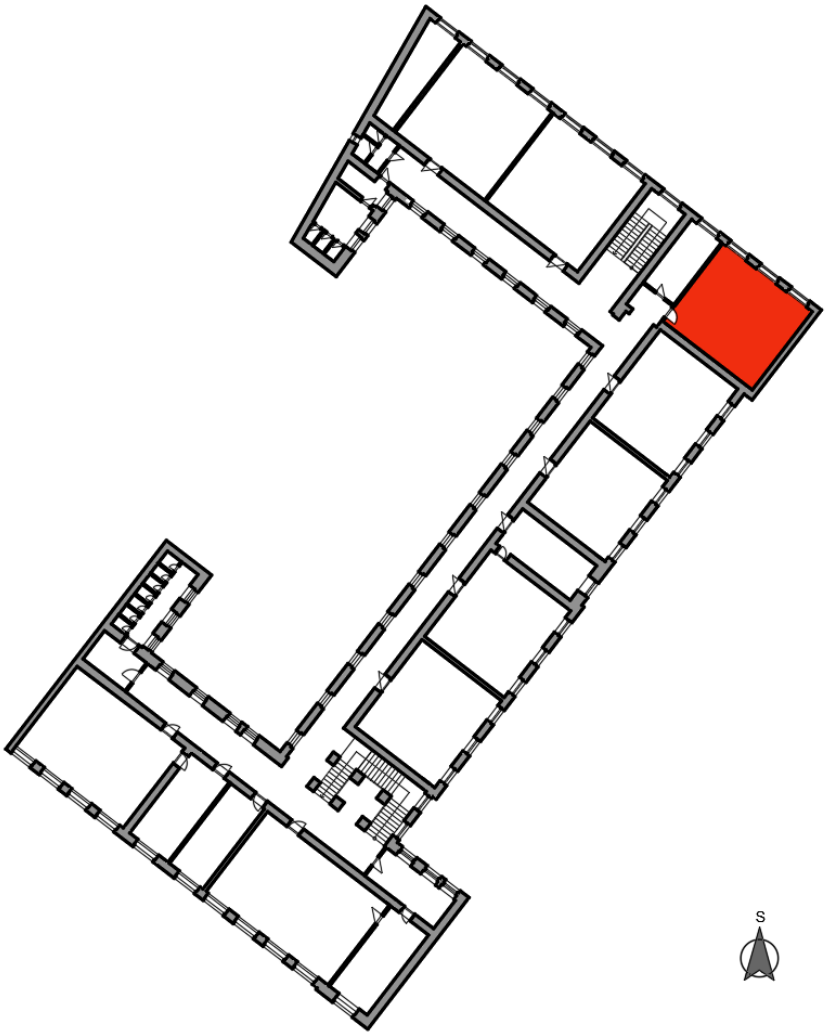
Objekt základní školy má tvar U a tvoří tak jeden celek. V průčelí směřujícího do ulice Štítného je hlavní vstup do objektu, kudy se vejde do přízemí, jež obsahuje šatny, tělocvičnu, jídelnu a také knihovnu. Z tohoto patra je umožněn vstup na dvůr ležící ve vnitrobloku, který je využíván k relaxaci a různým aktivitám. Do tohoto dvora jsou směřována okna z chodeb a díky tomu může být dvůr využíván i během vyučovací hodiny tak, že nebude rušena probíhající výuka. V prvním nadzemním podlaží jsou umístěny učebny prvního stupně, počítačová učebna, kabinety a sekretariát s ředitelnou. V druhém nadzemním podlaží jsou umístěny třídy druhého stupně s dalšími odbornými učebnami. Nedávná vestavba do podkroví v zadní části školy obsahuje třídy pro družinu.

Obrázek 6: *Fotografie vstupu 1. ZŠ*

3.1.3 Výběr učebny

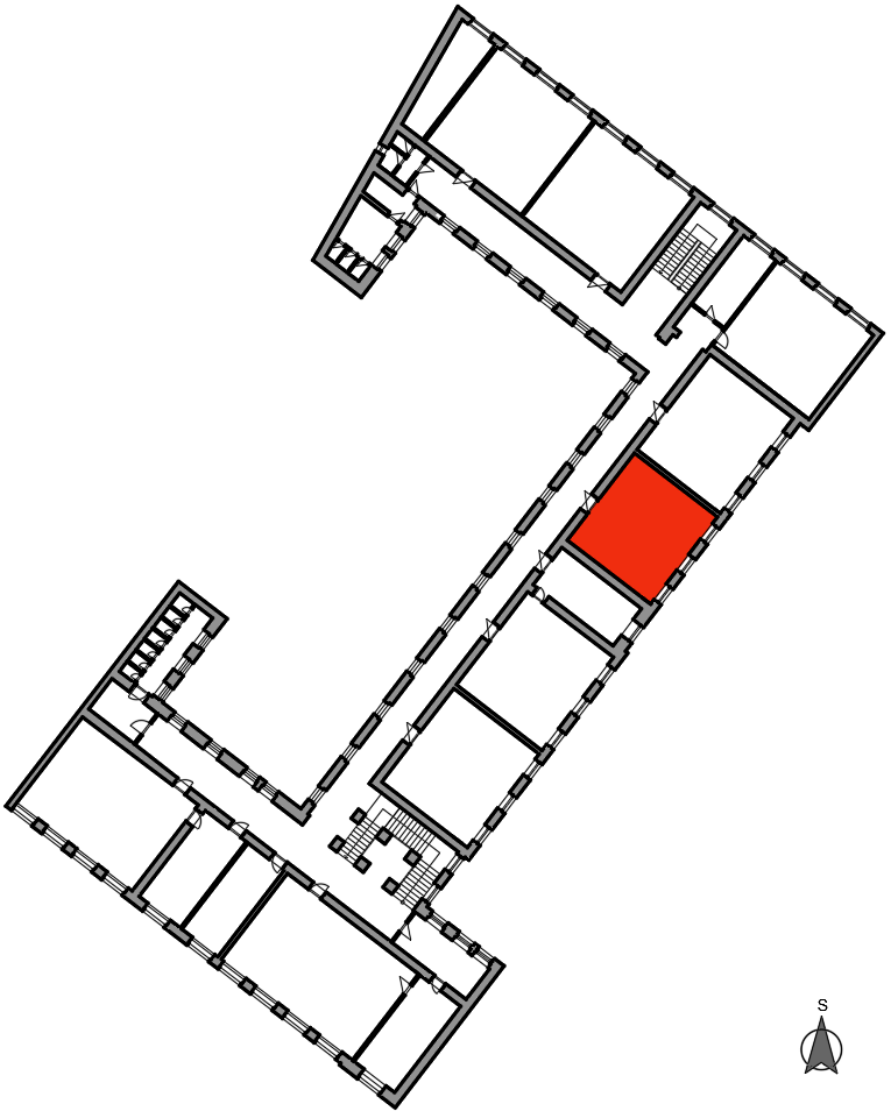
Hlavními jednotkami škol jsou učebny, které se mohou dělit na učebny kmenové, odborné a ostatní odborné učebny. Ve školském zákoně [17] je stanoveno, že školy musí vytvářet vhodné podmínky pro zdravý vývoj a s tím i souvisí vhodné denní osvětlení. A jak již bylo řečeno, denní osvětlení se stanovuje především u místností, které mají trvalý pobyt osob. Dle ČSN 73 0580-3 [18] je pouze v kmenových učebnách stanoven trvalý pobyt osob a zároveň i třída zrakové činnosti (IV).

Jako první byla vybrána kmenová učebna 6.A ležící ve východním rohu školy ve třetím nadzemním podlaží, která by měla představovat více stíněnou učebnu. Její situační zakreslení naleznete na obrázku 7.



Obrázek 7: Situační umístění třídy 6.A na 1. ZŠ

Jako druhá učebna byla vybrána učebna 9.A, která by měla mít horší světelné podmínky. Učebna také leží ve třetím nadzemním podlaží v jihovýchodním traktu. Její umístění ve škole naleznete na obrázku 8.

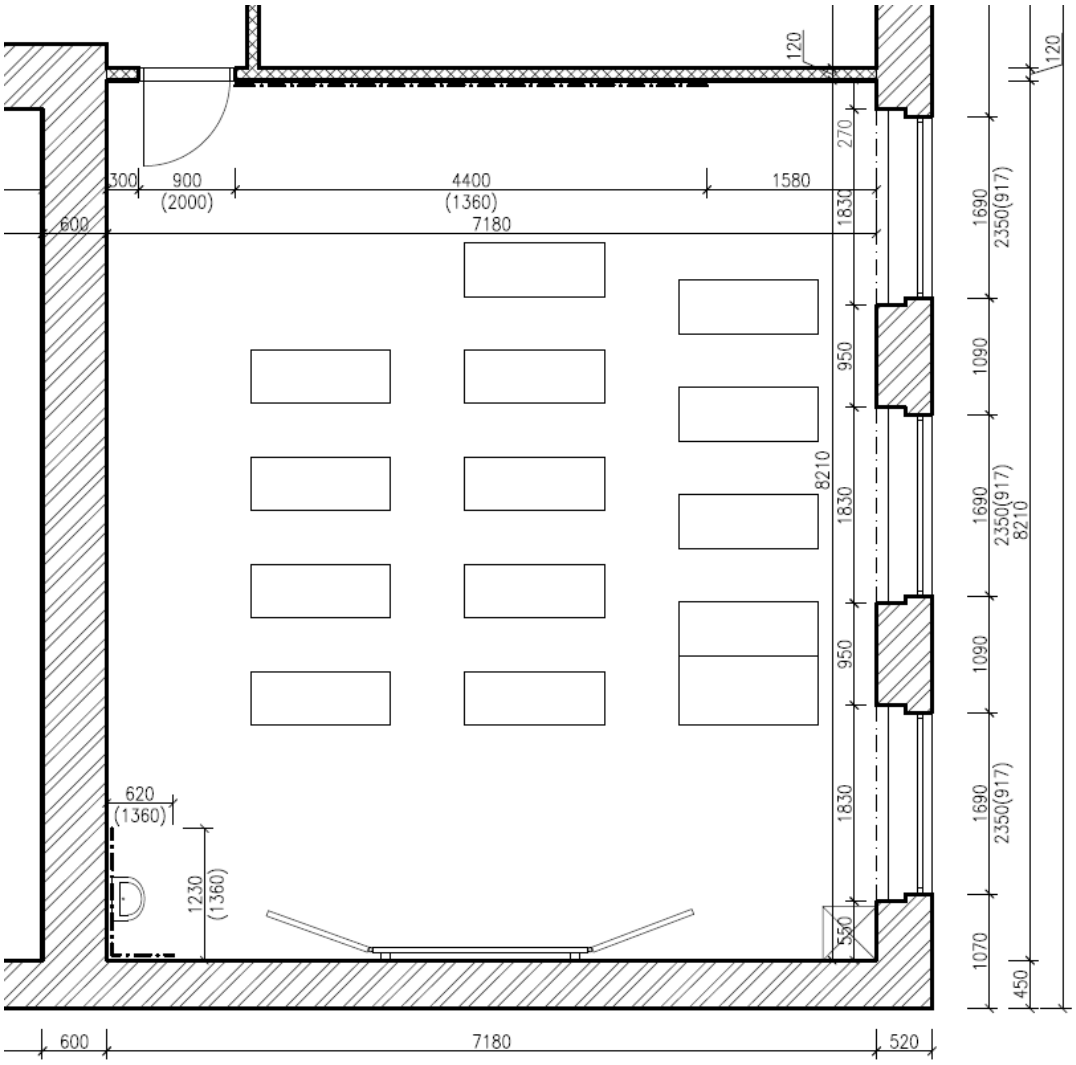


Obrázek 8: *Situační umístění 9.A na 1. ZŠ*

Obrázek 9: *Pohled na fasádu s vyznačením vybrané učebny 9.A*

3.1.4 Učebna 6.A

První hodnocenou učebnou je učebna 6.A, která se nachází ve třetím nadzemním podlaží (viz obrázek 7). Tato učebna je určená jako kmenová pro třídu 6.A a její maximální kapacita je 26 vyučovacích míst, je zde tedy 13 lavic pro žáky se standardními rozměry 1,3 x 0,5 m a jeden učitelský stůl o rozměru 1,3 x 0,65 m.

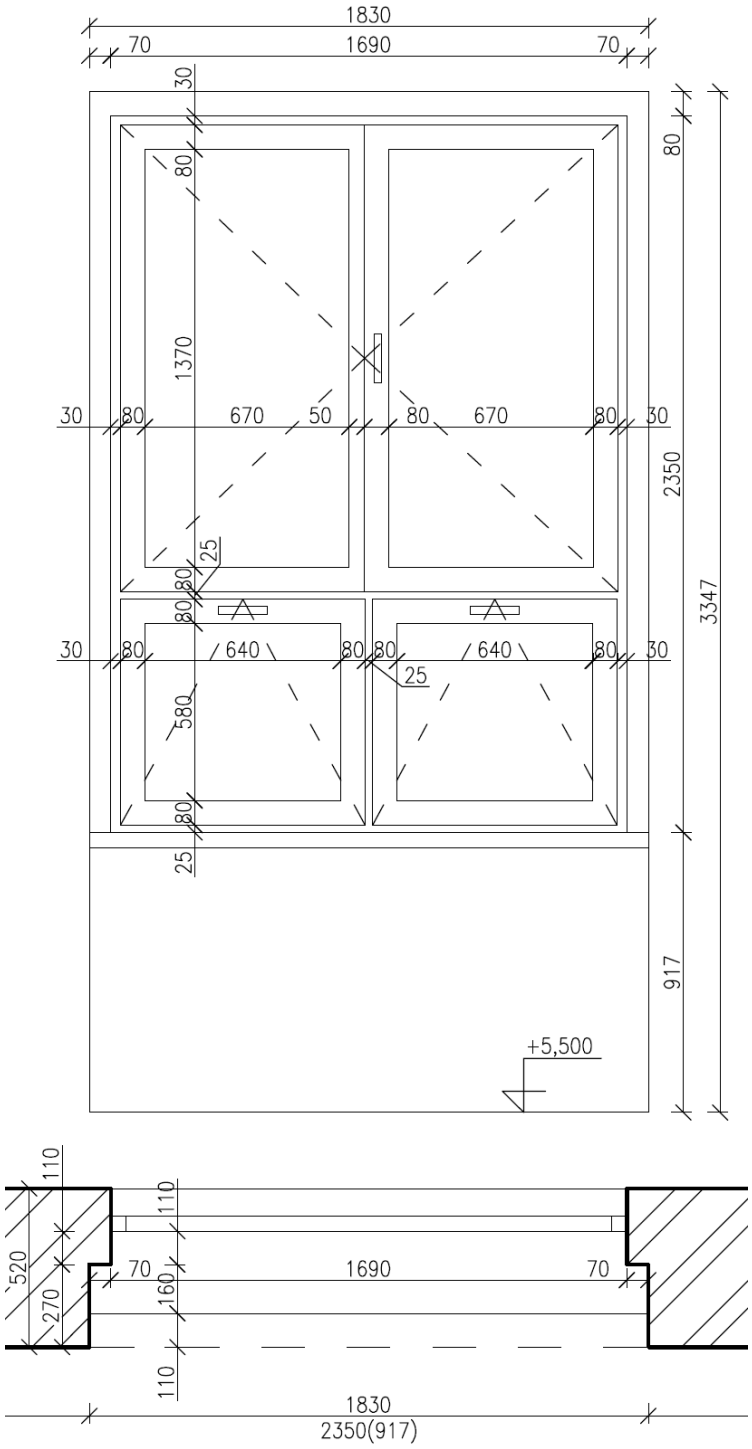


Obrázek 10: *Půdorys učebny 6.A na 1. ZŠ*

Učebna má obdélníkový půdorys 7,18 x 8,21 m. Vstup do třídy je naproti stěně, na které je umístěná tabule. Dveře jsou dřevotřískové s bílým povrchem. Po levé straně tabule v rohu je umístěno umyvadlo, kdy roh je obložen lesklým keramickým obkladem do výšky 1,36 m s různými odstíny modré barvy. Po pravé straně tabule je skříňka na učitelské potřeby o rozměrech 0,5 x 0,5 x 1 m. Na stěně naproti oknu je nakreslená černá mapa světa na žlutém podkladě, který převládá na větší části stěny, pouze horní a levý okraj stěny je vymalován bílou barvou. Dále je na této stěně pověšen plakát se zeměkoulí. Na straně naproti tabuli, tam kde se nachází vstup do třídy, je dřevěný obklad v tloušťce zhruba 200 mm, a to z toho důvodu, aby bylo zabráněno stírání nátěru a ničení omítky při odsouvání židlí. Nad obkladem je černou barvou nakreslená mapa České republiky a vedle je umístěn plakát se zeměpisnou tématikou. Tato stěna je také převážně žlutá s bílými okraji v horním a pravé rohu. Stěna s okny je bílá, stejně jako stěna

s tabulí. Tabule je zelená dvoukřídlá a nad tabulí je umístěno promítací plátno. Podlaha je pokrytá světle hnědým linoleem s tmavě hnědým šrafováním. Strop učebny je bílý. V učebně byl do výpočtu činitele odrazu světla započítán keramický obklad i nakreslená mapa České republiky a mapa světa. Plakáty byly zanedbány z důvodu jejich vysoké proměnlivosti barevnosti a promítací plátno bylo uvažováno jako stažené. Nábytek byl vzhledem ke své velikosti a snadné přemístitelnosti při měření odraznosti ploch také zanedbán. Výpis jednotlivých ploch materiálů a barev naleznete v tabulce 2.

Obrázek 11: *Fotografie učebny 6.A na 1. ZŠ*



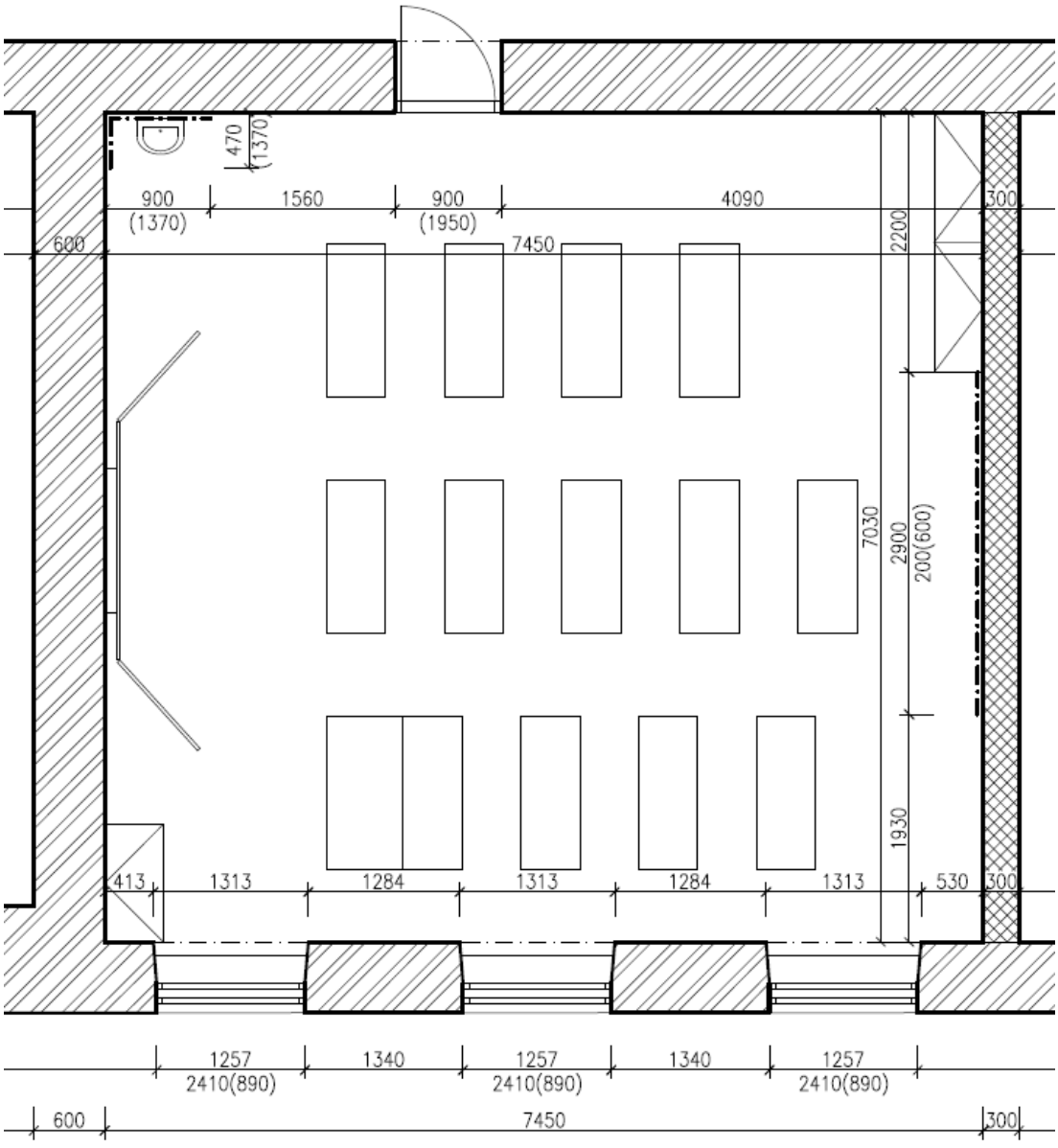
Obrázek 12: *Pohled a půdorys okenního otvoru v učebně 6.A*

Ničím nestíněné okenní otvory jsou směřovány k severovýchodu. Tyto tři okenní otvory jsou zapuštěny ve výklenku. Okno je rozděleno na spodní a horní část, kdy ve spodní části jsou dvě samostatně sklápěcí okna a v horní části je otevíravé jednoduché okno, které je rozděleno na dvě části, kdy druhá část jde

otevřít pouze po otevření první části. Tato první část může být otevřena i na dvoustupňovou ventilaci. Podrobné rozměry okenního otvoru naleznete na obrázku 12. Okenní otvory jsou ze světle hnědého dřeva a jedná se o dřevěná dvojskla s izolačním rámečkem.

3.1.5 Učebna 9.A

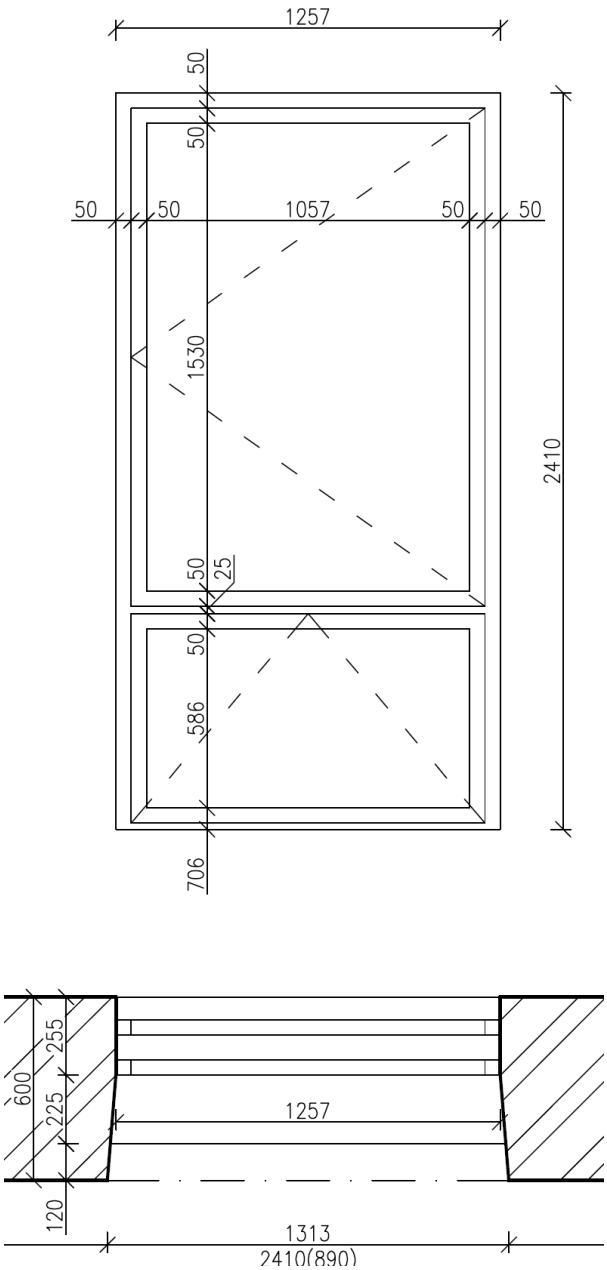
Druhou hodnocenou učebnou je učebna třídy 9.A, která je také v třetím nadzemním podlaží. V učebně se nachází 13 lavic se standartními rozměry 1,3 x 0,5 m a 26 židlemi. Dále je zde učitelský stůl o rozměrech 1,3 x 0,5 m.



Obrázek 13: Půdorys učebny 6.A na 1. ZŠ

Učebna má obdélníkový tvar s rozměry 7,45 x 7,03 m. Vstup do učebny je zhruba v prostřední části stěny přímo naproti oknům. Po levé straně u dveří v rohu je umyvadlo, které je obloženo modrým obkladem do výšky 1,37 m. V přední části, po levé straně od dveří, je umístěná zelená dvoukřídlá tabule a vedle ní je malá skříň o rozměrech 0,5 x 1,1 x 1 m, která je určená pro potřeby učitele. V zadní části jsou dvě nízké skříně tvořící sestavu určenou pro ukládání výtvarných potřeb žáků, tyto skříně mají celkové rozměry 0,5 x 2,2 x 1 m. Dále zde visí korková nástěnka 1 x 2 m. Na této stěně je nainstalovaný pás ze dřeva, který má zabránit odírání zdi od odsouvaných židlí. Kolem celého obvodu třídy je umístěn pás žluté barvy, který sahá až do výšky 1,46 m. Zbylé části stěn a strop jsou natřeny bílou barvou. Podlaha je z linolea cihlové barvy. Do výpočtu byly zanedbány pouze obrázky pověšené na zdi, a to z důvodu, že jejich obsah a rozsah se může měnit. Výpis jednotlivých ploch materiálů a barev naleznete v tabulce 4.

Obrázek 14: *Fotografie 9.A na 1. ZŠ*



Obrázek 15: *Pohled a půdorys okenního otvoru v učebně 9.A*

Ve stěně jsou umístěny tři úzké okenní otvory, které jsou směřovány na jihovýchod s výhledem do nádvoří jindřichohradeckého muzea, na kostel svatého Jana Křtitele a na Muzeum Jindřichohradecka. Okna jsou špaletová z bíle natřeného dřeva. Okno je rozděleno na dvě části. V horní části je umístěno jednoduché okno, které je otevíravé a v dolní části je zcela sklápěcí menší okno, které je z důvodu bezpečnosti opatřeno řetízkem tak, aby ho nebylo možné otevřít úplně. Podrobné rozměry okna můžete vidět na obrázku 15.

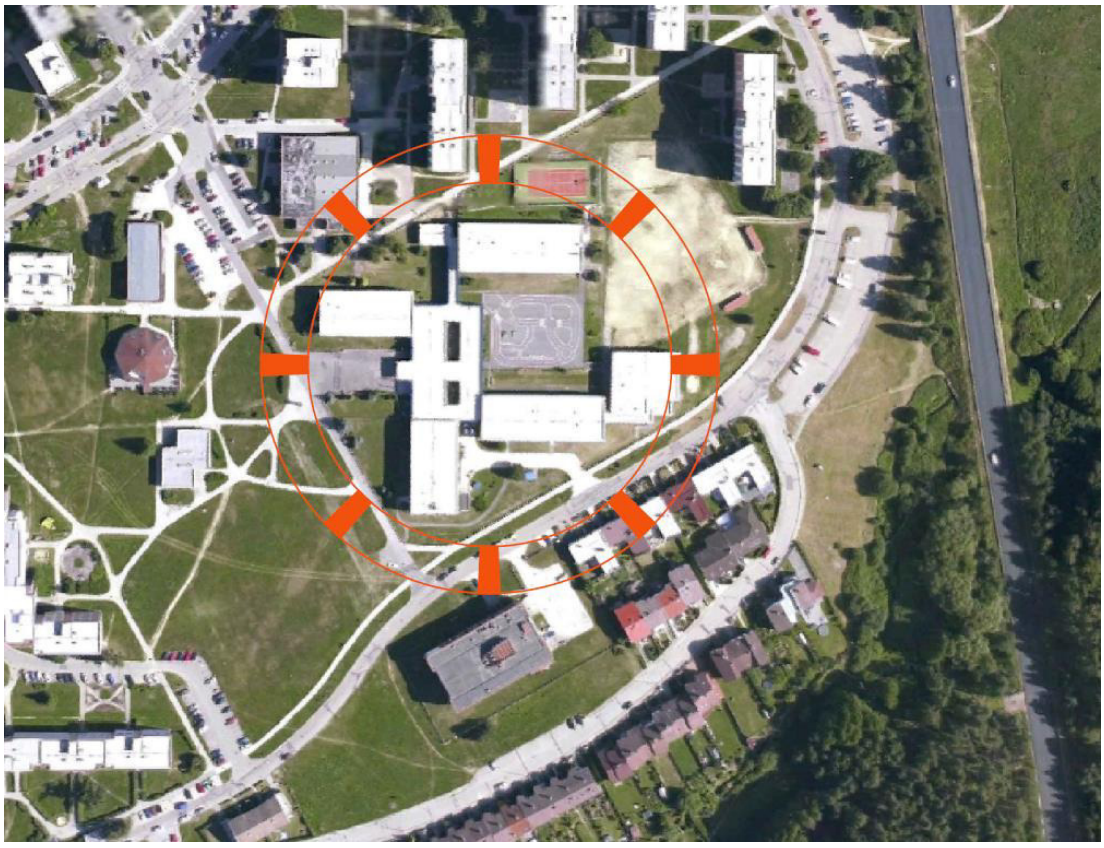
3.2 5. Základní škola v Jindřichově Hradci

3.2.1 Popis objektu a jeho okolí

Identifikace objektu [15]:

Název objektu: 5. Základní škola Vajgar, Jindřichův Hradec

Rok výstavby: 1982-1983



Obrázek 16: *Situační mapa 5. ZŠ [16]*

Areál 5. Základní školy je umístěn na jihovýchodní straně sídliště Vajgar ve městě Jindřichův Hradec. Sídliště nese název po rybníku Vajgar a leží na jeho jižní straně. Ze severní až západní strany je škola obestavěna hustou zástavbou panelových domů, dále se zde nachází malá knihovna a středisko, které obsahuje odborné zubní a lékařské ordinace. Z jižní strany jsou řadové domy a administrativní budova. Z východní strany je situováno parkoviště.

3.2.2 Dispozice objektu

Objekt 5. ZŠ je členěn na několik pavilonů, které jsou propojené spojovacími krčky, nebo k sobě těsně doléhají. Hlavní vstup do objektu školy je

ze západu přímo do pavilonu A, který je jednopodlažní. Vstupní schodiště je mírné a kryté střešním přesahem. V pavilonu A se v přední části po pravé i levé straně nachází šatny pro děti, zatímco v zadní části pavilonu A je sekretariát a ředitelna. V centrální části jsou šatny a místnosti vedení školy odděleny malými nádvoříčky, které zajišťují dodatečné prosvětlení celého pavilonu.

Obrázek 17: *Dispoziční schéma objektu 5. ZŠ [16]*

Z pavilonu A se dá projít do pavilonu B, ve kterém se nachází třídy pro starší žáky prvního stupně a jazykové učebny s kabinety. Tento pavilon má dvě nadzemní podlaží.

Spojovacím krčkem z pavilonu A se dostaneme do budovy G, ve které se nachází zázemí školníka, a do pavilonu C, ve kterém jsou umístěny ve dvou patrech třídy druhého stupně. V tomto pavilonu jsou umístěny i třídy, které byly vybrány pro bližší zkoumání a jejich podrobný popis naleznete v následujících kapitolách.

Pokud se vydáme z pavilonu A na druhou stranu, projdeme do pavilonu D a pavilonu E. Pavilony D, E a F jsou vzhledem k mírně klesajícímu terénu posazeny o necelého půl patra níž, než jsou výše zmíněné pavilony. V druhém patře pavilonu D je školní jídelna a v prvním patře je technické zázemí školy společně se sklady. Dvoupatrový pavilon E slouží pro mladší žáky prvního stupně a je zde umístěna i školní družina. Z pavilonu E se dá projít až do pavilonu F, který má z jižní části další samostatný vstup. Pavilon F slouží pro tělovýchovu a je rozdělen na dvě tělocvičny, jednu menší a jednu větší, také jsou zde umístěny šatny.

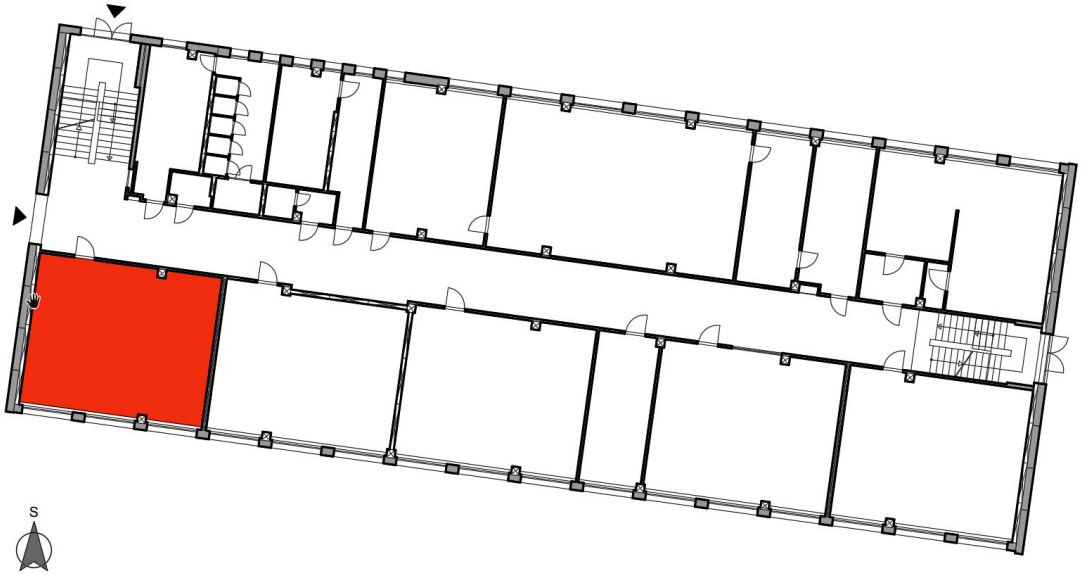
Ve vnitrobloku mezi pavilony A, C a E je vybetonovaná plocha, která slouží pro výcvik mladých cyklistů a pro míčové hry. V zadní části zahrady jsou hřiště a zelená plocha, kterou děti využívají během přestávek nebo při hezkém počasí k tělocviku.

Obrázek 18: Fotografie vstupu 5. ZŠ

3.2.3 Výběr učebny

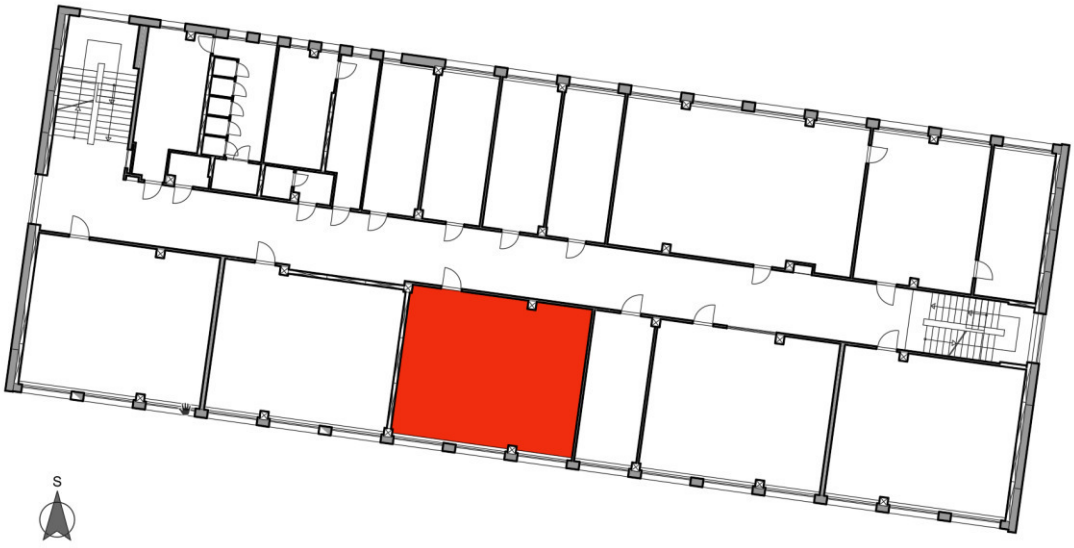
Na 5. základní škole byly vybrány dvě učebny z bloku C, ve kterém se nachází třídy druhého stupně.

Jako více stíněná učebna byla vybrána kmenová učebna 8.B, u které se předpokládá stínění spojovací chodbou a protilehlým pavilonem A. Její umístění na prvním podlaží pavilonu C naleznete na následujícím obrázku 19.



Obrázek 19: Situační umístění třídy 8.B na 5. ZŠ

Druhou vybranou kmenovou učebnou je třída 9.A, která je ve druhém nadzemním podlaží a její okna směřují také do vnitrobloku školy. Tato učebna by neměla být ničím stíněná a měla by být více prosvětlená, než je učebna 8.B. Umístění učebny naleznete na obrázku 20.

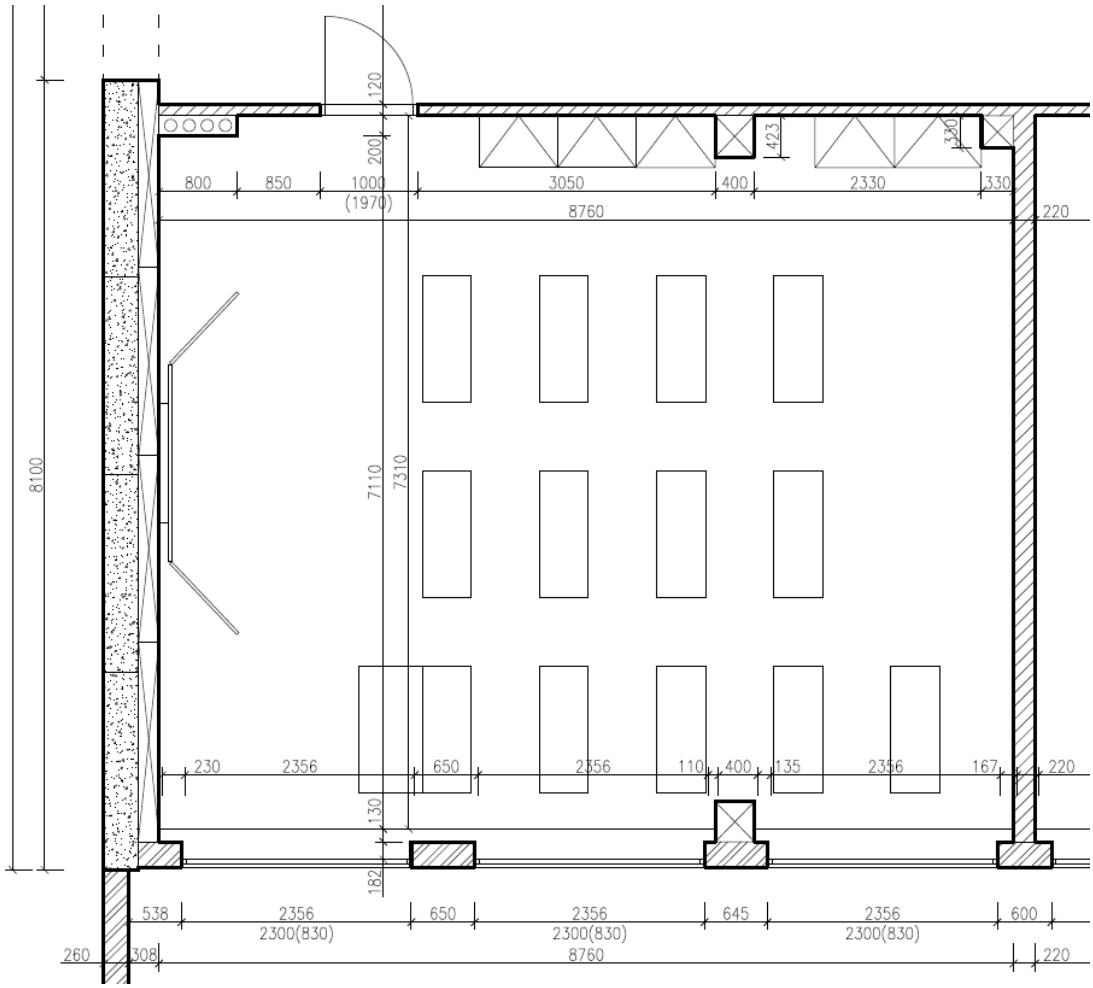


Obrázek 20: Situační umístění 9.A na 5. ZŠ

Obrázek 21: Pohled na fasádu s označením vybraných učeben

3.2.4 Učebna 8.B

Učebna 8.B se nachází v prvním nadzemním podlaží pavilonu C s okny orientovanými na jihozápad. Učebna je umístěna hned u spojovacího krčku a proti ní se nachází zadní část budovy A, která jí také stíní. V 8.B je 13 lavic o rozměrech 1,3 x 0,5 m a maximální kapacita třídy je tedy 26 míst k sezení. Učitelský stůl má rozměry 1,3 x 0,6 m. Lavice jsou srovnány do 3 řad po 4 lavicích, kromě řady u okna, ve které je 5 lavic a učitelský stůl.

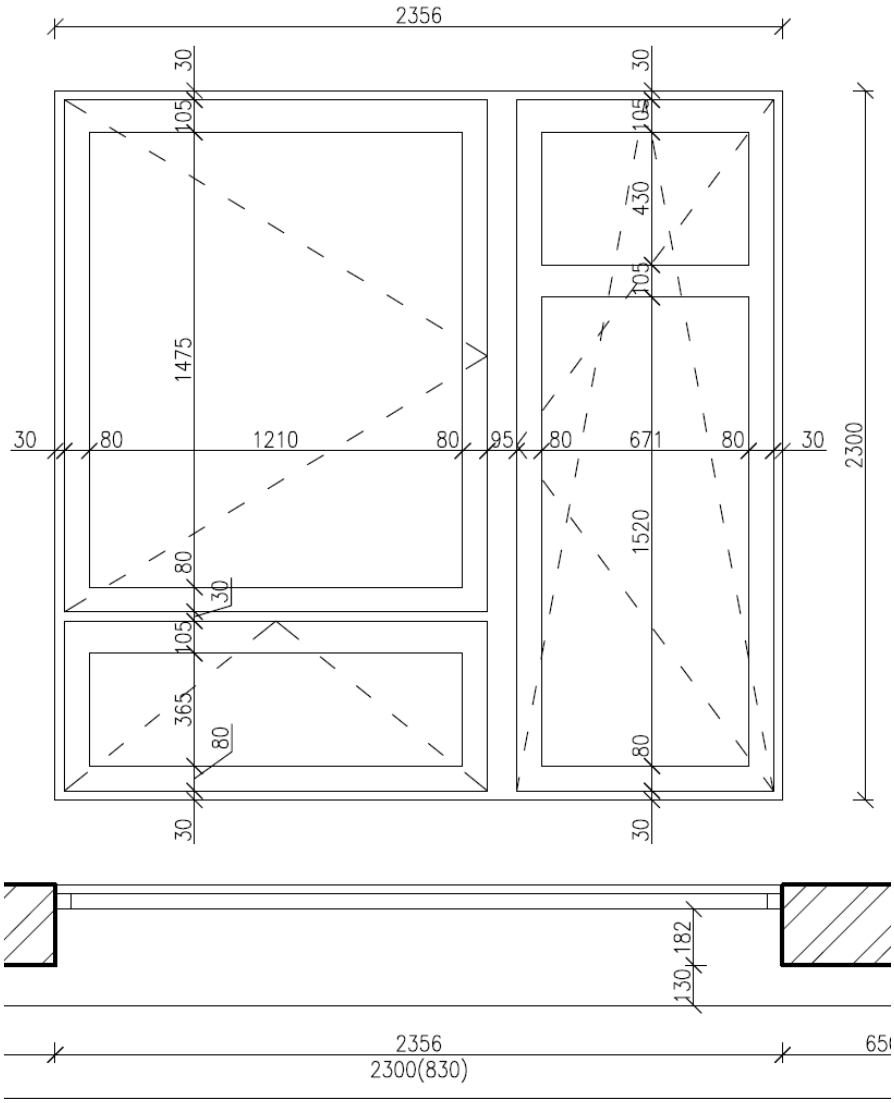


Obrázek 22: *Půdorys učebny 8.B na 5. ZŠ*

Učebna má obdélníkový tvar o rozměrech 8,76 x 7,31 m. Vstup do třídy je umístěn naproti oknům. Z této stěny vystupuje do prostoru stoupačka, která je natřená tmavě hnědou barvou a na které je umístěno umyvadlo. Dále ze stěny vystupuje nosný sloup o rozměrech 0,4 x 0,423 m, který se nachází i na protější straně mezi okny, a svod vody ze střech o rozměrech 0,33 x 0,33 m. Na stěně naproti oknům jsou umístěny dvě komody o rozměrech 0,53 x 0,8 x 0,85 m, nad kterými je umístěná červená nástěnka o rozměrech 0,92 x 1,22 m, dvě skříně s policemi o rozměrech 0,53 x 0,815 x 1,63 m a uzamykatelné schránky po bocích kovově šedivé a zepředu modré o rozměrech 0,53 x 0,89 x 1,85 m. Na přední stěně je zelená dvoukřídlá tabule na šedivém podstavci, vedle které jsou z každé strany pověšeny nástěnky s obrázky. Po celém obvodě, kromě stěny s okny, je namalován pastelově zelený pás, který sahá od země až do výšky 1,4 m. Nad tímto pásem je učebna vymalovaná světle žlutou barvou. Stěna, ve které jsou umístěna okna, a strop je vymalován bílou barvou. Podlaha je pokryta světle

hnědým žíhaným linoleem. Do výpočtu nebyly uvažovány obrázky kvůli své vysoké barevnosti. Výpis jednotlivých ploch materiálů a barev naleznete v tabulce 6.

Obrázek 23: *Fotografie učebny 8.B na 5. ZŠ*

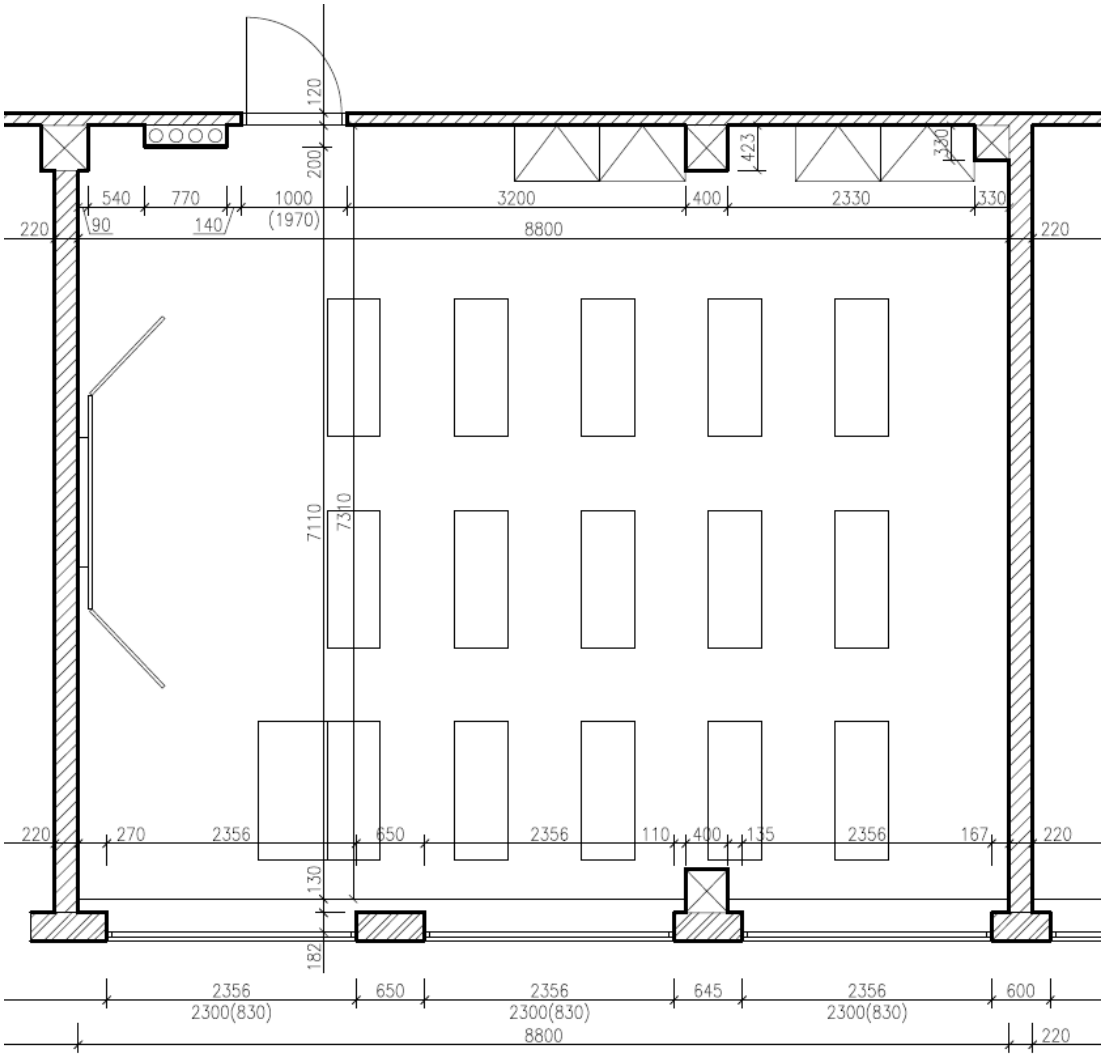


Obrázek 24: Pohled a půdorys okenního otvoru v učebně 8.B

V učebně jsou tři okenní otvory, které vytváří téměř souvislý pás bočního osvětlovacího systému a který je přerušen nosným prvkem sloupu a vyzděnou meziokenní vložkou. Okna jsou plastová dvojskla s bílou povrchovou úpravou a jsou opticky rozdělená na pravou a levou část, kdy levá část je ještě rozdělena na horní a dolní část okna, zatímco v pravé části je pouze jedno velké okno. Velké okno v pravé části se skládá ze dvou samostatných skleněných tabulí, z větší a z menší, kdy toto rozdělení je pouze estetické. V levé části je horní část okna otevíravá s možností využití dvoustupňové ventilace a spodní okno je pouze sklápěcí. Podrobné rozkreslení můžete vidět na obrázku 24 nad textem.

3.2.5 Učebna 9.A

Třída 9.A je situována v pavilonu C v druhém nadzemním podlaží s výhledem do vnitrobloku. Naproti učebně je pavilon E, který svou výškou nepřesahuje výšku pavilonu C, tato učebna by tedy neměla být ničím stíněná. V učebně je 15 lavic o standartním rozměru 1,3 x 0,5 m a je zde tedy 30 míst k sezení. Lavice jsou opět členěny do 3 řad, řada u dveří a řada uprostřed mají každá 5 lavic, řada u okna má 5 lavic a učitelský stůl o rozměrech 1,3 x 0,6 m.

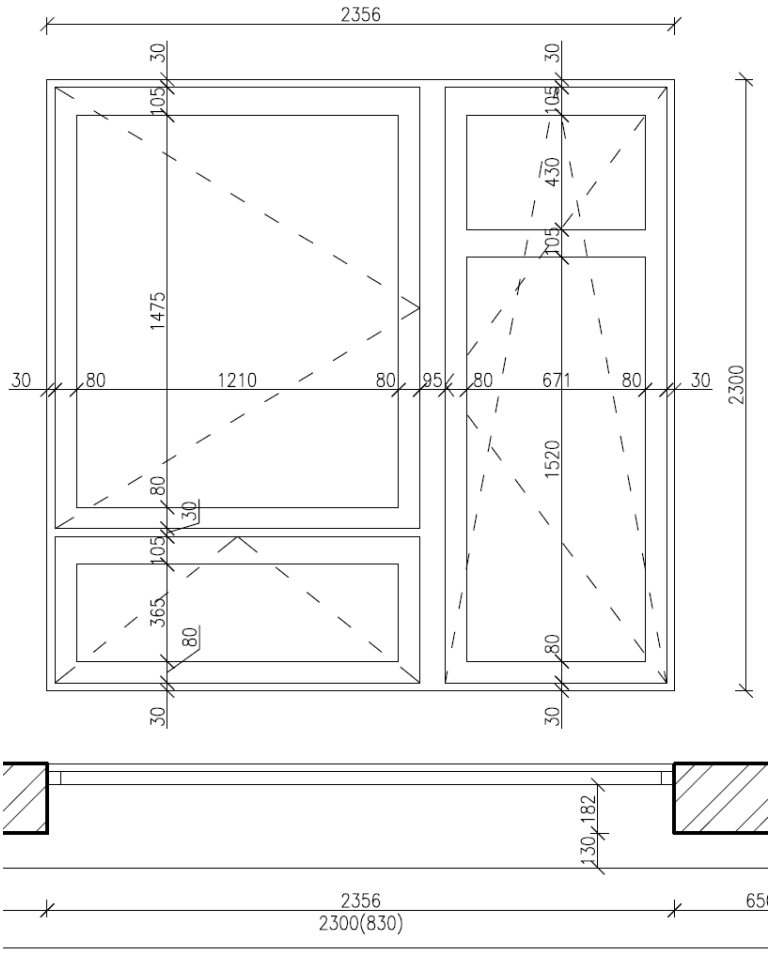


Obrázek 25: Půdorys učebny 9.A na 5. ZŠ

Učebna má podélný tvar o rozměrech 7,31 x 8,8 m a ze stěn vystupují do prostoru dva nosné sloupy, jeden o rozměrech 0,4 x 0,423 m a část druhého o rozměrech 0,1 x 0,423 m, odpadní šachta ze střechy s rozměry 0,33 x 0,33 m a stoupačka k umyvadlu, která je natřená hnědou barvou, o rozměrech 0,77 x 0,2 m. Vstup do učebny je umístěn v delší stěně přímo naproti oknům. Na straně

u oken vystupuje do prostoru další sloup o rozměrech 0,4 x 0,41 m. Na stěně oddělující chodbu od učebny je umístěné okno z luxferů, které má rozměry 2,35 x 1,2 m a propouští tak světlo z učebny do chodby. Pod světlíkem je umístěn světle hnědý hladký dřevěný obklad, který slouží k vyvěšování různých plakátů. Dále je zde uzavřená skříň o rozměrech 0,52 x 0,8 x 0,85 m, skříň s policemi o rozměrech 0,52 x 0,79 x 1,6 m, komoda s policemi 0,52 x 0,8 x 0,85 m a uzamykatelné schránky, které slouží žákům k ukládání věcí, které nepotřebují nosit domů, o rozměrech 0,53 x 0,89 x 1,85 m. Na stěně za lavicemi a na pravé straně vedle tabule jsou pověšené nástěnky, nástěnka modrá 1,2 x 1,09 m a nástěnka černé barvy 1,21 x 0,86 m. Po celém obvodě třídy je na stěnách namalován pastelově zelený pás, který sahá od země do výšky 1,4 m. Pás má dva odstíny zelené barvy, kdy na zadní stěně je zelená s tmavším odstínem a ostatní stěny mají pás s odstínem světlejším. Stěna u dveří a stěna za zády žáků jsou nad zeleným pruhem nabarveny světle žlutou barvou. Stěna u oken je celá bílá a stěna za tabulí je nad pruhem také bílá, stejně jako strop. Na podlaze je položené světle hnědé linoleum s tmavě hnědým žíháním. Do výpočtu byla zanedbána černá nástěnka nacházející se vedle velké tabule, protože při otevření tabule byla z nástěnky vidět pouze zanedbatelná část. Výpis jednotlivých ploch materiálů a barev naleznete v tabulce 8.

Obrázek 26: Fotografie učebny 9.A na 5. ZŠ



Obrázek 27: Pohled a půdorys okenního otvoru v učebně 9.A

V učebně jsou stejná okna jako jsou ve třídě 8.B, plastová bílá dvojskla. Podrobné rozkreslení můžete vidět na obrázku 27 nad textem.

3.3 6. Základní škola v Jindřichově Hradci

3.3.1 Popis objektu a jeho okolí

Identifikace objektu [15]:

Název objektu: 6. Základní škola Vajgar, Jindřichův Hradec

Obrázek 28: Situační mapa 6. ZŠ [16]

Areál 6. Základní školy je umístěn na jihozápadním okraji Jindřichova Hradce, konkrétně na sídlišti Hvězdárna. Sídliště bylo pojmenováno po Hvězdárně profesora Františka Nušla. Areál školy je ze severní až východní strany zastavěn původní panelákovou zástavbou a z jihovýchodní strany novou bytovou zástavbou. Od jihu až k severozápadu je škola obklopena dřevnatým porostem. Škola byla v roce 2011 a 2014 postupně rekonstruována až do dnešní konečné podoby.

3.3.2 Dispozice objektu

Objekt 6. ZŠ je rozdělen na čtyři pavilony. Hlavní vstup do objektu je ze severovýchodu do pavilonu A. V pavilonu A se v přízemí nachází vstupní hala s vrátnicí a v každém patře vstupy do pavilonu B a C. Po vystoupání schodiště se dostaneme do administrativní části školy s ředitelnou, sekretariátem, hlasatelnou klubovnou a vyšetřovnou lékaře. V druhém nadzemním podlaží se nachází knihovna, studovna, čítárna, sklady knih a kabinety. V posledním, tedy třetím nadzemním podlaží, jsou kabinety a odborné učebny pro hudební a výtvarnou výchovu a sklady s pomůckami k těmto předmětům.

Obrázek 29: *Dispoziční schéma objektu 6. ZŠ [16]*

V pavilonu B je v přízemí umístěn první blok šaten, byt školníka, garáž, kotelna a sklady vybavení. V prvním nadzemním podlaží je umístěna školní družina, která slouží dětem v ranních i odpoledních hodinách. V druhém a třetím nadzemním podlaží jsou třídy pro žáky druhého stupně.

V přízemí pavilonu C je umístěn druhý blok šaten, společně s dílnami pro práci s elektrotechnikou, dřevem a kovy. V prvním až třetím nadzemním podlaží jsou třídy prvního stupně a cvičná kuchyňka.

V pavilonu D je, který spojuje pavilon B a C, je v přízemí umístěna strojovna vzduchotechniky, rozvody, řídící místnosti, místnost elektrotechniky a celé technické zázemí školy. V prvním nadzemním podlaží je umístěna školní kuchyně s jídelnou, sklady a přípravny potravin, kdy školní kuchyně je zásobovaná ze zadní části školy přes rampu. Nad školní jídelnou jsou umístěny dvě tělocvičny, šatny, umývárny a zázemí pro tělesnou výchovu.

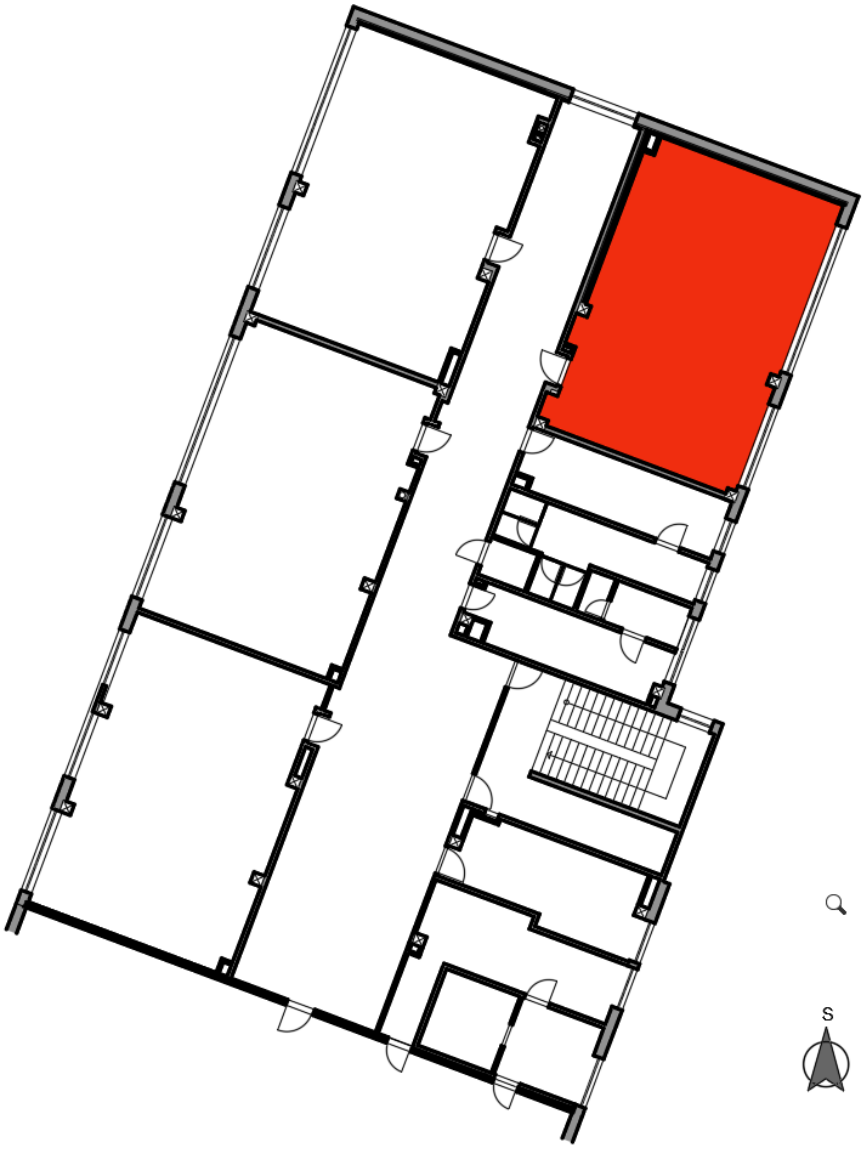
K areálu školy náleží venkovní hokejbalové hřiště a závodní běžecké dráhy, které jsou v zadní části školy na severním a jižním boku.

Obrázek 30: Fotografie 6. ZŠ [19]

3.3.3 Výběr učebny

Na této škole byly vybrány dvě učebny, které leží v bloku B v druhém a třetím nadzemním podlaží. Obě učebny jsou kmenovými učebnami žáků navštěvujících druhý stupeň.

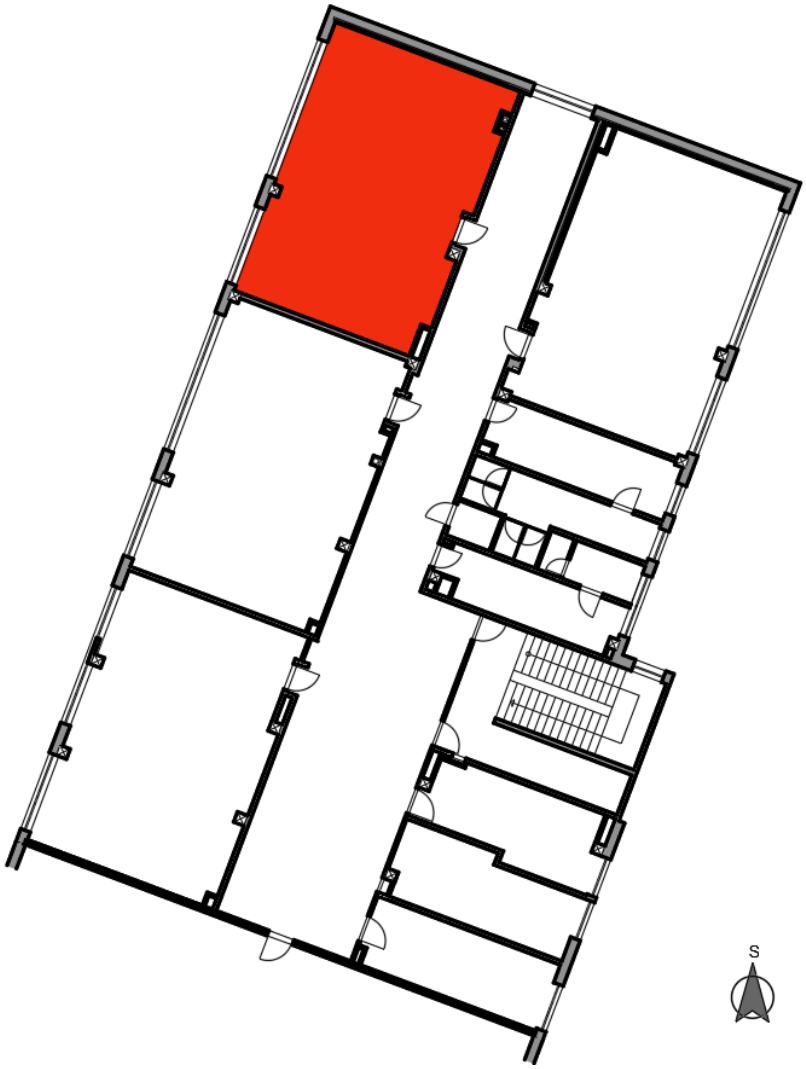
První vybranou učebnou byla učebna 7.A, která leží v druhém nadzemním podlaží na konci bloku B. Okna této učebny směřují na jihovýchod a mohou být stíněna okolní zástavbou, která je postavena v těsné blízkosti školy, anebo pavilonem A. Tato učebna byla tedy vybrána jako učebna, ve které budou panovat horší zrakové a světelné podmínky. Umístění učebny naleznete na obrázku 31 a 32.



Obrázek 31: Situační umístění třídy 7.A na 6. ZŠ

Obrázek 32: *Pohled na fasádu s označením vybrané učebny 7.A*

Druhou vybranou učebnou žáků druhého stupně byla učebna 8.A, která se nachází v třetím nadzemním podlaží bloku B na samém konci chodby. Okna této učebny směřují k severozápadu a neměla by být ničím stíněna, protože v tomto směru není žádná zástavba, pouze vzrostlé stromy ve větší vzdálenosti. Umístění učebny naleznete na obrázku 33 a 34.

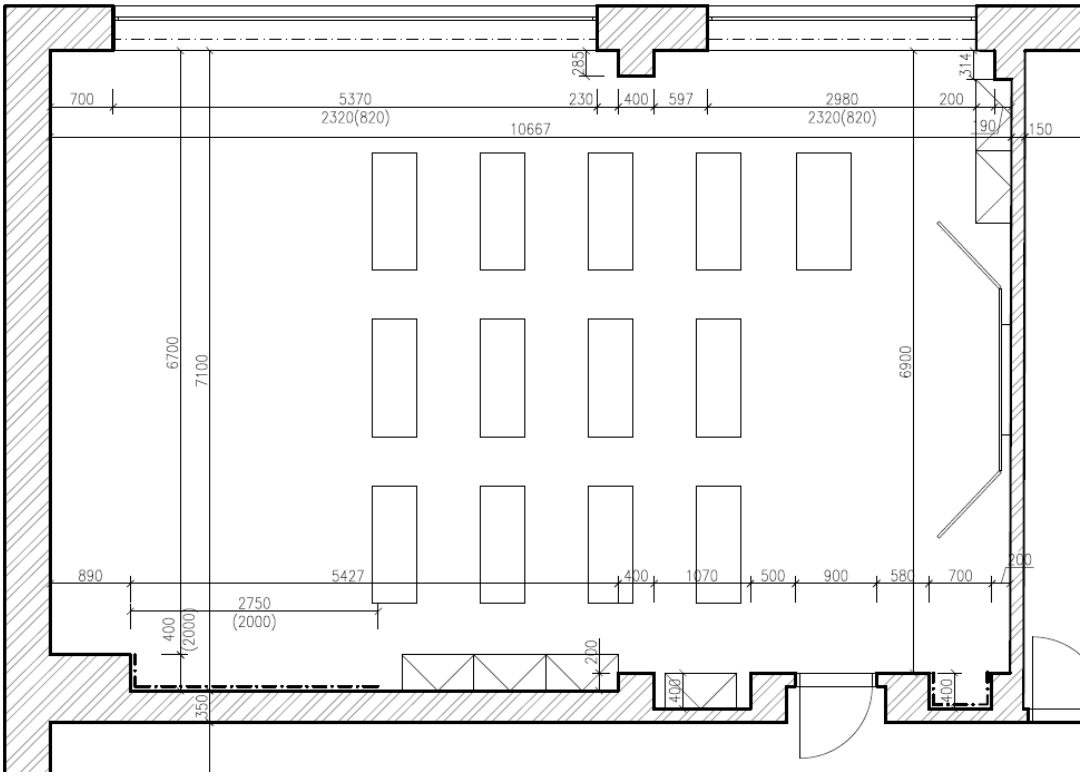


Obrázek 33: Situační umístění 8.A na 6. ZŠ

Obrázek 34: Pohled na fasádu s označením vybrané učebny 8.A

3.3.4 Učebna 7.A

Učebna se nachází v druhém nadzemním podlaží pavilonu B s okny směřujícími na jihovýchod. V 7.A je 12 lavic o standartních rozměrech 0,5 x 1,3 m a učitelský stůl o rozměrech 0,6 x 1,3 m, celkem tedy učebna skýtá 24 žákovských míst. Lavice jsou ve standartním rozestavění, tedy ve 3 řadách po 4 lavicích.

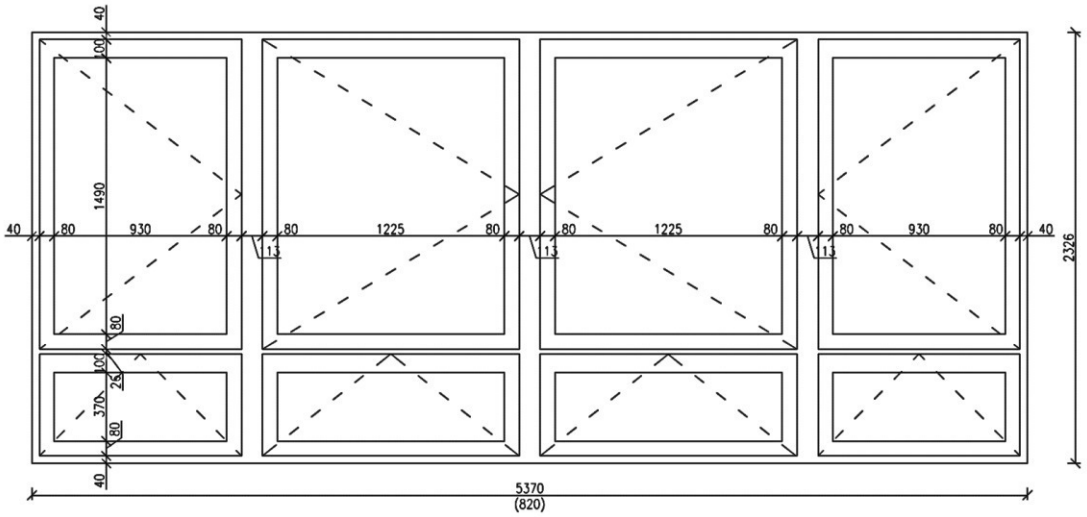


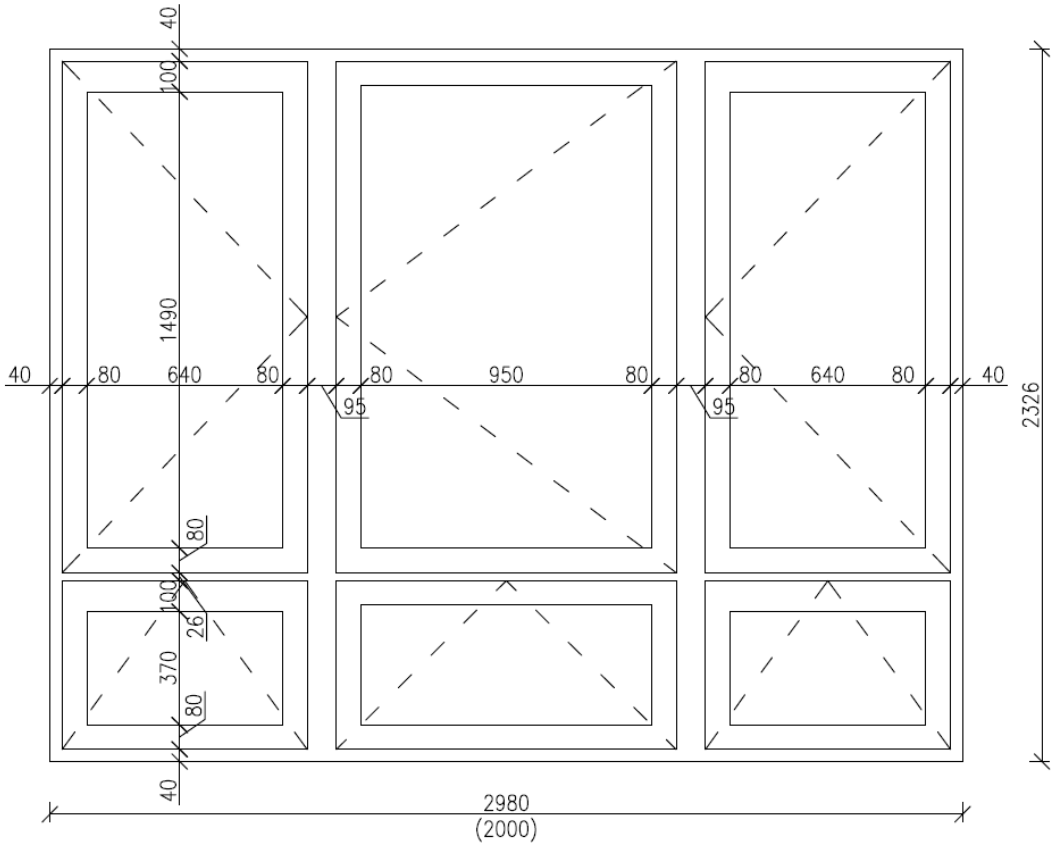
Obrázek 35: Půdorys učebny 8.B na 5. ZŠ

Učebna má obdélníkový tvar, do jehož prostoru vystupují sloupy a stoupací šachty. Základní rozměr učebny je 10,66 x 7,3 m. Vstup do třídy je přímo naproti oknům a nad dveřmi je světlík, který pomáhá prosvětlit chodbu. Učebna je bíle vymalovaná, pouze stěna za tabulí je natřena světle zelenou barvou. Podlaha je světle šedá s drobným vzorem. Po pravé straně dveří je umístěno umyvadlo, jehož okolí je obloženo šedivým keramickým obkladem do výšky 2 metrů. Na levé straně od dveří je umístěna malá skříň s policemi o rozměrech 0,4 x 0,8 x 0,8 m, tři velké skříně s policemi v horní části o rozměrech 0,4 x 0,8 x 1,6 m a znovu keramický obklad. Na zadní stěně jsou pověšeny tři zástěnky o rozměrech 1 x 2 m a jiných barvách, oranžovou, zelenou a bílou. Na přední stěně jsou na pravé straně od tabule umístěny dvě skříně s policemi

o rozměrech 0,4 x 0,8 x 0,8 m, tabule a černá nástěnka. Tabule má křídla bílá a vnitřní plochu má zelenou. S nábytkem a barevnými nástěnkami bylo ve výpočtu a při měření uvažováno, jelikož svou barevností a velikostí ovlivňují rozložení světelného toku. Jediným zanedbaným prvkem byla tabulová nástěnka, která má při otevření velké tabule zanedbatelnou plochu. Výpis jednotlivých ploch materiálů a barev naleznete v tabulce 10.

Obrázek 36: *Fotografie učebny 7.A na 6. ZŠ*





Obrázek 37: Pohled na okna v učebně 7.A

V učebně jsou dva okenní otvory o různých velikostech směřující na jihovýchod. Tyto okenní otvory vytváří souvislý pás, který je přerušen pouze nosným sloupem. Okna jsou plastová dvojskla s izolačním rámečkem a bílou povrchovou úpravou.

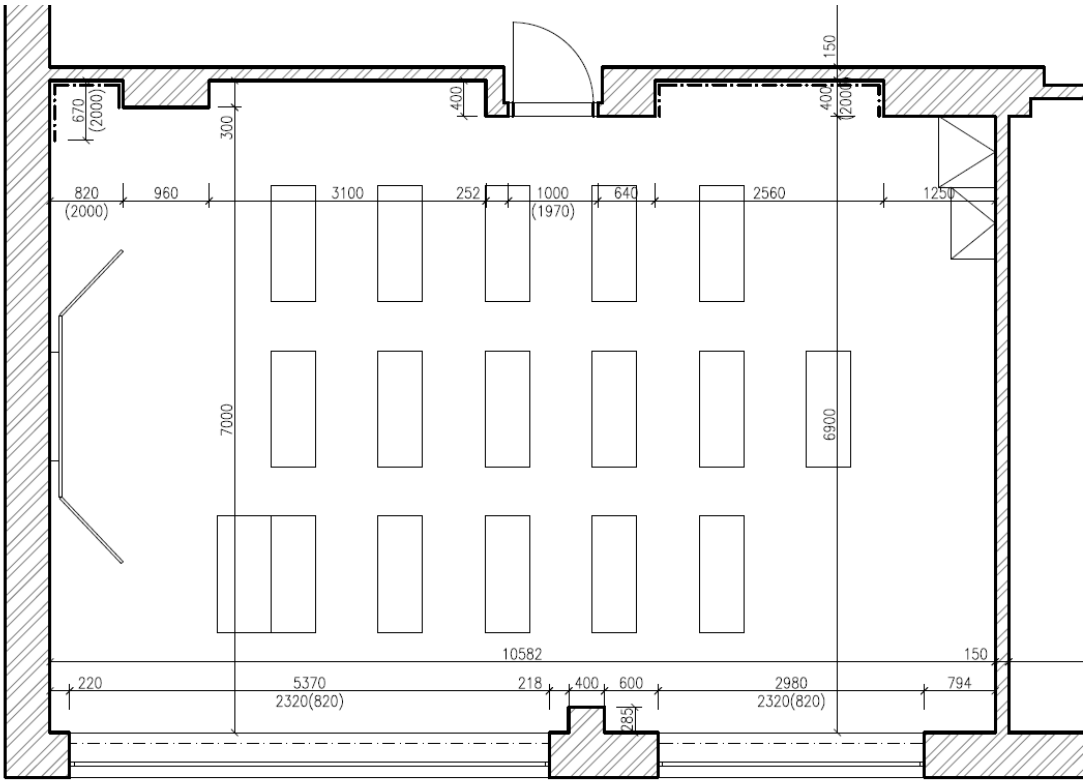
Větší z okenních otvorů má rozměr 5,37 x 2,32 m a opticky je rozdělen na horní a dolní část, kdy v dolní části jsou čtyři okna o dvou různých velikostech, která jsou sklápěcí a v horní části také čtyři okna o dvou velikostech, která jsou sklápěcí a otevíravé.

Menší z okenních otvorů má rozměry 2,98 x 2x32 m a stejně jako větší okno je opticky rozděleno na horní a dolní část, kdy prostřední část má jiné rozměry než části krajní. Podrobné rozkreslení můžete vidět na obrázku 37 nad textem.

3.3.5 Učebna 8.A

Kmenová učebna žáků 8.A se nachází v třetím nadzemním podlaží v pavilonu B s okny orientovanými na severozápad a výhledem do krajiny.

V učebně je 16 lavic se standardními rozměry 1,3 x 0,5 m a jedním učitelským stolem o rozměrech 1,3 x 0,6 m. I zde jsou lavice rozděleny do 3 řad, kdy v krajních řadách u okna a u dveří je 5 lavic a v prostřední řadě je lavic 6. Maximální kapacita této učebny je 32 míst.

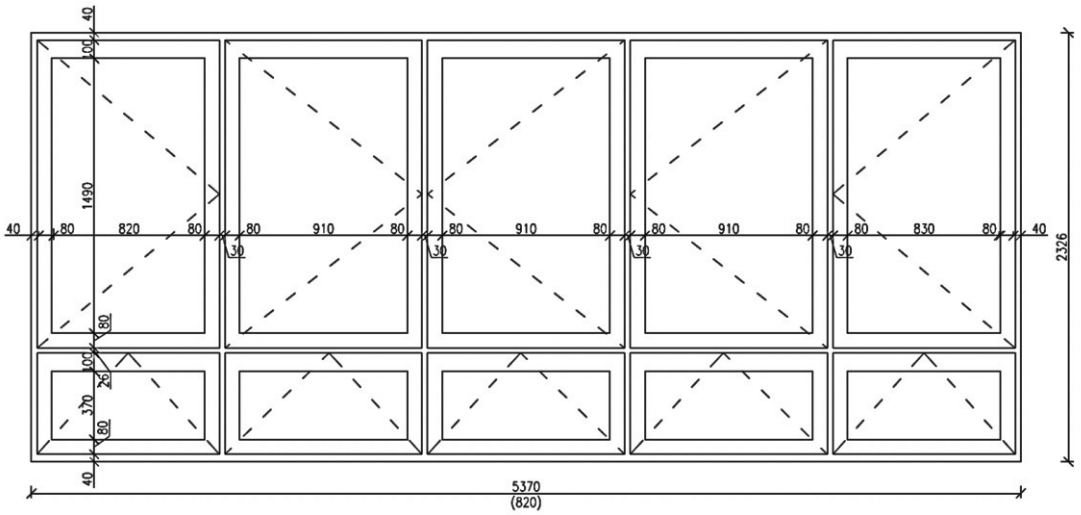


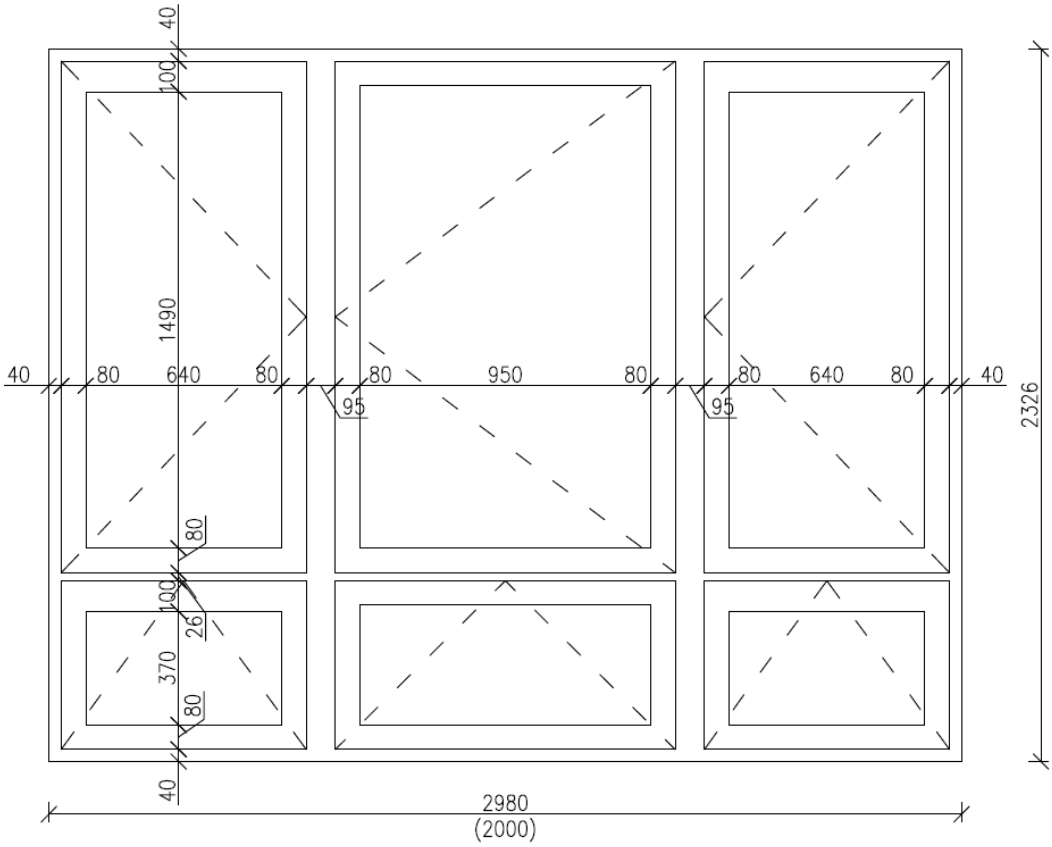
Obrázek 38: Půdorys učebny 8.A na 6. ZŠ

Třída má obdélníkový tvar s rozměry 10,582 x 7,3 m a z delších stěn vystupují do prostoru nosné sloupy a stoupačky pro potrubí. Vstupní dveře jsou bílé a nachází se ve stěně naproti okenním otvorům. Na této stěně se na pravé straně od dveří nachází umyvadlo, které je obloženo šedým keramických obkladem do výšky dvou metrů. Na levé straně od dveří je další část zdí obložena šedým keramickým obkladem. Nad dveřmi a nad obkladem jsou dva světlíky z luxferů, které prosvětlují poměrně tmavou chodbu. Na zadní stěně je pověšená nástěnka s oranžovým pozadím a rozměry 1 x 2 m, velká skříň o rozměrech 0,63 x 0,8 x 1,75 m a malá skříňka o rozměrech 0,44 x 0,8 x 0,8 m. Na přední stěně vedle tabule jsou pověšeny tři různé nástěnky. Dvoukřídlá tabule je kompletně zelená a stojí na dřevěném podstavci. Podlaha je šedá vzorovaná. Obvodové stěny jsou kombinací bílé a meruňkové, podrobněji si barevnost třídy můžete prohlédnout na obrázku 39. S nábytkem a nástěnkami, které jsou umístěny ve třídě, bylo ve výpočtu uvažováno, a to z toho důvodu, že jejich barevnost a vlastnosti povrchů

ovlivňují světelný tok ve třídě. Jedinou zanedbanou nástěnkou je černá nástěnka, která není při otevřené tabuli vidět. Výpis jednotlivých ploch materiálů a barev naleznete v tabulce 12.

Obrázek 39: Fotografie učebny 8.A na 6. ZŠ





Obrázek 40: *Pohled na okenní otvory v učebně 8.A*

V učebně jsou dva okenní otvory o různých velikostech směřující na severozápad. Tyto okenní otvory vytváří souvislý pás, který je přerušen pouze nosným sloupem. Okna jsou plastová dvojskla s izolačním rámečkem a bílou povrchovou úpravou.

Větší z okenních otvorů má rozměr 5,37 x 2,32 m a opticky je rozdělen na horní a dolní část, kdy v dolní části je pět oken o dvou různých velikostech, která jsou sklápěcí a v horní části také pět oken o dvou velikostech, která jsou sklápěcí a otevíravá. Prostřední část, složená ze tří oken, a krajní část, složená ze dvou oken, má rozdílné velikosti.

Menší z okenních otvorů má rozměry 2,98 x 2,32 m a stejně jako větší okno je opticky rozděleno na horní a dolní část, kdy prostřední část má jiné rozměry než části krajní. Podrobné rozkreslení můžete vidět na obrázku 40 nad textem.

4. Měření

Hodnoty činitele denní osvětlenosti lze získat až pěti různými způsoby. Prvním způsobem je měření v reálném stavu pod reálnou oblohou, kdy problémem tohoto měření je, že obloha musí být rovnoměrně zatažená a v zimě se musí zohledňovat gradace jasu, dle CIE 1:3 pro tmavý terén nebo CIE 1:2 pro zasněžený terén a tyto podmínky jsou pouze pár dní v roce, proto je toto měření velice obtížné.

Dalším způsobem je měření v reálném stavu pod umělou oblohou, kdy toto měření je přesné, protože jsou eliminovány chyby způsobené nerovnoměrně zataženou oblohou, kdy světla osvětlující půlkruhovou umělou oblohu jsou naprogramována na gradovaný jas dle CIE. Bohužel měření tímto způsobem je drahé.

Dalším způsobem získání hodnot činitele denní osvětlenosti je měření na modelu pod reálnou nebo umělou oblohou, kdy v tomto měření máme stejné problémy jako byly jmenovány výše, tedy nerovnoměrná obloha u reálné oblohy a vysoká cena měření u umělé oblohy, pouze je činitel denní osvětlenosti měřen na modelu.

Posledním způsobem, kterým lze získat hodnoty činitele denní osvětlenosti je výpočet buď čistě početní metodou, nebo graficko-početní metodou [20]. Čistě početná metoda byla použita v mé diplomové práci.

4.1 Popis přístrojů a pomůcek

Pro stanovení vstupních hodnot pro výpočet činitele denní osvětlenosti byl použit digitální luxmetr a jasoměr.

Pro měření rovinné osvětlenosti byl použit **multifunkční digitální luxmetr Konica Minolta Illuminance Meter T-10AM s odnímatelnou hlavou receptoru**. Přesnost měření tohoto přístroje je ± 2 % a přesnost digitální zobrazované hodnoty je ± 1 %. Přístroj je také vybaven filtrem pro kosinovou odchylku. Rozsah měřitelných hodnot je od 0,01 lx až do 299 900 lx a relativní spektrální odezva je 6 % CIE spektrální světelné účinnosti V (λ).

Obrázek 41: Luxmetr použitý při měření

K měření jasu byl použit **jasoměr Konica Minolta Luminance Meter LS-110** s úhlem měření 1/3 ° a úhlem pohledu 9 °. Rozsah měření je od 0,001 cd/m^2 až do 299 900 cd/m^2. Zaostřovací vzdálenost je od 1014 mm až do nekonečna a relativní spektrální odezva je 8 % CIE spektrální světelné účinnost V (λ).

Obrázek 42: Jasoměr použitý při měření

Použitý jasoměr i luxmetr je majetkem Katedry konstrukcí pozemních staveb na Fakultě stavební (K124 – FSV). Každý z těchto přístrojů má dle normy ČSN 36 0011-1 [21] psanou maximální možnou chybu a intervaly kalibrace přístrojů v závislosti na přesnosti měření. Dle přesnosti měření se přístroje rozdělují na přesné, provozní, orientační a bez požadavků. Jednotlivé údaje jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: *Maximální možné chyby přístrojů a intervaly kalibrace v závislosti na přesnosti měření [21]*

Přesnost měření	Maximální celková chyba přístroje		Maximální interval kalibrace přístroje
	Luxmetr	Jasoměr	
Přesné	± 5 %	± 7,5 %	2 roky
Provozní	± 10 %		3 roky
Orientační	± 15 %		5 let
Bez požadavků	-	-	-

Pro další zjištění hodnoty činitele odrazu světla byl použit vzorník CEMIX [22], který obsahuje 490 odstínů barevných ploch a u každé plochy nalezneme hodnotu činitele odrazu světla.

Obrázek 43: *Vzorník CEMIX [22] použitý při měření*

4.2 Plochy v učebnách

Rozložení světelného toku v učebnách je závislé na činiteli odrazu vnitřních ploch ρ_i *(-)* a udává, jaké množství světla se od povrchu odrazilo ku množství světla, které na povrch dopadlo. Činitel odrazu je tedy závislý na barevnosti povrchu a může nabývat hodnot od 0 do 1, kdy 0 mají materiály absolutně pohltivé a hodnotu 1 mají materiály, jejichž povrch je zcela odrazivý.

4.2.1 Měření činitele odrazu světla

Činitel odrazu světla je možné naměřit hned několika metodami. V diplomové práci byla použita metoda využívající jasoměru a luxmetru, která je popsána v následujícím odstavci.

Fotonka luxmetru byla přiložena k povrchu a jasoměr byl namířen kolmo na měřený povrch a ve stejný okamžik, kdy bylo zmáčknuto tlačítko jasoměru a změřená hodnota jasu dokonale rozptylné osvětlené plochy L_i *(cd/m²)*, byla pomocí luxmetru změřena i hodnota osvětlenosti dané plochy E_i *(lx)*. Podmínkou bylo, že fotonka luxmetru nesměla být ničím stíněna, jak jasoměrem, tak měřičem, a nesměla být umístěna v zorném poli jasoměru. Pro rovnoměrně rozptylný povrch platí vzorec:

$$\rho_i = \frac{\pi \times L_i}{E_i} \text{ (-)} \tag{4}$$

Hodnoty činitele odrazu pro každý povrch byly změřeny při místním šetření a porovnány s hodnotami uvedených v normě [6] a hodnotami ve vzorníku CEMIX [22]. Z naměřených hodnot byl spočítán průměrný činitel odrazu světla ρ_m *(-)*, který je stanoven z následujícího vztahu:

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i \times \rho_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i} \tag{5}$$

Kde ρ_m *(-)* je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, S_i *(m²)* je plocha daného povrchu, ρ_i *(-)* je činitel odrazu světla daného povrchu a n *(-)* je počet povrchů v posuzované místnosti. Hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů ve třídách jsou uvedeny u výpočtu pro každou třídu zvlášť.

4.3 Stínící překážky

Jas stínící překážky vyjadřuje světelně technické vlastnosti stínící překážky a vypočte se dle vztahu:

$$k = \frac{L_p}{L_\gamma}(-) \tag{6}$$

kdy L_p *(cd/m²)* je jas stínící překážky a L_γ *(cd/m²)* je jas oblohy v uhlu γ nad horizontem. Při výpočtu se uvažovala průměrná hodnota určená normou k = 0,1.

4.4 Okenní otvory

U materiálů propouštějící světelný tok se měří činitel prostupu světla, který je závislý na materiálech a jejich schopnosti propouštět světlo a na množství znečištění tohoto propustného materiálu.

4.4.1 Měření činitele prostupu světla výplní

Tento parametr se změří tak, že se jasoměr namíří ve směru normály skrz osvětlovací otvor ven. Tak se změří jas pozadí osvětlovacího otvorů L_s *(cd/m²)*. Poté se co nejrychleji otevře okno a bez změny pozice jasoměru se změří jas pozadí okenního otvoru bez vlivu zasklení okenního otvorů L_o *(cd/m²)*. Hlavní kontrolou správnosti měření je, že $L_s < L_o$. Z dvou změřených hodnot se pak dosazením do vzorce získá činitel prostupu světla výplní:

$$\tau_{s,nor} = \frac{L_s}{L_o}(-) \tag{7}$$

4.4.2 Měření činitele znečištění výplně

Pokud chceme změřit činitel znečištění výplně, je zapotřebí připravit si výplně okenního otvoru a to tak, že potřebnou plochu vyčistíme na vnějším povrchu a o kousek dál vyčistíme oba povrchy okenního otvoru, vnitřní i vnější. Poté pomocí jasoměru v co nejmenších časových intervalech změříme jas osvětlovacího otvoru na místě, kde je oboustranně znečištěný L_{zo} *(cd/m²)*, oboustranně vyčištěný $L_{čo}$ *(cd/m²)* a kde je vyčištěný vnější povrch $L_{čv}$ *(cd/m²)*. Z těchto naměřených hodnot dosazených do vzorců zjistíme:

- hodnotu činitele znečištění na vnější straně $\tau_{z,e} = \frac{L_{zo}}{L_{čv}}(-)$ (8)
- hodnotu činitele znečištění na vnitřní straně $\tau_{z,i} = \frac{L_{čv}}{L_{čo}}(-)$ (9)
- celkovou hodnotu činitele znečištění $\tau_z = \tau_{z,i} \times \tau_{z,e}(-)$ (10)

Do diplomové práce budou použity hodnoty znečištění vypsané v normě ČSN 73 0581–1 [6]. Pro vnitřní povrch bude uvažováno malé znečištění pro svislý osvětlovací otvor $\tau_{z,i} = 0{,}95$ a pro vnější povrch bude uvažováno střední znečištění pro svislý osvětlovací otvor $\tau_{z,e} = 0{,}90$.

4.5 Vlastní měření

Pro výpočet činitele denní osvětlenosti byl použit výpočet v programu v kombinaci se změřenými vstupními veličinami při místním šetření. Měření bude probíhat dle postupů uvedených v ČSN 36 0011–2 Měření denního osvětlení [23]. Pro místní šetření byl stanoven den, na který byl zajištěn vstup do tříd tak, aby byl zásah do výuky co nejmenší. Tento den byl ve třídách pomocí specializovaných přístrojů, které jsou vypsány v kapitole 4.1, měřen činitel odrazu světla a činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru. Tyto vstupní parametry pak byly vloženy do výpočetního programu Světlo+ [24], který stanovil činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech.

4.5.1 Měření ve třídě 6.A na 1. ZŠ

V 6.A bylo měření provedeno dne 7.12.2017 od 7:30 do 8:30. Pro všechny vypsané povrchy v tabulce 2 byl stanoven činitel odrazu světla třemi různými způsoby. První hodnota činitele odrazu světla byla stanovena dle tabulky Tab. 5.4 [11], která je uvedená ve skriptech a jsou v ní vepsané normové hodnoty z ČSN 73 0580-1 [6] a dále je obohacena o další povrchy, které norma neobsahuje. Druhá hodnota byla zjištěna z podobnosti barev povrchů dle vzorníku CEMIX viz kapitola 4.1. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu v kapitole 4.2.1 (4) a vstupními hodnotami do tohoto výpočtu byly změřené hodnoty jasu a osvětlenosti z měření prováděného na školách.

Tabulka 2: Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 6.A

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Stěna	bílá	0,75 - 0,8	0,88	24,15	91,6	0,83	0,82
				24,87	97	0,81	
Stěna	světle žlutá	0,60 - 0,70	0,75	14,58	55,9	0,82	0,82
				21,23	82,5	0,81	
Keramický obklad	modrá	0,20	0,57	10,33	60,8	0,53	0,52
				10,41	63,6	0,51	
Mapy	černá	0,01 - 0,03	< 0,1[2]	2,47	102	0,08	0,08
				2,48	104,6	0,07	
Dveře	bílá	0,60 - 0,70	0,62	5,3	25,4	0,66	0,66
				5,22	25,3	0,65	
Dřevo	tmavě hnědá	0,10 - 0,20	< 0,1[3]	0,84	82,9	0,03	0,03
				0,34	35,1	0,03	
				0,4	39,2	0,03	
Tabule	tmavě zelená	0,05 - 0,20	0,18	2,07	55,9	0,12	0,12
				2,13	58,4	0,11	
Strop	bílá	0,75 - 0,80	0,88	24,15	91,6	0,83	0,82
				24,87	97	0,81	
Podlaha	světle hnědá	0,25	0,24	9,44	91,6	0,32	0,32
				6,4	57,8	0,35	
				7,9	85,8	0,29	
Lavice	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,36	12,13	148,6	0,26	0,27
				15,35	181,2	0,27	
Rám okna	tmavě hnědá	0,1 - 0,2	0,41	22,66	381	0,19	0,18
				22,89	424	0,17	

Měření hodnoty činitele prostupu světla výplní bylo provedeno podle kapitoly 4.4.1 (7).

Tabulka 3: Změřené hodnoty činitele prostupu světla výplní ve třídě 6.A

Činitel prostupu světla výplní		
L_S (cd/m²)	L_O (cd/m²)	$\tau_{s,nor}$ (-)
2046	2734	0,75
1153	1424	0,81
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor}$ (-)		0,78

[2] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.
[3] Totéž.

4.5.2 Měření ve třídě 9.A na 1. ZŠ

V 9.A bylo měření provedeno dne 7.12.2017 od 8:45 do 10:50. Pro všechny vypsané povrchy v tabulce 2 byl stanoven činitel odrazu světla třemi různými způsoby. První hodnota činitele odrazu světla byla stanovena dle tabulky Tab. 5.4 [11], která je uvedená ve skriptech a jsou v ní vepsané normové hodnoty z ČSN 73 0580-1 [6] a dále je obohacena o další povrchy, které norma neobsahuje. Druhá hodnota byla zjištěna z podobnosti barev povrchů dle vzorníku CEMIX viz kapitola 4.1. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu v kapitole 4.2.1 (4) a vstupními hodnotami do tohoto výpočtu byly změřené hodnoty jasu a osvětlenosti z měření prováděného na školách.

Tabulka 4A: *Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 9.A*

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Stěna	bílá	0,75 - 0,80	0,85	3,87	14,53	0,84	0,84
				108,5	405	0,84	
Stěna	světle žlutá	0,60 - 0,70	0,78	8,26	32,7	0,79	0,80
				8,68	33,9	0,80	
Keramický obklad	modrá	0,20	0,57	10,33	60,8	0,53	0,52
				10,41	63,6	0,51	
Dveře	bílá	0,60 - 0,70	0,89	99,39	378	0,83	0,83
				98,76	376	0,83	
Skříň	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,33	206,7	1501	0,43	0,44
				213,9	1486	0,45	
				208,6	1498	0,44	
Dřevo	tmavě hnědá	0,10 - 0,20	< 0,1[4]	0,34	35,1	0,03	0,03
				0,4	39,2	0,03	
Nástěnka	světle hnědá	0,25	0,31	6,15	63,3	0,31	0,30
				5,86	65	0,28	
Stojan tabule	kovová	0,28	0,54	2,8	19,76	0,45	0,44
				2,79	20,64	0,42	
Tabule	tmavě zelená	0,05 - 0,20	< 0,18[5]	0,58	23,19	0,08	0,08
				0,59	24,19	0,08	

[4] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.
[5] Totéž.

Tabulka 5B: Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 9.A

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	
Strop	bílá	0,75 - 0,80	0,84	3,87	14,53	0,84	0,84
				108,5	405	0,84	
Podlaha	cihlová	0,25	0,13	54,27	1176	0,14	0,15
				2,78	58,7	0,15	
Lavice	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,25	6,2	68,2	0,29	0,29
				6,24	**70,2**	**0,28**	

Činitel prostupu světla výplní se ve třídě 9.A nepodařilo změřit, protože okna byla velice zamlžená, a proto musely být hodnoty převzaty z normy ČSN 73 0581–1 [6]. Norma uvádí propustnost pro čiré tabulové sklo tloušťky 3 až 4 mm 0,92. Jelikož se okno skládá ze dvou tabulových skel, hodnota propustnosti musela být umocněna na druhou.

Tabulka 6: Normové hodnoty činitele prostupu světla výplní

Normové hodnoty	
$\tau_{s,nor}$ (-)	$\tau_s = \tau_{s,nor}^n$ (-)
0,92	0,85

4.5.3 Měření ve třídě 8.B na 5. ZŠ

V 8.B bylo měření provedeno dne 7.12.2017 od 11:45 do 12:45. Pro všechny vypsané povrchy v tabulce 2 byl stanoven činitel odrazu světla třemi různými způsoby. První hodnota činitele odrazu světla byla stanovena dle tabulky Tab. 5.4 [11], která je uvedená ve skriptech a jsou v ní vepsané normové hodnoty z ČSN 73 0580-1 [6] a dále je obohacena o další povrchy, které norma neobsahuje. Druhá hodnota byla zjištěna z podobnosti barev povrchů dle vzorníku CEMIX viz kapitola 4.1. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu v kapitole 4.2.1 (4) a vstupními hodnotami do tohoto výpočtu byly změřené hodnoty jasu a osvětlenosti z měření prováděného na školách.

Tabulka 7: Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 8.B

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Stoupačky	tmavě hnědá	0,25	0,2	34,54	361	0,30	0,30
				34,74	372	0,29	
Stěna	světle zelená	0,45 - 0,65	0,65	76,36	382	0,63	0,62
				60,79	315	0,61	
Stěna	světle žlutá	0,60 - 0,70	0,78	378,7	1337	0,89	0,90
				114,6	398	0,90	
Dveře	tmavě hnědá	0,60 - 0,70	0,41	9,37	112,1	0,26	0,27
				9,4	111,3	0,27	
Nábytek	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,41	28,16	267,9	0,33	0,34
				25,64	234,4	0,34	
Stěna	bílá	0,75 - 0,80	0,89	95,33	365	0,82	0,80
				96,37	394	0,77	
Tabule	tmavě zelená	0,05 - 0,20	< 0,18[6]	16,26	435	0,12	0,12
				14,54	380	0,12	
Stojan tabule	šedá	0,28	0,65	28,01	213,2	0,41	0,39
				22,97	193,8	0,37	
Nástěnka	bílá	0,75 - 0,80	0,89	124,9	454	0,86	0,85
				126,3	478	0,83	
Strop	bílá	0,75 - 0,80	0,89	95,33	365	0,82	0,80
				96,37	394	0,77	
Podlaha hnědá	světle hnědá	0,12 - 0,25	0,48	22,75	196,7	0,36	0,35
				16,11	153,6	0,33	
Lavice	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,41	126,5	1227	0,32	0,33
				71,6	657	0,34	

Měření hodnoty činitele prostupu světla výplní bylo provedeno podle kapitoly 5.4.1 (7).

Tabulka 8: Změřené hodnoty činitele prostupu světla výplní ve třídě 8.B

Činitel prostup světla výplní		
L_S (cd/m²)	L_O (cd/m²)	$\tau_{s,nor}$(-)
6160	8374	0,74
7301	9953	0,73
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor}^n$ (-)		0,73

[6] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.

4.5.4 Měření ve třídě 9.A na 5. ZŠ

V 9.A bylo měření provedeno dne 7.12.2017 od 12:45 do 13:30. Pro všechny vypsané povrchy v tabulce 2 byl stanoven činitel odrazu světla třemi různými způsoby. První hodnota činitele odrazu světla byla stanovena dle tabulky Tab. 5.4 [11], která je uvedená ve skriptech a jsou v ní vepsané normové hodnoty z ČSN 73 0580-1 [6] a dále je obohacena o další povrchy, které norma neobsahuje. Druhá hodnota byla zjištěna z podobnosti barev povrchů dle vzorníku CEMIX viz kapitola 4.1. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu v kapitole 4.2.1 (4) a vstupními hodnotami do tohoto výpočtu byly změřené hodnoty jasu a osvětlenosti z měření prováděného na školách.

Tabulka 9A: Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 9.A

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Stěna	světle žlutá	0,60 - 0,70	0,78	378,7	1337	0,89	0,89
				733,1	2629	0,88	
Stěna	středně zelená	0,30	0,5	148,5	1065	0,44	0,43
				169	1269	0,42	
Stoupačka	tmavě hnědá	0,25	< 0,16 [7]	34,01	452	0,24	0,24
				33,18	453	0,23	
Dveře	tmavě hnědá	0,60 - 0,70	0,41	12,52	129,8	0,3	0,31
				9,18	93	0,31	
Dřevěný obklad	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,68	129,9	773	0,53	0,54
				119,4	696	0,54	
Nábytek	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,41	49,03	366	0,42	0,42
				43,33	329	0,41	
Světlík z luxferů	"tmavě šedá"	0,15 - 0,20	-	94,65	648	0,46	0,46
				90,5	625	0,45	
Nástěnka	tmavě modrá	0,20	< 0,19 [8]	34,28	1866	0,06	0,06
				36	1916	0,06	
				33,8	1886	0,06	
Stěna	bílá	0,75 - 0,80	0,89	98,31	355	0,87	0,85
				98,38	370	0,84	
				63,36	233,2	0,85	

[7] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.
[8] Totéž.

Tabulka 10B: Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 9.A

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Stojan tabule	šedá	0,28	0,65	54,02	421	0,4	0,41
				56,66	425	0,42	
Tabule zelená	tmavě zelená	0,05 - 0,20	< 0,18 [9]	24,38	647	0,12	0,12
				28,99	775	0,12	
				23,74	635	0,12	
Podlaha	světle hnědá	0,12 - 0,25	0,48	61,67	604	0,32	0,36
				80,72	638	0,4	
Strop	bílá	0,75 - 0,80	0,89	98,31	355	0,87	0,85
				98,38	370	0,84	
				63,36	233,2	0,85	
Lavice	světle hnědá	0,35- 0,50	0,41	71,53	604	0,37	0,38
				71,4	586	0,38	
Stěna	světle zelená	0,45 - 0,65	0,65	76,36	382	0,63	0,63
				74,09	372	0,63	

Měření hodnoty činitele prostupu světla výplní bylo provedeno podle kapitoly 4.4.1 (7). Vzhledem k tomu, že při měření vycházely různé hodnoty, muselo být měření provedeno vícekrát.

Tabulka 11: Změřené hodnoty činitele prostupu světla výplní ve třídě 9.A

Činitel prostupu světla výplní		
L_S (cd/m²)	L_O (cd/m²)	$\tau_{s,nor}$ (-)
6160	8374	0,74
7301	9953	0,73
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor}^n$ (-)		0,73

4.5.5 Měření ve třídě 7.A na 6. ZŠ

V 9.A bylo měření provedeno dne 7.12.2017 od 13:45 do 14:40. Pro všechny vypsané povrchy v tabulce 2 byl stanoven činitel odrazu světla třemi různými způsoby. První hodnota činitele odrazu světla byla stanovena dle tabulky Tab. 5.4 [11], která je uvedená ve skriptech a jsou v ní vepsané normové hodnoty

[9] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.

z ČSN 73 0580-1 [6] a dále je obohacena o další povrchy, které norma neobsahuje. Druhá hodnota byla zjištěna z podobnosti barev povrchů dle vzorníku CEMIX viz kapitola 4.1. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu v kapitole 4.2.1 (4) a vstupními hodnotami do tohoto výpočtu byly změřené hodnoty jasu a osvětlenosti z měření prováděného na školách.

Tabulka 12A: Změřené hodnoty jasu L (cd/m^2) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 7.A

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m^2)	E (lx)	ρ_i	
Stěna	bílá	0,75 - 0,80	0,89	10,68	38,3	0,88	0,89
				10,25	36,2	0,89	
Nábytek	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,42	10,98	99,1	0,35	0,35
				11,28	100,6	0,35	
Tabule magnetická	bílá lesklá	0,80 - 0,92	0,87	11,66	54,2	0,68	0,69
				12,17	54,9	0,7	
Tabule	tmavě zelená	0,05 - 0,20	< 0,18 [10]	2,29	72	0,1	0,1
				2,22	72,3	0,1	
Nástěnka	světle béžová	0,60 - 0,70	< 0,18 [11]	28,25	131,3	0,68	0,68
				28,41	132,8	0,67	
Keramický obklad	světle šedá	0,40 - 0,60	0,59	27,48	120,1	0,72	0,72
				27,64	115,8	0,75	
				26,57	119,1	0,70	
Dveře	bílá	0,60 - 0,70	0,85	2,97	12,59	0,74	0,73
				2,94	12,77	0,72	
Světlík z luxferů	"tmavě šedá"	0,15 - 0,20	-	42,91	160,6	0,84	0,83
				43,59	168	0,82	
Nástěnka	oranžová	0,25	0,53	6,36	57,9	0,35	0,36
				6,53	56,3	0,36	
Nástěnka	tmavě zelená	0,05 - 0,20	< 0,18 [12]	1,77	68,5	0,08	0,09
				1,83	66,7	0,09	
Stěna	světle zelená	0,30	0,63	11	50,1	0,69	0,69
				11,49	52,7	0,68	
Podlaha	středně šedá	0,35	0,59	7,47	79,2	0,3	0,31
				7,42	75,8	0,31	

[10] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.
[11] Totéž.
[12] Totéž.

Tabulka 13B: Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 7.A

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Strop	bílá	0,75 - 0,80	0,89	10,68	38,3	0,88	0,89
				10,25	36,2	0,89	
Lavice	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,49	18,75	163,5	0,36	0,36
				17,54	159,3	0,35	

Měření hodnoty činitele prostupu světla výplní bylo provedeno podle kapitoly 4.4.1 (7). Vzhledem k tomu, že při měření vycházely různé hodnoty, muselo být měření provedeno vícekrát.

Tabulka 14: Změřené hodnoty činitele prostupu světla výplní ve třídě 7.A

Činitel prostupu světla výplní		
L_S (cd/m²)	L_O (cd/m²)	$\tau_{s,nor}$ (-)
3315	4060	0,82
3135	3909	0,80
3002	3814	0,79
2896	3714	0,78
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor}^n$ (-)		0,81

4.5.6 Měření ve třídě 8.A na 6. ZŠ

V 9.A bylo měření provedeno dne 7.12.2017 od 14:45 do 15:40. Pro všechny vypsané povrchy v tabulce 2 byl stanoven činitel odrazu světla třemi různými způsoby. První hodnota činitele odrazu světla byla stanovena dle tabulky Tab. 5.4 [11], která je uvedená ve skriptech a jsou v ní vepsané normové hodnoty z ČSN 73 0580-1 [6] a dále je obohacena o další povrchy, které norma neobsahuje. Druhá hodnota byla zjištěna z podobnosti barev povrchů dle vzorníku CEMIX viz kapitola 4.1. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu

v kapitole 4.2.1 (4) a vstupními hodnotami do tohoto výpočtu byly změřené hodnoty jasu a osvětlenosti z měření prováděného na školách.

Tabulka 15: *Změřené hodnoty jasu L (cd/m²) a osvětlenost E (lx) pro jednotlivé povrchy ve třídě 8.A*

Sledovaný povrch	Popis barvy	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření činitele odrazu ploch			ρ_p
		ČSN 73 0580-1	Vzorník CEMIX	L (cd/m²)	E (lx)	ρ_i	
Stěna	bílá	0,75 - 0,80	0,89	7,83	27,07	0,91	0,91
				7,45	25,79	0,91	
Stěna	meruňková	0,40 - 0,50	0,66	2,9	13,51	0,67	0,68
				2,84	12,92	0,69	
Tabule	tmavě zelená	0,02 - 0,20	< 0,18[13]	0,37	16,92	0,07	0,07
				0,33	14,63	0,07	
Nástěnka magnetická	bílá lesklá	0,75 - 0,80	0,87	14,51	56,9	0,8	0,8
				13,81	54,3	0,8	
Stojan tabule	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,47	3,27	31,21	0,33	0,33
				3,14	29,8	0,33	
Keramický obklad	světle šedá	0,40 - 0,60	0,59	18,08	88,2	0,64	0,66
				19,44	92,9	0,66	
				16,29	76,9	0,67	
Světlík z luxferů	"tmavě šedá"	0,15 - 0,20	-	0,71	6,87	0,32	0,33
				0,6	5,72	0,33	
Dveře	bílá	0,60 - 0,70	0,89	1,56	6,1	0,8	0,8
				1,52	5,95	0,8	
Nábytek	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,53	1,65	13,32	0,39	0,39
				1,63	13,21	0,39	
Nástěnka	oranžová	0,20 - 0,35	0,29	6,88	75,8	0,29	0,29
				6,54	72,2	0,28	
Podlaha	světle šedá	0,35	0,7	1,98	45,6	0,14	0,15
				2,12	42,3	0,16	
				2,01	39,6	0,16	
Strop	bílá	0,75 - 0,80	0,89	7,83	27,07	0,91	0,91
				7,45	25,79	0,91	
Lavice	světle hnědá	0,35 - 0,50	0,53	9,32	104	0,28	0,28
				9,36	104,5	0,28	

Měření hodnoty činitele prostupu světla výplní bylo provedeno podle kapitoly 4.4.1 (7).

[13] Barva dané plochy byla tmavší, než je barva uvedená ve vzorníku.

Tabulka 16: Změřené hodnoty činitele prostupu světla výplní ve třídě 8.A

Činitel prostupu světla výplní		
L_S (cd/m^2)	L_O (cd/m^2)	$\tau_{s,nor}$(-)
3315	4060	0,82
3135	3909	0,80
3002	3814	0,79
2896	3714	0,78
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor}^{n}$ (-)		0,81

5. Výpočet

V předchozí kapitole byl popsán princip stanovení důležitých vstupních údajů, které byly potřebné pro zjištění hodnot pro kvalitativní a kvantitativní posouzení denního osvětlení v učebnách. Tato kapitola však pojednává o samotném výpočtu a posouzení, zda výsledky jednotlivých tříd vyhovují normovým požadavkům či nikoliv.

5.1 Výpočetní model

Pro výpočet denního osvětlení byl použit program Světlo+ [24], který byl vytvořen společností JP Soft ve spolupráci s doc. Ing. J. Kaňkou, Ph.D. Pro studijní účely je program volně přístupný v počítačové učebně A534 na Fakultě stavební ČVUT v Praze.

Ve studentské verzi programu AutoCAD 2017 byly vytvořeny situační výkresy s umístěním učeben ve školách a výškopisem okolních budov, které byly vloženy jako podklad do programu Světlo+. Poté byly dle situace vymodelovány v modelu Obloha okolní budovy, a i škola s vybranými učebnami. Ve vybrané učebně byla nadefinována okna a činitel vnitřního odrazu, tyto vstupní parametry jsou vypsány pro každou učebnu zvlášť.

5.2 Vyhodnocení

Pro každou učebnu je provedeno vyhodnocení činitele denní osvětlenosti, rovnoměrnosti denního osvětlení a poměrné pozorovací vzdálenosti.

Činitel denní osvětlenosti byl vypočítám programem ve výšce srovnávací roviny 0,85 m nad podlahou učebny v pravidelné síti kontrolních bodů, které jsou vzdálené od ohraničujících konstrukcí 1 m. Vzhledem k nadmořské výšce Jindřichova Hradce, která je 475 m. n. m., a je tedy nižší jak 600 m. n. m., byl činitel spočítán při rovnoměrně zatažené obloze v zimě při tmavém terénu. V každé učebně bude zobrazena izočára [14], která nám bude zobrazovat funkčně vymezený prostor[15], který splňuje normové požadavky.

Ve funkčně vymezeném prostoru bude stanovena rovnoměrnost denního osvětlení, která se spočte z poměru minimální hodnoty činitele denního osvětlení D_{min} *(%)* ku maximální hodnotě činitele denního osvětlení D_{max} *(%)*, tedy:

$$U = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} \text{ (-)} \qquad (11)$$

Poměrná pozorovací vzdálenost je důležitá proto, aby byl žák schopen vidět z určité pozorovací vzdálenosti kritický detail. V učebně je pro žáka rozhodující vidět písmo psané na tabuli či v sešitu. Pokud uvažujeme, že nejmenší částí psaného textu na tabuli je buď tečka nebo čárka, byla zvolena velikost kritického detailu $d = 6$ *mm*. Jako pozorovací vzdálenost P *(m)* je uvažována vzdálenost mezi žákem a středem tabule viz vzorec (2).

5.3 Výstup z třídy 6.A na 1. ZŠ

5.3.1 Činitel odrazu světla

Jednotlivé povrchy byly rozděleny dle jejich umístění a dále z nich byl vypočítán průměrný činitel odrazu světla pro stěny, podlahy a stropy. Tyto tři hodnoty se poté vkládají do programu Světlo+, jako vstupní hodnoty charakterizující barevnost a odraznost povrchů v místnosti. Poslední hodnotou uvedenou v tabule je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který charakterizuje místnost jako celek.

[14] Izočára je čára spojující stejné hodnoty osvětlenosti.
[15] Funkčně vymezený prostor je prostor, který splňuje normové požadavky a je ohraničen odpovídající izočárou.

Tabulka 17: Vypočítané hodnoty průměrného činitele odrazu světla v učebně 6.A

Sledovaný povrch	Plocha	Činitel odrazu světla	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	60,36	0,82	49,50
Stěna světle žlutá	47,85	0,82	39,24
Obklad modrý	2,51	0,52	1,31
Mapy	5,89	0,08	0,47
Dveře bílé	1,80	0,66	1,19
Dřevo tmavě hnědé	0,88	0,03	0,03
Tabule zelená	4,80	0,12	0,58
Rám okna	2,82	0,18	0,51
Průměrný činitel odrazu světla stěn $\rho_{stěny}$			*0,73*
Strop	58,95	0,82	48,34
Průměrný činitel odrazu světla stropu ρ_{strop}			*0,82*
Podlaha	50,26	0,32	16,08
Lavice	9,30	0,27	2,51
Průměrný činitel odrazu světla podlahy $\rho_{podlaha}$			*0,31*
Průměrný činitel odrazu světla v místnosti ρ_m			***0,65***

V následující tabulce je zobrazeno porovnání jednotlivých metod zjišťování průměrného činitele odrazu světla. Za nejpřesnější metodu je považována metoda měření činitele odrazu světla daného povrchu pomocí jasoměru a luxmetru. Při této metodě se totiž pracuje s přesnými vstupními údaji, které jsou změřeny specializovanými přístroji a spočteny danými rovnicemi. Zatímco ostatní metody jsou závislé na subjektivním hodnocení. Ve třídě 6.A se hodnota průměrného činitele odrazu světla zjištěné pomocí vzorníku CEMIX velice přibližují hodnotě zjištěné měřením. Zatímco výsledná hodnota vycházející z normových hodnot se od ostatních metod liší.

Tabulka 18: Porovnání průměrného činitele odrazu světla učebny 6.A

Sledovaný povrch	Plocha	Měření	Σ (ρ_i. S)	ČSN	Σ (ρ_i. S)	CEMIX	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	60,36	0,82	49,50	0,78	46,78	0,88	53,12
Stěna světle žlutá	47,85	0,82	39,24	0,65	31,10	0,75	35,89
Obklad modrý	2,51	0,52	1,31	0,20	0,50	0,57	1,43
Mapy	5,89	0,08	0,47	0,15	0,88	0,10	0,59
Dveře bílé	1,80	0,66	1,19	0,65	1,17	0,62	1,12
Dřevo tmavě hnědé	0,88	0,03	0,03	0,15	0,13	0,10	0,09
Tabule zelená	4,80	0,12	0,58	0,13	0,60	0,18	0,86
Strop	58,95	0,82	48,34	0,78	45,68	0,88	51,87
Podlaha	50,26	0,32	16,08	0,25	12,56	0,24	12,06
Lavice	9,30	0,27	2,51	0,43	3,95	0,36	3,35
Rám okna	2,82	0,18	0,51	0,15	0,42	0,41	1,16
Průměrný činitel odrazu světla místnosti ρ_m			*0,65*	-	*0,59*	-	*0,66*

5.3.2 Vstupní údaje pro program Světlo+

Celková plocha okna a celková plocha zasklení byly spočítány z podrobného rozkreslení oken viz obrázek 12. Celková plocha okna se spočítá z celkových rozměrů a obsahuje tedy plochu rámu i plochu zasklení. Zatímco plocha zasklení obsahuje pouze plochu skla, tedy průhlednou část okna. Z těchto dvou hodnot se zjistí činitel prostup světla, který zohledňuje vliv konstrukce rámu, která nepropouští světlo. Jedná se tedy o poměr celkové plochu zasklení ku celkové ploše okna.

Tabulka 19: Plochy zasklení v učebně 6.A pro výpočet v programu Světlo+

Čistá plocha zasklení		
Celková plocha okna	3,97	m^2
Celková plocha zasklení	2,58	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65	-

Ze všech výše uvedených hodnot byl udělán soupis vstupních parametrů, které se zadávají do programu Světlo +. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 20: Vstupní údaje z učebny 6.A pro výpočet v programu Světlo+

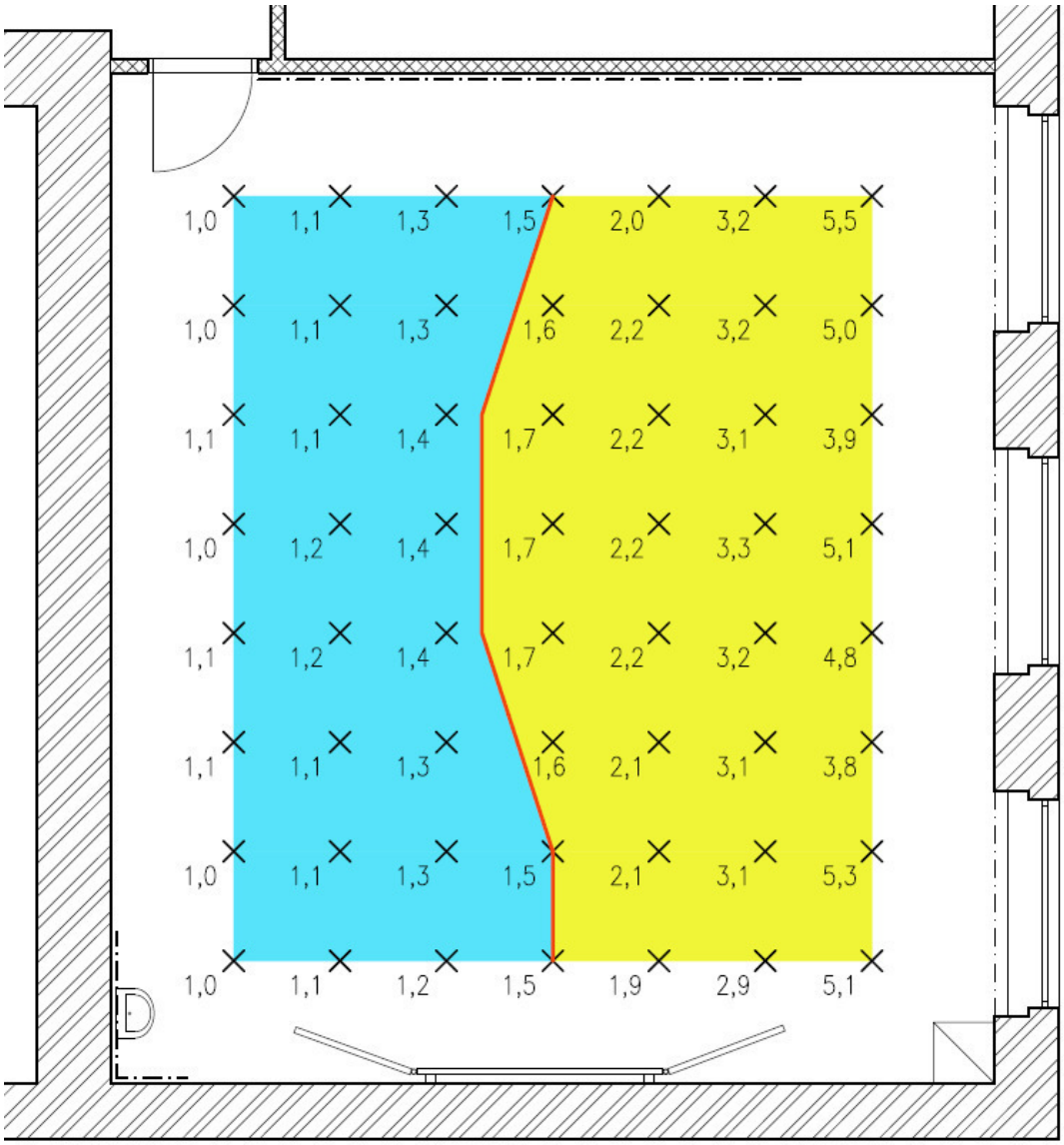
Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	Hodnota
ρ_m	Činitel odrazu světla podlahy	0,31
	Činitel odrazu světla stěn	0,73
	Činitel odrazu světla stropu	0,82
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
$\tau_{z,e}$	Činitel znečištění na vnější straně	0,9 [16]
$\tau_{z,i}$	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95 [17]
$\tau_{s,nor}$	Činitel prostupu světla výplní	0
γ_k	Činitel jasu stínící překážky	0,78
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65

5.4 Výstupní hodnoty pro 6.A na 1. ZŠ

5.4.1 Činitel denní osvětlenosti

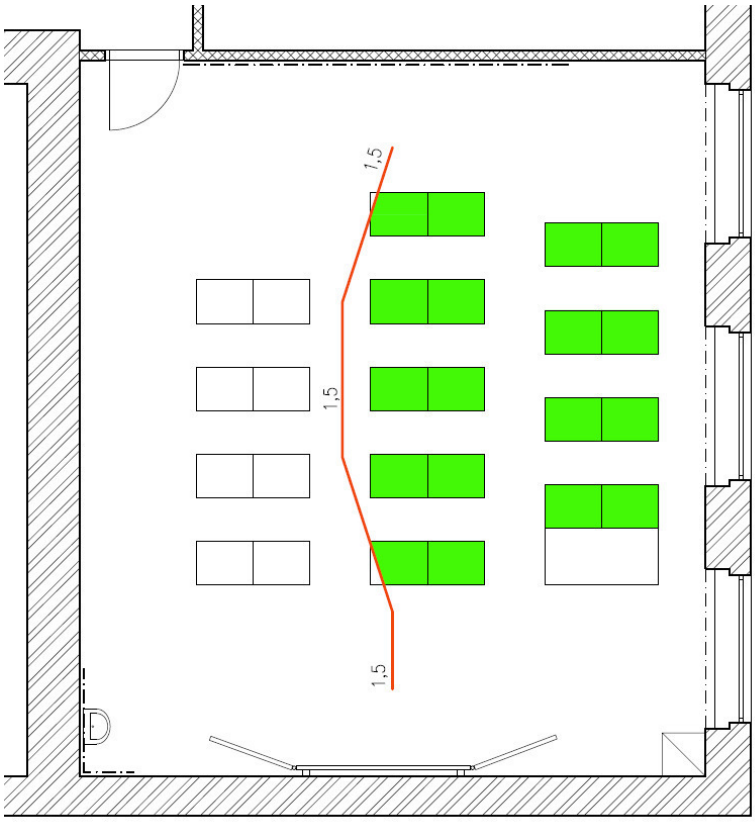
Pro provedení výpočtu jsme z programu Světlo+ získali hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů. Pro větší přehlednost byly tyto hodnoty překresleny do půdorysů za pomoci programu AutoCAD. Žlutou barvou je vybarvena plocha, která svými hodnotami splňuje činitel denní osvětlenosti, který je pro kmenové třídy stanoven na $D_{min} \geq 1,5$ %. Modrou barvou je vybarvená plocha, která požadavky na činitel denní osvětlenosti nesplňuje. Červená čára vykreslená mezi modrou a žlutou plochu se nazývá izočára neboli spojnice stejných hodnot osvětlenosti, která nám značí funkčně vymezený prostor.

[16] Hodnota činitele znečištění vnější strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a střední znečištění vzduchu.
[17] Hodnota činitele znečištění vnitřní strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a malé znečištění vzduchu.



Obrázek 44: *Hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebně 6.A*

Na dalším obrázku je do půdorysu zanesená izočára D =1,5 %, která nám vyznačuje lavice, ve kterých je splněna hodnota činitele denní osvětlenosti. Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti jsou podbarveny zelenou barvou.



Obrázek 45: Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti v učebně 6.A

1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

Z obrázků je patrné, že menší část učebny nesplňuje normové požadavky a celá krajní řada u dveří, která není podbarvená zelenou barvou, nedosahuje minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti, který byl stanoven normou ČSN 73 0580–1. Jak je v normě psáno, tak by základní požadavky na denní osvětlení měly být splněny v celé ploše místnosti, nebo ve funkčně vymezeném prostoru. V této učebně však mají vhodné podmínky pouze žáci sedící v řadě u okna a v prostřední řadě.

5.4.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} = 1,0 %

Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{max} = 5,5 %

Rovnoměrnost denního osvětlení U = 0,182 < 0,2

1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení

V učebně nalezneme maximální činitel denní osvětlenosti u oken, kde dosahuje hodnoty 5,5 %. Minimální hodnotu nalezneme u stěny ležící naproti oknům, kde je nejmenší činitel denního osvětlení roven 1,0 %. Z hlediska normových požadavků [18] nevyhoví třída ani na rovnoměrnost denního osvětlení, která je zde menší než požadovaná hodnota U = 0,2.

5.4.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 6.A na 1. ZŠ

V lavicích jsou vepsány konkrétní hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti p_v. Zeleně šrafovaná část nám vyznačuje poměrnou pozorovací vzdálenost, která je v rozsahu 500 až 1000 a v tomto místě jsou tedy splněny normové požadavky poměrné pozorovací vzdálenosti pro IV. třídu zrakové činnosti.

Obrázek 46: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebně 6.A

1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti

Jak je patrné z obrázku 46, nejlepší zrakové podmínky mají žáci sedící v druhé, třetí a čtvrté řadě. Žáci sedící v první a poslední lavici vidí také dobře na tabuli, ale žáci sedící v první řadě mohou mít problémy s bolestmi krční páteře, a to z toho důvodu, že sedí poměrně blízko u tabule a při pohledu na tabuli musí vykonávat nejen pohyb očima ale i krkem. Zatímco žáci sedící v posledních lavicích, které už nespadají do vyznačené výseče, mohou mít problémy s rozlišováním kritických detailů, tedy pokud bude například písmo malé, nebo hůře čitelné.

5.5 Výstup z třídy 9.A na 1. ZŠ

5.5.1 Činitel odrazu světla

Jednotlivé povrchy byly rozděleny dle jejich umístění a dále z nich byl vypočítán průměrný činitel odrazu světla pro stěny, podlahy a stropy. Tyto tři hodnoty se poté vkládají do programu Světlo+, jako vstupní hodnoty charakterizující barevnost a odraznost povrchů v místnosti. Poslední hodnotou uvedenou v tabule je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který charakterizuje místnost jako celek.

Tabulka 21: Vypočítané hodnoty průměrného činitele odrazu světla v učebně 9.A

Sledovaný povrch	Plocha	Činitel odrazu světla	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	78,43	0,84	65,88
Stěna světle žlutá	25,96	0,80	20,77
Obklad modrý	1,88	0,52	0,98
Dveře bílé	1,75	0,83	1,45
Skříň imitace dřeva	6,70	0,44	2,95
Dřevo tmavě hnědé	0,58	0,03	0,02
Nástěnka	2,00	0,30	0,60
Stojan tabule kovový	1,20	0,44	0,53
tabule zelená	4,00	0,08	0,32
Průměrný činitel odrazu světla stěn $\rho_{stěny}$			*0,76*
Strop	52,37	0,84	43,99
Průměrný činitel odrazu světla stropu ρ_{strop}			*0,84*
Podlaha	42,03	0,15	6,30
Lavice	9,30	0,29	2,70
Průměrný činitel odrazu světla podlahy $\rho_{podlaha}$			*0,18*
Průměrný činitel odrazu světla v místnosti ρ_m			***0,65***

V následující tabulce je zobrazeno porovnání jednotlivých metod zjišťování průměrného činitele odrazu světla. Za nejpřesnější metodu je považována metoda měření činitele odrazu světla daného povrchu pomocí jasoměru a luxmetru. Ve třídě 9.A se naměřené hodnotě průměrného činitele odrazu světla místnosti přibližuje normový průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který je pouze o 0,04 menší než činitel změřený. Naopak vzorník CEMIX se oproti měřící metodě velice liší a to o 0,19.

Tabulka 22: Porovnání průměrného činitele odrazu světla učebny 9.A

Sledovaný povrch	Plocha	Měření	Σ (ρ_i. S)	ČSN	Σ (ρ_i. S)	CEMIX	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	78,43	0,84	65,88	0,78	60,79	0,85	51,67
Stěna světle žlutá	25,96	0,80	20,77	0,65	16,87	0,78	13,16
Obklad modrý	1,88	0,52	0,98	0,20	0,38	0,57	0,22
Dveře bílé	1,75	0,83	1,45	0,65	1,14	0,89	1,01
Skříň imitace dřeva	6,70	0,44	2,95	0,43	2,85	0,33	0,94
Dřevo tmavě hnědé	0,58	0,03	0,02	0,15	0,09	0,10	0,01
Nástěnka	2,00	0,30	0,60	0,25	0,50	0,31	0,16
Stojan tabule kovový	1,20	0,44	0,53	0,28	0,34	0,54	0,18
tabule zelená	4,00	0,08	0,32	0,13	0,50	0,18	0,09
Strop	52,37	0,84	43,99	0,78	40,59	0,84	34,10
Podlaha	42,03	0,15	6,30	0,25	10,51	0,13	1,37
Lavice	9,30	0,29	2,70	0,43	3,95	0,25	0,99
Průměrný činitel odrazu světla místnosti ρ_m			*0,65*	-	*0,61*	-	*0,46*

5.5.2 Vstupní údaje pro program Světlo+

Celková plocha okna a celková plocha zasklení byly spočítány z podrobného rozkreslení oken viz obrázek 15. Celková plocha okna se spočítá z celkových rozměrů a obsahuje tedy plochu rámu i plochu zasklení. Zatímco plocha zasklení obsahuje pouze plochu skla, tedy průhlednou část okna. Z těchto dvou hodnot se zjistí činitel prostup světla, který zohledňuje vliv konstrukce rámu, která nepropouští světlo. Jedná se tedy o poměr celkové plochu zasklení ku celkové ploše okna.

Tabulka 23: Plochy zasklení v učebně 9.A pro výpočet v programu Světlo+

Čistá plocha zasklení		
Celková plocha okna	3,03	m^2
Celková plocha zasklení	2,24	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,74	-

Ze všech výše uvedených hodnot byl udělán soupis vstupních parametrů, které se zadávají do programu Světlo +. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 24: Vstupní údaje z učebny 9.A pro výpočet v programu Světlo+

Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	Hodnota
ρ_m	Činitel odrazu světla podlahy	0,18
	Činitel odrazu světla stěn	0,84
	Činitel odrazu světla stropu	0,76
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
$\tau_{z,e}$	Činitel znečištění na vnější straně	0,90 [18]
$\tau_{z,i}$	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95[19]
$\tau_{s,nor}$	Činitel prostupu světla výplní	0,85
γ_k	Činitel jasu stínící překážky	0,10
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,74

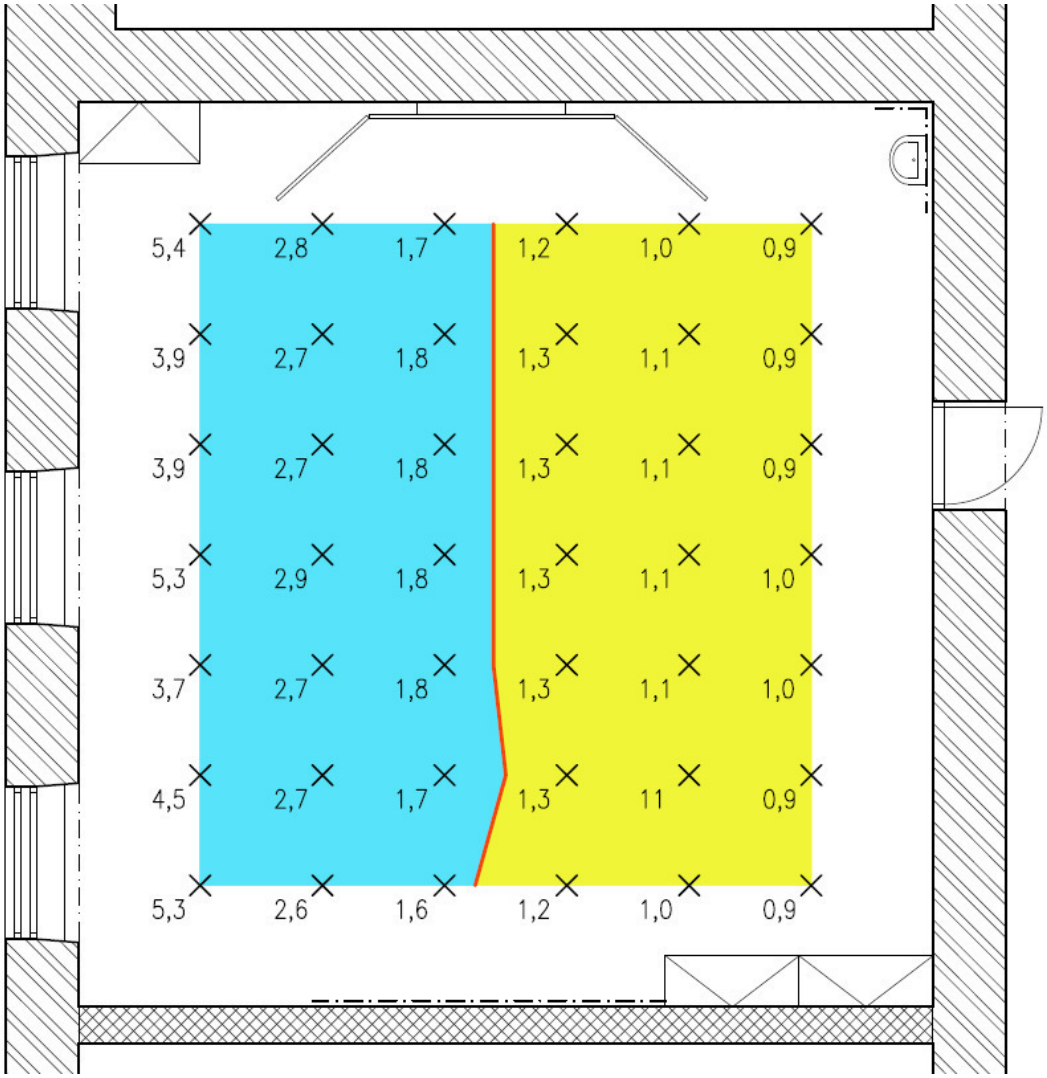
5.6 Výstupní hodnoty pro 9.A na 1. ZŠ

5.6.1 Činitel denní osvětlenosti

Pro provedení výpočtu jsme z programu Světlo+ získali hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů. Pro větší přehlednost byly tyto hodnoty překresleny do půdorysů za pomoci programu AutoCAD. Žlutou barvou

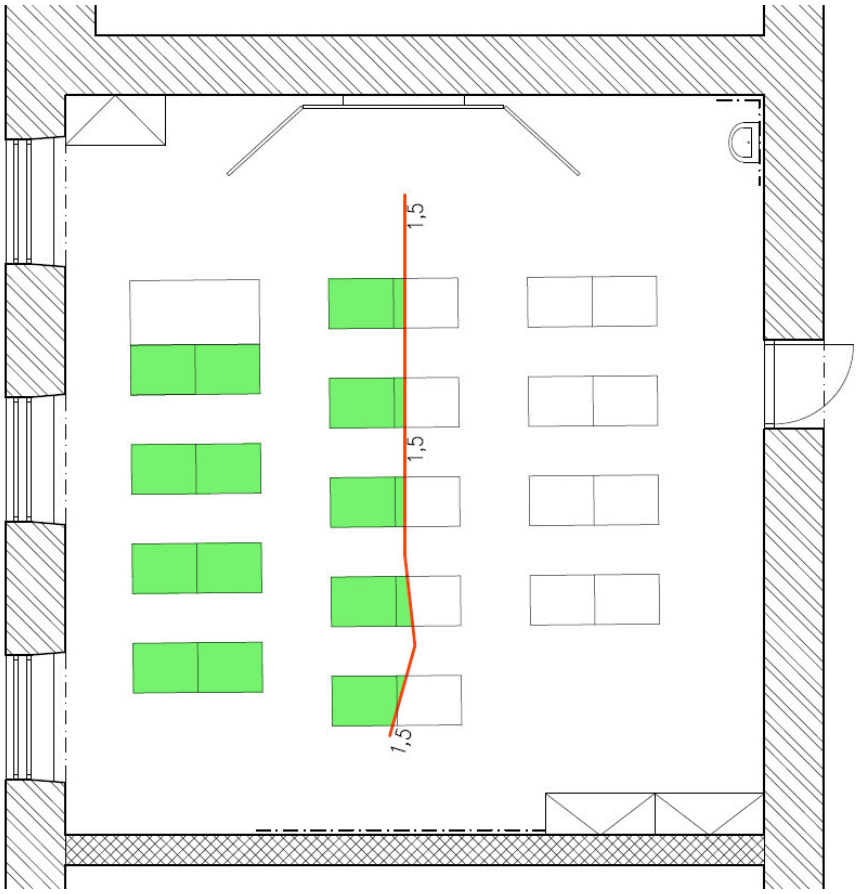
[18] Hodnota činitele znečištění vnější strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a střední znečištění vzduchu.
[19] Hodnota činitele znečištění vnitřní strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a malé znečištění vzduchu.

je vybarvena plochu, která svými hodnotami splňuje činitel denní osvětlenosti, který je pro kmenové třídy stanoven na $D_{min} \geq 1,5$ %. Modrou barvou je vybarvená plocha, která požadavky na činitel denní osvětlenosti nesplňuje. Červená čára vykreslená mezi modrou a žlutou plochu se nazývá izočára neboli spojnice stejných hodnot osvětlenosti, která nám značí funkčně vymezený prostor.



Obrázek 47: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebně 9.A

Na dalším obrázku je do půdorysu zanesená izočára D =1,5 %, která nám vyznačuje lavice, ve kterých je splněna hodnota činitele denní osvětlenosti. Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti jsou podbarveny zelenou barvou.



Obrázek 48: Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti v učebně 9.A

1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

Z obrázku je zřejmé, že zhruba polovina učebny nesplňuje normové požadavky na činitel denní osvětlenosti, který má být větší jak 1,5 % a to buď v celé učebně, nebo alespoň ve funkčně vymezeném prostoru. Izočára nám vyznačuje, které lavice mají splněný normový požadavek na činitel denní osvětlenosti. Zeleně podbarvené lavice mají tento požadavek splněný a jsou to pouze místa v řadě u okna a místa na levé straně lavice v prostřední řadě.

5.6.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} = 0,9 %

Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{max} = 5,4 %

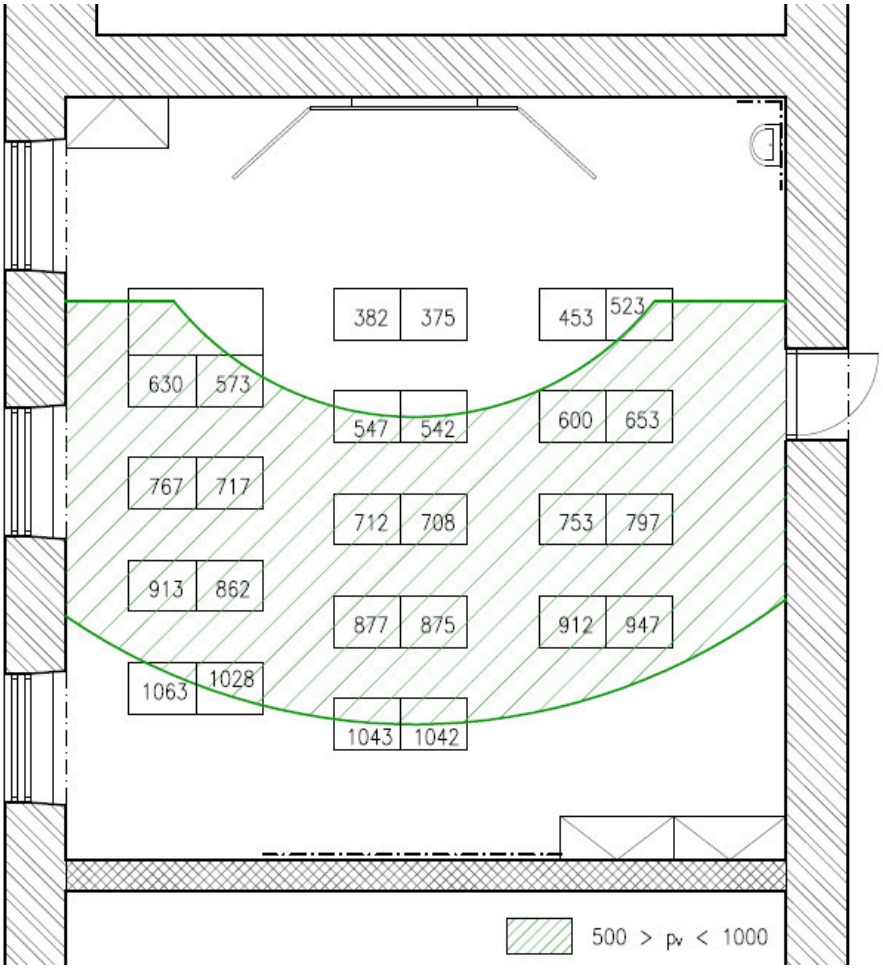
Rovnoměrnost denního osvětlení U = 0,167 < 0,2

1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení

Třída nevyhoví ani na požadavky rovnoměrnosti denního osvětlení. Kdy ve třídě je rovnoměrnost U=0,167 a dle normových požadavků by měla být větší jak 0,2.

5.6.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 9.A na 1. ZŠ

V lavicích jsou vepsány konkrétní hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Zeleně šrafovaná část nám vyznačuje poměrnou pozorovací vzdálenost, která je v rozsahu 500 až 1000 a v tomto místě jsou tedy splněny normové požadavky poměrné pozorovací vzdálenosti pro IV. třídu zrakové činnosti.



Obrázek 49: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebně 9.A

1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti

Na obrázku 49 je vidět, že první lavice nespadají do vymezeného prostoru p_v a nemají tak dostatečně vhodnou poměrnou pozorovací vzdálenost. Žáci sedící v těchto prvních lavicích vidí na tabuli dobře, ale jejich krční páteř může být neustálím zvedáním hlavy namáhána a můžou se u nich projevit bolesti. V poslední lavici v řadě u okna a v prostřední řadě už žáci také nemají dostatečně vhodnou pozorovací vzdálenost, sice na tabuli vidí dobře, ale u některých žáků by se mohl projevit problém se špatným rozeznáváním malého či neúhledně psaného písma.

5.7 Výstup z třídy 8.B na 5. ZŠ

5.7.1 Činitel odrazu světla

Jednotlivé povrchy byly rozděleny dle jejich umístění a dále z nich byl vypočítán průměrný činitel odrazu světla pro stěny, podlahy a stropy. Tyto tři hodnoty se poté vkládají do programu Světlo+, jako vstupní hodnoty charakterizující barevnost a odraznost povrchů v místnosti. Poslední hodnotou uvedenou v tabule je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který charakterizuje místnost jako celek.

Tabulka 25: Vypočítané hodnoty průměrného činitele odrazu světla v učebně 8.B

Sledovaný povrch	Plocha	Činitel odrazu světla	Σ (ρ_i. S)
Stěna hnědá	3,25	0,3	0,98
Stěna zelená	22,84	0,62	14,16
Stěna žlutá	38,6	0,9	34,74
Dveře bílé	1,97	0,27	0,53
Nábytek imitace dřeva	9,65	0,34	3,28
Stěna bílá	22,71	0,8	18,17
Tabule zelená	4,8	0,12	0,58
Stojan tabule kovový	1,2	0,39	0,47
Nástěnka bílá	0,3	0,85	0,26
Průměrný činitel odrazu světla stěn $\rho_{stěny}$			*0,69*
Strop bílý	64,57	0,8	51,66
Průměrný činitel odrazu světla stropu ρ_{strop}			*0,80*
Podlaha hnědá	52,06	0,35	18,22
Lavice	9,23	0,33	3,05
Průměrný činitel odrazu světla podlahy $\rho_{podlaha}$			*0,35*
Průměrný činitel odrazu světla v místnosti ρ_m			***0,63***

V následující tabulce je zobrazeno porovnání jednotlivých metod zjišťování průměrného činitele odrazu světla. Za nejpřesnější metodu je považována metoda měření činitele odrazu světla daného povrchu pomocí jasoměru a luxmetru. Hodnoty průměrného činitele odrazu světla zjištěné normou se liší od měření o 0,08, zatímco hodnota průměrného činitele odrazu světla zjištěného pomocí vzorníkem se liší o 0,05. K výsledkům měření se v tomto případě přibližuje více vzorník CEMIX než hodnoty normové.

Tabulka 26: Porovnání průměrného činitele odrazu světla učebny 8.B

Sledovaný povrch	Plocha	Měření	Σ (ρ_i. S)	ČSN	Σ (ρ_i. S)	CEMIX	Σ (ρ_i. S)
Stěna hnědá	3,25	0,30	0,98	0,25	0,81	0,20	0,65
Stěna zelená	22,84	0,62	14,16	0,55	12,56	0,65	14,85
Stěna žlutá	38,60	0,90	34,74	0,65	25,09	0,78	30,11
Dveře bílé	1,97	0,27	0,53	0,65	1,28	0,41	0,81
Nábytek imitace dřeva	9,65	0,34	3,28	0,43	4,10	0,41	3,96
Stěna bílá	22,71	0,80	18,17	0,78	17,60	0,89	20,22
Tabule zelená	4,80	0,12	0,58	0,13	0,60	0,18	0,86
Stojan tabule kovový	1,20	0,39	0,47	0,28	0,34	0,65	0,78
Nástěnka bílá	0,30	0,85	0,26	0,78	0,23	0,89	0,27
Strop bílý	64,57	0,80	51,66	0,78	50,04	0,89	57,47
Podlaha hnědá	52,06	0,35	18,22	0,19	9,63	0,48	24,99
Lavice	9,23	0,33	3,05	0,43	3,92	0,41	3,78
Průměrný činitel odrazu světla místnosti ρ_m			*0,63*	-	*0,55*	-	*0,69*

5.7.2 Vstupní údaje pro program Světlo+

Celková plocha okna a celková plocha zasklení byly spočítány z podrobného rozkreslení oken viz obrázek 24. Celková plocha okna se spočítá z celkových rozměrů a obsahuje tedy plochu rámu i plochu zasklení. Zatímco plocha zasklení obsahuje pouze plochu skla, tedy průhlednou část okna. Z těchto dvou hodnot se zjistí činitel prostup světla, který zohledňuje vliv konstrukce rámu, která nepropouští světlo. Jedná se tedy o poměr celkové plochu zasklení ku celkové ploše okna.

Tabulka 27: Plochy zasklení v učebně 8.B pro výpočet v programu Světlo+

Čistá plocha zasklení		
Celková plocha okna	5,42	m^2
Celková plocha zasklení	3,53	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65	-

Ze všech výše uvedených hodnot byl udělán soupis vstupních parametrů, které se zadávají do programu Světlo +. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 28: Vstupní údaje z učebny 8.B pro výpočet v programu Světlo+

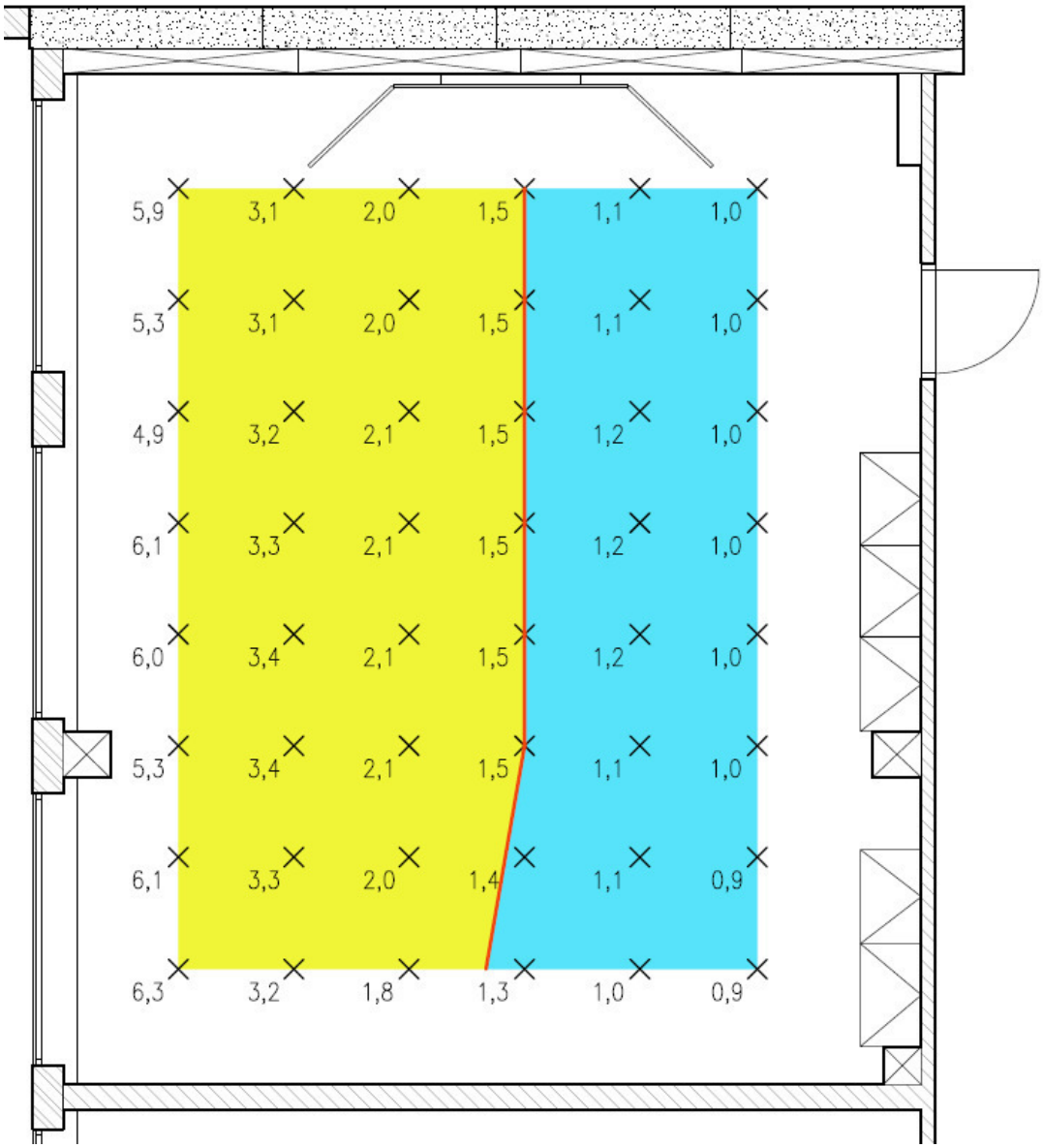
Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	Hodnota
ρ_m	Činitel odrazu světla podlahy	0,35
	Činitel odrazu světla stěn	0,69
	Činitel odrazu světla stropu	0,80
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
$\tau_{z,e}$	Činitel znečištění na vnější straně	0,90 [20]
$\tau_{z,i}$	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95 [21]
$\tau_{s,nor}$	Činitel prostupu světla výplní	0,73
γk	Činitel jasu stínící překážky	0,10
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65

5.8 Výstupní hodnoty pro 8.B na 5. ZŠ

5.8.1 Činitel denní osvětlenosti

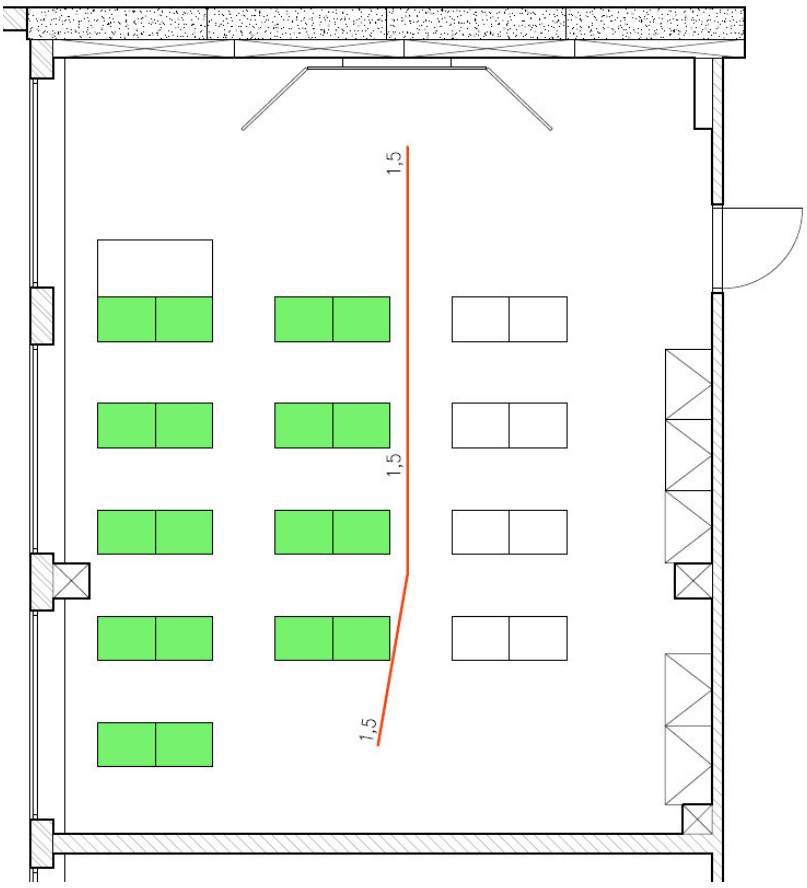
Pro provedení výpočtu jsme z programu Světlo+ získali hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů. Pro větší přehlednost byly tyto hodnoty překresleny do půdorysů za pomoci programu AutoCAD. Žlutou barvou je vybarvena plochu, která svými hodnotami splňuje činitel denní osvětlenosti, který je pro kmenové třídy stanoven na $D_{min} \geq 1,5$ %. Modrou barvou je vybarvená plocha, která požadavky na činitel denní osvětlenosti nesplňuje. Červená čára vykreslená mezi modrou a žlutou plochu se nazývá izočára neboli spojnice stejných hodnot osvětlenosti, která nám značí funkčně vymezený prostor.

[20] Hodnota činitele znečištění vnější strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a střední znečištění vzduchu.
[21] Hodnota činitele znečištění vnitřní strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a malé znečištění vzduchu.



Obrázek 50: *Hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebně 8.B*

Na dalším obrázku je do půdorysu zanesená izočára D =1,5 %, která nám vyznačuje lavice, ve kterých je splněna hodnota činitele denní osvětlenosti. Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti jsou podbarveny zelenou barvou.



Obrázek 51: Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti v učebně 8.B

1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

Dle obrázků je zřejmé, že celá třída nevyhovuje na činitel denní osvětlenosti. Zhruba ve dvou třetinách třídy je tento činitel splněn, žluté podbarvení, a v druhé půlce nikoliv, modré podbarvení. Izočára, červená lomená čára, znázorňuje místo, kde je hranice splnění či nesplnění normových podmínek. Pro žáky sedící v řadě u dveří to tedy znamená, že jejich světelné podmínky nejsou vyhovující, protože zde činitel denní osvětlenosti klesl pod hodnotu 1,5 %. Naopak žáci sedící v zeleně podbarvených lavicích, tedy v prostřední řadě a řadě u okna, mají světelné podmínky vyhovující, protože jsou zde normové požadavky na činitel denní osvětlenosti splněny.

5.8.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} = 0,9 %

Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{max} = 6,3 %

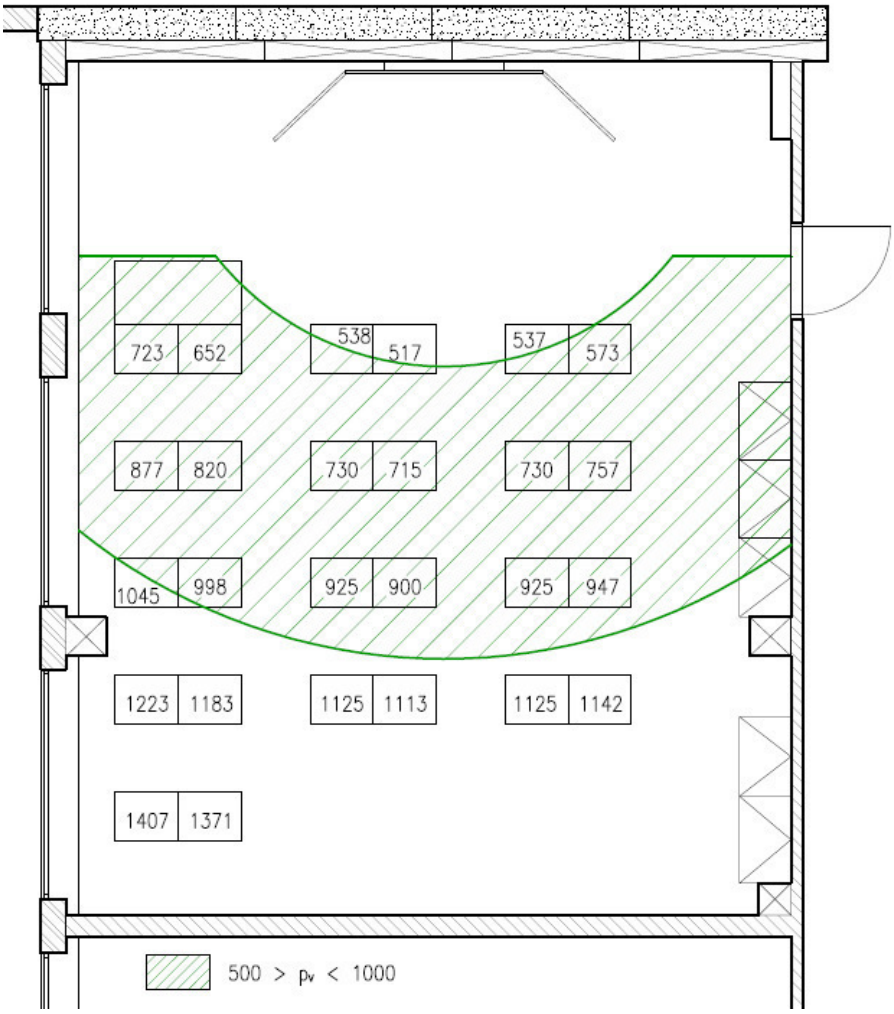
Rovnoměrnost denního osvětlení U = 0,143 < 0,2

1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení

Pokud třídu vyhodnotíme na rovnoměrnost, tak zjistíme, že ani tato třída nemá normové požadavky kladené na rovnoměrnost splněné. Jsou zde totiž místa u oken, které mají až přemíru denního světla, zatímco místa u dveří už tolik světla nemají.

5.8.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 8.B na 5. ZŠ

V lavicích jsou vepsány konkrétní hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Zeleně šrafovaná část nám vyznačuje poměrnou pozorovací vzdálenost, která je v rozsahu 500 až 1000 a v tomto místě jsou tedy splněny normové požadavky poměrné pozorovací vzdálenosti pro IV. třídu zrakové činnosti.



Obrázek 52: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebně 8.B

1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti

Ve třídě 8.B splňují požadavky na poměrnou pozorovací vzdálenost danou normou všechny lavice od první až do třetí řady, kromě krajního sedadla ve třetí lavici v řadě u okna, kde není poměrná pozorovací vzdálenost splněna. Čtvrtá a pátá lavice nesplňují horní hranici poměrné pozorovací vzdálenosti a žáci zde sedící mohou tak mít problémy s přečtením psaného písma na tabuli.

5.9 Výstup z třídy 9.A na 5. ZŠ

5.9.1 Činitel odrazu světla

Jednotlivé povrchy byly rozděleny dle jejich umístění a dále z nich byl vypočítán průměrný činitel odrazu světla pro stěny, podlahy a stropy. Tyto tři

hodnoty se poté vkládají do programu Světlo+, jako vstupní hodnoty charakterizující barevnost a odraznost povrchů v místnosti. Poslední hodnotou uvedenou v tabule je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který charakterizuje místnost jako celek.

Tabulka 29: *Vypočítané hodnoty průměrného činitele odrazu světla v učebně 9.A*

Sledovaný povrch	Plocha	Činitel odrazu světla	$\Sigma (\rho_i . S)$
Stěna žlutá	23,14	0,89	20,59
Stěna tmavě zelená	9,78	0,43	4,21
Stěna hnědá	3,80	0,24	0,91
Dveře bílé	1,97	0,31	0,61
Dřevěný obklad	3,00	0,54	1,62
Nábytek imitace dřeva	7,24	0,42	3,04
Světlík z luxferů	2,93	0,46	1,35
Nástěnka modrá	1,30	0,06	0,08
Stěna bílá	33,58	0,85	28,55
Stojan tabule kovový	1,20	0,41	0,49
Tabule zelená	4,80	0,12	0,58
Stěna světle zelená	13,22	0,63	8,33
Průměrný činitel odrazu světla stěn $\rho_{stěny}$			*0,66*
Strop	65,82	0,85	55,95
Průměrný činitel odrazu světla stropu ρ_{strop}			*0,85*
Podlaha	51,91	0,36	18,69
Lavice	10,53	0,38	4,00
Průměrný činitel odrazu světla podlahy $\rho_{podlaha}$			*0,36*
Průměrný činitel odrazu světla v místnosti ρ_m			***0,64***

V následující tabulce je zobrazeno porovnání jednotlivých metod zjišťování průměrného činitele odrazu světla. Za nejpřesnější metodu je považována metoda měření činitele odrazu světla daného povrchu pomocí jasoměru a luxmetru. Při porovnání průměrného činitele odrazu světla zjištěného z měření a průměrného činitele dorazu světla zjištěného z normy je zde znatelný rozdíl, který je 0,29. Zatímco průměrný činitel odrazu světla získaní ze vzorníku je pouze o 0,03 větší než činitel naměřený. V tomto případě se vzorník přibližuje výsledkům měření.

Tabulka 30: Porovnání průměrného činitele odrazu světla učebny 9.A

Sledovaný povrch	Plocha	Měření	Σ (ρ_i. S)	ČSN	Σ (ρ_i. S)	CEMIX	Σ (ρ_i. S)
Stěna žlutá	23,14	0,89	20,59	0,65	15,04	0,78	18,05
Stěna tmavě zelená	9,78	0,43	4,21	0,30	2,93	0,50	4,89
Stěna hnědá	3,80	0,24	0,91	0,25	0,95	0,16	0,61
Dveře bílé	1,97	0,31	0,61	0,65	1,28	0,41	0,81
Dřevěný obklad	3,00	0,54	1,62	0,43	1,28	0,68	2,04
Nábytek	7,24	0,42	3,04	0,43	3,08	0,41	2,97
Světlík z luxferů	2,93	0,46	1,35	0,18	0,51	0,00	0,00
Nástěnka modrá	1,30	0,06	0,08	0,20	0,26	0,19	0,25
Stěna bílá	33,58	0,85	28,55	0,78	26,03	0,89	29,89
Stojan tabule kovový	1,20	0,41	0,49	0,28	0,34	0,65	0,78
Tabule zelená	4,80	0,12	0,58	0,13	0,60	0,18	0,86
Podlaha	51,91	0,36	18,69	0,02	1,04	0,48	24,92
Strop	65,82	0,85	55,95	0,19	12,18	0,89	58,58
Lavice	10,53	0,38	4,00	0,78	8,16	0,41	4,32
Stěna světle zelená	13,22	0,63	8,33	0,55	7,27	0,65	8,59
Průměrný činitel odrazu světla místnosti ρ_m			***0,64***	-	***0,35***	-	***0,67***

5.9.2 Vstupní údaje pro program Světlo+

Celková plocha okna a celková plocha zasklení byly spočítány z podrobného rozkreslení oken viz obrázek 27. Celková plocha okna se spočítá z celkových rozměrů a obsahuje tedy plochu rámu i plochu zasklení. Zatímco plocha zasklení obsahuje pouze plochu skla, tedy průhlednou část okna. Z těchto dvou hodnot se zjistí činitel prostup světla, který zohledňuje vliv konstrukce rámu, která nepropouští světlo. Jedná se tedy o poměr celkové plochu zasklení ku celkové ploše okna.

Tabulka 31: Plochy zasklení v učebně 9.A pro výpočet v programu Světlo+

Čistá plocha zasklení		
Celková plocha okna	5,42	m^2
Celková plocha zasklení	3,53	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65	-

Ze všech výše uvedených hodnot byl udělán soupis vstupních parametrů, které se zadávají do programu Světlo +. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 32: Vstupní údaje z učebny 9.A pro výpočet v programu Světlo+

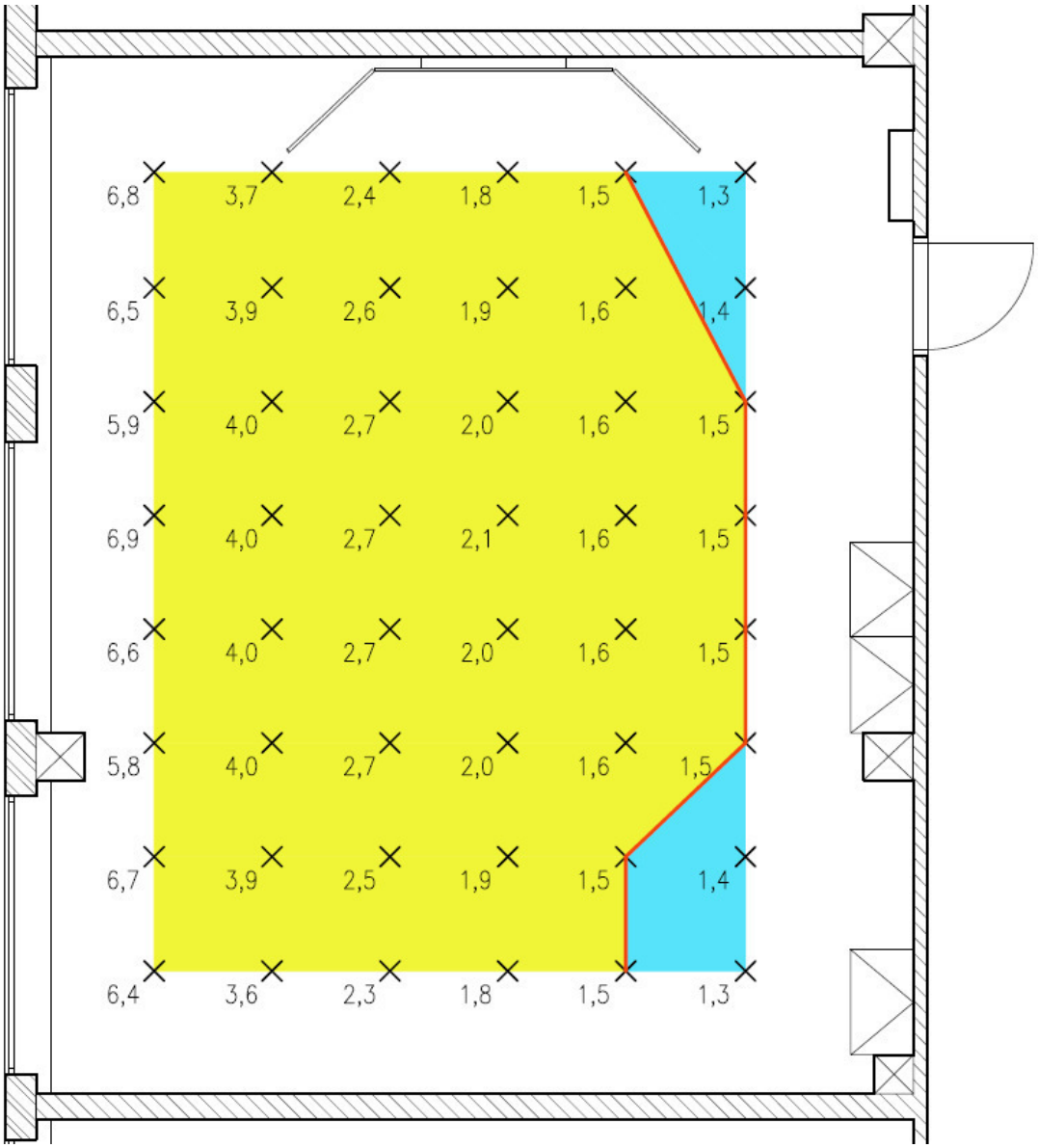
Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	Hodnota
ρ_m	Činitel odrazu světla podlahy	0,36
	Činitel odrazu světla stěn	0,66
	Činitel odrazu světla stropu	0,85
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
$\tau_{z,e}$	Činitel znečištění na vnější straně	0,90 [22]
$\tau_{z,i}$	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95 [23]
$\tau_{s,nor}$	Činitel prostupu světla výplní	0,73
γk	Činitel jasu stínící překážky	0,10
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65

5.10 Výstupní hodnoty pro 9.A na 5. ZŠ

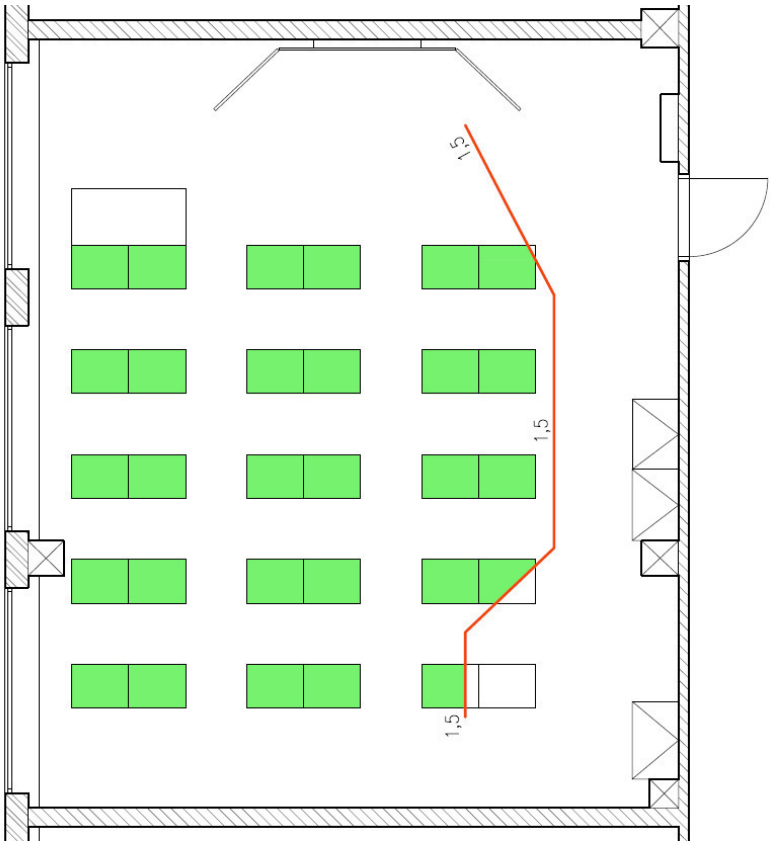
5.10.1 Činitel denní osvětlenosti

Pro provedení výpočtu jsme z programu Světlo+ získali hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů. Pro větší přehlednost byly tyto hodnoty překresleny do půdorysů za pomoci programu AutoCAD. Žlutou barvou je vybarvena plochu, která svými hodnotami splňuje činitel denní osvětlenosti, který je pro kmenové třídy stanoven na $D_{min} \geq 1,5$ %. Modrou barvou je vybarvená plocha, která požadavky na činitel denní osvětlenosti nesplňuje. Červená čára vykreslená mezi modrou a žlutou plochu se nazývá izočára neboli spojnice stejných hodnot osvětlenosti, která nám značí funkčně vymezený prostor.

[22] Hodnota činitele znečištění vnější strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a střední znečištění vzduchu.
[23] Hodnota činitele znečištění vnitřní strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a malé znečištění vzduchu.



Obrázek 53: *Hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebně 9.A*



Obrázek 54: Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti v učebně 9.A

1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

Dle výsledků má téměř celá třída 9.A vyhovující podmínky na denní osvětlení. Všechny lavice, které jsou zeleně podbarvené a kde je činitel denní osvětlenosti vyšší než 1,5 %, mají splněné normové požadavky. V řadě u dveří jsou pouze dvě místa, kde normové požadavky splněny nejsou, protože je zde činitel denního osvětlení nižší jak 1,5 %.

5.10.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} = 1,3 %

Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{max} = 6,9 %

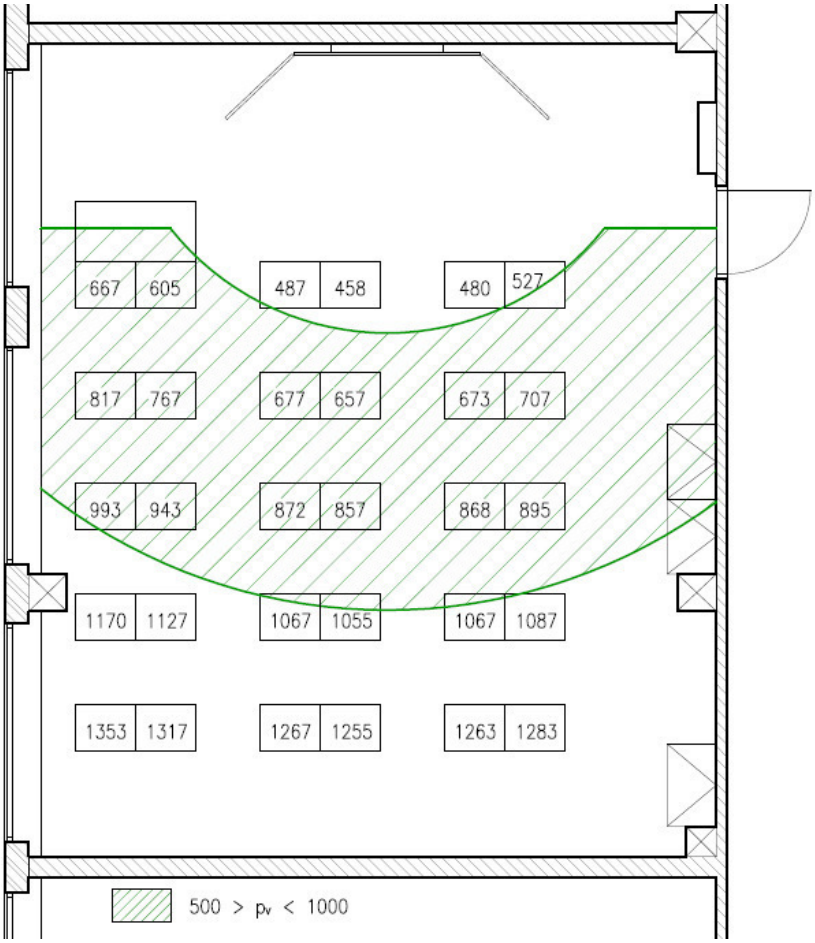
Rovnoměrnost denního osvětlení U = 0,188 < 0,2

1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení

Ani tato třída nevyhovuje na rovnoměrnost denního osvětlení, protože poměr minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti je menší než 0,2.

5.10.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 9.A na 5. ZŠ

V lavicích jsou vepsány konkrétní hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Zeleně šrafovaná část nám vyznačuje poměrnou pozorovací vzdálenost, která je v rozsahu 500 až 1000 a v tomto místě jsou tedy splněny normové požadavky poměrné pozorovací vzdálenosti pro IV. třídu zrakové činnosti.



Obrázek 55: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebně 9.A

1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti

Ve třídě 9.A nejsou splněny normové požadavky na poměrnou pozorovací vzdálenost v první lavici v prostřední řadě a na levé straně v řadě u dveří, dále pak v celé čtvrté a v celé páté řadě. V ostatních lavicích jsou podmínky splněny. Pokud není dodržena podmínka poměrné pozorovací vzdálenosti, mohou mít žáci problémy s čitelností psaného písma a mohou se tak u nich objevit zdravotní problémy, převážně pálení a slzení očí, a to z toho důvodu, že oko je přetěžované neustálým ostřením zraku.

5.11 Výstup z 7.A na 6. ZŠ

5.11.1 Činitel odrazu světla

Jednotlivé povrchy byly rozděleny dle jejich umístění a dále z nich byl vypočítán průměrný činitel odrazu světla pro stěny, podlahy a stropy. Tyto tři hodnoty se poté vkládají do programu Světlo+, jako vstupní hodnoty charakterizující barevnost a odraznost povrchů v místnosti. Poslední hodnotou uvedenou v tabule je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který charakterizuje místnost jako celek.

Tabulka 33: Vypočítané hodnoty průměrného činitele odrazu světla v učebně 7.A

Sledovaný povrch	Plocha	Činitel odrazu světla	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	71,92	0,89	64,01
Skříň s imitací dřeva	8,96	0,35	3,14
Povrch tabule bílý	2,40	0,69	1,66
Povrch tabule zelený	2,40	0,10	0,24
Nástěnka bílá	2,00	0,68	1,36
Obklad šedý	9,30	0,72	6,70
Dveře bílé	1,77	0,73	1,29
Světlík z luxferů	0,90	0,83	0,75
Nástěnka oranžová	2,00	0,36	0,72
Nástěnka zelená	2,00	0,09	0,18
Stěna zelená	15,19	0,69	10,48
Průměrný činitel odrazu světla stěn $\rho_{stěny}$			*0,76*
Strop	77,80	0,89	69,24
Průměrný činitel odrazu světla stropu ρ_{strop}			*0,89*
Podlaha	64,54	0,31	20,01
Lavice	8,58	0,36	3,09
Průměrný činitel odrazu světla podlahy $\rho_{podlaha}$			*0,32*
Průměrný činitel odrazu světla v místnosti ρ_m			***0,68***

V následující tabulce je zobrazeno porovnání jednotlivých metod zjišťování průměrného činitele odrazu světla. Za nejpřesnější metodu je považována metoda měření činitele odrazu světla daného povrchu pomocí jasoměru a luxmetru. Rozdíly mezi průměrným činitel odrazu světla vycházejícího z měření a průměrným činitelem odrazu světla vycházejícího z normových hodnot činitele odrazu světla je rozdíl 0,19. Zatímco rozdíl mezi rozdíl průměrným činitelem odrazu světla vycházejícího z měření a ze vzorníku je pouze 0,06. Výpočet založený na hodnotách ze vzorníku se více přibližuje k měření než normové hodnoty.

Tabulka 34: Porovnání průměrného činitele odrazu světla učebny 7.A

Sledovaný povrch	Plocha	Měření	Σ (ρ_i. S)	ČSN	Σ (ρ_i. S)	CEMIX	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	71,92	0,89	64,01	0,78	55,74	0,89	64,01
Skříň s imitací dřeva	8,96	0,35	3,14	0,43	3,81	0,42	3,76
Povrch tabule bílý	2,40	0,69	1,66	0,86	2,06	0,87	2,09
Povrch tabule zelený	2,40	0,10	0,24	0,13	0,30	0,18	0,43
Nástěnka bílá	2,00	0,68	1,36	0,02	0,04	0,18	0,36
Obklad šedý	9,30	0,72	6,70	0,50	4,65	0,59	5,49
Dveře bílé	1,77	0,73	1,29	0,65	1,15	0,85	1,50
Světlík z luxferů	0,90	0,83	0,75	0,18	0,16	-	-
Nástěnka oranžová	2,00	0,36	0,72	0,25	0,50	0,53	1,06
Nástěnka zelená	2,00	0,09	0,18	0,13	0,25	0,18	0,36
Stěna zelená	15,19	0,69	10,48	0,65	9,87	0,63	9,57
Podlaha	64,54	0,31	20,01	0,30	19,36	0,59	38,08
Strop	77,80	0,89	69,24	0,35	27,23	0,89	69,24
Lavice	8,58	0,36	3,09	0,78	6,65	0,49	4,20
Průměrný činitel odrazu světla místnosti ρ_m			*0,68*	-	*0,49*	-	*0,74*

5.11.2 Vstupní údaje pro program Světlo+

Celková plocha okna a celková plocha zasklení byly spočítány z podrobného rozkreslení oken viz obrázek 37. Celková plocha okna se spočítá z celkových rozměrů a obsahuje tedy plochu rámu i plochu zasklení. Zatímco plocha zasklení obsahuje pouze plochu skla, tedy průhlednou část okna. Z těchto dvou hodnot se zjistí činitel prostup světla, který zohledňuje vliv konstrukce rámu, která nepropouští světlo. Jedná se tedy o poměr celkové plochu zasklení ku celkové ploše okna. V této učebně byla okna počítána zvlášť.

Tabulka 35: Plochy zasklení v učebně 7.A pro výpočet v programu Světlo+

Čistá plocha zasklení		
Celková plocha okna	6,93	m^2
Celková plocha zasklení	4,15	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,6	-
Celková plocha okna	12,49	m^2
Celková plocha zasklení	8,02	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,64	-

Ze všech výše uvedených hodnot byl udělán soupis vstupních parametrů, které se zadávají do programu Světlo +. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 36: Vstupní údaje z učebny 7.A pro výpočet v programu Světlo+

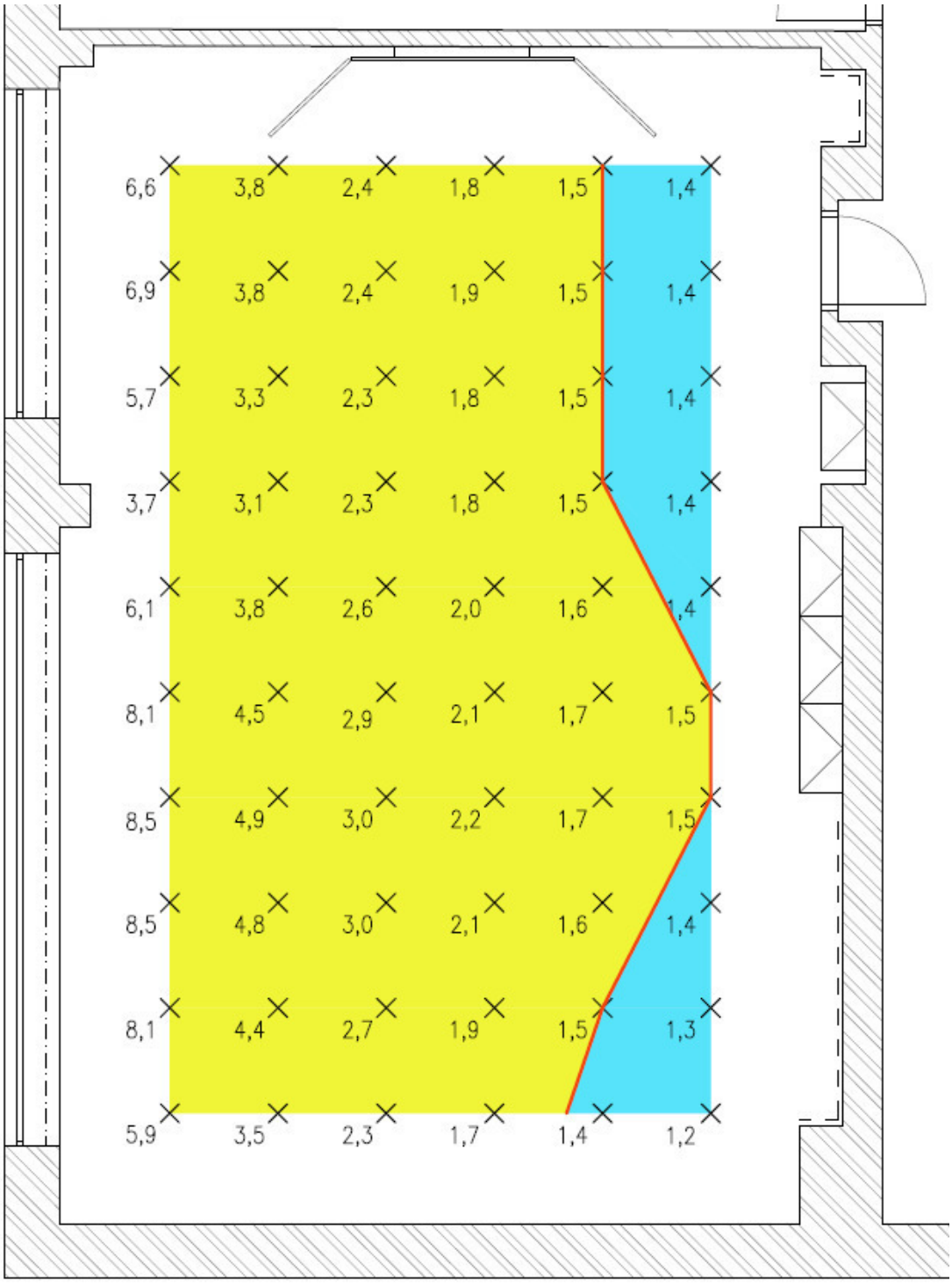
Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	Hodnota
ρ_m	Činitel odrazu světla podlahy	0,32
	Činitel odrazu světla stěn	0,76
	Činitel odrazu světla stropu	0,89
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
$\tau_{z,e}$	Činitel znečištění na vnější straně	0,90 [24]
$\tau_{z,i}$	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95 [25]
$\tau_{s,nor}$	Činitel prostupu světla výplní	0,81
γ_k	Činitel jasu stínící překážky	0,10
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,6
		0,64

[24] Hodnota činitele znečištění vnější strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a střední znečištění vzduchu.
[25] Hodnota činitele znečištění vnitřní strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a malé znečištění vzduchu.

5.12 Výstupní hodnoty pro 7.A na 6. ZŠ

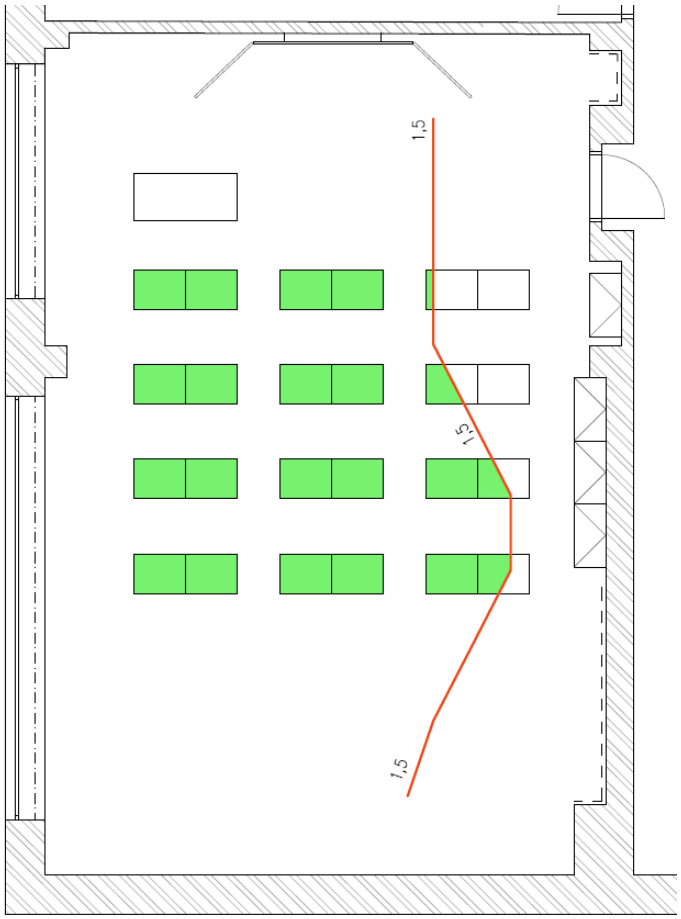
5.12.1 Činitel denní osvětlenosti

Pro provedení výpočtu jsme z programu Světlo+ získali hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů. Pro větší přehlednost byly tyto hodnoty překresleny do půdorysů za pomoci programu AutoCAD. Žlutou barvou je vybarvena plochu, která svými hodnotami splňuje činitel denní osvětlenosti, který je pro kmenové třídy stanoven na $D_{min} \geq 1,5$ %. Modrou barvou je vybarvená plocha, která požadavky na činitel denní osvětlenosti nesplňuje. Červená čára vykreslená mezi modrou a žlutou plochu se nazývá izočára neboli spojnice stejných hodnot osvětlenosti, která nám značí funkčně vymezený prostor.



Obrázek 56: *Hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebně 7.A*

Na dalším obrázku je do půdorysu zanesená izočára D =1,5 %, která nám vyznačuje lavice, ve kterých je splněna hodnota činitele denní osvětlenosti. Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti jsou podbarveny zelenou barvou.



Obrázek 57: Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti v učebně 7.A

1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

V učebně 7.A se vyskytují modře i žlutě podbarvené plochy, tedy místa, kde je činitel denní osvětlenosti splněn a kde nikoliv. Pokud se podíváme na lavice, které mají vhodné osvětlení a činitel denní osvětlenosti je zde splněn, tak se jedná o celou prostřední řadu a celou řadu u okna. V řadě u dveří je činitel denní osvětlenosti splněn ve třetí a čtvrté řadě na levé straně, zatímco na levá strana v druhé lavici a na pravé straně ve třetí a čtvrté lavici jsou podmínky splněny jen částečně. První lavice v řadě u dveří se považuje za lavici, která nesplňuje normové požadavky na činitel denní osvětlenosti.

5.12.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} = 1,2 %

Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{max} = 8,5 %

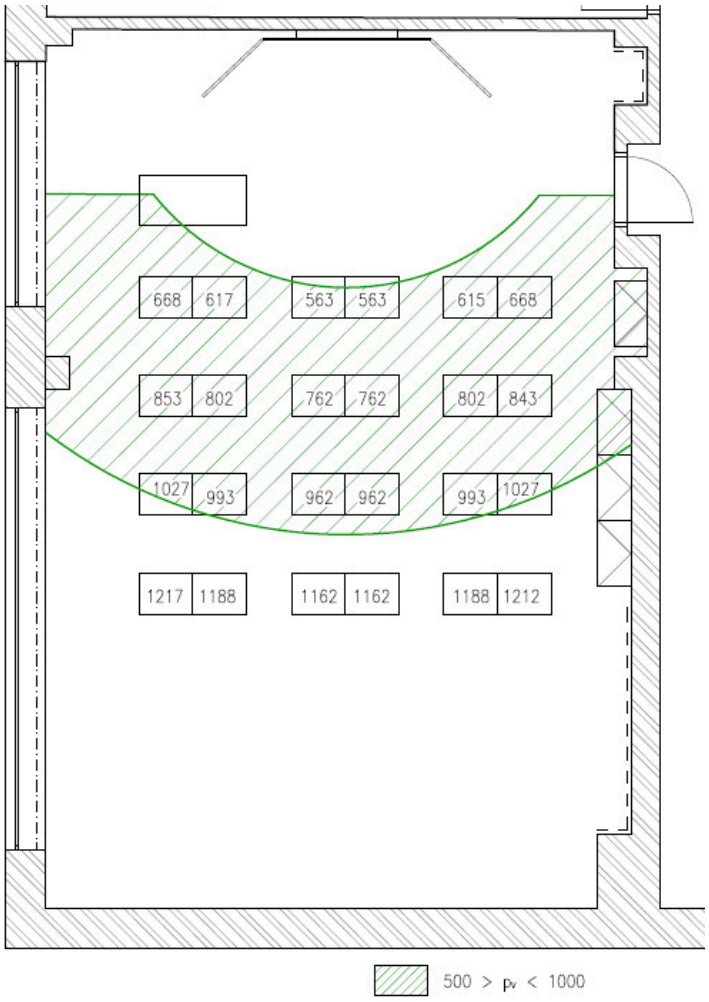
Rovnoměrnost denního osvětlení U = 0,141 < 0,2

1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denního osvětlení

Ačkoliv většina třídy vyhovuje na činitel denní osvětlenosti, tak z hlediska rovnoměrnosti denní osvětlení je třída nevyhovující, protože poměr minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti ku maximální hodnotě činitele denní osvětlenosti nepřesahuje požadovanou hodnotu 0,2.

1.4.2.1 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 7.A na 6. ZŠ

V lavicích jsou vepsány konkrétní hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Zeleně šrafovaná část nám vyznačuje poměrnou pozorovací vzdálenost, která je v rozsahu 500 až 1000 a v tomto místě jsou tedy splněny normové požadavky poměrné pozorovací vzdálenosti pro IV. třídu zrakové činnosti.



Obrázek 58: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebně 7.A

1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenost

Jak je vidět na obrázku 58, ve třídě 7.A jsou lavice v první až třetí řadě v limitu poměrné pozorovací vzdálenosti a normové požadavky pro IV. třídu zrakové činnosti jsou zde splněny. Nesplněné požadavky jsou ve čtvrté řadě, kde je poměrná pozorovací vzdálenost větší jak 1000. Žáci sedící v této lavici vidí také dobře na tabuli, ale při pozorování malého či neúhledně napsaného písma by mohli být problémy s jeho přečtením. Kvůli zaostřování zraku by pak také mohli mít zdravotní problémy, jako jsou pálení a slzení očí.

5.13 Výstup z třídy 8.A na 6. ZŠ

5.13.1 Činitel odrazu světla

Jednotlivé povrchy byly rozděleny dle jejich umístění a dále z nich byl vypočítán průměrný činitel odrazu světla pro stěny, podlahy a stropy. Tyto tři hodnoty se poté vkládají do programu Světlo+, jako vstupní hodnoty charakterizující barevnost a odraznost povrchů v místnosti. Poslední hodnotou uvedenou v tabule je průměrný činitel odrazu světla v místnosti, který charakterizuje místnost jako celek.

Tabulka 37: Vypočítané hodnoty průměrného činitele odrazu světla v učebně 8.A

Sledovaný povrch	Plocha	Činitel odrazu světla	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	39,62	0,91	36,05
Stěna meruňková	34,54	0,68	23,49
Tabule zelená	4,00	0,07	0,28
Nástěnka bílá lesklá	0,99	0,80	0,79
Stojan tabule dřevěný	1,22	0,33	0,40
Obklad šedý	10,30	0,66	6,80
Světlík z luxferů	2,36	0,33	0,78
Dveře bílé	1,97	0,80	1,58
Skříně imitace dřeva	4,00	0,39	1,56
Nástěnka oranžová	2,00	0,29	0,58
Průměrný činitel odrazu světla stěn $\rho_{stěny}$			*0,72*
Strop	78,31	0,91	71,26
Průměrný činitel odrazu světla stropu ρ_{strop}			*0,91*
Podlaha	63,50	0,15	9,53
Lavice	11,18	0,28	3,13
Průměrný činitel odrazu světla podlahy $\rho_{podlaha}$			*0,17*
Průměrný činitel odrazu světla v místnosti ρ_m			***0,62***

V následující tabulce je zobrazeno porovnání jednotlivých metod zjišťování průměrného činitele odrazu světla. Za nejpřesnější metodu je považována metoda měření činitele odrazu světla daného povrchu pomocí jasoměru a luxmetru. Při porovnání průměrných činitelů odrazu světla v místnosti je zde rozdíl mezi hodnotou vycházející z měření a hodnotou z normy 0,17 a dále pak rozdíl 0,13 mezi hodnotou vycházející z měření a hodnotou vycházející ze vzorníku. Vzorník ani normové hodnoty se tedy v tomto případě nepřibližují hodnotám měření.

Tabulka 38: Porovnání průměrného činitele odrazu světla učebny 8.A

Sledovaný povrch	Plocha	Měření	Σ (ρ_i. S)	ČSN	Σ (ρ_i. S)	CEMIX	Σ (ρ_i. S)
Stěna bílá	39,62	0,91	36,05	0,78	30,70	0,89	35,26
Stěna meruňková	34,54	0,68	23,49	0,45	15,54	0,66	22,80
Tabule zelená	4,00	0,07	0,28	0,78	3,10	0,18	0,72
Nástěnka bílá lesklá	0,99	0,80	0,79	0,13	0,12	0,87	0,86
Stojan tabule	1,22	0,33	0,40	0,02	0,02	0,47	0,57
Obklad šedý	10,30	0,66	6,80	0,78	7,98	0,59	6,08
Světlík z luxferů	2,36	0,33	0,78	0,43	1,00	-	-
Dveře bílé	1,97	0,80	1,58	0,50	0,99	0,89	1,75
Skříně imitace dřeva	4,00	0,39	1,56	0,18	0,70	0,53	2,12
Nástěnka oranžová	2,00	0,29	0,58	0,65	1,30	0,29	0,58
Podlaha	63,50	0,15	9,53	0,43	26,99	0,70	44,45
Strop	78,31	0,91	71,26	0,28	21,54	0,89	69,70
Lavice	11,18	0,28	3,13	0,35	3,91	0,53	5,93
Průměrný činitel odrazu světla místnosti ρ_m			***0,62***	-	***0,45***	-	***0,75***

5.13.2 Vstupní údaje pro program Světlo+

Celková plocha okna a celková plocha zasklení byly spočítány z podrobného rozkreslení oken viz obrázek 40. Celková plocha okna se spočítá z celkových rozměrů a obsahuje tedy plochu rámu i plochu zasklení. Zatímco plocha zasklení obsahuje pouze plochu skla, tedy průhlednou část okna. Z těchto dvou hodnot se zjistí činitel prostup světla, který zohledňuje vliv konstrukce rámu, která nepropouští světlo. Jedná se tedy o poměr celkové plochu zasklení ku celkové ploše okna. V této učebně byla okna počítána zvlášť.

Tabulka 39: Plochy zasklení v učebně 8.A pro výpočet v programu Světlo+

Čistá plocha zasklení		
Celková plocha okna	6,93	m^2
Celková plocha zasklení	4,15	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,6	-
Celková plocha okna	12,49	m^2
Celková plocha zasklení	8,13	m^2
Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,65	-

Ze všech výše uvedených hodnot byl udělán soupis vstupních parametrů, které se zadávají do programu Světlo +. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 40: Vstupní údaje z učebny 8.A pro výpočet v programu Světlo+

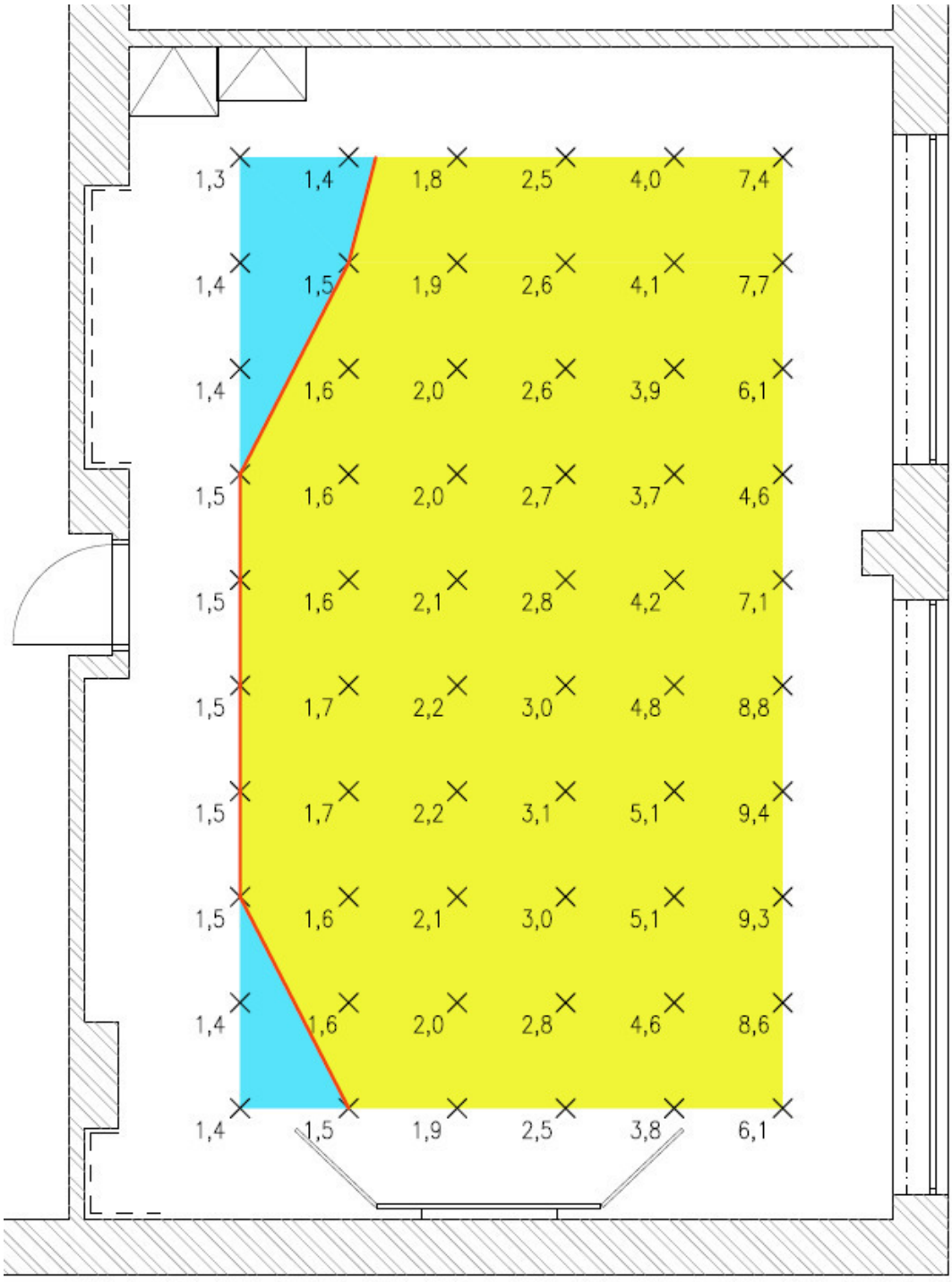
Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	Hodnota
ρ_m	Činitel odrazu světla podlahy	0,17
	Činitel odrazu světla stěn	0,91
	Činitel odrazu světla stropu	0,72
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
$\tau_{z,e}$	Činitel znečištění na vnější straně	0,90 [26]
$\tau_{z,i}$	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95 [27]
$\tau_{s,nor}$	Činitel prostupu světla výplní	0,81
γ_k	Činitel jasu stínící překážky	0,10
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,6
		0,65

5.14 Výstupní hodnoty pro 8.A na 6. ZŠ

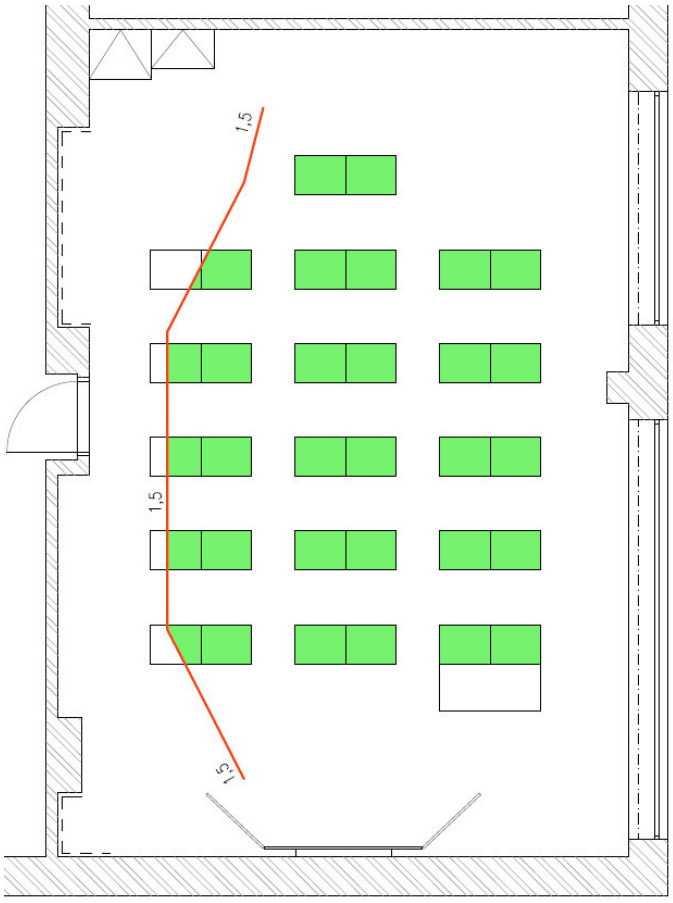
5.14.1 Činitel denní osvětlenosti

Pro provedení výpočtu jsme z programu Světlo+ získali hodnoty činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů. Pro větší přehlednost byly tyto hodnoty překresleny do půdorysů za pomoci programu AutoCAD. Žlutou barvou je vybarvena plochu, která svými hodnotami splňuje činitel denní osvětlenosti, který je pro kmenové třídy stanoven na $D_{min} \geq 1,5$ %. Modrou barvou je vybarvená plocha, která požadavky na činitel denní osvětlenosti nesplňuje. Červená čára vykreslená mezi modrou a žlutou plochu se nazývá izočára neboli spojnice stejných hodnot osvětlenosti, která nám značí funkčně vymezený prostor.

[26] Hodnota činitele znečištění vnější strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a střední znečištění vzduchu.
[27] Hodnota činitele znečištění vnitřní strany je převzata z ČSN 73 0580-1 [6] pro svislý osvětlovací otvor se sklonem zasklení 90° a malé znečištění vzduchu.



Obrázek 59: *Hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebně 8.A*



Obrázek 60: Lavice s vhodným činitelem denní osvětlenosti v učebně 8.A

1.4.2.1 Vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou splněny téměř ve všech kontrolních bodech. Stejně tak mají téměř všechny lavice dostatečně vhodné podmínky denního osvětlení, protože leží v zóně, kde je činitel denní osvětlenosti splněn, tedy vyšší než 1,5 %. Částečně nevhodné podmínky mají žáci sedící na pravé straně v první a páté lavici v řadě u dveří. Podmínky v druhé až čtvrté lavici v řadě u dveří se dají považovat za vhodné, protože pouze malá část lavice nemá dostatečně vysoký činitel denní osvětlenosti.

5.14.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} = 1,3 %

Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{max} = 9,4 %

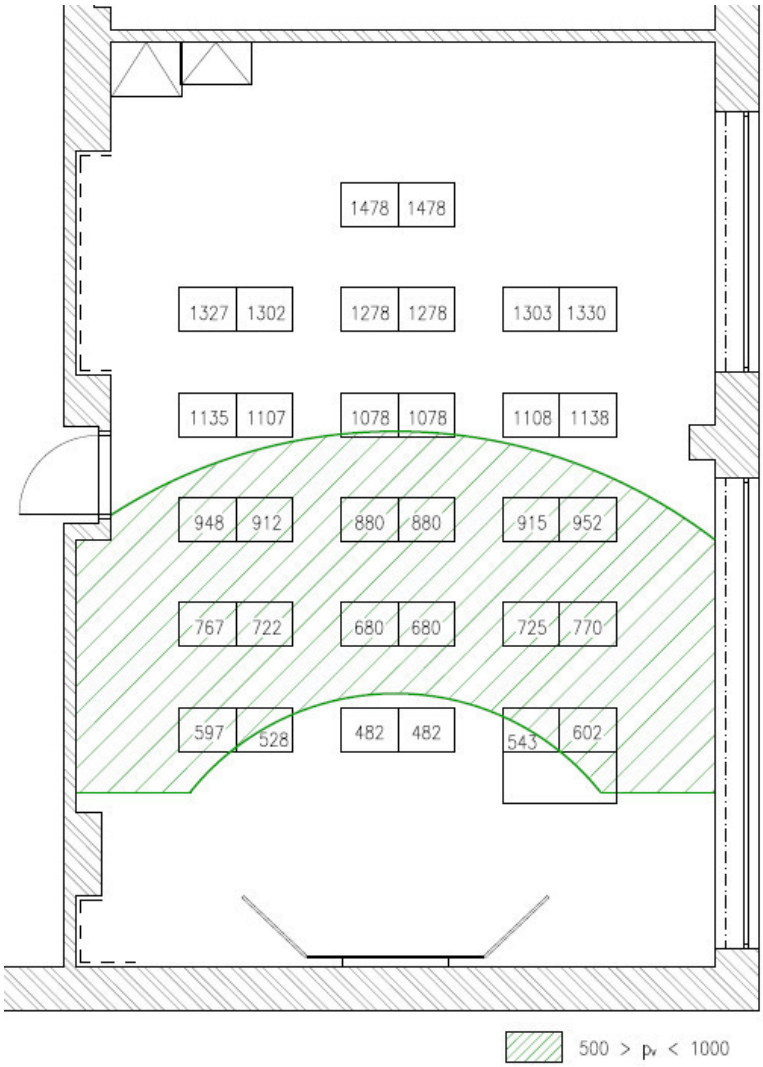
Rovnoměrnost denního osvětlení U = 0,138 < 0,2

1.4.2.1 Vyhodnocení rovnoměrnosti denní osvětlení

Navzdory tomu, že téměř všichni žáci mají na svých lavicích činitel denní osvětlenosti vyšší, než je normový požadavek, tak ani tato třída nevyhoví na rovnoměrnost denního osvětlení. Lavice nacházející se přímo u oken jsou příliš přesvětlené a mají tak maximální hodnotu činitele denního osvětlení, zatímco lavice v řadách dál od oken mají činitel denní osvětlenosti mnohonásobně nižší.

5.14.3 Poměrná pozorovací vzdálenost ve třídě 8.A na 6. ZŠ

V lavicích jsou vepsány konkrétní hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Zeleně šrafovaná část nám vyznačuje poměrnou pozorovací vzdálenost, která je v rozsahu 500 až 1000 a v tomto místě jsou tedy splněny normové požadavky poměrné pozorovací vzdálenosti pro IV. třídy zrakové činnosti.



Obrázek 61: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebně 8.A

1.4.2.1 Vyhodnocení poměrné pozorovací vzdálenosti

V obrázku 61 vyplývá, že v první řadě v prostřední lavici a dále pak v celé čtvrté, páté a šesté řadě nejsou splněny požadavky a poměrnou pozorovací vzdálenost. Žáci sedící v první řadě uprostřed uvidí na text dobře, ale jsou tabuli příliš blízko a jejich zrak bude neustálým zaostřováním přetěžován stejně tak jako u žáků, jejichž pozorovací vzdálenost je vyšší jak 1000. Tito žáci by pak mohli mít ještě problémy s přečtením nečitelného a malého textu.

6. Dotazníkové šetření

6.1 Popis metody

Další hodnotící metodou pro zjištění světelných podmínek v kmenových třídách základních škol je metoda kvantitativní, tedy pomocí dotazníků. Byly vybrány tři základní školy v Jindřichově Hradci a na každé škole byly vybrány dvě kmenové učebny. Učebny byly vybírány z druhého stupně, a to z toho důvodu, aby byli žáci schopni porozumět dané problematice.

Dotazníky byly předkládány v tištěné podobě a skládají se z úvodu a dvou základních okruhů. Na samém úvodu byli žáci obeznámeni, k čemu dotazník bude sloužit. První okruh je zaměřen na základní otázky týkající se pohlaví, dominantní ruky dotazovaných, zda používají korekci zraku či nikoliv, kde se nachází jejich místo na sezení a v neposlední řadě také subjektivní zhodnocení počasí. Druhý okruh se zajímá o zjištění množství a kvality denního osvětlení v hodnocených učebnách a o tom, jaký má dotazovaný jedinec postoj k této problematice.

Dotazníková metoda je velice subjektivní a odpovědi jsou z velké části závislé na momentálním rozpoložení respondentů a srozumitelnosti kladených otázek, proto z této metody nevzejdou žádná konkrétní čísla, jak tomu je u klasických výpočetních metod, ale odpovědi studentů budou analyzovány tak, aby z nich mohly být prokázány či vyvráceny předem vytvořené hypotézy.

Ukázka vzorového dotazníku k diplomové práci je součástí přílohy A. Dotazník byl zpracován v programu Microsoft Word 2016 a vyhodnocovány byly v programu Microsoft Excel 2016.

6.2 Předvýzkum

Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci, velkou roli v dotazníkové metodě hraje srozumitelnost kladených otázek. Aby byly eliminovány nesrozumitelné a nejednoznačné otázky, byl v první řadě dotazník konzultován s vedoucím diplomové práce, a poté byl předložen pěti dětem, které představovaly reprezentativní vzorek. Tyto děti, které tvořily reprezentativní vzorek, byly ve věkové kategorii 10 až 13 let, která z části reprezentuje věkové rozmezí a také navštěvující školu, na které dotazník nebyl předkládám, čímž byla

splněna podmínka nestrannosti a vzhledem k tomu, že na vybraných školách probíhá dotazníkové šetření pouze na druhém stupni, byla splněna i podmínka věková. Dotazované děti, které prováděly prvotní kontrolu dotazníků, shledaly dotazník dostatečně srozumitelný a nenašly v něm žádné nejasnosti. Z toho tedy vyplývá, že chyby ve formulaci dotazníku by měly být eliminovány na minimum. [25]

6.3 Hypotézy

Pro dotazníkové šetření byly sepsány čtyři hypotézy a pro každou hypotézu byly zformulovány otázky tak, aby z analyzovaných dat mohly být jednotlivé hypotézy buď potvrzeny, nebo naopak vyvráceny. Z těchto sepsaných otázek byl následně sestaven kompletní dotazník.

Hypotézy:

I. *Žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna, jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu*
II. *Žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny*
III. *Žáci jsou přesvědčení o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost*
IV. *Oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků*

Tyto hypotézy budou použity pro porovnání výpočetní metody se subjektivním pocitem uživatelů dané třídy.

6.4 Okrajové podmínky

Dotazníkové šetření bylo provedeno na všech třech vybraných základních školách, kde probíhalo i měření. V každé škole byly vybrány dvě třídy, z nichž jedna třída, která je více osvětlená denním osvětlením, a druhá třída, která je naopak více stíněná. Hlavní podmínkou však bylo, že vybrané třídy musí být kmenovými učebnami z důvodu, že zde děti tráví více hodin v průběhu týdne.

Dotazníky byly předloženy ve dvou kolech. První kolo dotazníkového šetření proběhlo na začátku školního roku, kdy žáci navštěvují školu krátce a teprve si přivykají novému prostoru, v kterém tráví čas a také nestačili

zaběhnout do stereotypu a jejich vnímání okolí je tam mnohem bystřejší. První kolo vyplňování dotazníků proběhlo v pátek 15.9. v čase 10:00 (9.A na 1. ZŠ), 11:00 (8.B na 5. ZŠ) a 11:15 (9.A na 5. ZŠ) kdy bylo převážně zataženo, dále pak v pondělí 18.9. v čase 9:30 (8.A na 6. ZŠ), 10:00 (7.A na 6. ZŠ) a 11:45 (6.A na 1. ZŠ) kdy byla převážně jasná obloha s minimální oblačností.

Druhé kolo dotazníkového šetření bylo provedeno v období před Vánoci, kdy děti už jsou navyklé na denní rutinu a denní podmínky v učebně už jsou jim známé. Pro druhé kolo vyplňování dotazníků bylo vybráno datum 23.11. v čase 8:00 (8.A na 6. ZŠ) a 8:15 (7.A na 6. ZŠ) a 24.11. v čase 10:00 (6.A na 1. ZŠ), 10:15 (9.A na 1. ZŠ), 11:00 (8.B na 5. ZŠ) a 11:15 (9.A na 5. ZŠ) a to z toho důvodu, aby období mezi jednotlivými koly bylo co nejdelší a zároveň bylo dostatek času na jejich vyhodnocení.

6.5 Popis respondentů

Následující odstavec přinese zhodnocení a procentuální zastoupení jednotlivých kategorií co se týče pohlaví, dominantní ruky a korekce zraku. Další hlavní podmínkou výběru učebny bylo, že žáci kmenové učebny musí být žáky druhého stupně základní školy, a to z toho důvodu, že komunikace s nimi je snazší a jejich pochopení dotazované věci lepší. Věkový rozsah je malý a pohybuje se od 11 do 15 let. To zaručuje i určitou jistotu, že žáci budou více rozumět dané problematice a k vyplňování dotazníků budou přistupovat zodpovědněji.

Tabulka 41: Rozdělení respondentů pro 1. ZŠ

Škola		1. ZŠ							
Měření		1. měření				2. měření			
Třída		VI.A		IX.A		VI.A		IX.A	
Věk		11-12		14-15		11-12		14-15	
Počet dotazovaných		20		21		19		18	
Popis		Počet	[%]	Počet	[%]	Počet	[%]	Počet	[%]
Pohlaví	Muž	9	45	9	43	8	42	8	44
	Žena	11	55	12	57	11	58	10	56
Dominantní ruka	Pravá	19	95	20	95	17	89	17	94
	Levá	1	5	1	5	2	11	1	6
Korekce zraku	Ano	3	15	9	43	3	16	8	44
	Ne	17	85	12	57	16	84	10	56
Poznámka		1 nepoužitelný[28]		-		-		-	

Tabulka 42: Rozdělení respondentů pro 5. ZŠ

Škola		5. ZŠ							
Měření		1. měření				2. měření			
Třída		VIII.B		IX.A		VIII.B		IX.A	
Věk		13-14		14-15		13-14		14-15	
Počet dotazovaných		13		22		18		16	
Popis		Počet	[%]	Počet	[%]	Počet	[%]	Počet	[%]
Pohlaví	Muž	6	46	12	55	10	77	9	56
	Žena	7	54	9	45	8	23	7	44
Dominantní ruka	Pravá	11	85	19	86	15	115	13	81
	Levá	2	15	2	14	3	-15	3	19
Korekce zraku	Ano	5	38	6	27	9	50	7	44
	Ne	8	62	16	73	9	50	9	56
Poznámka		-		1 nepoužitelný[29]		-		1 nepoužitelný[30]	

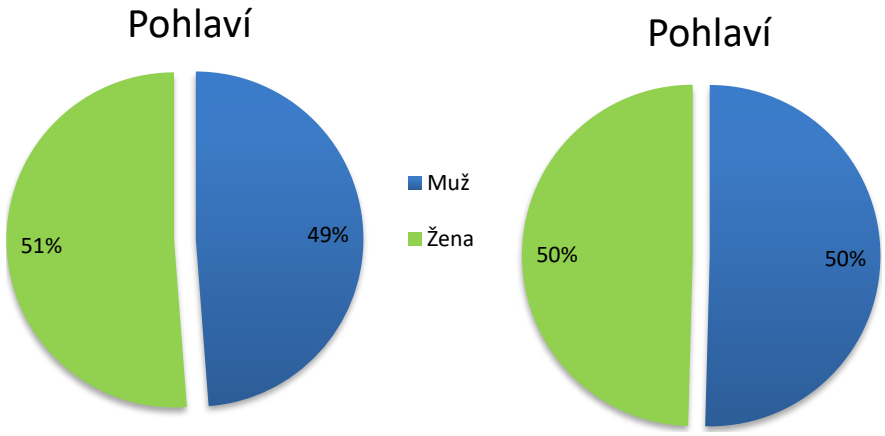
[28] Respondent zde nevyplnil základní otázky typu věk, pohlaví a počasí, proto byl zařazen mezi dále nepoužívané.
[29] Respondent označil více odpovědí u pohlaví, dominantní ruky a měl i nesmyslné odpovědi u věku a lavice. Z těchto důvodů byl dotazník vyřazen.
[30] Respondent označil více odpovědí u základních otázek a u všech ostatních vybral odpověď „nevím", proto byl tento dotazník také vyřazen.

Tabulka 43: Rozdělení respondentů pro 6. ZŠ

Škola		6. ZŠ							
Měření		1. měření				2. měření			
Třída		VII.A		VIII.A		VII.A		VIII.A	
Věk		12-13		13-14		12-13		13-14	
Počet dotazovaných		17		30		19		27	
Popis		Počet	[%]	Počet	[%]	Počet	[%]	Počet	[%]
Pohlaví	Muž	6	35	18	60	8	42	16	59
	Žena	11	65	12	40	11	58	11	41
Dominantní ruka	Pravá	17	100	24	80	19	100	24	89
	Levá	0	0	3	20	0	0	3	11
Korekce zraku	Ano	4	24	9	30	4	21	9	33
	Ne	13	76	18	70	15	79	18	67
Poznámka		-		-		-		-	

Tabulka 44: Celkové rozdělení respondentů

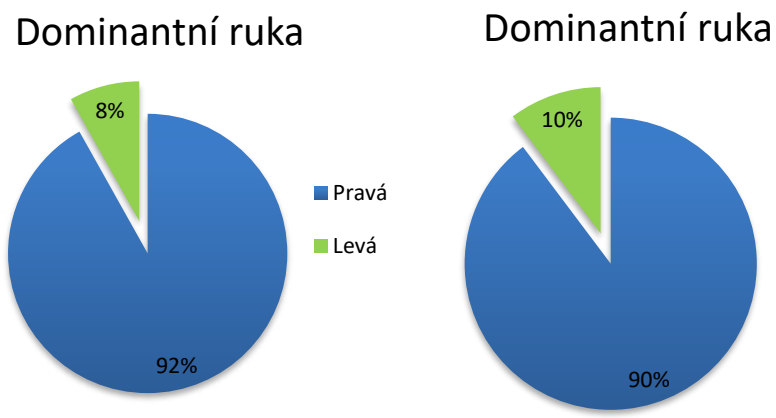
CELKOVÉ ZHODNOCENÍ					
Měření		1. měření		2. měření	
Počet dotazovaných		123		117	
Popis		Počet dotazovaných	Procentuální vyjádření [%]	Počet dotazovaných	Procentuální vyjádření [%]
Pohlaví	Muž	60	49	65	56
	Žena	62	51	63	44
Dominantní ruka	Pravá	110	89	114	97
	Levá	9	11	11	3
Korekce zraku	Ano	36	29	40	34
	Ne	84	71	86	66
Poznámka		2 nepoužitelné		1 nepoužitelné	



Obrázek 62: Rozdělení respondentů dle pohlaví pro 1. a 2. dotazování

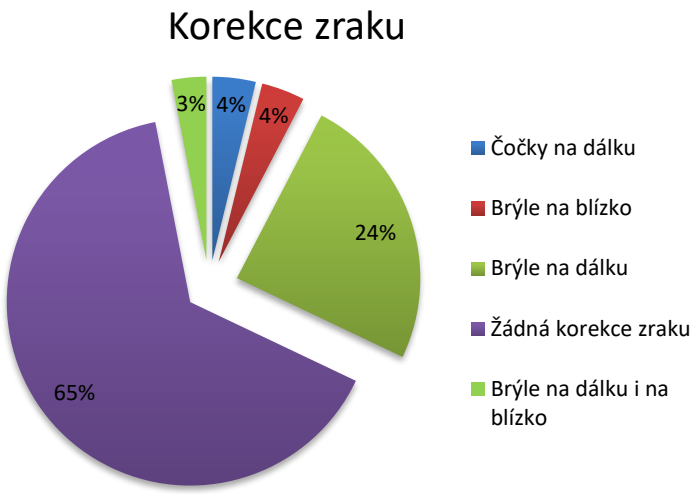
Jak je vidět na levé i pravé straně obrázku 62, tak celkové rozložení dotazovaných žaků v prvním měření z hlediska pohlaví je vyrovnané. Ženy mají 1 % převahu nad muži v prvním měření. Ve druhém měření je počet žen a mužů stejný.

Pokud se však podíváme konkrétněji do jednotlivých tříd, tak při prvním dotazníkovém šetření na 1. ZŠ mají v obou třídách převahu dívky s procentuálním zastoupením 55 a 57 %. Na 5. ZŠ a 6. ZŠ mají v jedné třídě převahu dívky s procentuálním zastoupením 54 a 65 % a ve druhé třídě mají převahu chlapci, 55 a 60 %. Při druhém dotazníkovém šetření mají dívky opět převahu ve čtyřech třídách a ve dvou třídách mají převahu chlapci. Pokud vezmeme celkové zastoupení žen a mužů v populaci, tak tento fakt odpovídá průzkumu Českého statistického úřadu, který ve své publikaci [26] uveřejnil data, z kterých jasně vyplývá, že v roce 2015 pro věk 0-14 let mají ženy zastoupení 50,9 % a muži 49,1 %.



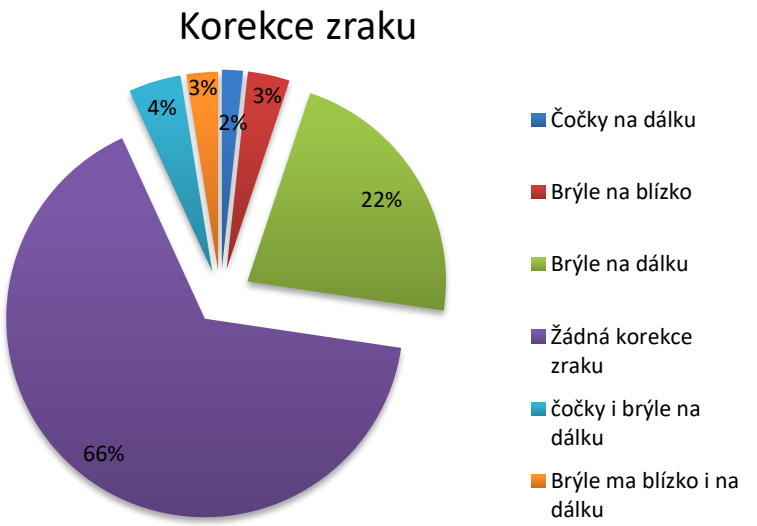
Obrázek 63: Rozdělení respondentů dle dominantní ruky při 1. a 2. dotazování

Pokud porovnáme zastoupení dominantní ruky, tak je zde vidět jasná převaha žáků píšících pravou rukou, s 92 % zastoupení při prvním dotazování a 90 % převahou při druhém dotazování, nad žáky píšícími levou rukou, což odpovídá hrubému odhadu statistik prováděných v České republice, které uvádí, že leváci jsou v populaci zastoupení zhruba 10 %.



Obrázek 64: Rozdělení respondentů dle korekce zraku při 1. dotazování

Po zhodnocení kvality zraku při prvním dotazníkovém šetření jasně vyplývá, že většinová část respondentů, tedy 65 %, nepoužívá žádnou korekci zraku, ať už se jedná o brýle, nebo čočky. Zbylých 35 % dotazovaných uvedlo, že používají korekci zraku, kde s 24 % jasně převažuje potřeba nosit brýle na dálku. V poměrně malém zastoupení se pak o zbylých 11 % dělí potřeba čoček na dálku, brýlí na blízko a brýlí na dálku i na blízko. Z tohoto hodnocení plyne, že kvalitní zrak má 2/3 dotazovaných z celkového počtu 123 žáků.



Obrázek 65: Rozdělení respondentů dle korekce zraku při 2. dotazování

Při druhém dotazníkovém šetření, stejně jako při prvním, mají většinovou převahu žáci, kteří nepoužívají žádnou korekci zraku a kterých je ve třídě 66 % ze 117 dotazovaných. Další velké zastoupení s 22 % zde mají žáci, kteří nosí brýle na dálku. O zbylých 12 % se dělí žáci nosící čočky na dálku, brýle na blízko, brýle na blízko i na dálku a čočky i brýle na dálku. Stejně jako v prvním dotazníkovém šetření i zde z výzkumu vyplývá, že kvalitní zrak má zhruba 2/3 dotazovaných žáků.

6.6 Vyhodnocení dotazníku

Tato část bude zaměřena na potvrzení či vyvrácení jednotlivých hypotéz na základě otázek, z kterých byl sestaven dotazník.

Hypotézy:

I. *Žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna, jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě, než žáci sedící blíž k oknu*
II. *Žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky, než žáci sedící na krajích učebny*
III. *Žáci jsou přesvědčení o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost*
IV. *Oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků*

Vyhodnocením získáme představu o světelných podmínkách, které panují ve třídě a výsledek je založen na subjektivním hodnocením žáků. Vyhodnocování jednotlivých hypotéz bude probíhat pro každou třídu zvlášť a druhé dotazníkové kolo bude porovnáno s prvním dotazníkovým kolem.

6.7 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření

Tato část je založena na subjektivním hodnocení žáka hodnotícího kvalitu denního osvětlení v souvislosti s vybranými hypotézami. Každá odpověď v dotazníku měla předem stanovenou bodovou hodnotu. Tyto body za jednotlivé otázky byly sečteny pro každou hypotézu zvlášť a vepsány do dané lavice žáka. Aby byly výsledky přehlednější, každá obsazená lavice byla dle barevné škály

obarvena. Každý obrázek obsahuje první a druhé dotazníkové šetření a je vyhotoven pro každou učebnu a hypotézu zvlášť.

6.8 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro I. hypotézu

První hypotéza zní: *„Žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna, jsou více nespokojení se světelnými podmínkami ve třídě, něž žáci sedící blíž k oknu“.* Otázky I. hypotézy se zabývají tím, zda žákovi sedícímu v lavici dál od okna stíní jeho soused v lavici. Žáci sedící v lavici se zeleným zabarvením jsou spíše spokojeni se světelnými podmínkami a jeho soused mu spíše nestíní. V lavici zabarvené žlutou barvou sedí žáci, kteří jsou spokojeni pouze občas a v některých případech se jim stává, že jim jejich soused stíní a sluneční paprsky tak nemohou dopadat na jejich místo. Pokud by byla lavice zabarvená oranžovou až červenou barvou, žák by byl spíše nespokojen a jeho soused by mu určitě stínil. Aby mohla být hypotéza potvrzena, musí mít strany blíž k oknu vyšší bodové hodnocení než strany v lavici dál k oknu a naopak.

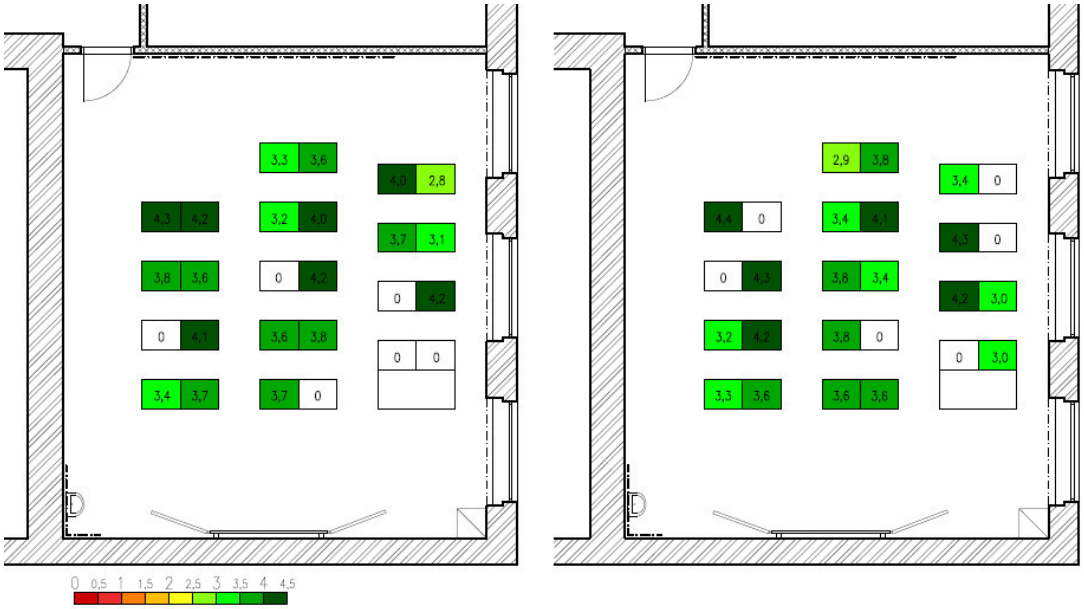
6.8.1 I. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

Pokud se podíváme na levou část obrázku 66, která značí spokojenost žáků pro první dotazníkové šetření, tak ve čtyřech případech jsou žáci sedící na straně blíž k oknu více spokojeni než žáci sedící dál od okna. Tyto dvojice nalezneme v první lavici v řadě u dveří, dále pak ve druhé, čtvrté a páté lavici v řadě uprostřed. V dalších čtyřech případech jsou žáci sedící blíž k oknu méně spokojeni než žáci sedící dál od okna, z toho dvě dvojice sedí v řadě u okna. To se dá přisuzovat tomu, že žáci blíže k oknu mohou být oslňováni slunečními paprsky, které do třídy dopadají skrz okno. V ostatních čtyřech případech jsou žáci v lavici sami a nikdo jim tam nemůže ubírat na jejich spokojenosti se světelnými podmínkami. U tří případů jejich spokojenost dokonce dosahuje maximální hodnoty. Maximální spokojenost je vyznačena tmavě zelenou barvu.

Pokud se podíváme na pravou část obrázku 66, spatříme zde čtyři dvojice, kdy žák sedící blíže k oknu je více spokojený než žák sedící v lavici dál od okna. Tyto dvojice jsou v první a druhé řadě u dveří a dále ve čtvrté a páté řadě uprostřed. V dalších třech lavicích jsou žáci sedící v lavici blíž k oknu méně nebo

stejně spokojeni jako jejich soused sedící dál od okna. Dále jsou zde čtyři žáci, kteří sedí samostatně a opět tři z nich dosahují maximální spokojenosti.

Pokud se však pro každou stranu řady spočítá bodový průměr tak zjistíme, že hypotéza pro první dotazování potvrdila v prostřední řadě a v řadě u dveří a pro druhé dotazování se potvrdila v těch samých řadách. Celkově se tedy dá I. hypotéza považovat za potvrzenou.



Obrázek 66: Porovnání spokojenosti žáků dle stran se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

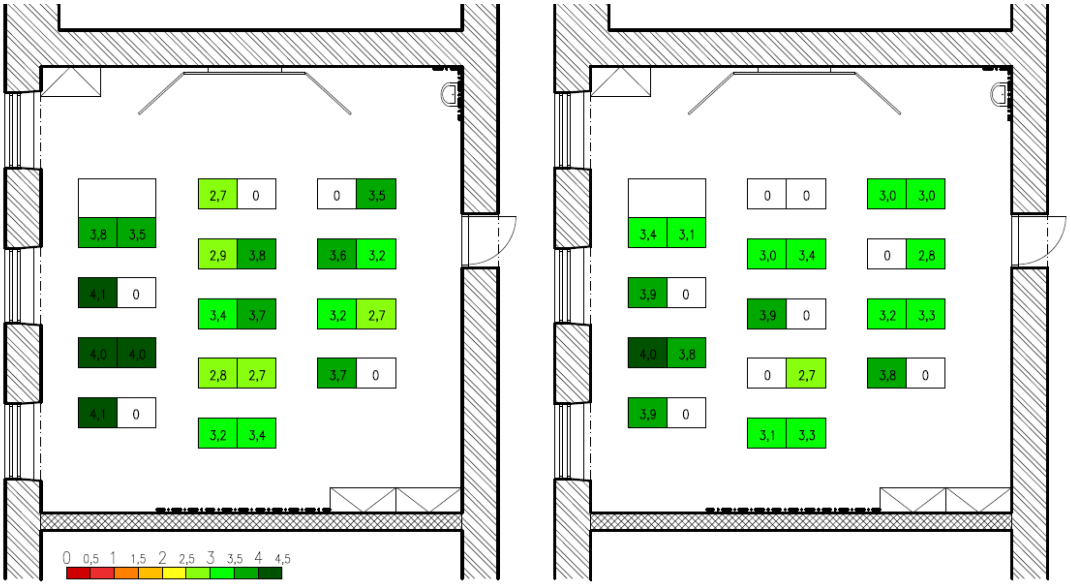
6.8.2 I. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

Pokud se podíváme na levou část obrázku 67, je zde vidět, že v první řadě u okna, ve čtvrté řadě uprostřed a v druhé a třetí řadě u dveří jsou žáci sedící blíž k oknu více spokojeni než žáci sedící dál od okna. V dalších čtyřech případech je žák sedící blíž k oknu méně spokojen než žák sedící v lavici dál od okna. Pokud se zaměříme na tmavě zelená pole, tak zjistíme, že nejvíce spokojení žáci jsou ti, kteří sedí co nejblíž k oknu. To potvrzuje domněnku, že tato učebna bude více stíněná než výše zmíněná 6.A, a proto jsou žáci sedící v řadě blíž k oknu více spokojeni.

Když se podíváme na pravou stranu obrázku, nalezneme zde pouze dvě lavice, první a třetí lavici v řadě u okna, kde jsou žáci sedící blíž k oknu více spokojeni než žáci sedící v lavici dál od okna. V dalších čtyřech případech jsou

žáci sedící v lavici dál od okna více spokojeni než jejich sousedé. Žáci, kteří sedí v lavicích sami, projevují znatelně vyšší spokojenost.

Z bodových průměrů jednotlivých řad, je hypotéza pro první kolo dotazníků potvrzena v řadě u okna a v řadě u dveří, zatímco v druhém dotazníkovém šetření se hypotéza potvrdila ve všech třech řadách. Celkově je i zde hypotéza považována za potvrzenou.



Obrázek 67: Porovnání spokojenosti žáků dle stran se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.8.3 I. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

Na levé části obrázku 68 jsou ve třetí řadě u okna a ve třetí a čtvrté řadě u dveří žáci sedící na levé straně více spokojeni než žáci sedící na pravé straně lavice. Ve druhé řadě u dveří je jediná dvojice, kdy je žák sedící na levé straně více nespokojený než jeho soused.

Na pravé části obrázku 68 jsou pouze dvě dvojice, kdy žák sedící na levé straně je spokojenější než žák sedící na pravé straně lavice. Tito žáci sedí v první a třetí lavici u okna. V ostatních čtyřech lavicích jsou žáci sedící blíž k oknu méně spokojení než žáci sedící dál od okna.

Dle bodového hodnocení spokojenosti je při prvním dotazování vždy spokojenější pravá strana řady než ta levá, proto je hypotéza při prvním dotazování v této třídě nepotvrzena. V druhém dotazování jsou naopak všechny levé strany řady spokojenější než ty pravé, a proto je zde hypotéza na rozdíl od

prvního dotazování potvrzená. Celkově se tedy hypotéza nedá potvrdit a ani vyvrátit.

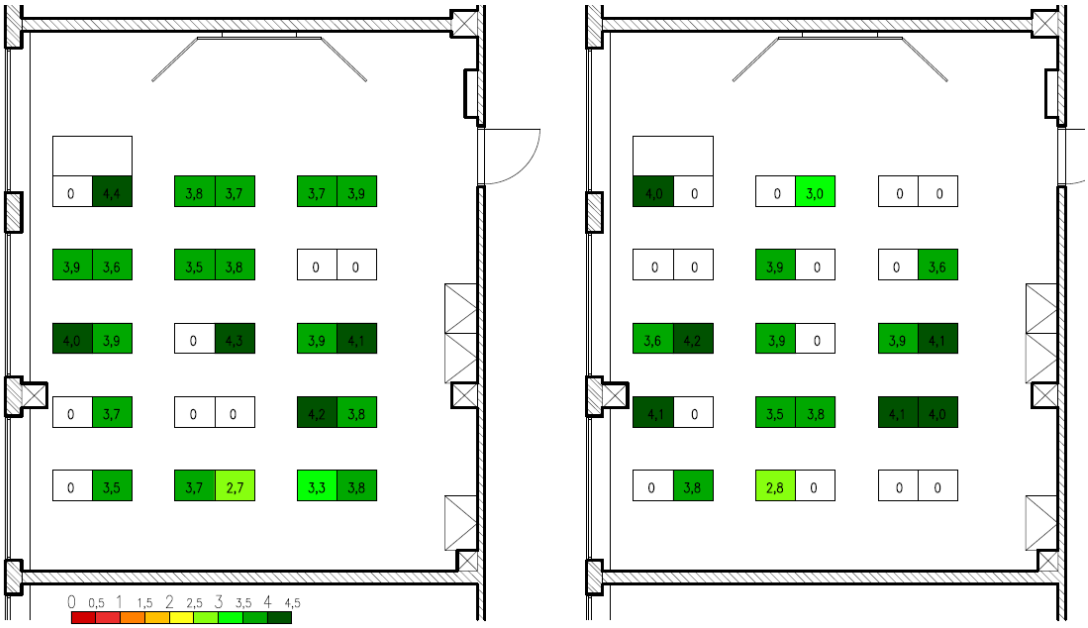
Obrázek 68: Porovnání spokojenosti žáků dle stran se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.8.4 I. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

V prvním dotazníkovém šetření je pět lavic, kdy žáci sedící na straně blíž k oknu jsou více spokojení než žáci sedící v lavici dál od okna. Tito žáci sedí ve druhé a třetí lavici v řadě u okna, v první a poslední lavici uprostřed a ve čtvrté lavici v řadě u dveří. V ostatních čtyřech lavicích jsou naopak více spokojeni žáci, kteří sedí dál od okna. Zbylí žáci sedící v lavici sami jsou vcelku dosti spokojeni a jejich bodové hodnocení neklesá pod 3,5 bodu.

V druhém dotazníkovém šetření je pouze jedna lavice, čtvrtá lavice v řadě u dveří, kde je spokojenějším žákem ten, který sedí blíž k oknu. V dalších třech lavicích je vždy více spokojen ten, co sedí v lavici dál od okna. Zbylých osm žáků sedí samostatně.

Při prvním kole dotazování se hypotéza potvrdila pouze u řady u okna, kde je spokojenější levá strana u okna než strana pravá. V druhém dotazování je pravá strana méně spokojená než levá strana v řadě uprostřed a v řadě u dveří. Hypotéza se tedy celkově v této třídě nepotvrdila.



Obrázek 69: Porovnání spokojenosti žáků dle stran se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.8.5 I. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

Při prvním dotazníkovém šetření jsou dvě lavice, kde jsou žáci blíž k oknu více spokojeni než žáci sedící dál od okna. Těmito lavice je čtvrtá lavice v řadě u okna a druhá lavice v řadě u dveří. Zbylých pět lavic má více spokojené žáky sedící na pravé straně lavice, tedy dál od okna. Zbylí tři žáci sedí samostatně. Již při prvním pohledu je znát, že jsou zde žáci velice spokojeni se světelnými podmínkami, protože šest z nich má hodnocení nad 4,0 a jsou označeni nejtmavším odstínem zelené.

Při druhé dotazníkovém šetření jsou zde tři lavice, kde jsou žáci sedící v lavici dál od okna méně spokojeni. Jedná se o čtvrtou lavici v řadě u okna a u dveří a druhou lavici uprostřed. Ve zbylých čtyřech lavicích jsou žáci sedící v lavici dál od okna více spokojeni než žáci sedící v lavici k oknu blíž. Oproti prvnímu šetření zde ubylo nejvíce spokojených respondentů.

Lze vidět, že hypotéza byla při prvním dotazování potvrzena v řadě u okna a u dveří. Zatímco v druhém dotazování byla potvrzena pouze v řadě u okna. Hypotéza se tedy celkově nedá potvrdit.

Obrázek 70: Porovnání spokojenosti žáků dle stran se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

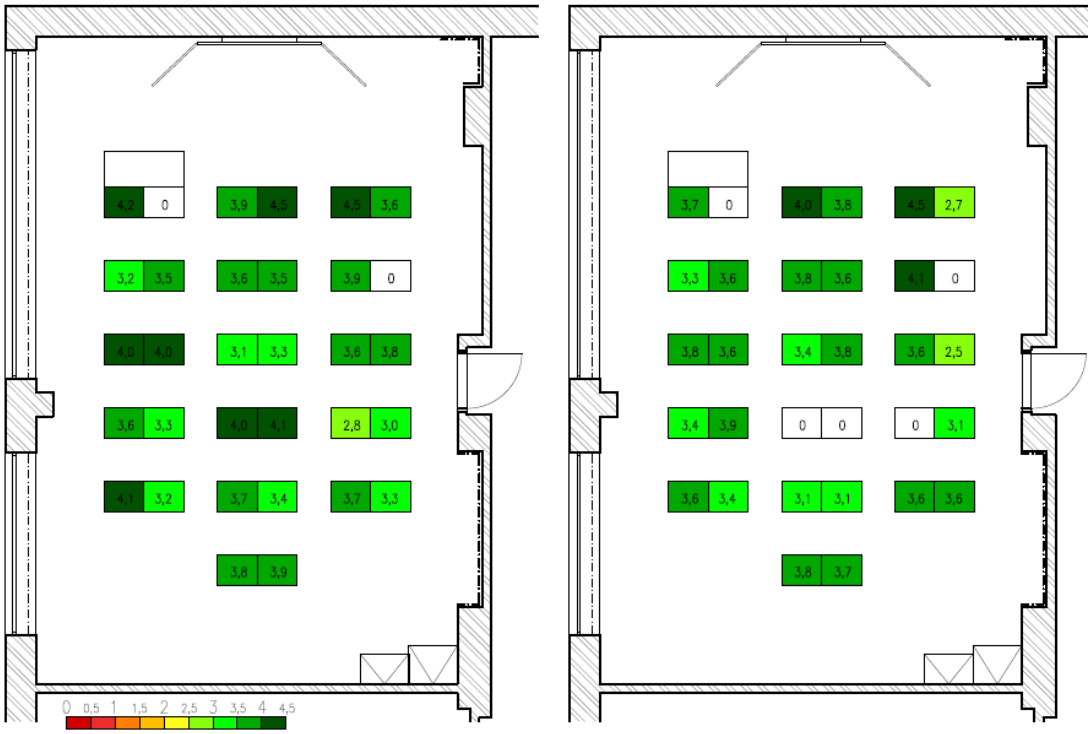
6.8.6 I. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

Na levé straně obrázku 71 je zobrazeno první dotazníkové šetření. Zde je šest lavic, ve kterých jsou žáci sedící dál od okna méně spokojeni než žáci sedící blíž k oknu. Těmito lavicemi jsou čtvrtá a pátá řada u okna, druhá a pátá řada uprostřed a první a pátá řada u dveří. Jedna dvojice sedící ve třetí řadě u okna je spokojená stejně. Zbylých sedm žáků sedících v lavici na pravé straně je méně spokojených než jejich soused, který sedí na pravé straně. Dva žáci sedí samostatně.

Na prvé straně obrázku 71, kde je zobrazeno druhé dotazníkové měření, je sedm dvojic, kde je žák sedící na levé straně lavice, tedy blíž k oknu, více spokojený než jeho soused. Těmito lavicemi jsou třetí a pátá lavice u okna, první, druhá a šestá lavice uprostřed a první a třetí lavice v řadě u dveří. Ve dvou lavicích sedí žáci, kteří jsou stejně spokojení a ve třech zbylých jsou žáci sedící na pravé straně lavice více spokojeni. Zde sedí tři žáci samostatně.

Hypotéza byla při prvním dotazování potvrzena ve všech třech řadách. Zatímco při druhém dotazování je hypotéza potvrzena pouze v prostřední řadě

a v řadě u dveří. V řadě u okna je hypotéza nepotvrzená. Celkově lze tedy shrnout, že hypotéza je celkově pro tuto třídu potvrzená.



Obrázek 71: Porovnání spokojenosti žáků dle stran se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.9 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro II. hypotézu

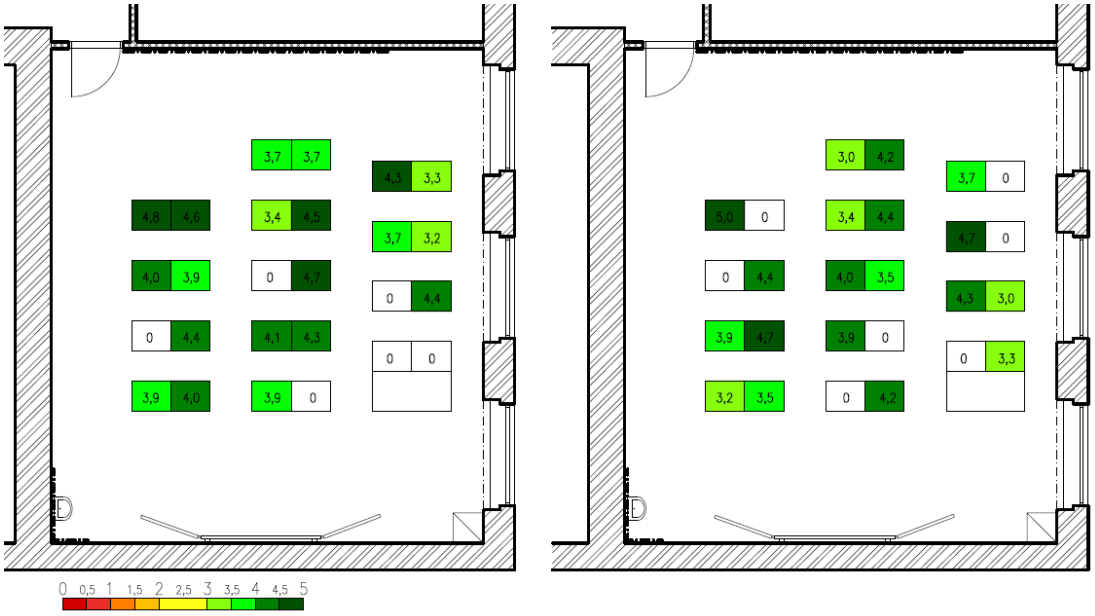
Druhá hypotéza zní: *„Žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny“.* Otázky této hypotézy se zabývají tím, zda mají žáci sedící v prostřední řadě lepší zrakové podmínky než ostatní žáci. Žáci sedící uprostřed by tedy neměli být oslňování a zároveň by měl dopadat dostatek slunečních paprsků na jejich lavici tak, aby měli vhodně zrakové podmínky. Čím sytější odstín zelené, tím jsou žáci sedící v dané lavici spokojeni se zrakovými podmínkami. Žlutá barva lavice značí, že jsou žáci se zrakovými podmínkami spokojeni pouze občas, buď mohou být oslňování, či naopak mohou mít nedostatek světla. Pokud by byla lavice zbarvená do odstínů červené, značilo by to značnou zrakovou nespokojenost žáka. Hypotéza bude potvrzena, pokud prostřední řada získá největší bodový průměr ze všech tří řad. Pokud získá méně bodů než kterákoliv jiná řada, hypotéza potvrzena nebude.

6.9.1 II. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

Na obrázku 72 na levé straně je vyjádřená bodová spokojenost jednotlivých žáků v 6.A při prvním dotazníkovém šetření a na pravé straně je bodová spokojenost žáků při druhém dotazníkovém šetření. Při prvním dotazníkovém šetření získala řada u okna v průměru 3,76 bodů, řada uprostřed 4,08 bodů a řadu u dveří 4,22 bodů. Z toho bodového průměru vyplývá, že nejvíce spokojená řada je řada u dveří, méně spokojená je prostřední řada a nejméně spokojenou je řada u okna.

Při druhém dotazníkovém šetření má řada u okna 3,80 bodů, řada uprostřed 3,82 bodů a řada u okna 4,11 bodů. Z toho tedy vyplývá, že se žákům jeví světelné podmínky ve třídě obdobné jako při prvním šetření. Pořadí spokojenosti se tedy v 6.A nezměnilo.

Tato učebna byla vybráno jako více osvětlená. S tím může souviset i skutečnost, že žáci sedící v řadě nejblíže u okna mohou být oslňováni, a proto nejsou s množstvím světla spokojeni, a naopak žáci sedící nejdál od oken mají i tak dostatečné množství světla, a proto jsou nejvíce spokojeni. Z tohoto hodnocení vyplývá, že se hypotéza v druhém dotazníkovém šetření nepotvrdila stejně jako při prvním dotazníkovém šetření.



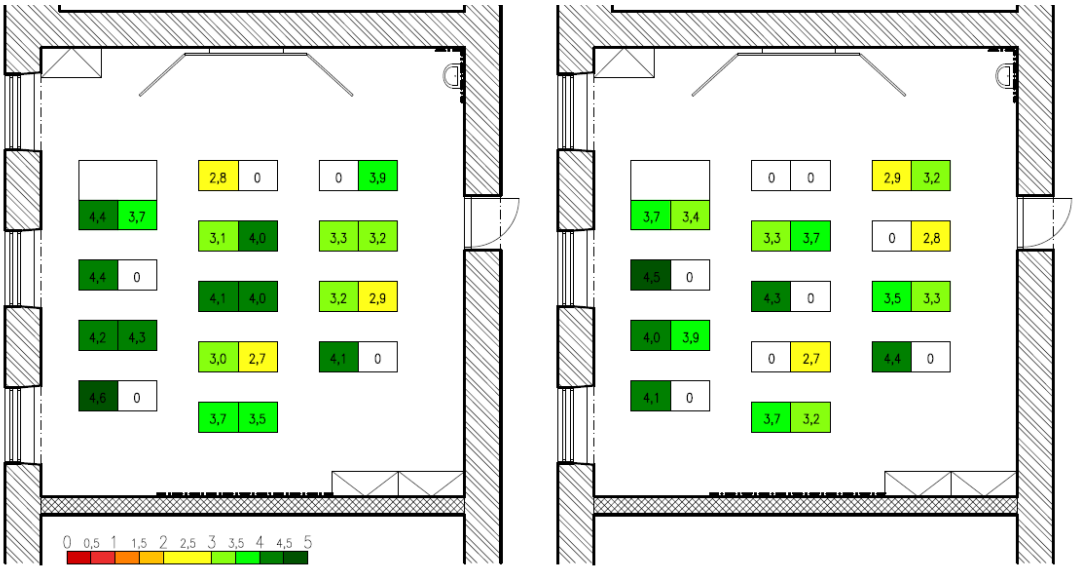
Obrázek 72: Porovnání spokojenosti žáků dle řad se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.9.2 II. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

Již při prvním pohledu je vidět, že při prvním dotazníkovém šetření, tedy na levé straně obrázku 73, se objevuje více tmavých odstínů zelené než při druhém dotazníkovém šetření. Při druhém dotazníkovém šetření se naopak více vyskytují světlejší odstíny zelené. Z toho tedy vyplývá, že žáci hodnotí světelné podmínky podle řad hůř než při prvním dotazování.

Při podrobnějším zkoumání dle řad jsme získali jejich jednotlivé bodové ohodnocení, kdy řada u okna získala 4,26 bodů a řada u dveří a řada uprostřed získala stejný počet bodů, tedy 3,43. Nejvíce spokojení jsou žáci sedící v řadě u okna. To je přisuzováno tomu, že učebna byla vybrána jako ta, která bude více stíněná a žáci mají u okna lepší světelné podmínky. Při druhém dotazování získala řada u okna 3,93 bodů, řada uprostřed 3,48 bodů a řada u dveří 3,35 bodů. Pořadí se tedy během dotazování nezměnilo.

Vzhledem k výsledkům se hypotéza pojednávající o tom, že žáci sedící v prostředních řadách jsou více spokojeni, než žáci sedící v krajních řadách nepotvrdila v prvním ani ve druhém dotazníkovém šetření.



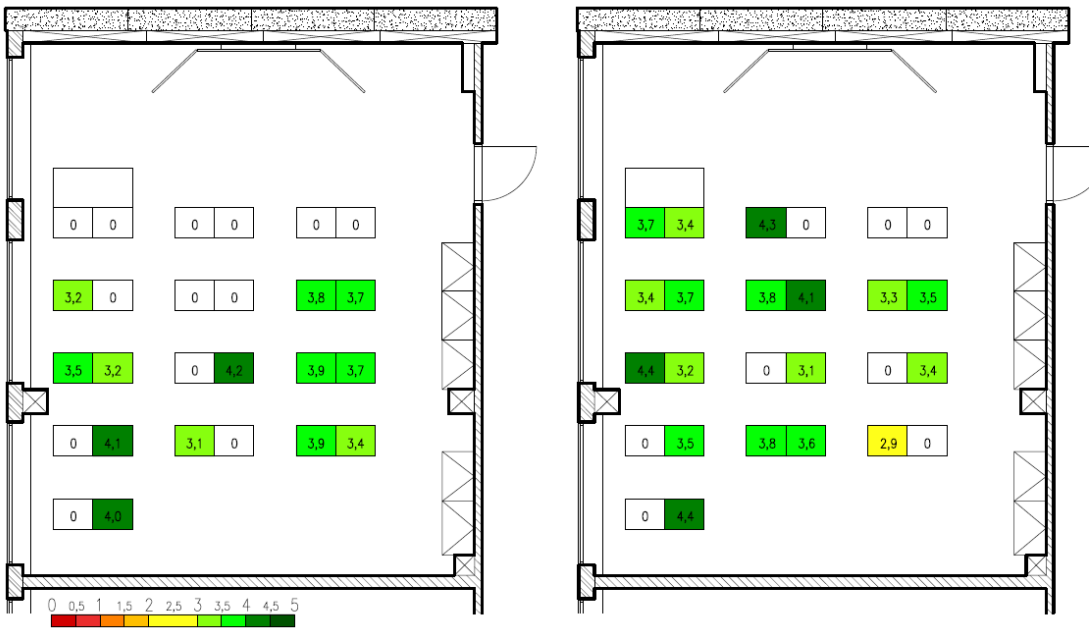
Obrázek 73: Porovnání spokojenosti žáků dle řad se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.9.3 II. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

Při prvním dotazníkovém šetření získala řada u oken 3,86 bodů, prostřední řada získala 3,10 bodů a řada u dveří 3,74 bodů. Nejvíce spokojenou řadou je tedy řada u oken, poté řada u dveří a nejméně spokojenou je prostřední řada.

Při druhém dotazníkovém šetření získala řada u oken 4,10 bodů, prostřední řada má 3,82 bodů a řada u dveří 3,35 bodů. Nejvíce spokojenou řadou v druhém dotazování je opět řada u okna, poté řada uprostřed a na posledním místě je řada u dveří. Oproti prvnímu dotazování jsou zde žáci po uplynutí doby mezi dotazováním více spokojeni.

Vzhledem k tomu, že tato učebna byla vybrána jako ta, která bude mít horší zrakové podmínky, protože je v prvním nadzemním podlaží přímo u spojovacího krčku, který jí stíní, dalo se předpokládat, že žáci budou v řadách u oken více spokojeni. Přes to všechno zde hypotéza potvrzena nebyla ani v prvním, ani ve druhém dotazování.



Obrázek 74: Porovnání spokojenosti žáků dle řad se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

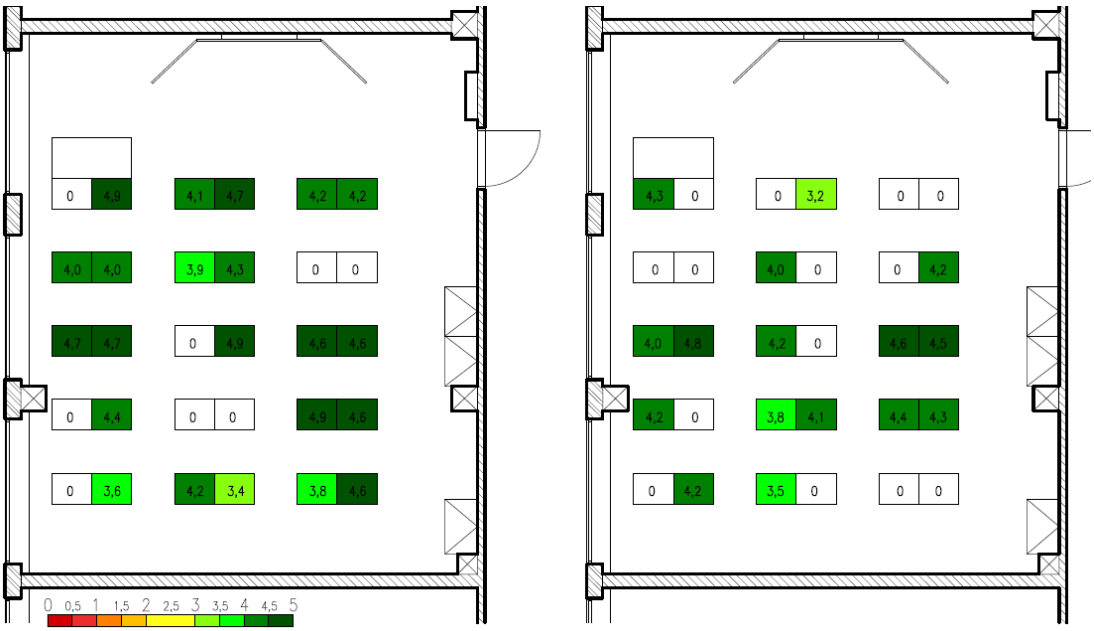
6.9.4 II. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

Již při prvním pohledu a porovnání pravé a levé strany obrázku X, tedy prvního a druhého dotazníkového šetření, je zde vidět, že poprvé zde žáci hodnotili třídu mnohem kladněji než při druhém hodnocení. Obrázek z prvního dotazování je mnohem více zabarven tmavými odstíny zelené.

Při zhodnocení bodového průměru jednotlivých řad jsme získali pořadí, kdy nejlépe hodnocenou řadou prvního dotazníkového šetření je řada u dveří s 4,51 body, další je řada u okna s 4,23 body a poslední je prostřední řada s 4,07 body. Při bodovém hodnocení z druhého dotazníkového šetření se na prvním

místě umístila opět řada u dveří s 4,45 body, poté řada u okna s 4,13 a poslední je opět řada uprostřed s 3,86. Pořadí se tedy v 9.A nezměnilo.

Tato učebna byla na rozdíl od učebny 8.B na 5. ZŠ vybrána jako učebna, která je více osvětlená. Tomu odpovídá i bodové hodnocení žáků, kdy řada u dveří získala nejvíce bodů. Dá se tedy předpokládat, že žáci v této řadě nejsou oslňování a zároveň mají i dostatek světla. Hypotéza se však ani u této učebny neprokázala jako potvrzená jak v prvním, tak v druhém dotazníkovém šetření.



Obrázek 75: Porovnání spokojenosti žáků dle řad se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

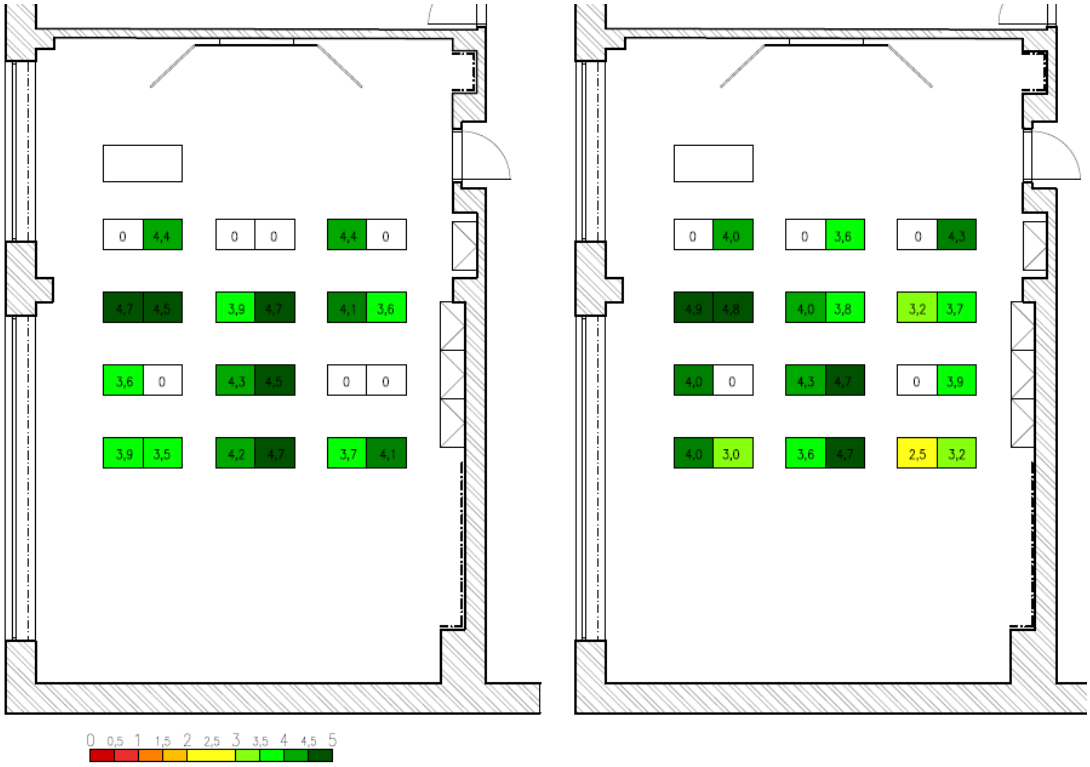
6.9.5 II. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

Stejně jako v učebně 9.A na 5. ZŠ, tak i zde je znatelné, že při prvním dotazníkovém šetření měla učebna lepší průměrné bodové ohodnocení než při druhém dotazníkovém šetření.

Při prvním dotazníkovém šetření získala řada u okna 3,66 bodů, prostřední řada 4,36 bodů a řada u dveří 4,07 bodů. Nejlépe hodnocenou řadou je prostřední řada, poté řada u dveří a nejhůře hodnocenou řadou je řada u okna. Při druhém dotazníkovém šetření získala největší počet bodů prostřední řada s 4,00 body, poté se umístila řada u okna s 3,86 body a nejhůře hodnocenou je řada u dveří s 3,42 body.

Této učebně stíní okolní zástavba, a i samotná administrativní část 6. ZŠ, a proto byla tato učebna vybrána jako ta s horšími světelnými podmínkami. Při

celkovém zhodnocení se tedy hypotéza potvrdila při prvním u druhém dotazníkovém šetření, kdy žáci sedící uprostřed mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích.



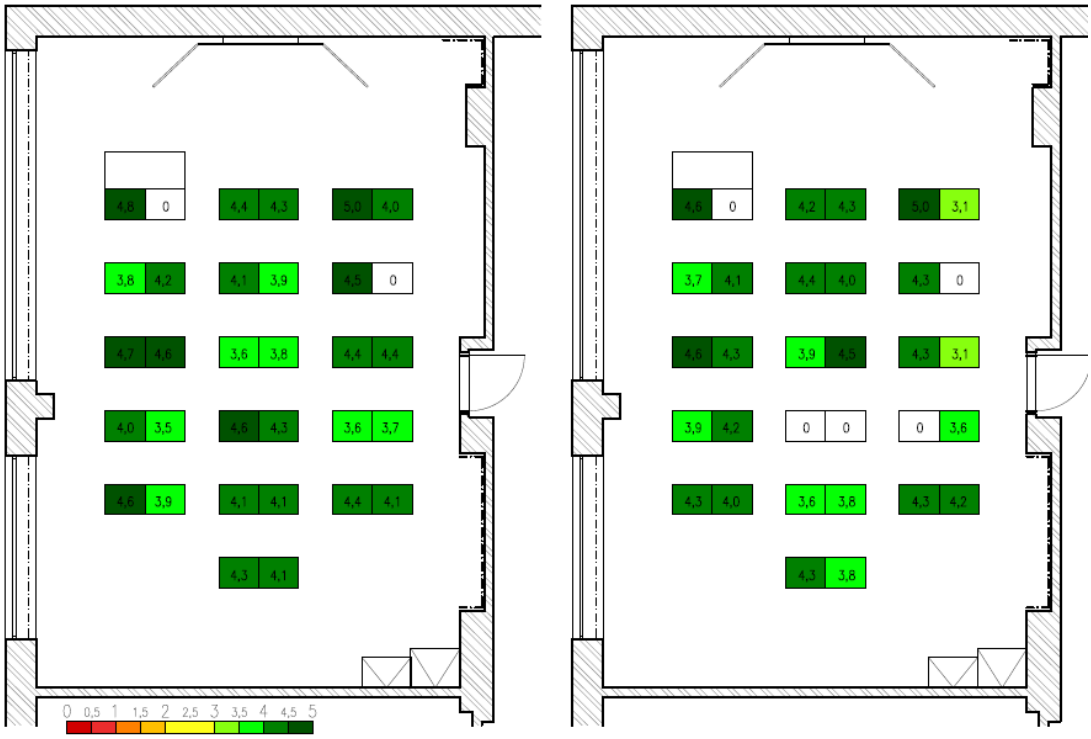
Obrázek 76: Porovnání spokojenosti žáků dle řad se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.9.6 II. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

Při pohledu na výsledky bodového hodnocení při prvním a druhém dotazníkovém šetření zde není vidět velký rozdíl. Žáci učebnu hodnotili velice kladně.

Při prvním dotazníkovém šetření získala řada u okna 4,16 bodů, prostřední řada 4,02 bodů a řada u dveří získala 4,11 bodů. Nejlépe hodnocenou řadou je tedy řada u okna, poté řada u dveří a poslední a nejhůře hodnocenou řadou je řada uprostřed. Při druhém dotazníkovém šetření získala řada u okna 4,06 bod, prostřední řada 3,93 bodů a řada u dveří získala 4,14 bodů. Nejlépe hodnocenou řadou je řada u dveří, poté řada u okna a poslední je prostřední řada.

Výsledky se v průběhu času o moc nezměnili a jak v prvním, tak i ve druhém dotazníkovém šetření se hypotéza pojednávající o tom, že žáci sedící uprostřed mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící v krajních řadách, nepotvrdila.



Obrázek 77: Porovnání spokojenosti žáků dle řad se světelnými podmínkami pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.10 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro III. hypotézu

Třetí hypotéza zní: *„Žáci jsou přesvědčení o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost“.* Otázky III. hypotézy jsou soustředěny na to, zda si žáci myslí, že na jejich výkonnost má vliv denní osvětlení. V lavicích, které jsou podbarvené odstíny zelené barvy, jsou žáci spíše přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení. Pokud lavice zbarveny žlutou barvou, žáci nejsou schopni s určitostí říct, jaký na ně má denní osvětlení vliv. Pokud jsou byla lavice podbarvena odstíny červené barvy, žáci by nesouhlasili s pozitivním vlivem denního osvětlení na jejich výkonnost. Pokud celkový bodový průměr pro dotazování bude vyšší jak nadpoloviční většina, bude hypotéza potvrzena a naopak.

6.10.1 III. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

Pokud si prohlídneme obrázek 78, který porovnává výsledky prvního a druhého dotazování ve třídě 6.A, neuvidíme zde výrazné rozdíly. Při spočítání celkového průměru zjistíme, že průměr hodnocení prvního dotazování je 2,65 a průměr druhého dotazování je 2,64. Je zde tedy rozdíl 0,01 bodu. Při celkovém zhodnocení celkového průměru mají obě třídy více jak polovinu bodů a při bodovém zatřízení do barevné škály jsou stále v zelené oblasti. Hypotéza pojednávající o tom, že jsou žáci přesvědčení o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost je v 6.A potvrzena v prvním i ve druhém dotazníkovém šetření.

Obrázek 78: Porovnání přesvědčení žáků o pozitivním vlivu denního osvětlení pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.10.2 III. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

Pokud si prohlédneme obrázek 79, uvidíme, že při druhém dotazníkovém šetření jsou žáci méně spokojeni a v barevném hodnocení více převládá žlutá barva, zatímco v prvním dotazníkovém šetření převládá barva zelená. Při zprůměrování všech odpovědí pro dané měření jsme získali průměr 2,42 pro první dotazování a 2,28 pro druhé dotazování. Z toho tedy vyplývá, že žáci se v průběhu času začali stavět kritičtěji k hodnocení své třídy, ovšem stále si v prvním i druhém dotazníkovém šetření myslí, že kvalitní denní osvětlení má

pozitivní vliv na jejich výkonnost. Proto se hypotéza v 9.A potvrdila pro první i druhé dotazování.

Obrázek 79: Porovnání přesvědčení žáků o pozitivním vlivu denního osvětlení pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.10.3 III. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

V 8.B při druhém měření výrazně vzrostl počet respondentů a přibylo i více spokojených žáků. Při prvním dotazníkovém šetření získala třída 2,32 bodů v průměru a při druhém dotazníkovém šetření získala 2,41 bodů v průměru. Žáci tedy třídu v průběhu času hodnotili pozitivněji, ale i přesto získala třída v průměru více jak polovinu z maximální počtu bodů. Respondenti se tedy přiklání k hypotéze jak v prvním, tak i ve druhém dotazování, že kvalitní denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich výkonnost.

Obrázek 80: Porovnání přesvědčení žáků o pozitivním vlivu denního osvětlení pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.10.4 III. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

Jak je vidět na obrázku 81, tak při druhém dotazování bylo méně respondentů, ti však hodnotili třídu kladněji než při prvním hodnocení. Při prvním hodnocení získala třída 2,54 bodů v průměru a při druhém hodnocení získala třída 2,67 bodů v průměru, tedy o 0,13 bodů více. Celkově tedy třída získala nadpoloviční většinu bodů a žáci tak kvalitu denního osvětlení ve třídě hodnotili převážně kladně. Díky tomuto hodnocení se hypotéza potvrdila jak v prvním, tak i ve druhém kole dotazníků.

Obrázek 81: Porovnání přesvědčení žáků o pozitivním vlivu denního osvětlení pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

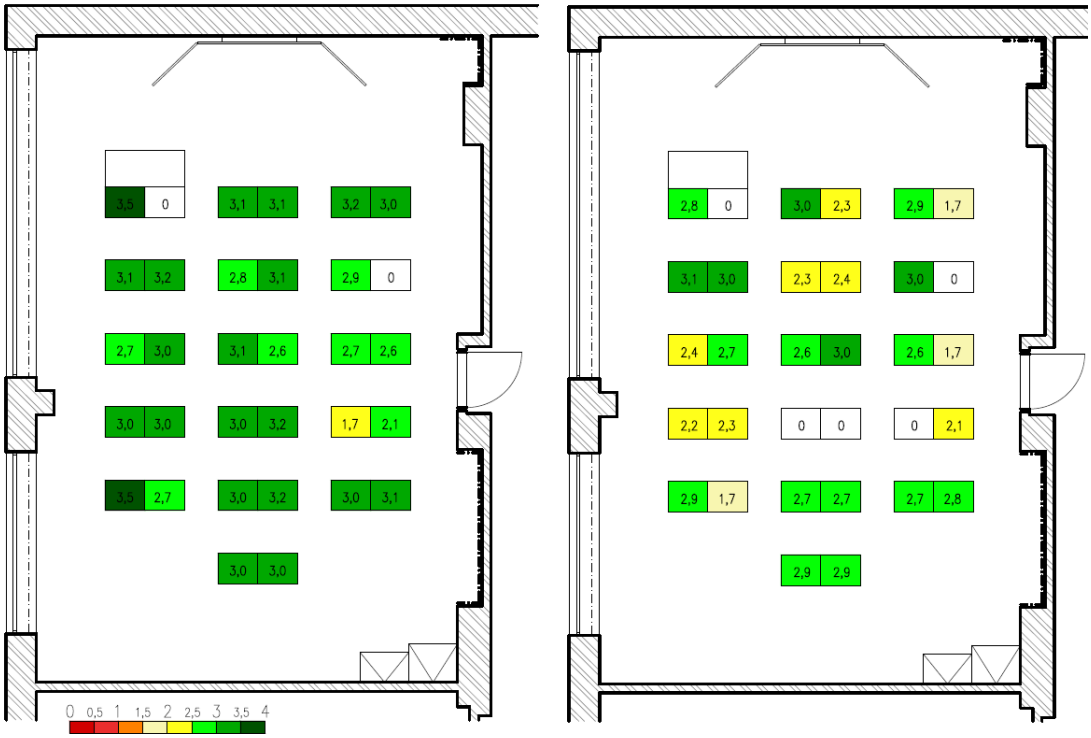
6.10.5 III. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

Jak je vidět na obrázku 82, tak při prvním u druhém dotazování je třída velmi dobře hodnocena. Pouze u druhého dotazování je pár žáků méně spokojených a jejich lavice jsou tak vybarveny žlutou barvou, ale ani tak nemají méně jak polovinu z celkového počtu bodů. Při celkovém součtu získala 7.A při prvním dotazování 2,67 bodů v průměru a při druhém dotazování 2,65 bodů v průměru, což je pouze o 0,02 bodů méně. Třída tak získala vysoký počet bodů, díky kterému se III. hypotéza potvrdila jak v prvním, tak i ve druhém dotazování.

Obrázek 82: Porovnání přesvědčení žáků o pozitivním vlivu denního osvětlení pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.10.6 III. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

Již při prvním pohledu na obrázek 83 je vidět, že při hodnocení spokojenosti žáků s denním osvětlením ve třídě se třída 8.A při druhém dotazování výrazně propadla. V prvním dotazování byli žáci velice spokojeni. Objevují se zde až na jedinou výjimku zelené lavice, zatímco v druhém dotazování je zde výrazná převaha žlutých lavic. Při prvním dotazování získala třída 2,94 bodů v průměru a při druhém dotazování 2,57 bodů v průměru. Bodový rozdíl mezi jednotlivými koly dotazníků činí 0,37 bodů. Avšak i přes výrazný pokles bodů se třída v prvním i druhém kole dotazníku shodla, že kvalitní denní osvětlení má kladný vliv na jejich výkonnost a tím je tedy hypotéza v prvním i druhém kole dotazování ve třídě 8.A potvrzena.



Obrázek 83: Porovnání přesvědčení žáků o pozitivním vlivu denního osvětlení pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

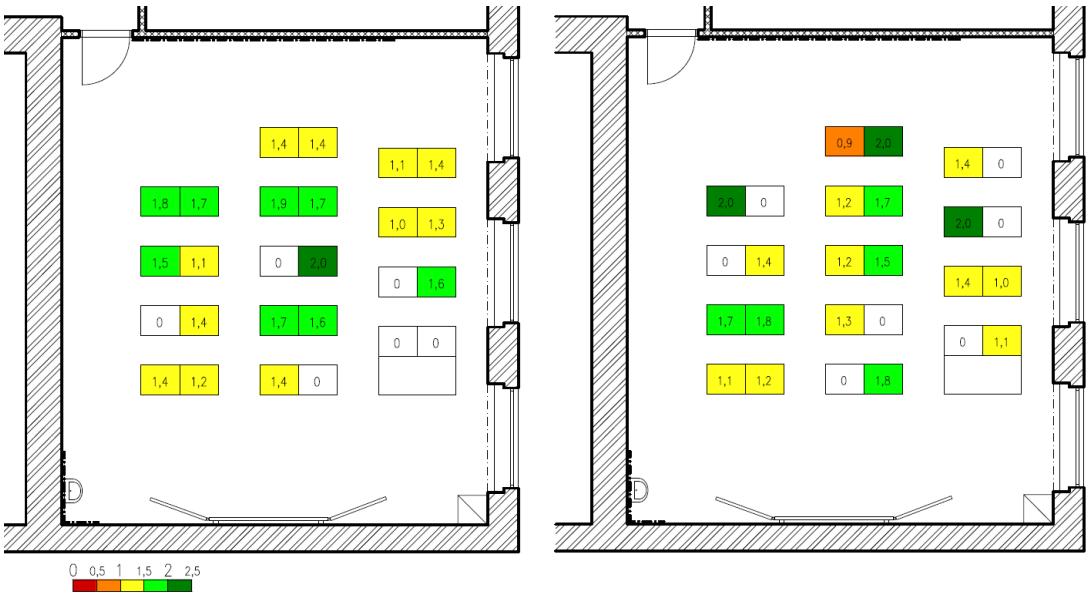
6.11 Porovnání výsledků 1. a 2. dotazníkového šetření pro IV. hypotézu

Čtvrtá hypotéza zní: *„Oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků“*. Otázky této hypotézy se zabývají tím, zda má na žáky vliv oslnění a zda snižuje jejich soustředěnost. Čím méně bodů má žák na své lavici, tím více je oslňován slunečními paprsky a tím více je i nespokojen. Pokud jsou naopak lavice zbarveny zelenou barvou, žáci jsou se stavem denního osvětlení více spokojeni. Pokud bude celkový bodový průměr pro dané kolo měření menší, než je poloviční většina bodů, hypotéza bude potvrzena. Pokud tomu bude obráceně a třída získá nadpoloviční počet bodů, hypotéza nebude potvrzena.

6.11.1 IV. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

Jak je vidět na levé části obrázku 84, tedy při prvním dotazování, většina žáků má méně než 1,5 bodů a jejich lavice jsou podbarveny žlutou barvou. Tito žáci jsou tedy poměrně nespokojeni a dost oslňováni slunečními paprsky.

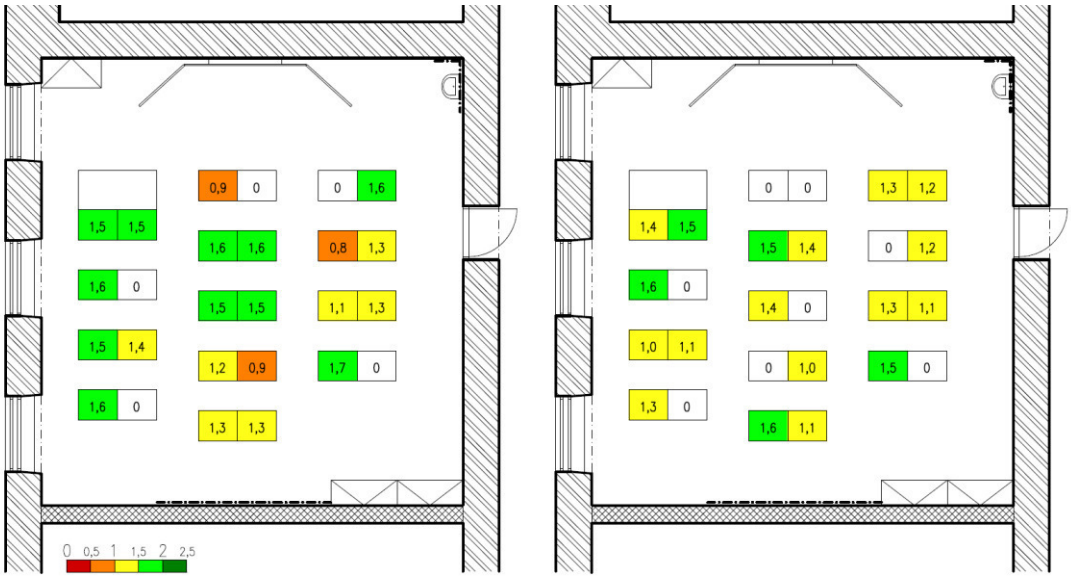
Naopak při druhém dotazování se zvýšilo množství lavic s tmavým podbarvením. Tito žáci tedy nemají problémy s oslňováním. Při průměrném bodovém hodnocení třídy pro jednotlivá kola dotazování získala třída pro první dotazování 1,48 bodů a pro druhé dotazování 1,45 bodů. Pokud budeme třídu vyhodnocovat celkově v závislosti na průměrném počtu bodů, tak zde hypotéza není potvrzena pro první a ani druhé kolo dotazníků.



Obrázek 84: Porovnání přesvědčení žáků o vlivu oslnění pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.11.2 IV. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

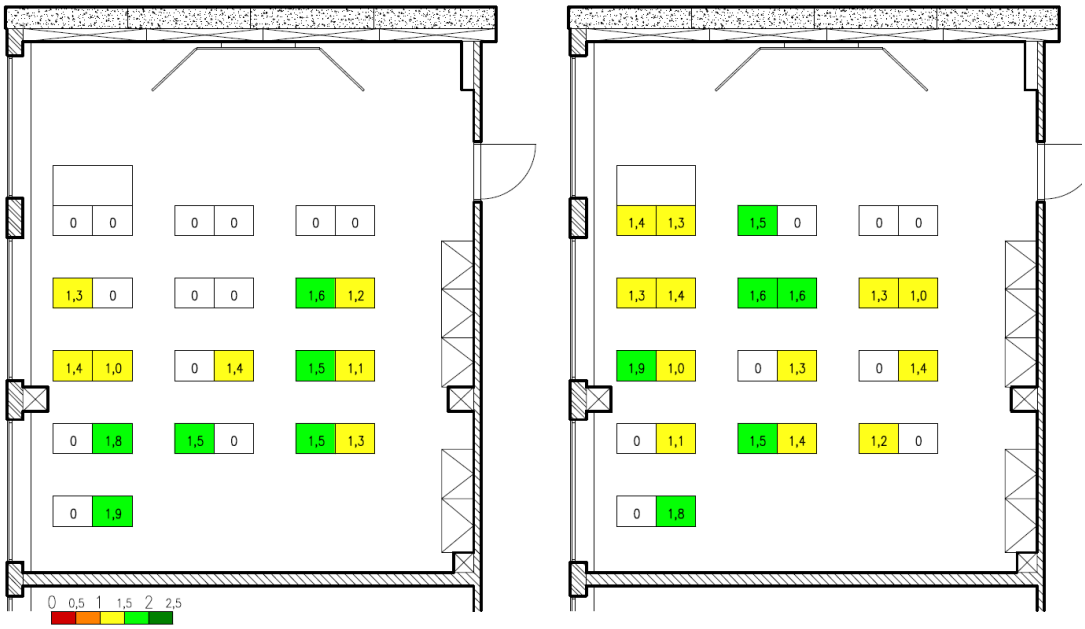
Při prvním dotazování, obrázek 85 levá část, se zde objevují i oranžová pole, tedy žáci, kteří jsou s denním osvětlením a oslňováním ve třídě více nespokojeni. Tito žáci sedí spíš v prostřední lavici a v lavici u dveří. Dále jsou zde žáci, kteří jsou spíše spokojeni, ti sedí spíše v lavicích u oken a v prostřední řadě. Bodový průměr za třídu pro první kolo dotazníků je 1,36 bodů. Při druhém dotazování je zde valná většina žáků, kteří jsou někdy spokojeni a někdy nespokojeni se světelnými podmínkami panujícími v učebně. Bodový průměr pro druhé kolo dotazníků je o malinko nižší a to 1,30 bodů. V obou kolech dotazování získala třída nadpoloviční množství bodů, a tak se tedy hypotéza považuje za nepotvrzenou. Žáci jsou zde spokojeni a oslnění nemá na jejich výkonnost vliv.



Obrázek 85: Porovnání přesvědčení žáků o vlivu oslnění pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.11.3 IV. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

V prvním kole dotazníků je polovina žáků spíše spokojena se světelnými podmínkami a spíše nejsou ani oslňování, zatímco druhá polovina žáků je spokojena pouze občas a občas se jim i stane, že jsou oslněni slunečními paprsky. Při prvním kole dotazníků v získali žáci v průměru 1,42 bodů a při druhém kole 1,38 bodů. Spokojenost v průběhu času tedy klesla o 0,04 bodů. Žáci jsou v 8.B spíše spokojeni, proto se zde hypotéza o tom, že vlivem oslnění je snížená výkonnost a pracovní schopnost žáků nepotvrdila.



Obrázek 86: Porovnání přesvědčení žáků o vlivu oslnění pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.11.4 IV. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

Žáci při prvním dotazování odpovídali na otázky a získali tak body v rozsahu 1,1 až 2,1, jsou tedy spíše spokojeni s denním osvětlením v učebně a spíše nejsou oslňováni. Bodový průměr pro první kolo je 1,62. Při druhém dotazování byl bodový rozsah podobný prvnímu dotazování a to 1,1 až 2,2, tedy podobně, jako při prvním dotazování. Bodový průměr pro druhé kolo je 1,56, tedy o 0,06 méně, než získalo první kolo. Celkově jsou však žáci spíše spokojeni, a proto se hypotéza nepotvrzuje pro první ani pro druhé dotazování.

Obrázek 87: Porovnání přesvědčení žáků o vlivu oslnění pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.11.5 IV. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

Při porovnání prvního kola dotazníků a druhého kola dotazníků dle obrázku 88 je jasně vidět, že žáci učebnu hodnotili lépe při prvním kole. V prvním kole více převládají zeleně podbarvené lavice, zatímco v druhém kole více převládá žluté podbarvení. Při prvním kole žáci v průměru získali 1,64 a v druhém kole 1,48. Bodový rozdíl mezi jednotlivými koly dotazování je 0,16 bodů, tedy poměrně vysoký rozdíl. Avšak žáci byli celkově spíše spokojeni, a proto se hypotéza pojednávající o tom, že vlivem oslnění dochází ke snížení výkonnosti žáků, nepotvrdila.

Obrázek 88: Porovnání přesvědčení žáků o vlivu oslnění pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

6.11.6 IV. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

Na otázky týkající se oslnění a zda oslnění snižuje jejich výkonnost odpověděli všichni žáci kromě jednoho kladně a jejich lavice jsou tedy podbarveny světlým a tmavším odstínem zelené. Pouze jeden zmíněný žák má lavici podbarvenou žlutou barvou. Tento žák není s kvalitou denního osvětlení ve třídě dostatečně spokojen. Bodový průměr žáků za první kolo dotazníků činí 1,98 bodů. Při druhém kole dotazování jsou zde tmavě i světle zeleně podbarvené lavice, ale objevilo se zde více nespokojených žáků. Celkový bodový průměr za druhé kolo dotazování je 1,86 bodů. Celkově je tato třída hodnocena nejlépe a žáci jsou v ní velice spokojeni. Proto je hypotéza o snížení výkonnosti žáků vlivem oslnění v této třídě určitě nepotvrzena.

Obrázek 89: Porovnání přesvědčení žáků o vlivu oslnění pro 1. a 2. dotazníkové šetření (červená – spíše nespokojeni; zelená – spíše spokojeni)

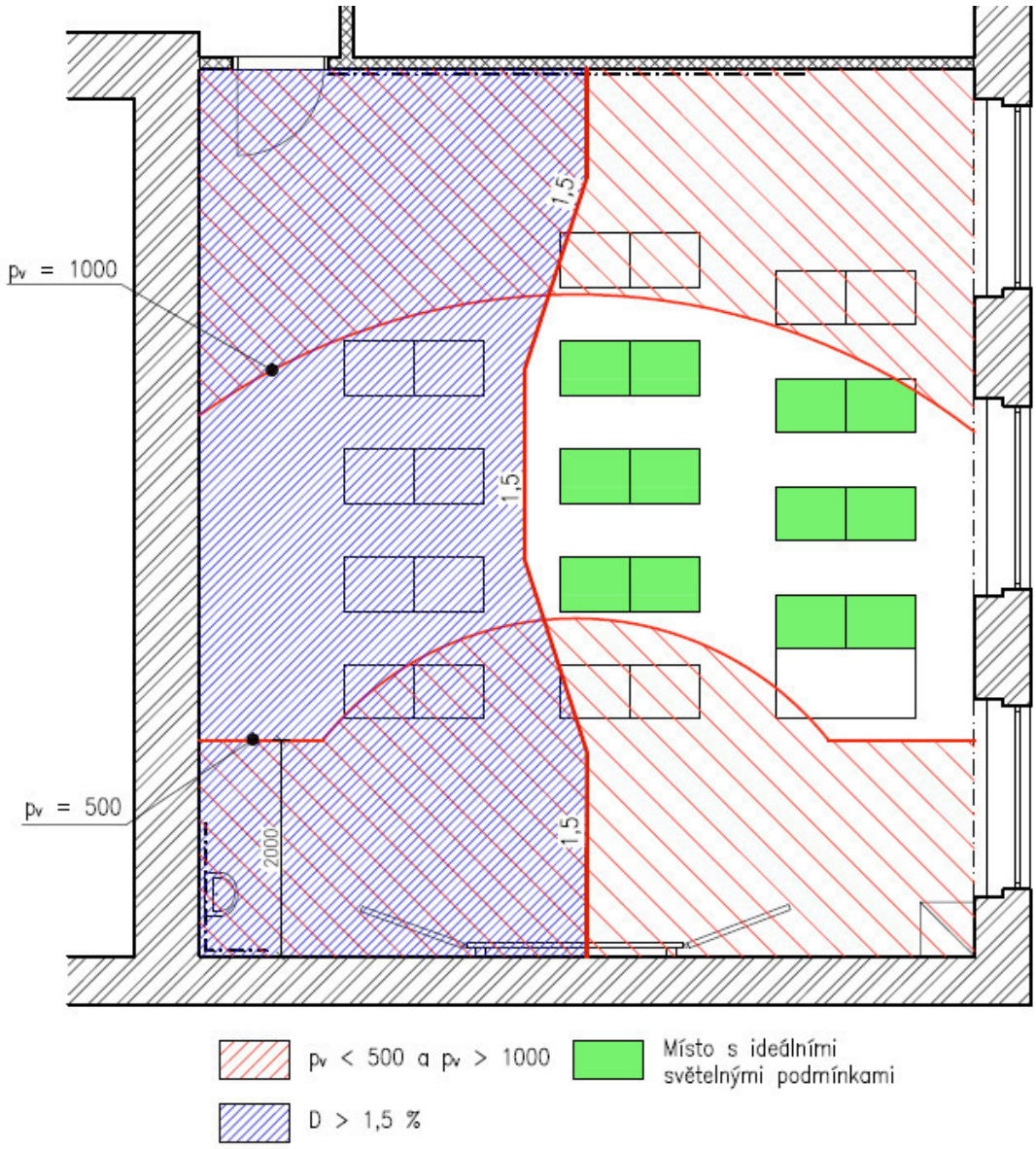
7. Vyhodnocení

Závěrečné vyhodnocení obsahuje vždy dvě části, kdy v první části jsou ukázané výsledky založené na změřených a vypočtených hodnotách mezi které patří činitel denní osvětlenosti, poměrná pozorovací vzdálenost a rovnoměrnost denního osvětlení. Druhá část obsahuje výsledky z dotazníkového šetření, kde se projevuje subjektivní hodnocení místa, na kterém žák sedí. Celá druhá část je rozdělena dle hypotéz na první a druhé kolo dotazníků, a to z toho důvodu, aby i zde byla vidět proměnlivost názorů měnících se v čase.

7.1 Vyhodnocení 6.A na 1. ZŠ

Na obrázku 90 je červenou šrafou zobrazená nevyhovující poměrová vzdálenost. Menší poměrovou vzdálenost než je požadavek, $p_v < 500$, má celá první řada a větší poměrovou vzdálenost než je požadavek, $p_v > 1000$, má čtvrtá lavice v řadě u okna a pátá lavice v prostřední řadě. Činitel denní osvětlenosti je

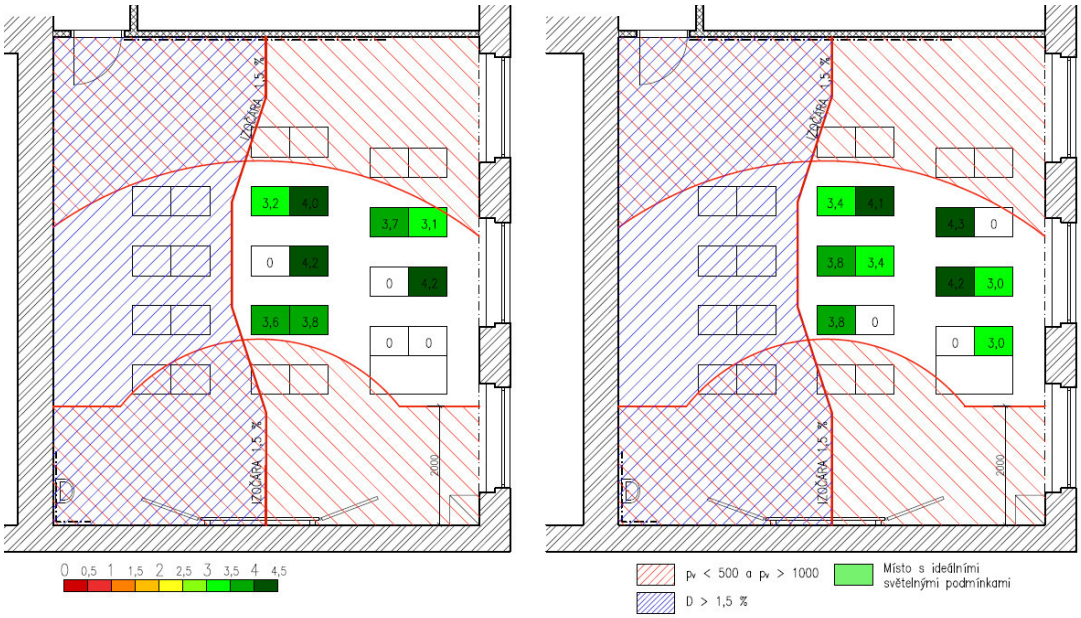
menší než požadovaná hodnota, D_{min} = 1,5 %, pro celou řadu u dveří. Ve třídě je celkem 12 míst s vyhovujícími podmínkami denního osvětlení.



Obrázek 90: Místo s ideálními světelnými podmínkami v učebně 9.A při početním hodnocení

7.1.1 I. hypotéza 6.A na 1. ZŠ

„I. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu. „



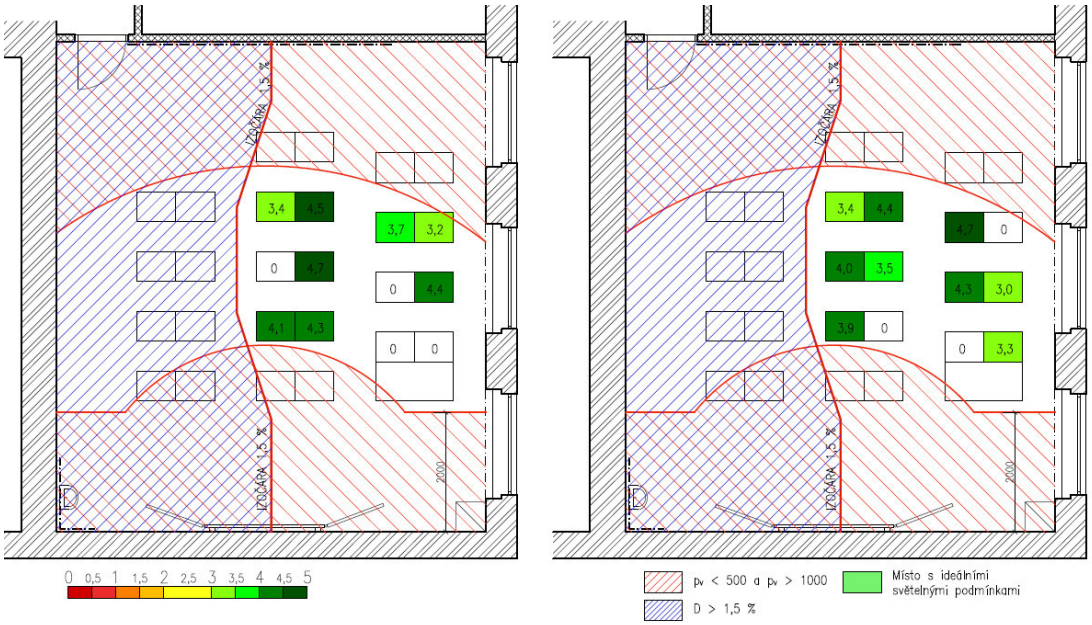
Obrázek 91: *Porovnání výsledků I. hypotézy v 6.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním dotazování se hypotéza potvrdila u druhé a čtvrté lavice v řadě uprostřed, kde jsou žáci sedící blíž k oknu spokojenější než žáci sedící v lavici dál od okna. V ostatních případech se hypotéza nepotvrdila. Celkově jsou tu však žáci spokojeni s podmínkami denního osvětlení.

Při druhém dotazování se hypotéza potvrdila pouze u čtvrté lavice v prostřední řadě. V ostatních lavicích je žák sedící blíž k oknu méně spokojený než jeho soused v lavici. I při druhém dotazování jsou žáci se světelnými podmínkami spokojeni.

7.1.2 II. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

„II. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny. „



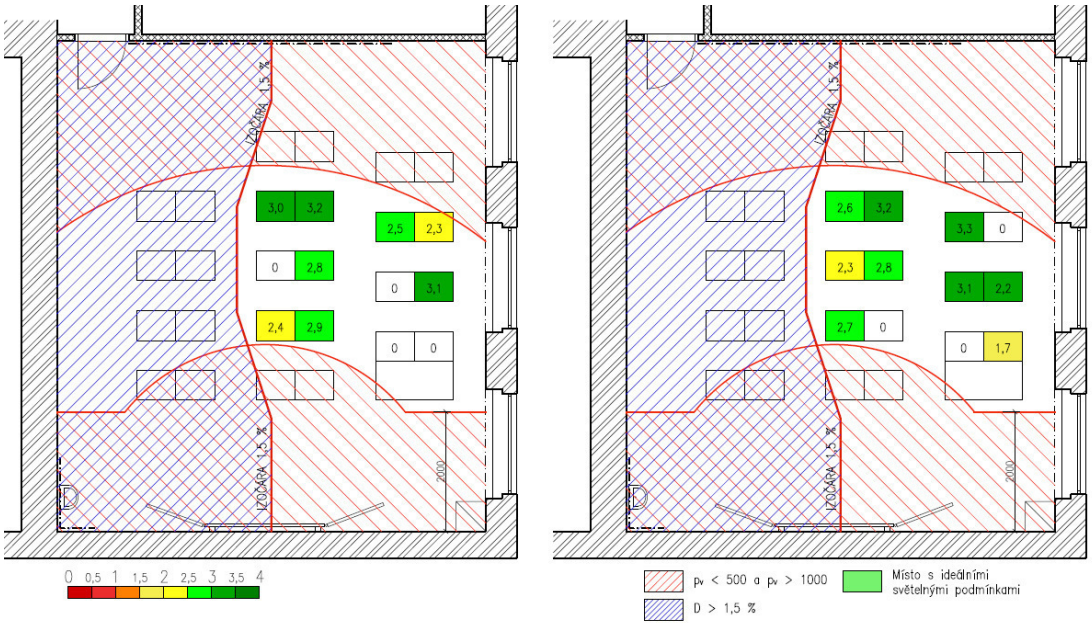
Obrázek 92: *Porovnání výsledků II. hypotézy v 6.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním dotazování se hypotéza pro místa s ideálními světelnými podmínkami potvrdila, protože jsou zde žáci sedící v prostřední řadě více spokojeni než jejich spolužáci sedící v řadě u okna. Minimální počet bodů v II. hypotéza je 3,2 a maximální je 4,7 bodů.

I při druhém dotazování se hypotéza pro vybraná místa potvrdila, a i zde je prostřední řada více spokojená než řada krajní. Minimální počet bodů je 3,0 a maximální počet je 4,7 bodů.

7.1.3 III. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

„III. hypotéza se zabývá faktem, že žáci jsou přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. „



Obrázek 93: *Porovnání výsledků III. hypotézy v 6.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním dotazování se hypotéza u všech žáků s ideálními světelnými podmínkami potvrdila. Žáci jsou totiž přesvědčení, že jejich výkonnost je pozitivně ovlivněna denním osvětlením. Bodový rozsah při prvním dotazování je od 2,3 až po 3,2 bodů.

Při druhém dotazování se hypotéza nepotvrdila u žáka sedícího na levé straně v první lavici v řadě u okna, kdy tento žák má bodové hodnocení spokojenosti 1,7 bodů, což je méně jak polovina celkového počtu bodů. U ostatních žáků zůstává hypotéza potvrzena. Bodový rozsah při druhém dotazování je od 1,7 až po 3,3 bodů.

7.1.4 IV. hypotéza v 6.A na 1. ZŠ

„IV. hypotéza se zabývá faktem, že oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků. „

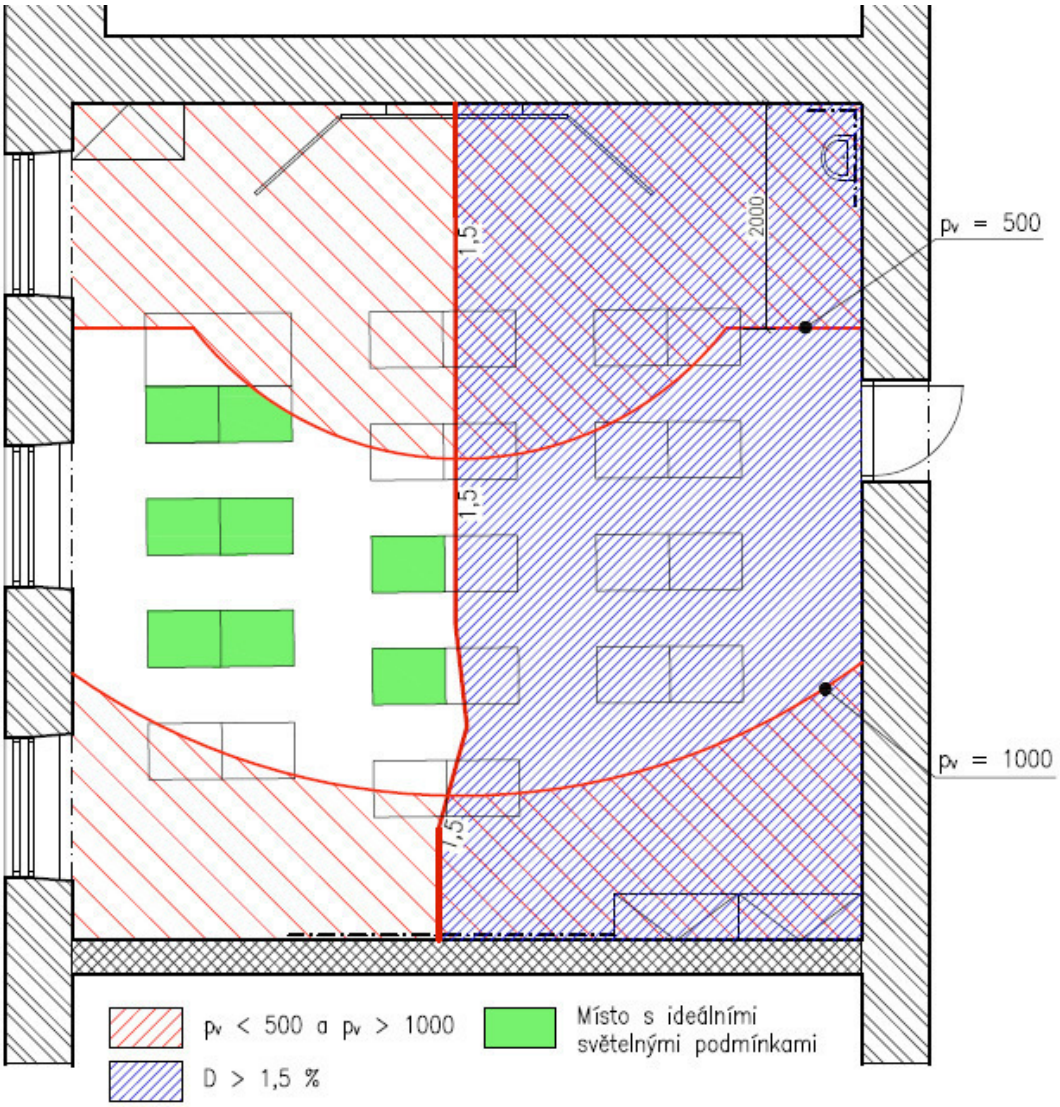
Obrázek 94: Porovnání výsledků IV. hypotézy v 6.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním kole vyplňování dotazníků se hypotéza pojednávající o snížení soustředěnosti a pracovního výkonu žáků potvrdila u žáka sedícího na pravé straně ve třetí lavici v řadě u okna. Zatímco u všech ostatních žáků zůstává hypotéza nepotvrzena. Tito žáci jsou se světelnými podmínkami spokojeni a nedochází u nich k oslňování.

Při druhém kole vyplňování dotazníků výrazně poklesla spokojenost, protože zde přibyli žáci s nižším bodovým ohodnocením a žlutým podbarvením lavice. IV. hypotéza se potvrdila u žáků, jejichž bodové ohodnocení je nižší jak 1,25 bodů, tedy u čtyř žáků. U zbývajících žáků se hypotéza nepotvrdila.

7.2 Vyhodnocení 9.A na 1. ZŠ

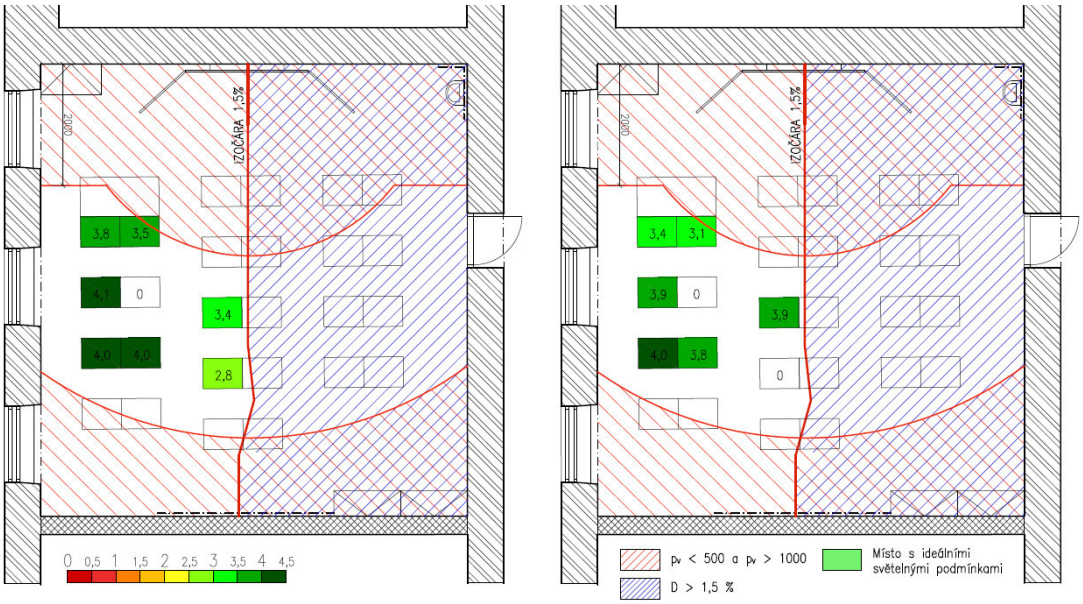
Na obrázku 95 je červenou šrafou zvýrazněna plocha, kde není splněna poměrná pozorovací vzdálenost. U celé první řady a u druhé lavice v prostřední řadě není splněná poměrná pozorovací vzdálenost, která je zde nižší jak $p_v < 500$. U čtvrté lavice v řadě u okna a u páté lavice v řadě uprostřed také není splněna poměrná pozorovací vzdálenost, protože je zde její hodnota vyšší jak $p_v > 1000$. Činitel denní osvětlenosti je pro celou zadní polovinu třídy, část dál od oken, nevyhovující a jeho hodnoty zde klesají pod požadovanou hodnotu D = 1,5 %. V 9.A je osm míst s ideálními světelnými podmínkami.



Obrázek 95: *Místo s ideálními světelnými podmínkami v učebně 9.A při početním hodnocení*

7.2.1 I. hypotéza 9.A na 1. ZŠ

„I. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu. „



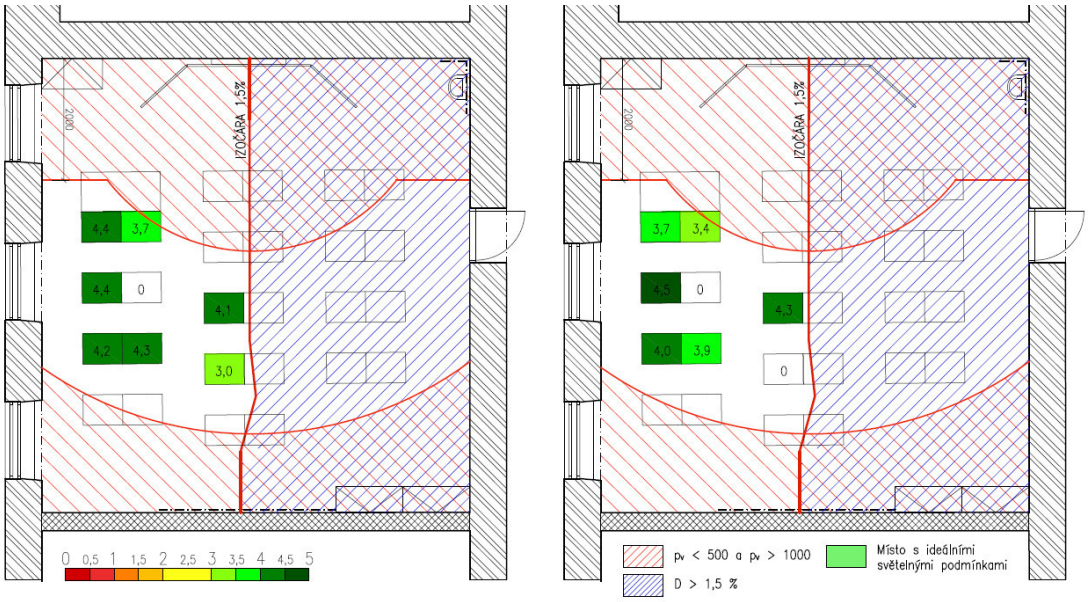
Obrázek 96: Porovnání výsledků I. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéza potvrdila pouze u žáků sedících v první lavici u okna, kde v této lavici je žák na pravé straně méně spokojený než jeho soused. V ostatních případech se hypotéza nepotvrdila, protože jsou zde žáci sedící samostatně, nebo mají stejné bodové hodnocení. Rozsah bodového hodnocení je od 2,8 po 4,1 bodů.

Při druhém vyplňování dotazníků se ve vybraných místech hypotéza potvrdila u žáků sedících v první a třetí lavici v řadě u okna, kde oba žáci z pravé strany jsou méně spokojení než jejich sousedé. Bodový rozsah v druhém časovém období je od 3,1 až po 4,0 bodů.

7.2.2 II. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

„II. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny. „



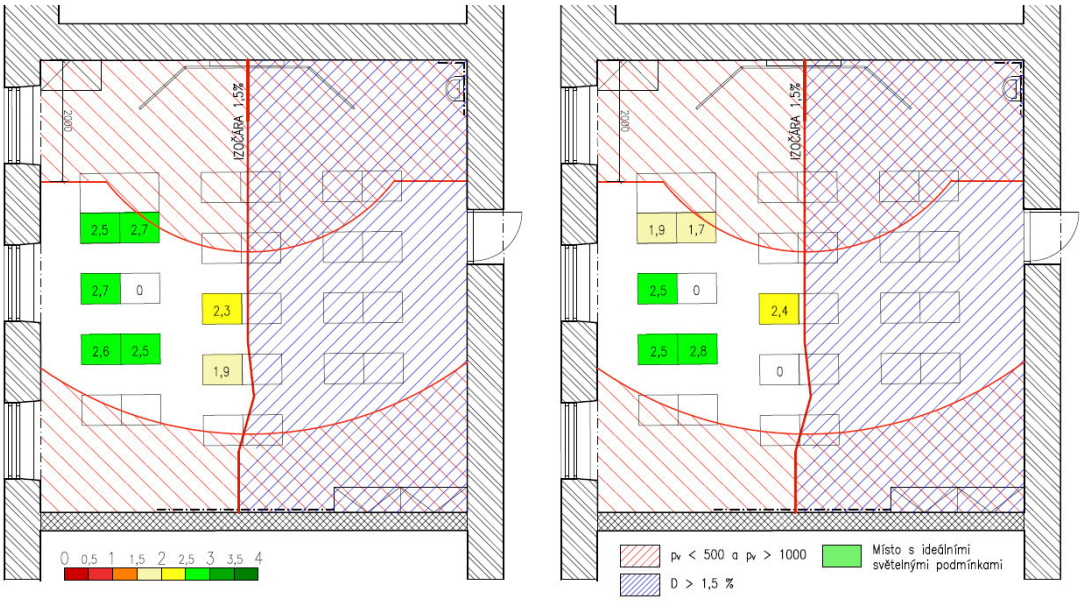
Obrázek 97: Porovnání výsledků II. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéze určitě nepotvrdila, protože v řadě u okna sedí žáci, kteří jsou více spokojení se světelnými podmínkami panujícími v učebně než žáci, kteří sedí v prostřední řadě. Minimální počet bodů je 3,0 a maximum 4,4 bodů.

Při druhém dotazování se však hypotéza potvrdila, protože sice sedí v prostřední řadě pouze jeden žák, ale jeho bodové hodnocení je vyšší než průměr všech žáků sedících v řadě u okna. Minimální počet bodů je 3,7 a maximum 4,5 bodů.

7.2.3 III. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

„III. hypotéza se zabývá faktem, že žáci jsou přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. „



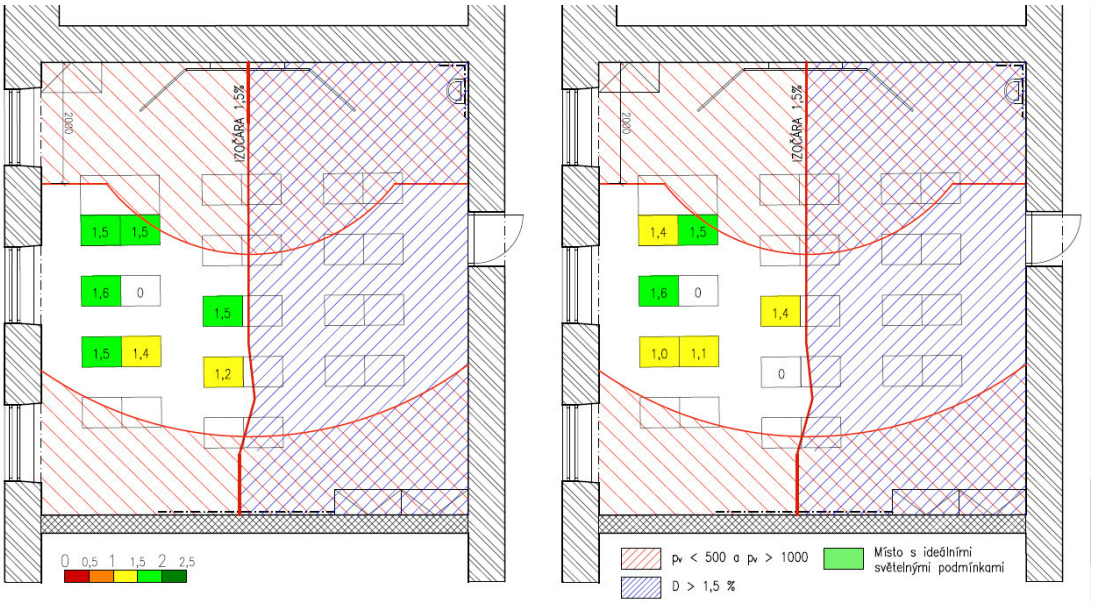
Obrázek 98: *Porovnání výsledků III. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním kole dotazování jsou všichni žáci sedící v řadě u okna spokojeni se světelnými podmínkami a III. hypotéza je u nich potvrzena, protože jsou zde všichni přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. V řadě uprostřed je hypotéza potvrzena u žáka sedícího ve třetí řadě, ale nepotvrzena u žáka sedícího ve čtvrté řadě, který svým hodnocením získal pouze 1,9 bodů.

Při druhém dotazování se hypotéza nepotvrdila u žáků sedících v první lavici v řadě u okna, kdy jejich hodnocení je 1,9 a 1,7 bodů. U zbývajících žáků sedících na místech s ideálními světelnými podmínkami se hypotéza potvrdila.

7.2.4 IV. hypotéza v 9.A na 1. ZŠ

„IV. hypotéza se zabývá faktem, že oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků. „



Obrázek 99: Porovnání výsledků I. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéza potvrdila u žáka sedícího ve čtvrté lavici v řadě uprostřed, který získal svým hodnocením 1,2 bodů. Tento žák má vlivem oslnění sníženou schopnost soustředit se. U ostatních žáků se hypotéza nepotvrdila, protože jsou se světelnými podmínkami panujícími ve třídě spokojeni, jejich bodové hodnocení je vyšší jak 1,4 bodů.

Při druhém bodovém hodnocení je hypotéza potvrzena už u dvou žáků, kteří sedí ve třetí lavici v řadě u okna. Vlivem oslnění nedochází u ostatních vybraných žáků ke snížení jejich soustředěnosti, a tak zůstává hypotéza nepotvrzena.

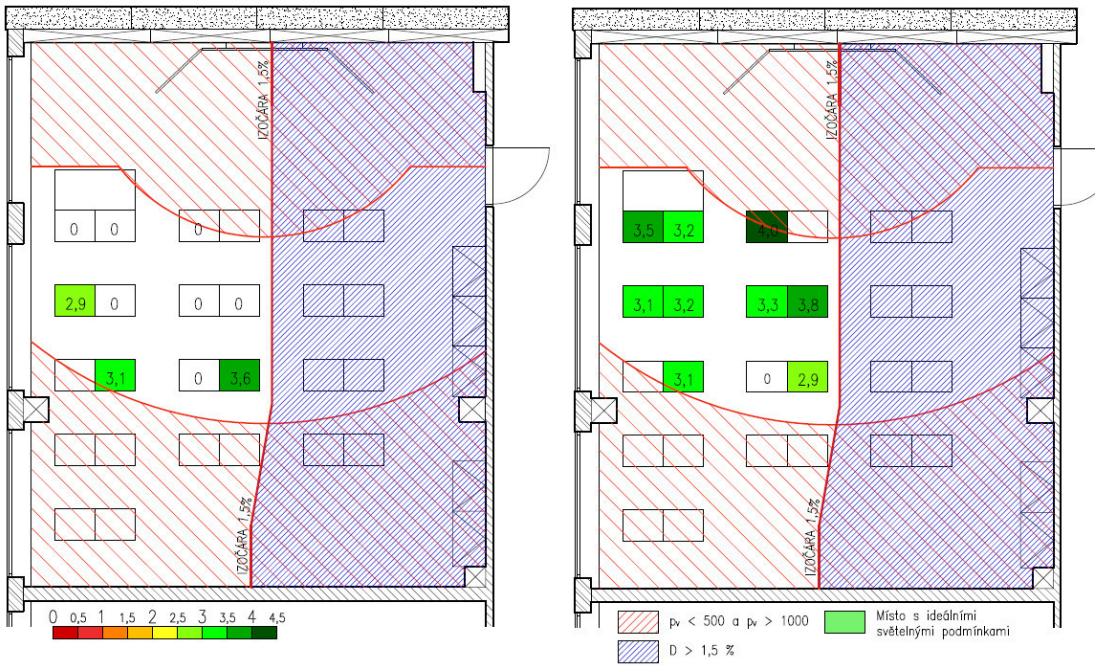
7.3 Vyhodnocení 8.B na 5. ZŠ

Červeným šrafováním jsou v půdorysu vyznačená místa, která nemají ideální poměrnou pozorovací vzdálenost, tedy $p_v < 500$ a $p_v > 1000$, a oči žáků jsou tak příliš namáhána. Modrým šrafováním je vyznačený prostor, který nesplňuje normové požadavky činitele denní osvětlenosti, tedy $D < 1,5$ %, tedy celá řada u dveří. Zelenou barvou jsou pak vybarvené vhodné lavice k sezení, ve kterých jsou splněny požadavky. Ve třídě 8.B má pouze 10 lavic dostatečné světelné podmínky.

Obrázek 100: Místo s ideálními světelnými podmínkami v učebně 8.B při početním hodnocení

7.3.1 I. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

„I. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu. „



Obrázek 101: *Porovnání výsledků I. hypotézy v 8.B při početním a dotazníkovém hodnocení*

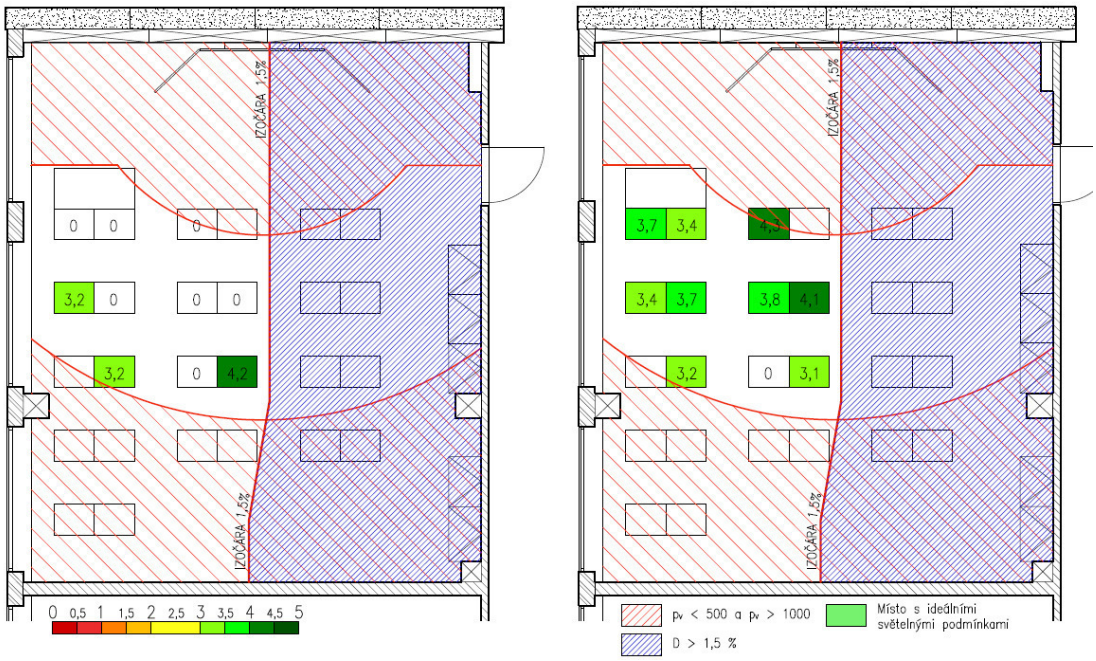
Při prvním dotazování se I. hypotéza nedá vyhodnotit, protože ve vybraném úseku, kde jsou všechny požadavky na denní osvětlení splněny nesedí žádný žák ve dvojici se svým sousedem.

Při druhém dotazování se hypotéza potvrdila u žáků sedících v první lavici v řadě u okna, kdy žák sedící dál od okna je se světelnými podmínkami méně spokojený než jeho soused. V dalších dvou případech se hypotéza nepotvrdila.

V obou kolech dotazování ve vybraném úseku sedí žáci, kteří jsou spíše spokojeni se světelnými podmínkami na jejich místě.

7.3.2 II. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

„II. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny. „



Obrázek 102: *Porovnání výsledků II. hypotézy v 8.B při početním a dotazníkovém hodnocení*

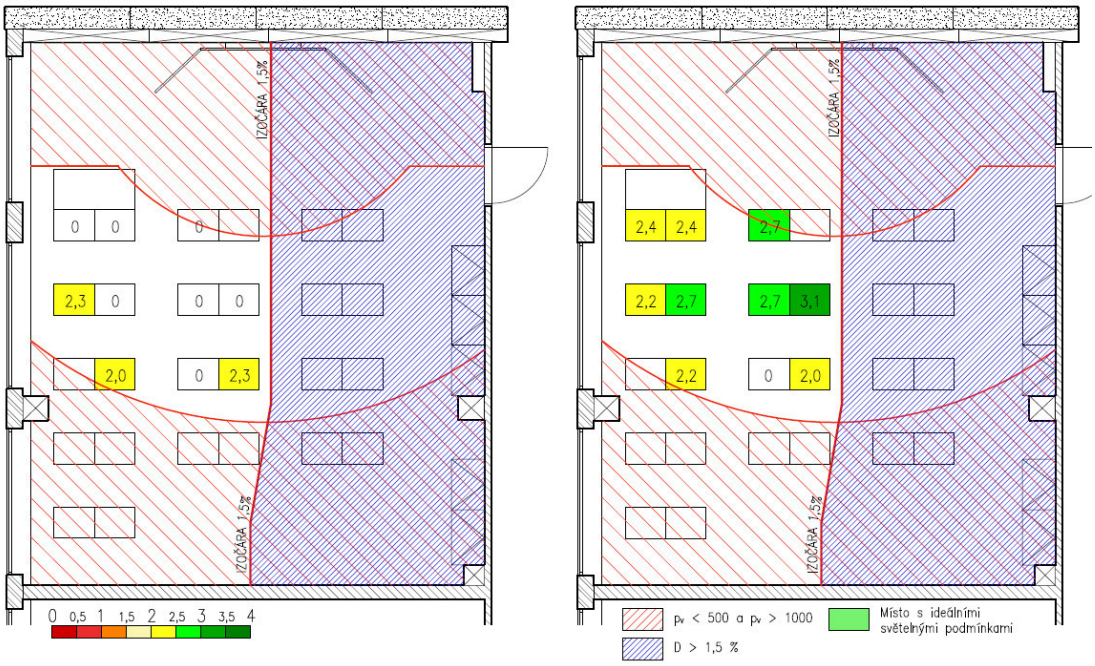
Při prvním dotazování se hypotéza potvrdila, protože v řadě u okna sedí žáci, jejichž bodové ohodnocení je 3,2. Zatímco v prostřední řadě sedí žák, jehož bodové ohodnocení je 4,2. Žák sedící v prostřední řadě je tedy spokojenější než žáci sedící na kraji učebny.

II. hypotéza se potvrdila i při druhém dotazování. Žáci sedící v řadě u okna mají bodové ohodnocení 3,7, dále pak 3,4 a 3,2. Zatímco v prostřední řadě sedí mnohem spokojenější žáci, kteří světelné podmínky ve třídě hodnotí až 4,3 body.

Při zkoumání II. hypotézy všichni žáci sedící na vybraných místech hodnotí podmínky panující v učebně kladně, jsou tedy spíše spokojení.

7.3.3 III. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

„III. hypotéza se zabývá faktem, že žáci jsou přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. „



Obrázek 103: *Porovnání výsledků III. hypotézy v 8.B při početním a dotazníkovém hodnocení*

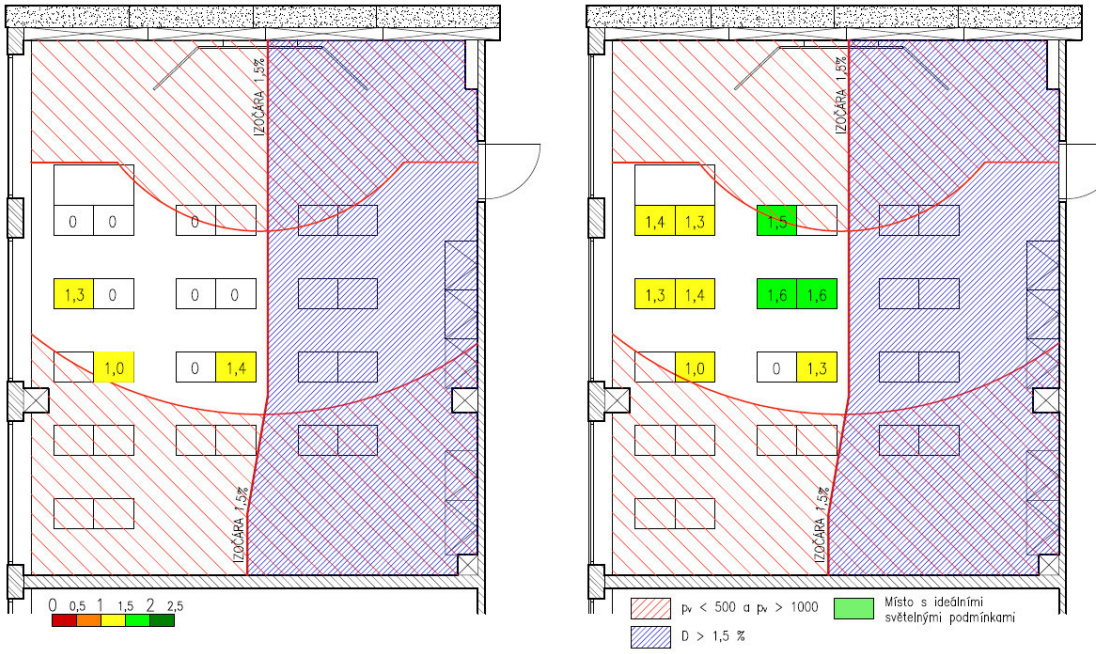
Při prvním kole vyplňování dotazníků jsou výsledky hodnocení III. hypotézy velice těsné. U žáků sedících v druhé lavici v řadě u okna a u žáka v třetí lavici v prostřední řadě se hypotéza potvrdila velice těsně. Tito žáci s bodovým hodnocením 2,3 bodů přesáhli hranici spokojenosti o 0,3 bodů. U žáka sedícího v třetí lavici v řadě u okna se hypotéza nedá potvrdil a ani vyloučit, jelikož je jeho bodové hodnocení přesně na hranici mezi potvrzením a vyvrácením hypotézy.

Při druhém kole hodnocení se hypotéza pouze u žáka sedícího v třetí lavici v prostřední řadě nedá jasně potvrdit ani vyvrátit, protože jeho bodové hodnocení je přesně na hranici. U všech ostatních žáků se hypotéza potvrdila, protože jejich bodové hodnocení je v rozsahu 2,2 až 3,1 bodů. Žáci tedy mají nadpoloviční většinu bodů.

Při druhém hodnocení je více žáků přesvědčených o kladném vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost.

7.3.4 IV. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

„IV. hypotéza se zabývá faktem, že oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků. „



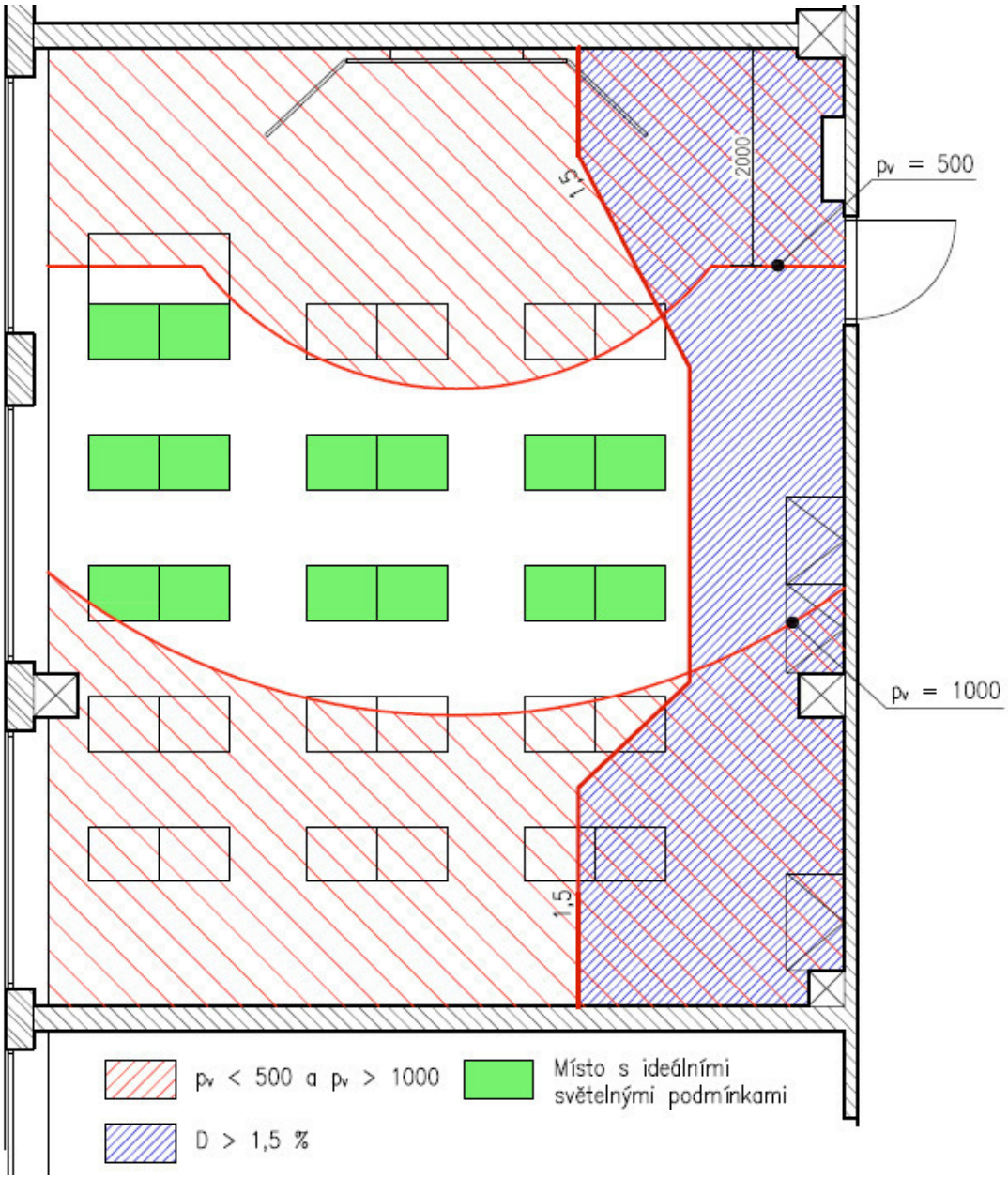
Obrázek 104: Porovnání výsledků IV. hypotézy v 8.B při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se IV. hypotéza pojednávají o snížení výkonnosti vlivem oslnění potvrdila. Žáci nejsou se světelnými podmínkami spokojeni a potvrzují tak, že vlivem oslnění může být jejich výkonnost a soustředěnost ovlivněna.

Při druhém kole dotazování se hypotéza potvrdila u všech žáků sedících v řadě u okna a u jednoho žáka sedícího ve třetí lavici v prostřední řadě, u kterých může docházet k snížení soustředěnosti vlivem oslnění. Zatímco žáci sedící v první a druhé lavici v prostřední řadě jsou spokojeni a hypotéza se u nich nepotvrdila.

7.4 Vyhodnocení 9.A na 5. ZŠ

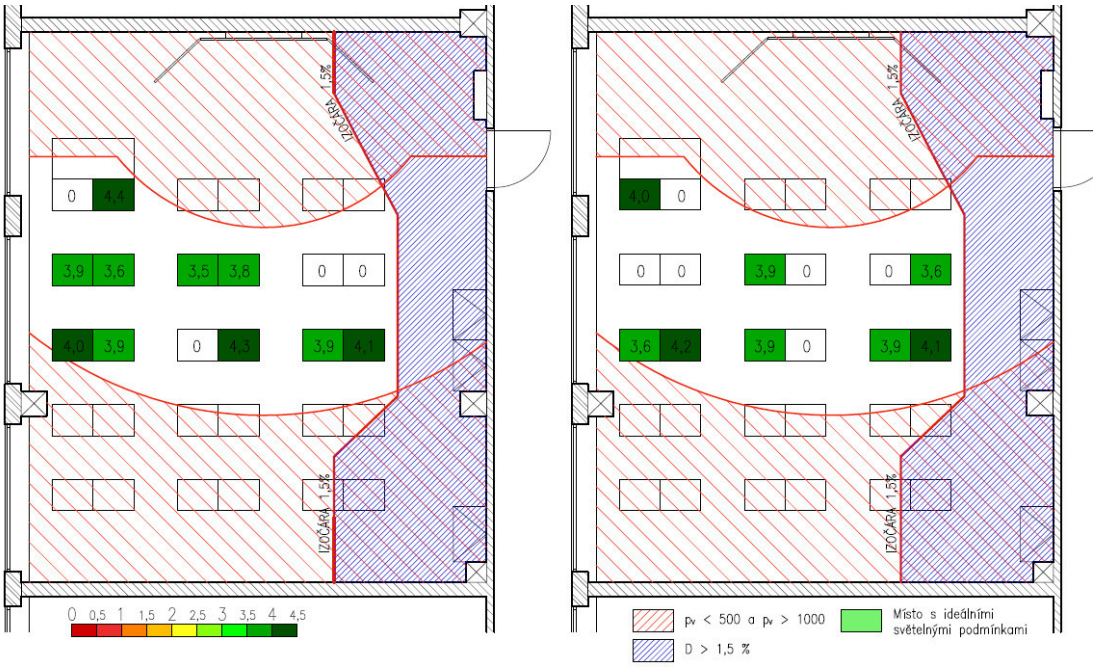
V učebně 9.A panují o poznání lepší světelné podmínky než v učebně 8.B. Červeně vyšrafovaná oblast, kde je nevhodná poměrná pozorovací vzdálenost, více zasahuje do první řady lavic. Také čtvrtá a pátá řada lavic nesplňuje požadavky na poměrnou pozorovací vzdálenost, kde je p_v > 1000 a překračuje tak horní hranici. Nevyhovující činitel denní osvětlenosti, znázorněný modrou šrafou, je pouze u dvou krajních míst. Při celkovém zhodnocení je zde 14 míst, které mají vyhovující požadavky na denní osvětlení.



Obrázek 105: Místo s ideálními světelnými podmínkami v učebně 9.A při početním hodnocení

7.4.1 I. hypotéza v 8.B na 5. ZŠ

„I. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu. „



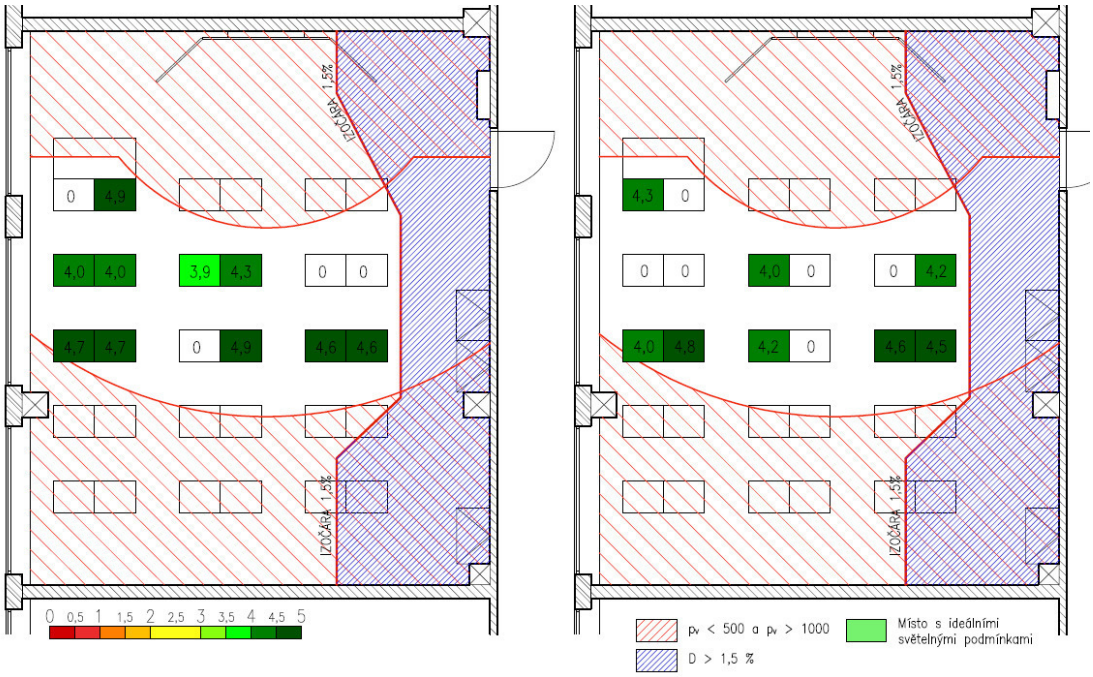
Obrázek 106: Porovnání výsledků I. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování jsou v lavicích se splněnými požadavky na denní osvětlení spíše spokojeni a všichni žáci mají hodnocení vyšší jak 3,5 bodů. I. hypotéza se potvrdila ve druhé a třetí lavici v řadě u okna a nepotvrdila se druhé lavici v řadě uprostřed a ve třetí lavici v řadě u dveří, kde jsou žáci sedící dál od okna více spokojeni než žáci sedící v lavici blíž k oknu.

Při druhém dotazování jsou ve vyhovujících světelných podmínkách žáci také spíše spokojeni a jejich bodové hodnocení je vyšší než 3,6 bodů. V lavicích kde sedí oba žáci se hypotéza ani v jednom z případů nepotvrdila.

7.4.2 II. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

„II. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny. „



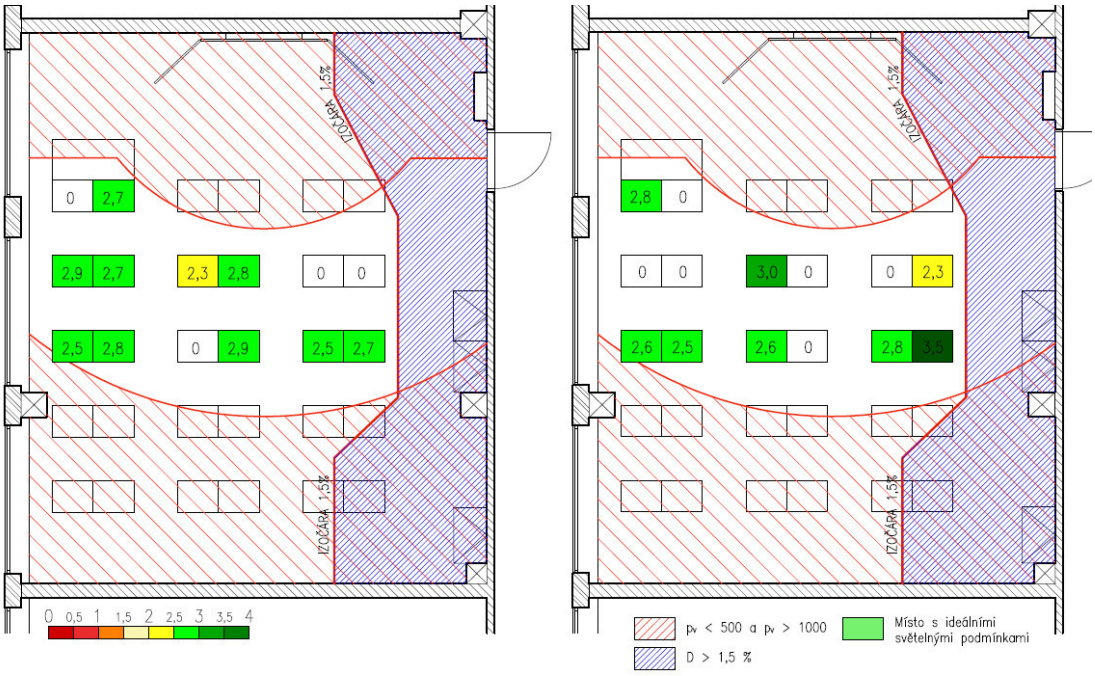
Obrázek 107: *Porovnání výsledků II. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním kole dotazování se pro ideální místa se světelnými podmínkami hypotéza nepotvrdila. V řadě u dveří a v řadě u okna sedí žáci, kteří jsou více spokojeni než žáci sedící v prostřední řadě. Minimální počet bodů v krajních řadách je 4,0 a v prostřední řadě 3,9.

Stejně tak se hypotéza nepotvrdila ani u vybraných lavic při druhém kole dotazování, protože i zde jsou žáci sedící v krajní řadě více spokojeni než žáci sedící uprostřed.

7.4.3 III. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

„III. hypotéza se zabývá faktem, že žáci jsou přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. „



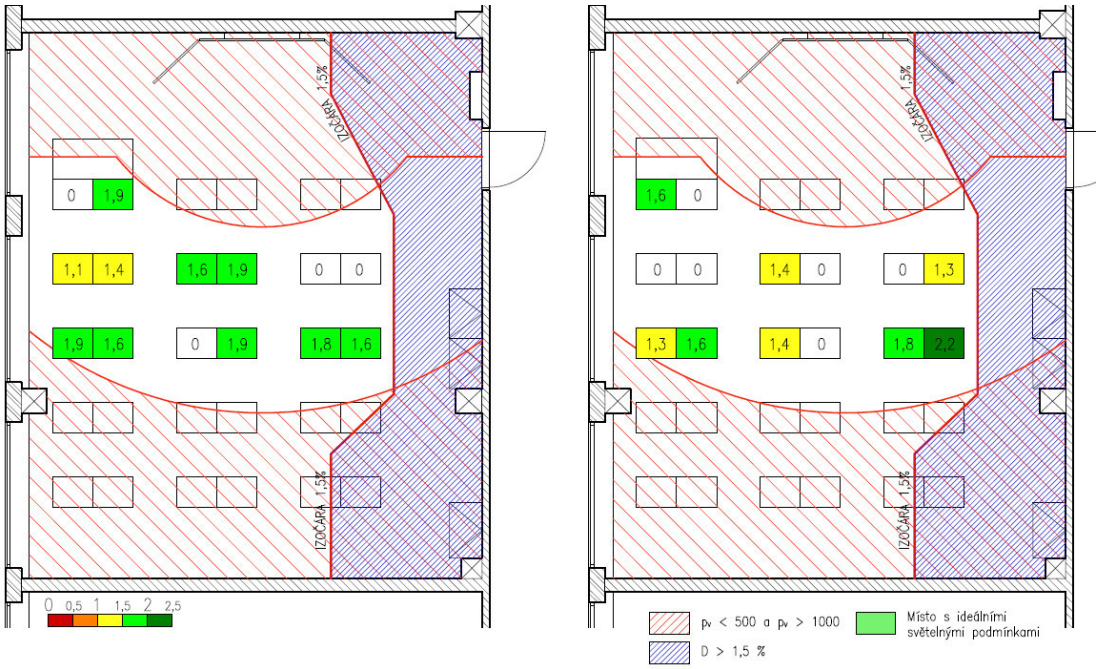
Obrázek 108: *Porovnání výsledků III. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při druhém kole dotazování jsou všichni žáci přesvědčeni o faktu, že denní osvětlení má pozitivní vliv na jejich výkonnost. Minimální počet bodů, který má žák sedící na levé straně druhé lavice v prostřední řadě, je 2,3 a maximální počet mají žáci s bodovým ohodnocením 2,9 bodů.

Při druhém kole dotazování vzrostla spokojenost u žáků sedících na místech s ideálními světelnými podmínkami, a tak zůstává hypotéza potvrzena. Minimální počet bodů je stejný jako při prvním dotazování a maximum bodů se vyšplhalo až na 3,5 bodů.

7.4.4 IV. hypotéza v 9.A na 5. ZŠ

„IV. hypotéza se zabývá faktem, že oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků. „



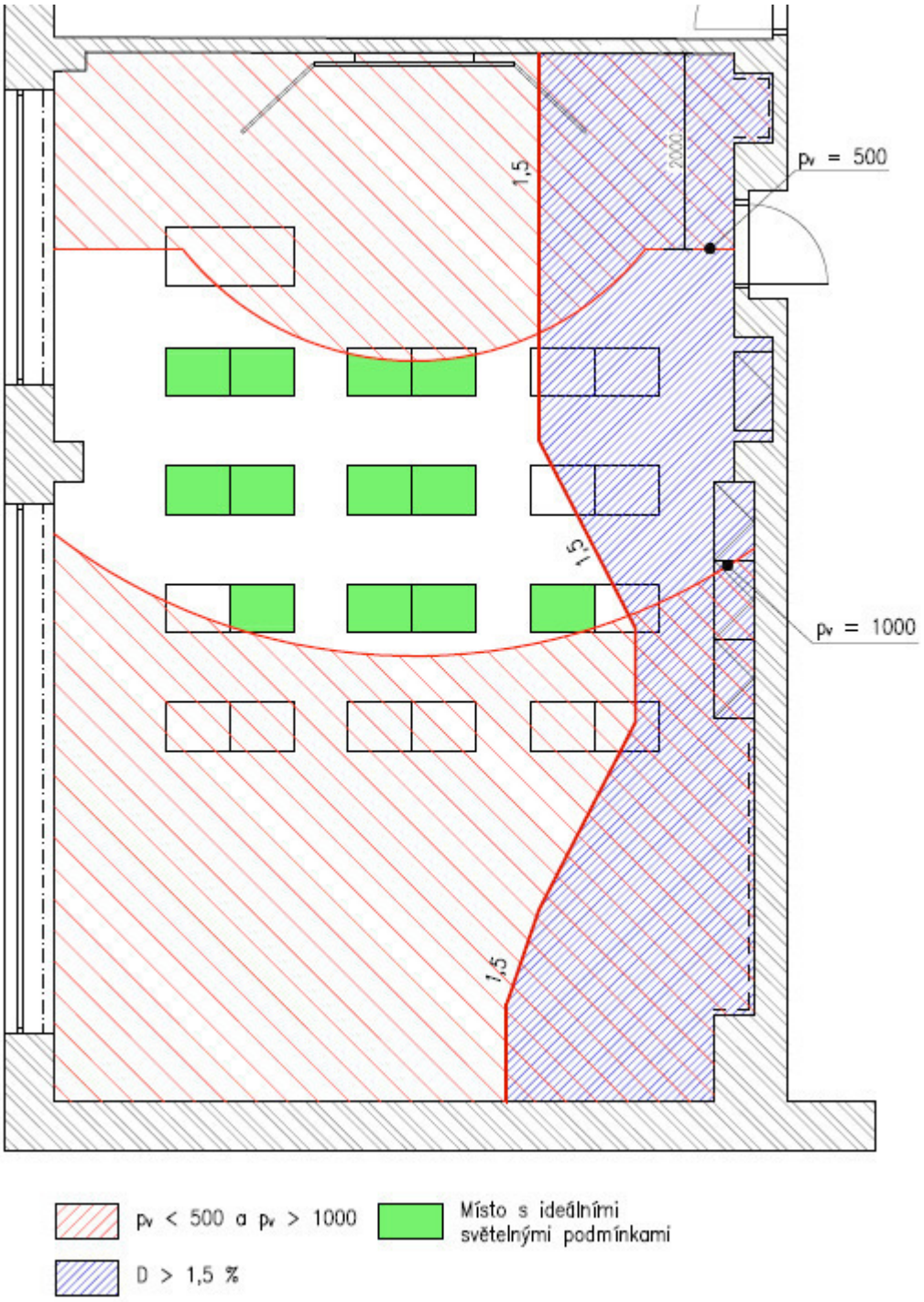
Obrázek 109: Porovnání výsledků IV. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním kole dotazování se hypotéza potvrdila pouze u žáků sedících v druhé lavici v řadě u okna, kteří jsou se světelnými podmínkami nespokojeni, protože jsou spíše oslňováni. U zbylých žáků se hypotéza nepotvrdila, protože jsou se světelnými podmínkami spokojeni.

Při druhém kole dotazování výrazně přibylo žáků, kteří se světelnými podmínkami panujícími na vybraných místech nejsou spokojeni. Žáci, jejichž lavice je podbarvená žlutou barvou, tvrdí, že oslnění snižuje jejich soustředěnost a výkonnost. U těchto žáků se hypotéza potvrdila. Ve zbylých případech zůstává hypotéza nepotvrzená.

7.5 Vyhodnocení 7.A na 6. ZŠ

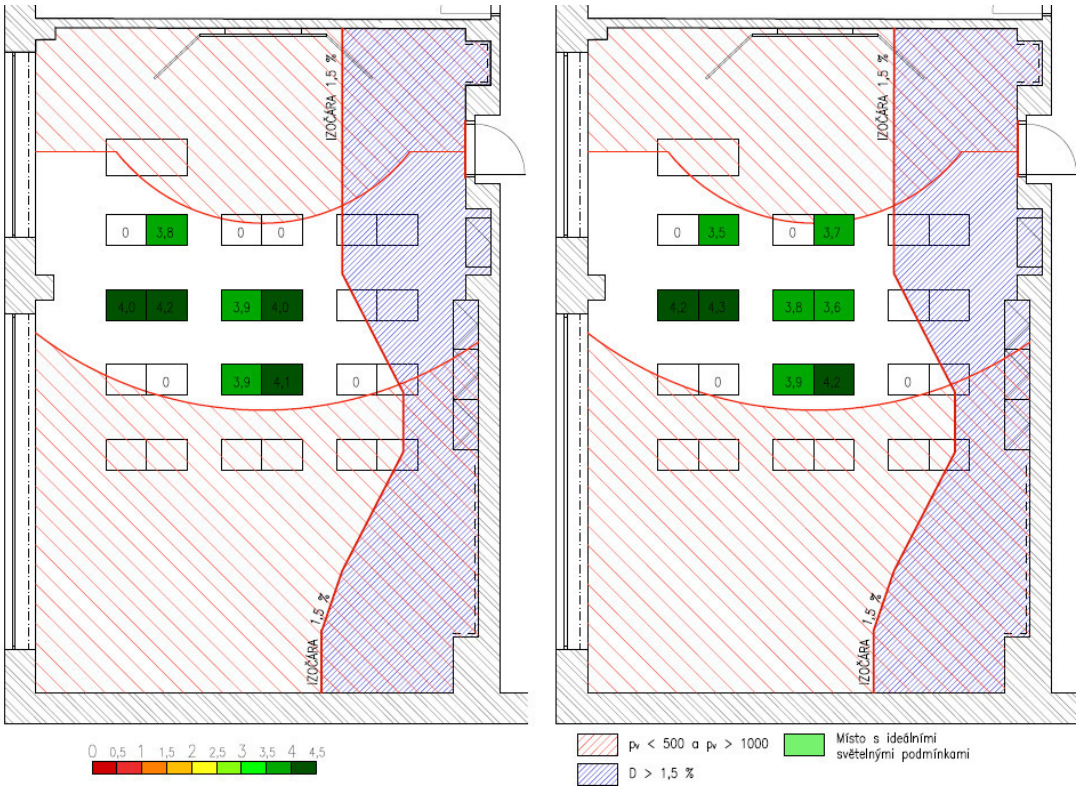
V kmenové učebně 7.A je červenou šrafou vyznačená plocha, kde žáci nemají vhodnou poměrnou pozorovací vzdálenost. Poměrná pozorovací vzdálenost není splněna u celé čtvrté řady a u krajních míst ve třetí řadě. Nevhodný činitel denní osvětlenosti, jehož hodnota je nižší jak 1,5 %, mají žáci v první a druhé lavici v řadě u dveří a pak žáci sedící na pravé straně ve třetí a čtvrté lavici v řadě tamtéž. V 7.A má dle výpočtu 12 žáků ideální světelné podmínky.



Obrázek 110: Místo s ideálními světelnými podmínkami v učebně 7.A při početním hodnocení

7.5.1 I. hypotéza 7.A na 6. ZŠ

„I. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu. „



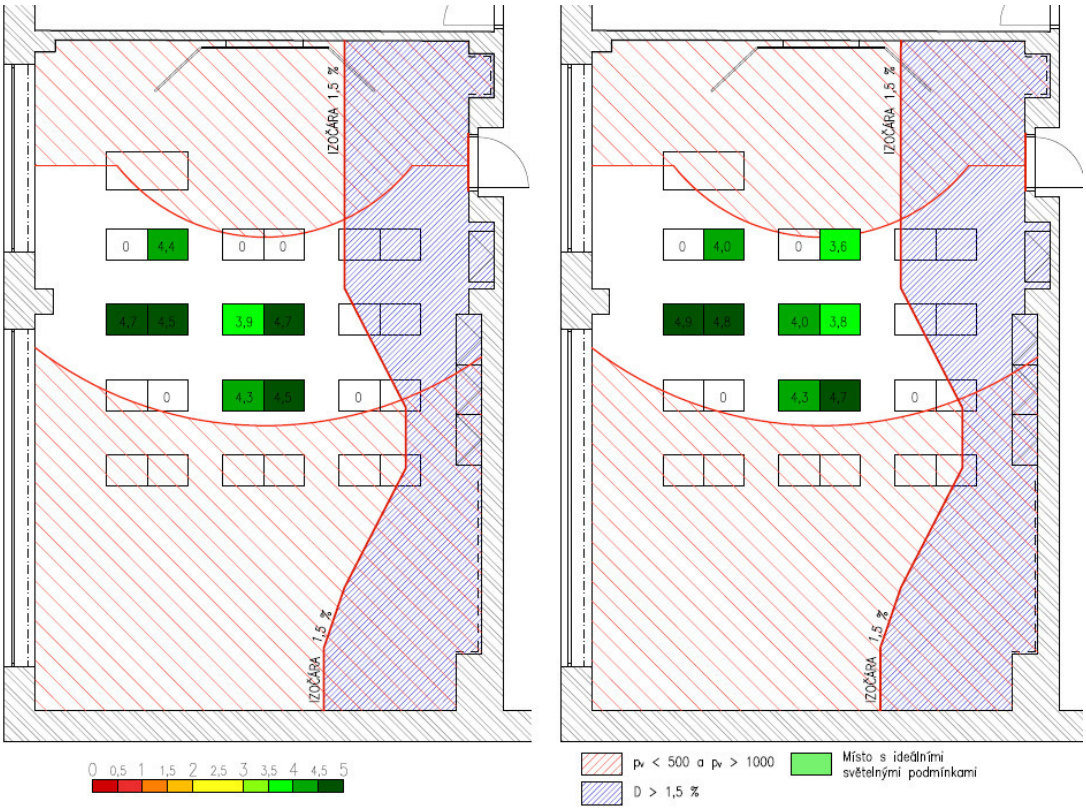
Obrázek 111: Porovnání výsledků I. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéza na vybraných místech s ideálními světelnými podmínkami nepotvrdila ani v jednom z případů, protože v lavicích je vždy spokojenější ten žák, který sedí v lavici dál od okna. I přes to jsou všichni žáci se světelnými podmínkami spokojeni, protože jejich nejmenší bodové ohodnocení je 3,8 bodů z maximálních 4,5 bodů.

Při druhém dotazování se hypotéza potvrdila pouze v prostřední řadě ve druhé lavici, kde je žák sedící na pravé straně méně spokojený než jeho soused v lavici. V ostatních případech se hypotéza nepotvrdila. I při druhém dotazování jsou všichni žáci spokojeni.

7.5.2 II. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

„II. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny. „



Obrázek 112: Porovnání výsledků II. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při druhém kole vyplňování dotazníků se hypotéza u žáků 9.A nepotvrdila, protože žáci sedící v řadě u okna jsou více spokojeni než žáci sedící v prostřední řadě. Minimální počet bodů v řadě u okna je 4,4 bodů, zatímco v prostřední řadě je minimum 3,9 bodů.

Při druhém dotazování výrazně klesla spokojenost, ale i tak zůstává hypotéza na vybraných místech s ideálními světelnými podmínkami nepotvrzena, protože žáci sedící v řadě u okna jsou více spokojeni než jejich spolužáci sedící v prostřední lavici. Minimum bodů v prostřední řadě je 3,6 bodů a v řadě u okna 4,0 bodů. Celkově jsou však žáci se světelnými podmínkami spokojeni.

7.5.3 III. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

„III. hypotéza se zabývá faktem, že žáci jsou přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. „

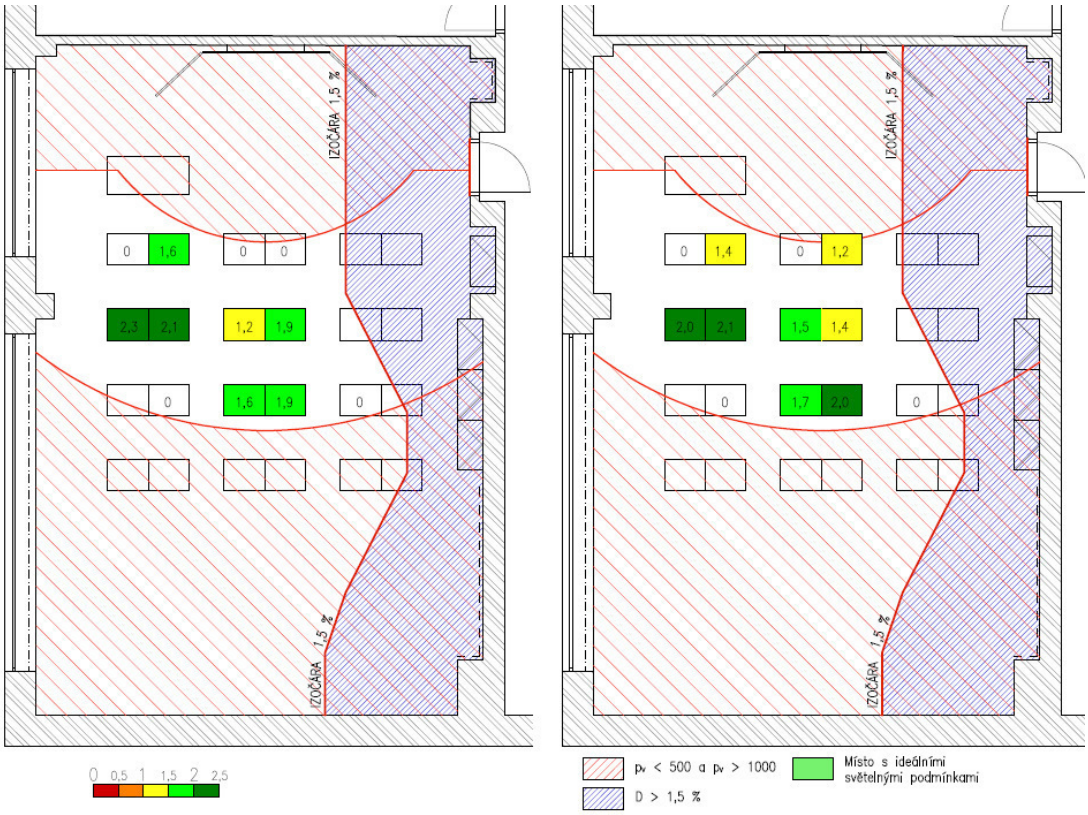
Obrázek 113: *Porovnání výsledků III. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním vyplňování dotazníků jsou žáci sedících na místech s ideálními světelnými podmínkami spíše spokojeni a také si myslí, že na jejich výkonnost má vliv denní osvětlení. Hypotéza se tak tedy potvrzuje. Bodový rozsah se pohybuje od 2,8 až po 3,3 bodů.

Při druhém kole vyplňování dotazníků mírně poklesla spokojenost některých žáků, ale i tak zůstává hypotéza potvrzená. Bodový rozsah pro druhé kolo je od 2,3 bodů do 3,1 bodů.

7.5.4 IV. hypotéza v 7.A na 6. ZŠ

„IV. hypotéza se zabývá faktem, že oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků. „



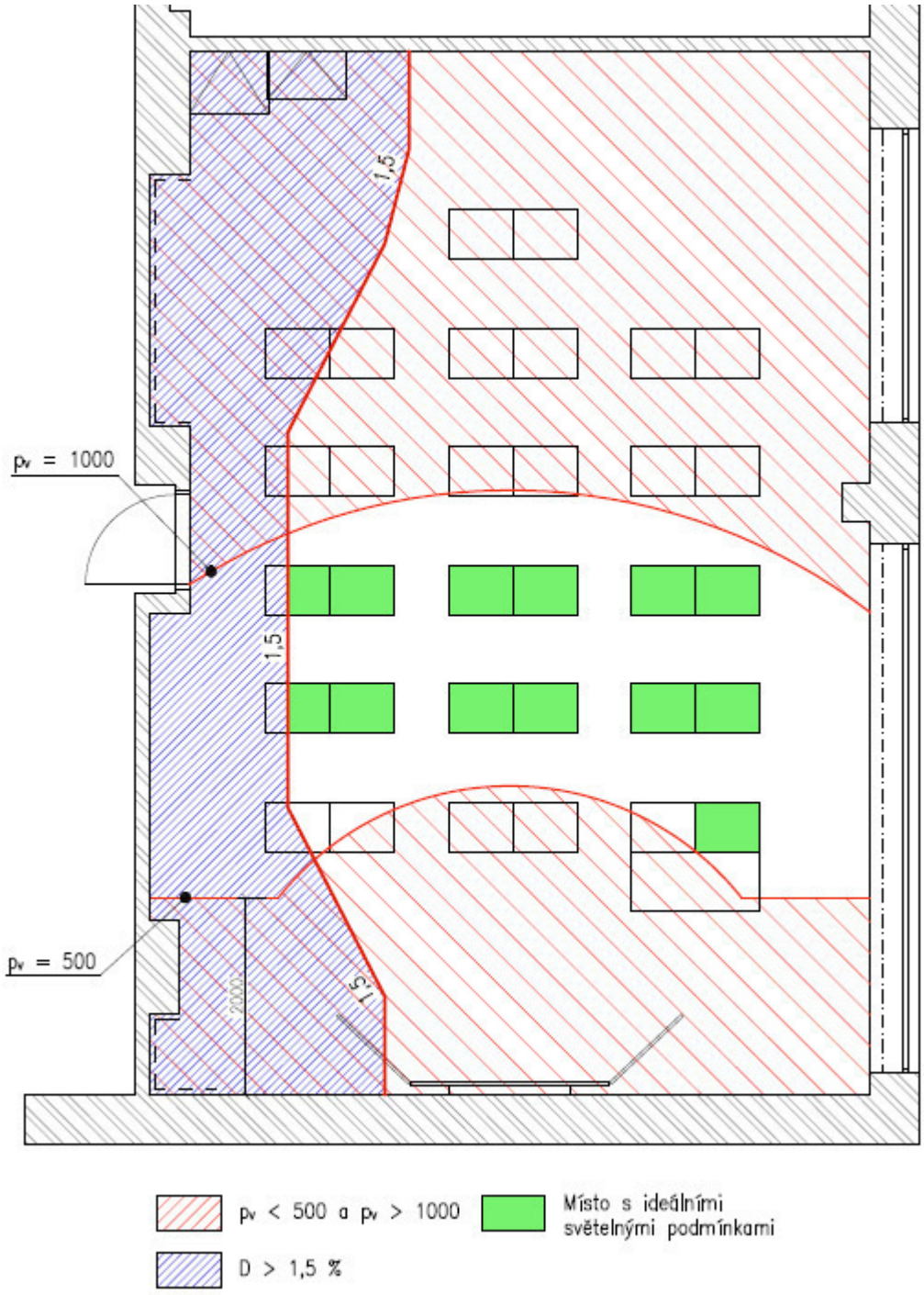
Obrázek 114: Porovnání výsledků IV. hypotézy v 9.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéza potvrdila pouze u žáka sedícího na levé straně v druhé lavici v prostřední řadě. Tento žák se cítí oslňován a vlivem oslnění ztrácí soustředěnost a výkonnost. U ostatních žáků se hypotéza nepotvrdila.

Při druhém dotazování se hypotéza potvrdila pouze u jediného žáka, který sedí v první lavici v prostřední řadě. Ostatní žáci jsou se světelnými podmínkami spokojeni a nemyslí si, že by oslňování mělo vliv na jejich pracovní výkon.

7.6 Vyhodnocení 8.A na 6. ZŠ

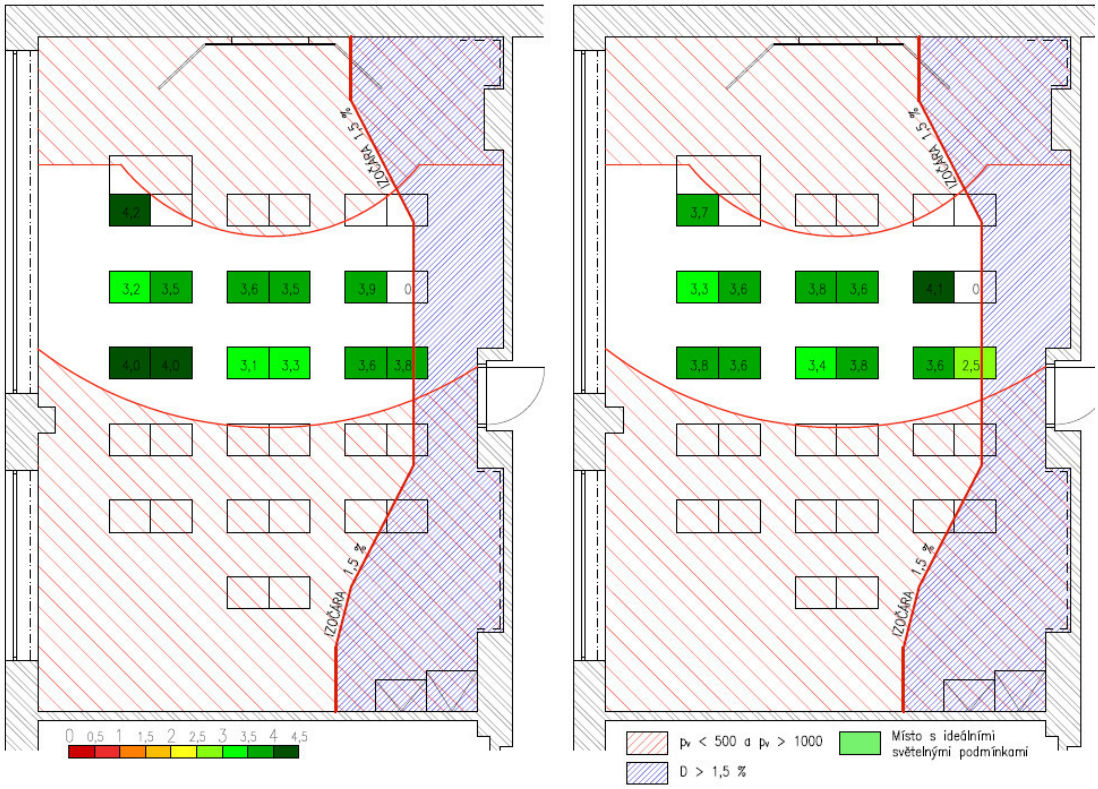
Červeně vyšrafované plochy jsou části třídy, které nesplňují požadavky na poměrnou pozorovací vzdálenost. Poměrnou pozorovací vzdálenost splňují pouze krajní lavice první řady a dále pak celá druhá a třetí řada. Modrou šrafou je vyznačené místo, kde je činitel denní osvětlenosti menší než 1,5 %. Do této zóny spadá první a poslední pravé sedadlo v řadě u dveří. V této třídě je 13 míst s ideálními světelnými podmínkami.



Obrázek 115: Místo s ideálními světelnými podmínkami v učebně 8.A při početním hodnocení

7.6.1 I. hypotéza 8.A na 6. ZŠ

„I. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící v lavici na místě, které je dál od okna jsou více nespokojeni se světelnými podmínkami ve třídě než žáci sedící blíž k oknu. „



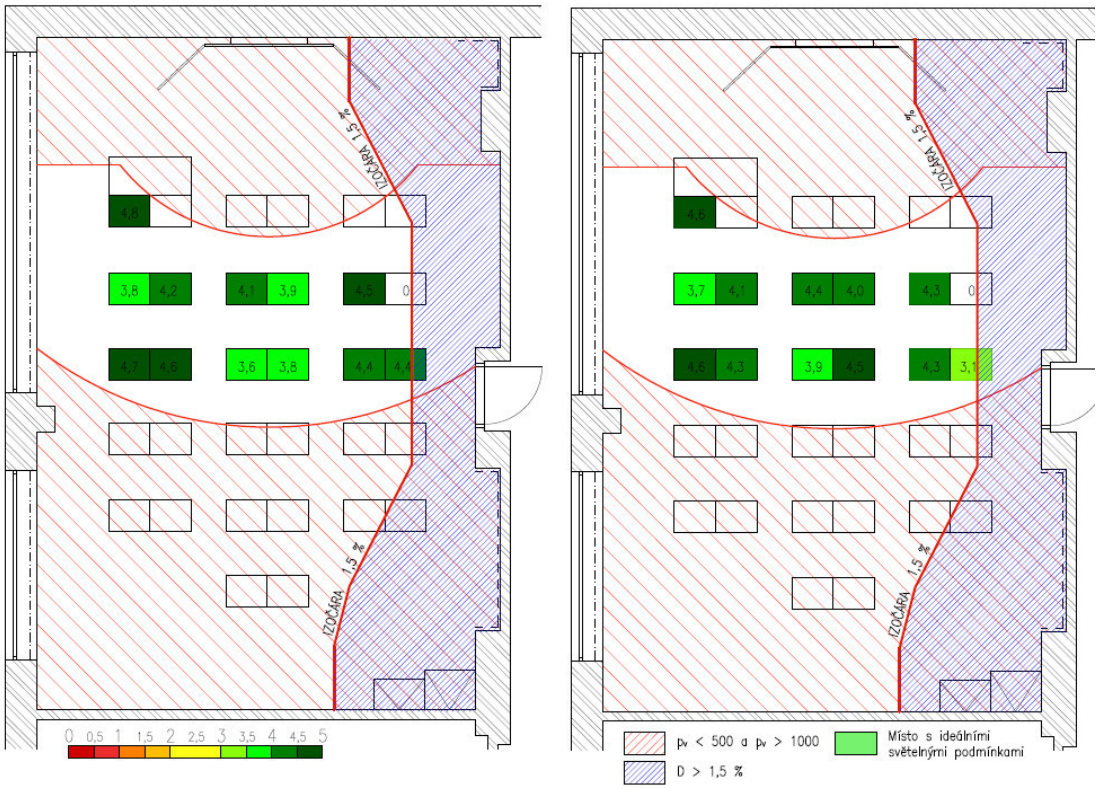
Obrázek 116: Porovnání výsledků I. hypotézy v 8.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéza pojednávající o tom, že žáci sedící v lavici dál od okna jsou méně spokojeni než žáci sedící blíž k oknu, potvrdila pouze ve druhé lavici v prostřední řadě. V ostatních případě je hypotéza nepotvrzena. Minimální počet bodů je 3,1 a maximální počet bodů je 4,2. Žáci jsou se světelnými podmínkami ve třídě spíše spokojeni.

Při druhém dotazování se hypotéza potvrdila ve třetí lavici v řadě u okna, ve druhé lavici v prostřední řadě a dále pak ve třetí lavici v řadě u dveří. V ostatních lavicích zůstává hypotéza nepotvrzena. Opět i při druhém dotazování jsou žáci s denním osvětlením v učebně spokojeni.

7.6.2 II. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

„II. hypotéza se zabývá faktem, že žáci sedící uprostřed třídy mají lepší zrakové podmínky než žáci sedící na krajích učebny. „



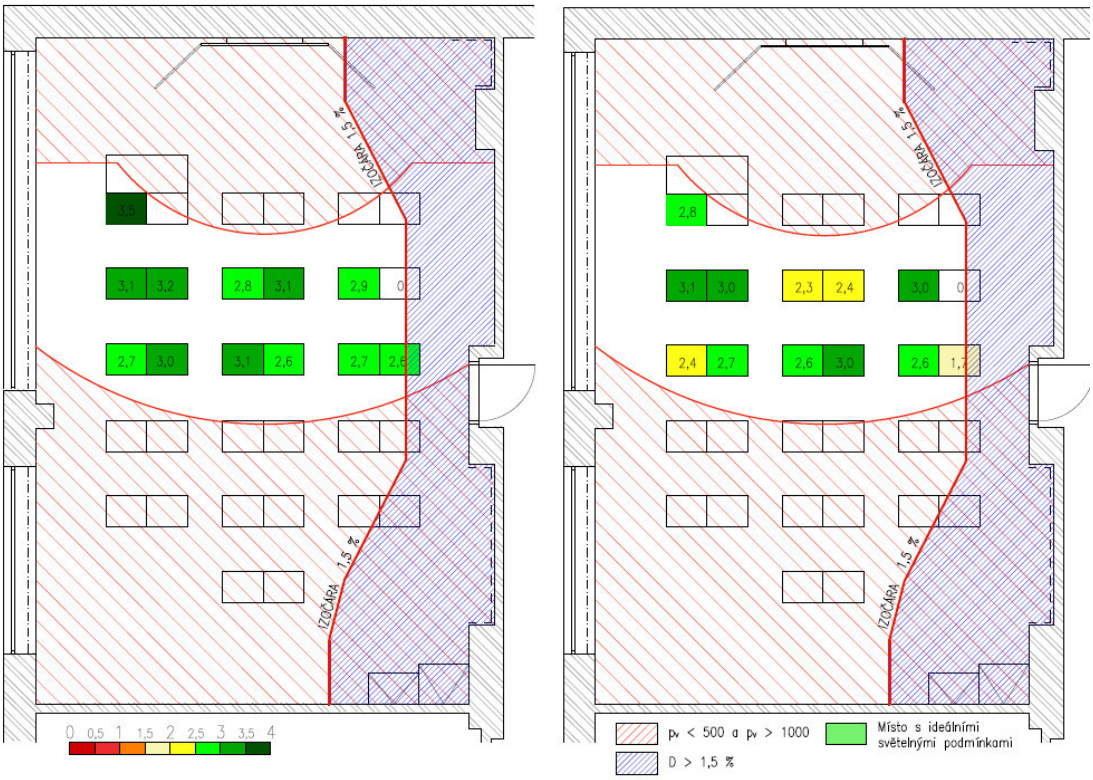
Obrázek 117: Porovnání výsledků II. hypotézy v 8.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se II. hypotéza nepotvrdila, protože žáci sedící v krajních řadách jsou spokojenější, než žáci sedící v řadě uprostřed. Nejméně spokojený je žák sedící na levé straně ve třetí lavici v prostřední řadě s 3,6 body a nejvíce spokojený je žák sedící v první lavici v řadě u okna s bodovým hodnocením 4,8 bodů.

V druhém dotazování se dle výpovědi žáků sedících na místech s ideálními světelnými podmínkami hypotéza také nepotvrdila. Nejvíce spokojenou je řada u okna, kde i žáci nejlépe hodnotí světelné podmínky maximálním počtem bodů 4,6 bodů. Nejméně bodů má žák sedící v třetí řadě u dveří, 3,1 bodů.

7.6.3 III. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

„III. hypotéza se zabývá faktem, že žáci jsou přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich výkonnost. „



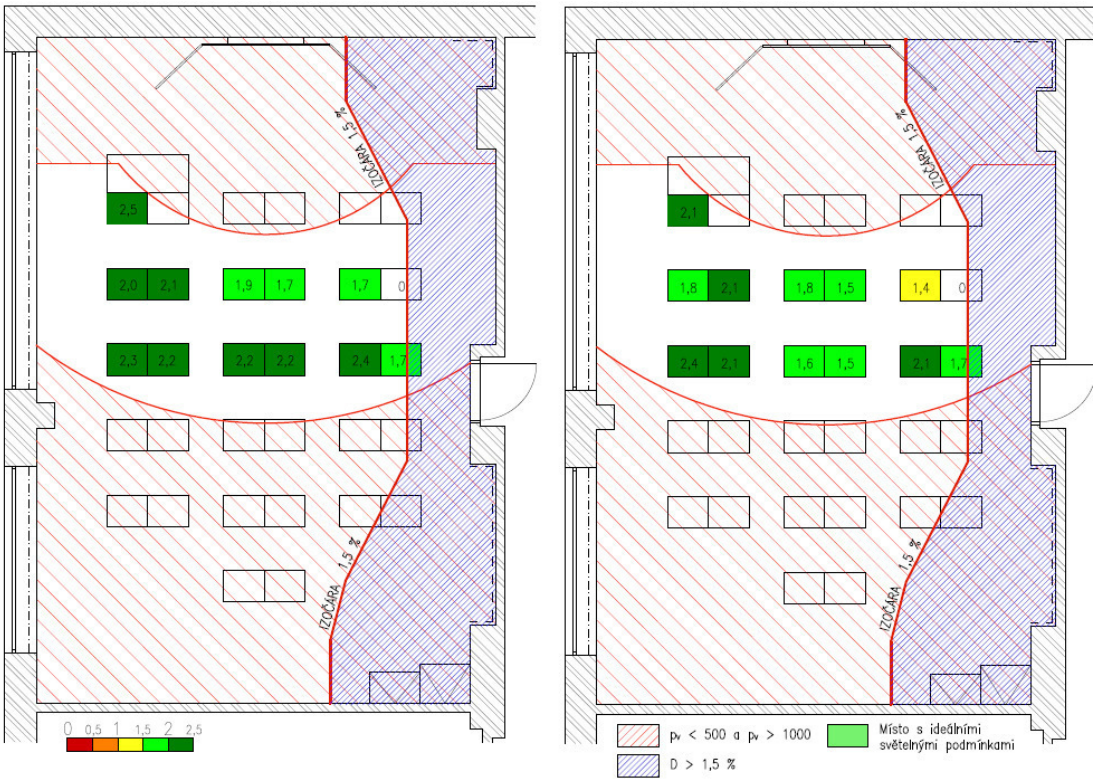
Obrázek 118: *Porovnání výsledků III. hypotézy v 8.A při početním a dotazníkovém hodnocení*

Při prvním dotazování jsou všichni žáci přesvědčeni o pozitivním vlivu denního osvětlení na jejich pracovní výkon a tím je tedy III. hypotéza potvrzena. Rozsah bodového hodnocení je od 2,6 do 3,5 bodů.

V druhém dotazování došlo k výraznému poklesu spokojenosti a u žáka sedícího na pravé straně ve třetí lavici v řadě u dveří se hypotéza dokonce nepotvrdila. U ostatních žáků je hypotéza potvrzena. Bodový rozsah je zde výrazně nižší – 1,7 bodů až 3,1 bodů.

7.6.4 IV. hypotéza v 8.A na 6. ZŠ

„IV. hypotéza se zabývá faktem, že oslnění snižuje soustředěnost a pracovní výkon žáků. „



Obrázek 119: Porovnání výsledků IV. hypotézy v 8.A při početním a dotazníkovém hodnocení

Při prvním dotazování se hypotéza nepotvrdila, protože jsou zde žáci se světelnými podmínkami dostatečně spokojeni. Jejich bodový rozsah je 1,7 bodů až do 2,5 bodů, tedy maxima na hodnotící stupnici.

Při druhém dotazování se zde objevuje i žlutě podbarvená lavice, která značí nižší spokojenost. I přes tuto skutečnost se však hypotéza pojednávající o snížení výkonnosti vlivem oslnění nepotvrdila. Bodový rozsah je zde 1,4 až 2,4 bodů.

8. Závěrečná doporučení

8.1 Celkové zhodnocení všech vybraných tříd

Při porovnání posuzovaných kmenových tříd byla každá třída porovnána na činitel denní osvětlenosti a z toho vycházející počet vhodných míst k sezení, rovnoměrnost denního osvětlení.

Tabulka 45: Celkové zhodnocení všech vybraných tříd

Popis veličiny	Značení	Jednotky	1. ZŠ		5. ZŠ		6. ZŠ	
			6.A	9.A	8.B	9.A	7.A	8.A
Činitel denní osvětlenosti	D_{min}	%	5,5	5,4	6,3	6,8	8,5	9,4
	D_{max}	%	1	0,9	0,9	1,3	1,2	1,3
Požadavek	$D_{pož}$	%	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 1,5
Počet vhodných míst	-	-	18	13	18	29	21	31
Počet míst k sezení	-	-	26	26	26	30	24	32
Procentuální podíl vhodných míst	**-**	**%**	**69**	**50**	**69**	**97**	**88**	**97**
Rovnoměrnost v celém prostoru	U	-	0,182	0,167	0,143	0,191	0,141	0,138
Rovnoměrnost ve funkčně vymezeném prostoru	**U**	**-**	**0,273**	**0,278**	**0,238**	**0,221**	**0,176**	**0,160**
Požadavek	$U_{pož}$	-	≥ 0,2	≥ 0,2	≥ 0,2	≥ 0,2	≥ 0,2	≥ 0,2

V tabulce jsou zvýrazněné hodnoty procentuálního podílu vhodných míst a rovnoměrnost ve funkčně vymezeném prostoru. Tyto výsledky jsou i podbarvené různými odstíny zelené a čím tmavší zelená, tím lepší světelné podmínky panující v dané třídě.

Požadavek na činitel denní osvětlenosti, D = 1,5 %, byl splněn ve všech třídách, ale ani v jedné nebyl splněn v celé ploše učebny. Největší procentuální podíl vhodných míst v učebně měla třída 9.A na 5. ZŠ a 8.A na 6. ZŠ, kdy obě získaly 97 % a tedy pouze jedno pracovní místo zde nemá ideální světelné podmínky. Další vhodnou učebnou byla učebna 7.A na 6. ZŠ, jejíchž 88 % míst k sezení má ideální světelné podmínky. Na třetím místě se umístila 8.B na 5. ZŠ a 6.A na 1. ZŠ s 69 % a jako poslední se umístila 9.A na 1. ZŠ s pouze 50 % vhodných míst k sezení. Konkrétní ideální místa k sezení s optimálními světelnými podmínkami naleznete v kapitole 7. Vyhodnocení.

Požadavek na rovnoměrnost v celé místnosti nebyl splněn v žádné třídě. Avšak požadavek na rovnoměrnost ve funkčně vymezeném prostoru, kde byla uvažována hodnota D_{min} = 1,5 %, už byl splněn u obou učeben na 1. ZŠ a 5. ZŠ. Pouze u 6. ZŠ nebyla rovnoměrnost splněna ani ve funkčně vymezeném prostoru.

8.2 Doporučení

Při návrhu novostaveb školských budov je regulace množství a kvality denního osvětlení mnohem jednodušší než u staveb stávajících. Je možné zde

především ovlivnit orientaci budov, umístění v okolní zástavbě a umístění jednotlivých tříd, rozměry učebny a dále pak výběr povrchů a jejich barevnost, volba parametrů okenních otvorů od rozměrů až po typ zasklení a případné stínění. Zatímco u stávajících budov je zlepšení nevyhovujících světelných parametrů velice složité.

Možné návrhy opatření u stávajících školských zařízení:

- regulační zařízení,
- údržba vnitřních povrchů
- případná rekonstrukce

8.2.1 Povrchová úprava

Vhodným výběrem matné povrchové úpravy zamezíme oslnění způsobené odrazem od povrchů. Při vhodném výběru barvy můžeme ovlivnit jak úroveň a kvalitu osvětlení prostoru, tak i psychiku a pracovitost žáků.

8.3 Údržba povrchů

Čištění povrchů je dle normy ČSN 73 0581–1 [6] vhodné provádět ve školních budovách nejméně dvakrát ročně. Pokud je okenní otvor špinavý jak z venkovní, tak i z vnitřní strany, snižuje se tak rapidně průchod slunečních paprsků do interiéru a s tím související pokles činitele denní osvětlenosti. A pokud vezmeme v potaz, že škola je zařízení s rušným provozem, vysokými požadavky na kvalitu denního osvětlení a hygienu, shledávám normově předepsané lhůty provádění údržby a čištění povrchů okenních otvorů jako nevyhovující a navrhovala bych jejich znásobení.

8.4 Regulační zařízení

Pomocí regulačního zařízení můžeme ovlivňovat kvalitu denního světla. V zimních měsících je obloha převážně zatažená, není proto potřeba snižovat množství denního světla. Zatímco v jarních až podzimních měsících nastávají extrémy, kdy je obloha jasná a žáci tak mohou být oslňováni slunečními paprsky

dopadajícími přímo nebo odrazem do jejich očí. Proto je zapotřebí množství pronikajícího světla regulovat.

Přímé sluneční paprsky můžeme regulovat hned několika způsoby – umístěním stínící techniky nebo vhodným výběrem výplně osvětlovacího otvoru. U novostaveb lze množství slunečních paprsků regulovat hlavně orientací učeben ke světovým stranám.

8.4.1 Stínící technika

Při výběru regulačního zařízení je důležité dbát na možnosti jeho využití, protože ne každá stínící technika se dá uplatnit pro libovolný osvětlovací otvor. Musíme tak rozlišovat mezi pevnou stínící technikou, která je v průběhu dne neměnná, anebo proměnlivou, kterou lze buď manuálně nebo automaticky nastavovat dle požadavků a také závisí na jejich umístění. Stínící technika může být umístěná třemi způsoby, a to v interiéru, v exteriéru nebo v konstrukci osvětlovacího otvoru. Mezi základní představitele stínící techniky patří závěsy, žaluzie, rolety, clony a dokonce i zeleň.

Závěsy a rolety– označení pro převážně textilní stínící prvky, jejichž hlavní výhodou jsou nízké pořizovací náklady a jejich snadné ovládání, které může být jak manuální, tak i elektronické. Jejich nevýhodou však je časté čištění. Pokud zvolíme světlejší barvy, zabráníme tak i zadržování tepelné energie v místnosti a tím způsobené přehřívání. Rolety jsou použity v 6.A na 1. ZŠ, kdy ovšem díky natočení učebny jsou používány pouze za předpokladu používání interaktivní tabule.

Žaluzie – jsou v dnešní době nejpoužívanějším stínícím prvkem vůbec. Je možné je umísťovat do interiéru, kde mohou být z tenkého kovu, plastů či z textilie, ale také do exteriéru. Díky schopnosti natáčení lamel můžeme získat ideální formu stínění dle potřeby. Žaluzie jsou použity ve všech ostatních učebnách. V 9.A na 1. ZŠ jsou použity vertikální textilní žaluzie, které jsou však nedostačujícím stínícím prvkem v této učebně, která je díky své orientaci na jihovýchod velice namáhána slunečními paprsky. Na 5. ZŠ a na 6. ZŠ jsou instalovány interiérové lamelové žaluzie, které dokáží omezit průchod slunečních paprsků do učebny.

Vzrostlá zeleň – vzrostlá zeleň je vhodný stínící prvek, který je velice účinný v letním období, kdy svými listy korigují množství propouštěného světla. Zatímco v zimním období naopak vůbec nezabraňují průchodu potřebného množství světla do interiéru. Další jeho velkou výhodou je estetičnost. Tento efektivní stínící prvek je uplatněn pouze v učebně 8.A na 6. ZŠ.

8.4.2 Výplň osvětlovacího otvoru

Při výběru parametrů zasklení může dojít ke kolizi mezi požadavky tepelné techniky a požadavky denního osvětlení. Světelná technika vyžaduje propouštění viditelné části slunečního záření a tepelná technika se snaží omezování prostupu infračervené složky záření, tedy tepla a s ním spojené i riziko přehřívaní, do interiéru a čiré sklo propouští obě složky záření ve vysoké míře. Proto je při výběru vhodné neopomíjet ani jeden obor a vybrat vhodnou kombinaci obou.

8.5 Zvýšení činitele denní osvětlenosti

Pro zvýšení činitele denní osvětlenosti postačí zlepšení jeho jednotlivých složek, ať už se jedná o složku oblohovou, vnitřní nebo vnější odraženou složku, či jejich kombinaci. Základním předpokladem pro zlepšení činitele denní osvětlenosti je zvětšení čisté plochy zasklení a zmenšení nepropustné části rámu. Přispět by mohla i úprava barevnosti, která ovlivní vnitřní odraženou složku. Dalším vhodným, ale převážně finančně a stavebně náročným prvkem je zvětšení okenních otvorů, což by pomohlo především u třídy 9.A na 1. ZŠ, kde jsou malé okenní otvory s poměrně vysokým nadpražím. K zvětšení vnější odražené složky pomůže výběr světlých povrchů na stínící překážky, které odrazí více světla.

Závěr

Diplomová práce se skládá z části teoretické a části praktické. Teoretická část diplomové práce obsahuje obecný princip světelné techniky, jak je lidský organismus ovlivněn slunečním zářením, jak na něj reaguje náš zrakový systém a zdali je zrakový systém schopen se přizpůsobit měnícím se světelným podmínkám. Další důležitou částí teorie bylo seznámení se s jednotlivými kvantitativními a kvalitativními požadavky denního osvětlení ve školách, jak a kde se zjišťují vstupní údaje potřebné pro porovnání legislativních požadavků s výslednými hodnotami a jaké nároky vůbec legislativa klade na výukové prostory.

Praktická část naopak obsahuje výběr vždy dvou kmenových učeben na stanovených základních školách tak, aby jedna učebna byla více stíněná a druhá naopak více osvětlená. Po provedení výběru byla každá škola a konkrétní třída podrobně zakreslena do výkresové dokumentace, doplněna fotografiemi a popsána z hlediska povrchů a jejich barevnosti. V učebně proběhlo místní šetření, které zahrnovalo měření odraznosti světla jednotlivých povrchů a zjištění propustnosti světla okenních otvorů. Po zpracování dat proběhlo porovnání přesnosti výstupních údajů dle metod zjišťování – měření přístroji, zjišťování dle popisu v normě a porovnáváním dle barevného vzorníku. Veškeré tyto výstupní údaje měření byly zpracovány a zadány do výpočtového programu Světlo+ tak, aby se získal co nejpřesnější obraz skutečných světelných podmínek panujících ve vybraných kmenových učebnách. Z výpočetního softwaru byly získány hodnoty činitele denní osvětlenosti a z něj vypočtené hodnoty rovnoměrnosti denního osvětlení. Do půdorysů byla také zakreslena vhodná poměrná pozorovací vzdálenost pro předem stanovené parametry.

Tyto tři výstupní hodnoty byly porovnány s požadavky, které jsou předepsané v normě ČSN 73 0580-1, a následně písemně okomentovány. Ve výsledném hodnocení byly vsazeny hodnoty činitele denní osvětlenosti a poměrné pozorovací vzdálenosti do jednoho výstupu a to tak, aby bylo zřejmé, která místa mají v učebně ideální světelné podmínky. Žádná učebna nevyhověla na rovnoměrnost denního osvětlení v celé své ploše, pouze část učeben však vyhověla na rovnoměrnost ve funkčně vymezeném prostoru. Co se týče činitele denní osvětlenosti, byl v každé učebně splněn alespoň z 50 % plochy místnosti.

V některých učebnách byl dokonce činitel denní osvětlenosti splněn na 97 % plochy místnosti.

Pro zjištění subjektivního hodnocení spokojenosti žáků v jednotlivých třídách bylo provedeno dotazníkové šetření, které mělo přiblížit jejich vnímání světelných podmínek a přiblížit nám, kde je pro žáka ideální místo k sezení a zda si vůbec žáci uvědomují příznivý dopad denního osvětlení jak na jejich psychiku, tak i na jejich výkonnost. Po vyhodnocení dotazníků vyšlo najevo, že valná většina žáků je spíše spokojená se světelnými podmínkami na jejich pracovní ploše, a i převážná většina z nich připouští, že na ně má denní osvětlení příznivý vliv. Při porovnání subjektivního pocitu žáků s výsledky výpočtů, tak i ty si odpovídají, protože na ideálních místech založených na výpočtu nesedí žádný žák, který by byl výrazně nespokojený. V druhém dotazování je zde však vidět výraznější pokles spokojenosti žáků.

V diplomové práci bylo zjištěno, že většina stávajících učeben nevyhovuje převážně na kvalitativní požadavky denního osvětlení a některé učebny nevyhovují ani na kvantitativní požadavky denního osvětlení. Množství denního osvětlení se dá regulovat za pomoci regulačních zařízení jako je například stínící technika, která zamezuje pronikání přemíry denního osvětlení do interiéru, to by prospělo především 6. ZŠ. Dále pak vhodná volba povrchové úpravy, která zamezuje oslňování způsobené odrazem světla, či vhodná volba výplně osvětlovacího otvoru. Ačkoli se v dnešní době klade velký důraz na snížení energetické náročnosti budovy, tak zde dochází ke střetu zájmů, kdy tepelná technika z důvodů vysokých solárních zisků chce průchod světelných paprsků regulovat, zatímco pro kvalitu denního osvětlení chceme naopak průchod slunečních paprsků skrz sklo zvýšit. Naopak pro zvýšení kvantitativních parametrů denního osvětlení může přispět i provádění pravidelného čištění povrchů okenních otvorů a zvětšení prosklené plochy. Toto opatření by prospělo třídám na 1. ZŠ. Je tedy důležité, aby při provozu školy, při drobných opravách či rekonstrukcích bylo dbáno základních principů denního osvětlení, které povedou ke zlepšení světelných podmínek ve třídách.

Zdroje

[1] KAŇKA, Jan. Denní osvětlení obytných místností. *Světlo: Časopis pro světlo a osvětlení* [online]. 2010, st.4 [cit. 2017-10-21]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40807.pdf

[2] Symptomy.cz – databáze příznaků a indikací častých nemocí. [online], © 2009–2017. [vid 2017_01_10] Dostupné z: http://www.symptomy.cz/anatomie/oci

[3] WikiSkripta, projekt sítě lékařských fakulta MEFANET, ISSN 1804-6517, 2016, [vid 2017_10_22], Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/w/Akomodace

[4] WEIGLOVÁ, Jiřina., KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 10. Denní osvětlení a oslunění budov.* Dotisk prvního vydání. Praha: ČVUT v Praze, 2002, 172 s.

[5] Zákon č. 258/2000 S. *o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*. Poslední zohledněná změna 225/2012 Sb.

[6] ČSN 73 0581–1: *Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, Červen 2007. Zohledněna měna Z1 z roku 2011.

[7] 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 343/2009 Sb.

[8] 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.

[9] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj

[10] Vychytil, Jaroslav. *Stavební světelná technika. Cvičení*. Praha: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 987-80-01-058-58-9.

[11] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika. Přednášky*. Praha: České vysoké učení technické. 2016. 978-80-01-06060-5.

[12] RYBÁŘOVÁ, Dagmar., MEZERA, Petr., ZELENKOVÁ, Jitka. *Občanské stavby, Typologie školských staveb I*. Praha: ČVUT v Praze, 1981, 192 s.

[13] ČSN EN 12464-1 *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: ÚNMZ, 2012, 56 s.

[14] KITTLER, Richard., KITTLEROVÁ, Lýdia. *Návrh a hodnotenie denného osvetlenia*. 2. prepracované vydanie. Bratislava: Alfa, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p. 1975, 248 s. Edícia stavebníckej literatúry.

[15] Katastr nemovitostí: *ČÚZK Nahlížení do katastru nemovitostí.* [online]. Český úřad zeměměřičský a katastrální, © 2004–2016. [vid 2017_01_10] Dostupné z: http://nahlizenidokn.cuzk.cz

[16] Mapová databáze © 2017 Google [vid 2017_11_12] Dostupné z: https://www.google.cz/maps/@50.0579947,14.4096025,14z?hl=cs

[17] Zákon č. 561/2004 Sb. *o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon).* Poslední zohledněna změna 241/2013 Sb. a zákonné opatření č. 344/2013 Sb.

[18] ČSN 73 0580-3 *Denní osvětlení budov – Část 3*: Denní osvětlení škol, ČNI Praha, Červen 2007

[19] Základní škola Jindřichův Hradec V, Větrná 54. [online]. [vid. 2017__08__10]. Dostupné z: http://www.6zs.jhnet.cz

[20] KAŇKA, Jan. *DEO 1. Vybrané stati ze stavební světelné techniky*. První vydání. Praha: ČVUT v Praze, 2014, 88 s. ISBN 978-80-01-05468-0.

[21] ČSN 36 0011-1 *Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení*. Praha: ÚNMZ, 2014, 16 s.

[22] CEMIX, *Vzorník barev*, 2017, dostupné z: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb.

[23] ČSN 36 0011-2 *Měření osvětlení prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: ÚNMZ, 2014, 12 s.

[24] JpSoft s. r. o. SVĚTLO+ [software] *Software pro denní osvětlení a oslunění budov*. Verze 1.32 profi. Informace na www. Svetloplus.cz

[25] GAVORA, Peter. *Úvod do pedagogického výzkumu 2010*, Paido, 2010, 261 s. ISBN: 978-80-7315-185-0

[26] Český statistický úřad: Veřejná databáze. *Zaostřeno na ženy a muže 2016* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-10-05]. Informace na: https://www.czso.cz/

Seznam příloh

Příloha A – Vzorový dotazník	2
Příloha B – Výkresová dokumentace	samostatné desky
Příloha C – Dotazníkové šetření	CD

DOTAZNÍK K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Ahoj,

chtěla bych Tě požádat o vyplnění dotazníku, který bude sloužit jako podklad pro vypracování diplomové práce na téma osvětlení ve školních budovách na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Z Vámi vypracovaných dotazníků bude sestaveno hodnocení této učebny, které bude následně porovnáno s výsledky provedeného měření a následně porovnáno s normovými požadavky.

Předem Ti děkuji za pečlivé vyplnění. Bc. Dominika Müllerová

Správné odpovědi kroužkujte. Datum: _ _ . _ _ . 2017 Čas: _ _ : _ _

1. Jaký je tvůj věk? ……..

2. Jaké je tvé pohlaví?

žena	muž

3. Jakou rukou píšeš?

levou	pravou

4. Jaký je tvůj zrak?

nosím čočky do blízka	nosím čočky do dálky	nosím brýle na blízko	nosím brýle na dálku	nepoužívám žádnou korekci zraku
jiné: ……				

5. Jaké je venku počasí?

jasno	polojasno	zataženo

6. V kolikáté řadě sedíš? (bude blíže upřesněno) ……..

7. Kde sedíš? (zakroužkujte konkrétní místo)

TABULE		
L P	L P	L P

8. Vidíš dobře na tabuli?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

9. Vidíš dobře do sešitu?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

10. Stíníš si rukou při psaní do sešitu?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

11. Stíní Ti tvůj soused v lavici?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

12. Dopadají na Tvé místo přímé sluneční paprsky, nebo vám stíní okolní budovy tak, že vám do učebny nejde slunce?

určitě dopadají	spíše dopadají	jak kdy	spíš stíní	určitě stíní

13. Máš během vyučovací hodiny dostatečně osvětlený prostor na lavici?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

14. Myslíš si, že denní osvětlení učebny je dostatečné?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

15. Pracuje se Ti lépe při denním osvětlení?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

16. Máš při vyučovací hodině raději rozsvícené zářivky?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

17. Svítí se v učebně hodně zářivkami?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

18. Musíte v učebně často rozsvěcet světlo, abyste na tabuli viděli lépe?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

19. Stane se, že Ti slunce zasvítí skrz okno přímo do očí?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

20. Máš během vyučování problémy s lesknutím se některých předmětů? Chvíle, kdy špatně vidíš, protože se předměty lesknou a tobě do očí dopadají tzv. „prasátka“.

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

21. Leskne se Ti občas tabule tak, že máš problém z ní něco přečíst?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

22. Zatahujete během vyučování žaluzie nebo závěsy?

nezatahujeme závěsy	ano, protože není vidět na tabuli	ano, protože nás oslňuje slunce	ano, protože je nám ve třídě horko
jiné: ……..			

23. Myslíš, že má denní osvětlení příznivý vliv na tvoje zdraví?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne

24. Pociťuješ během vyučování zdravotní problémy způsobené špatným osvětlením učebny?

žádné bolesti	bolesti hlavy	pálení očí	slzení očí
jiné: ……..			

25. Pociťuješ v důsledku oslnění sníženou soustředěnost a hůře se ti při hodině pracuje?

určitě ano	spíš ano	nevím	spíš ne	určitě ne