



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

**HODNOCENÍ UČEBEN NA GYMNÁZIU
Z HLEDISKA DENNÍHO OSVĚTLENÍ**

**EVALUATION OF CLASSROOMS IN GRAMMAR
SCHOOL IN TERMS OF DAYLIGHT**

Diplomová práce

Martina Haasová

Praha, 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Haasová Jméno: Martina Osobní číslo: 381038
Zadávací 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 učeben na gymnáziu z hlediska denního osvětlení
Název diplomové práce anglicky: Evaluation of classrooms in a grammar school in terms of daylight

Pokyny pro vypracování:

Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Zdůvodnění potřeby denního světla. Výpočtové posouzení kmenových i odborných učeben na gymnáziu z hlediska denního osvětlení podle požadavků kladených platnou legislativou. Změření vybraných vstupních parametrů (činitel odrazu světla). 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: 6. 10. 2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8. 1. 2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Martina Haasová

Název diplomové práce: Hodnocení učeben na gymnáziu z hlediska denního osvětlení

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 kmenových i odborných učebnách na gymnáziu 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:

Datum:

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 použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

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

Vybraná část projektové dokumentace byla zpracována dle vyhlášky 499/2006 Sb. ve znění 62/2013 Sb. v rozsahu zadaném vedoucím bakalářské práce.

V Praze dne 8. 1. 2017

Martina Haasová

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval v rámci konzultací mé práce a při asistenci u měření. Dále bych chtěla poděkovat rodině, příteli a přátelům za podporu.

Anotace

Předmětem diplomové práce bude zhodnocení učeben na gymnáziu z hlediska denního osvětlení - popsání požadavků denního osvětlení kladených na školní učebny a zdůvodnění potřeby denního světla.

Součástí práce bude popis barev, jejich vlivu na psychiku a vnímání člověka a jejich význam použití ve školních budovách.

K hodnocení budou vybrány dvě geometricky podobné učebny, avšak s rozdílnou orientací ke světovým stranám pro možnost vzájemného porovnání výsledků. Pro získání základních vstupních parametrů bude provedeno měření v obou hodnocených učebnách pomocí luxmetru a jasoměru. Získané hodnoty budou porovnány a použity pro výpočet dalších parametrů. Další hodnoty pro porovnání s normou budou získány pomocí výpočtu a specializovaného softwaru.

Zároveň bude proveden průzkum názorů žáků na úroveň a kvalitu osvětlení v daných učebnách pomocí dotazníků. Výsledky hodnocení dotazníků budou konfrontovány s předem stanovenými hypotézami.

Klíčová slova

Denní osvětlení, kvalita osvětlení, činitel denní osvětlenosti, měření, výpočet, školní budova, učebna, dotazník

Annotation

The subject of this thesis will be to evaluate two classrooms in grammar school in terms of daylight, describe the requirements for them and justify the necessity of daylight.

Part of this work will be a description of colors, their impact on the human psyche and perception and meanings of their use in school buildings.

For evaluation will be selected two geometrically similar classrooms, each classroom has different orientation for better mutual comparing of results. Basic input parameters will be measured in each classroom by luxmeter and luminance meter. The values will be compared and use to calculate other parameters. Other values for comparison with the standard will be obtained by calculation using equations and specialized software.

It will be also done the opinion survey through questionnaires among pupils regarding the level and quality of light in classrooms. Results of the evaluation of questionnaires will be confronted with pre-established hypotheses.

Keywords

Daylight, light quality, daylight factor, measurement, calculation, school building, classroom, questionnaire

Obsah

Úvod	11
1 Popis problematiky denního osvětlení.....	12
1.1 Trvale udržitelný rozvoj.....	12
1.2 Význam denního světla pro lidský organismus	12
1.2.1 Význam denního světla pro oči.....	13
1.2.2 Význam denního světla pro psychiku	13
1.2.3 Chromoterapie	14
2 Vliv barev na člověka	14
2.1 Vnímání barev.....	14
2.2 Obecná pravidla pro volbu barev	14
2.2.1 Použití barev pro zlepšení orientace.....	15
2.2.2 Optický efekt barev	15
2.2.3 Jednotlivé barvy a jejich účinky na naše zdraví	15
2.3 Uplatnění barvy ve školním prostředí.....	17
2.3.1 Význam barev ve škole	18
2.3.2 Vhodné barvy do interiéru	18
2.3.3 Správné barevné řešení pro konkrétní prostory	19
2.3.4 Vhodné umístění barev ve třídě.....	21
2.4 Barva jako fyziologický vjem.....	22
3 Požadavky na školní budovy	23
3.1 Technické požadavky.....	23
3.2 Hygienické požadavky na prostory a provoz škol	24
3.3 Požadavky na denní osvětlení škol.....	25
3.3.1 Všeobecné podmínky	25
3.3.2 Základní požadavky na denní osvětlení	26
3.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti.....	26
3.3.4 Rovnoměrnost denního osvětlení	26
3.3.5 Rozložení světla a zábrana oslnění	27
3.3.6 Odraznost světla a kolorita povrchů	27
3.3.7 Návrh a užívání budov z hlediska denního osvětlení.....	28
3.3.8 Osvětlovací otvory	28

3.3.9	Regulace denního osvětlení	28
3.3.10	Údržba a kontrola	29
3.3.11	Venkovní podmínky.....	29
3.4	Požadavky na specializované učebny	29
3.4.1	Učebna pro výtvarnou výchovu.....	29
3.4.2	Učebna pro hudební výchovu.....	30
4	Hodnocení objekt	31
4.1	Lokalizace a popis okolí objektu.....	31
4.2	Popis objektu.....	33
4.2.1	Dispozice objektu.....	33
4.2.2	Konstrukční řešení	34
4.3	Funkční rozdělení.....	35
5	Hodnocení gymnázia	36
5.1	Popis hodnocených učeben.....	36
5.1.1	Učebna F5.....	36
5.1.2	Učebna B18.....	39
5.2	Popis osvětlovací soustavy hodnocených učeben.....	42
5.3	Měření	43
5.3.1	Činitel odrazu světla	43
5.3.2	Činitel prostupu světla	49
5.4	Výpočet	51
5.4.1	Modelování v programu	51
5.4.2	Hodnocená kritéria.....	52
5.5	Dotazníkové šetření.....	64
5.5.1	Popis metody	64
5.5.2	Výběr metody	64
5.5.3	Okrajové podmínky.....	64
5.5.4	Popis dotazované skupiny	65
5.5.5	Vyhodnocení	69
5.5.6	Vzorový dotazník	71
6	Vyhodnocení hypotéz.....	73
6.1	Levoručí lidé vidí hůře na sešit a jsou více nespokojeni	74
6.1.1	Vyhodnocení spokojenosti žáků píšící levou rukou	76

6.2	Vliv orientace učebny na komfort uživatele.....	77
6.2.1	Vyhodnocení vlivu orientace učebny na komfort žáka	79
6.3	Nejvhodnější barevné řešení interiéru učebny.....	79
6.3.1	Vyhodnocení ideální barevnosti učebny.....	81
6.4	Ideální místo je uprostřed třídy	82
6.4.1	Vyhodnocení ideálního místa v učebně.....	99
7	Návrh opatření	100
7.1	Ochrana proti oslnění a jasové poměry	100
7.2	Údržba povrchů ovlivňující denní osvětlení	100
7.3	Zlepšení činitele denní osvětlenosti	100
	Závěr	102
	Použitá literatura	103

Přílohy:

Příloha č. 1 – Vyplněné dotazníky studenty gymnázia

Úvod

Má diplomová práce se zaměřuje na problematiku denního osvětlení a to speciálně na školní budovy. Denní osvětlení společně s prosluněním budov, tepelnou technikou a akustikou tvoří dohromady obor stavební fyzika, který je zodpovědný za komfort a pohodu v budovách. Z těchto tří odvětví se světelné technice přikládá nejmenší pozornost, proto jsem se rozhodla tomuto tématu více věnovat.

Cílem práce bude vyhodnotit a porovnat požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení a zdůvodnit tyto potřeby. Proběhne posouzení konkrétních kmenových i odborných učeben na gymnáziu v Ústí nad Labem z hlediska denního osvětlení podle požadavků kladených platnou legislativou. Tuto školu jsem navštěvovala 8 let. Z dob mého studia znám tedy dobře její prostory. Vybrané vstupní parametry na místě osobně změřím. Množství a kvalitu světla posoudím nejprve početně a následně budou zjištěny i názory samotných žáků prostřednictvím dotazníků. Dále se budu zabývat nejvhodnějším barevným řešením interiéru učeben, vlivem jejich orientace na komfort uživatele, výběrem ideálního místa a posoudím spokojenost žáků v učebně multikriteriálním hodnocením.

Na závěr porovnáím výsledky výpočtů s názory žáků a navrhnou doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

1 Popis problematiky denního osvětlení

Planeta Země a Slunce se ve vesmíru pohybují. Jejich pohyby se opakují v určitých periodách a tomu se přizpůsobily všechny živé organismy na naší planetě. Sluneční záření spolu se vzduchem, vodou a fyzikálními zákony patří mezi základní potřeby. Absence každé z nich se projeví jiným způsobem, ale všechny vedou v první řadě ke ztrátě komfortu a v poslední řadě až ke smrti. Rozdíl v dopadu na lidský organismus tkví především v době působení, po kterou se bez nich neobejdeme. Nedostatek denního světla a slunečního záření se může projevit až po delší době a často si ho ani neuvědomujeme. Hodnocení kvality a množství světla také ztěžuje fakt, že každý člověk je jinak citlivý a je pro něj příjemné jiné světelné prostředí.

1.1 Trvale udržitelný rozvoj

V poslední době často slyšíme o otázce trvale udržitelného rozvoje. Udržitelným rozvojem se rozumí takové naplňování potřeb současné generace, které by umožnilo nejméně ve stejném rozsahu naplňovat potřeby generacím budoucím. Jedná se především o vyčerpání přírodních zdrojů. Slunce je obnovitelný zdroj, a pokud pomineme výrobu fotovoltaických a fototermických panelů, s jeho využíváním není spojena žádná kontaminace životního prostředí. Pokud správně navrhne dispozice, může nám to ušetřit mnoho energie, kterou bychom museli spotřebovat umělým světlem.

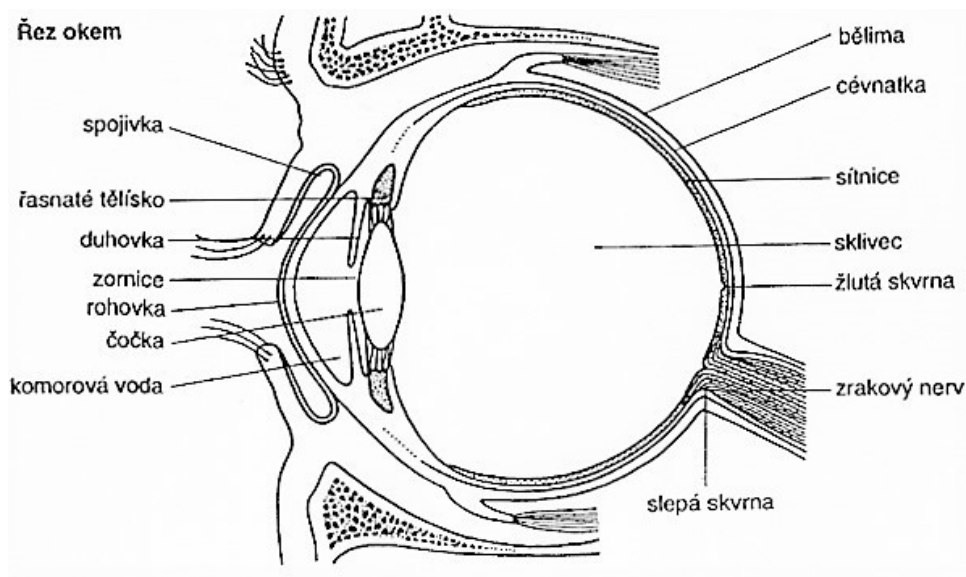
1.2 Význam denního světla pro lidský organismus

Díky opakování denního světla během dne jsme si vytvořili biorytmy, kterými se řídí naše tělo a není dobré je narušovat. Sluneční paprsky ovlivňují i naši psychiku a náladu.

Jelikož v současnosti lidé tráví téměř 90 procent svého času v interiérech staveb, nemělo by nám být jedno, v jak kvalitním prostředí se nacházíme. V prostorách, ve kterých se vyskytujeme opakovaně delší dobu, jako je bydlení a pracoviště, by mělo být dostatečné množství slunečního záření a mělo by být dostatečně osvětlené denním světlem. Byty s nedostačujícími podmínkami působí temně, neútně a mohou mít negativní dopad i na psychickou pohodu a tělesné zdraví. Stejně tak na pracovišti, kde je hlavní složkou osvětlení světlo umělé, se zhoršuje kvalita práce, soustředění a v některých případech může dojít i k trvalému poškození zraku.

1.2.1 Význam denního světla pro oči

Naše oči jsou navrženy tak, aby se přizpůsobily různým úrovním osvětlení. Pokud jsme v šeru, naše zorničky se rozšiřují, aby se na sítnici dostalo více světla. Tyčinky a čípky, které se nacházejí na sítnici oka, informují mozek o množství světla. Pokud vejdemo do tmavé místnosti, z počátku uvidíme pouze tmu. Díky procesu adaptace zorničky postupně začneme vidět čím dál lépe. Pokud v tento moment rozsvítíme, bude světlo nesnesitelně jasné, dokud se naše zornička opět nepřizpůsobí. Stejně tak, když se díváme na něco z velké blízkosti, oko se musí přizpůsobovat a svaly se tak namáhají, [26].



Obr. č. 1: Popis skladby oka [25]

1.2.2 Význam denního světla pro psychiku

Dalším dopadem nedostatečného přísunu denního světla je tzv. sezonní deprese. Světlo, díky kterému můžeme vidět, nám zároveň napomáhá regulovat naše vnitřní biologické hodiny během dne. Za čelem, hluboko mezi mozkovými hemisférami, se nachází malý orgán nazýván epifýza neboli šišinka, který vylučuje hormon melatonin, jenž řídí naše biologické rytmy. Melatonin se začíná tvořit v okamžiku, kdy se začne snižovat intenzita světla, a proto je přezdíván spánkovým hormonem. Jeho úkolem je umožnit nám usnout hlubokým, regenerujícím spánkem. Moment, kdy do očí pronikne sluneční světlo, je pro tělo signál, aby produkci melatoninu ukončilo. Organismus díky tomu začne fungovat naplno a lidé jsou aktivní a svěží, [27].

1.2.3 Chromoterapie

Používání barev a světla k vyvážení energie v lidském těle a její doplnění po stránce psychické, emocionální i mentální se nazývá chromoterapie, neboli terapie barev, a řadí se mezi alternativní medicíny.

Již staré civilizace a kultury, jako např. Egypťané a Číňané, užívaly barev pro léčebné účely. Chromoterapie v sobě zahrnuje jako léčebný prostředek kromě působení barev také světlo. Některé účinky barev, podle těchto starobylých metod, pomáhaly třeba zklidňovat, zmírňovat nemoci, pomáhaly při léčbě bolesti nebo naopak, stimulovaly tělo a mysl, zvyšovaly energii apod, [22].

2 Vliv barev na člověka

Podstatou barvy a vlivu na člověka se zabývalo mnoho pedagogů, psychologů, fyziologů, umělců i vědců. Jedním z nich byl například Johan Wolfgang Goethe, který napsal nauku o barvách a provedl četná pozorování barev a pokusy s nimi, dále Arthur Schopenhauer, který zkoumal barevné kontrasty a jejich využití nebo i náš Jan Evangelista Purkyně, který barvy popsal jako subjektivní zjevy světelné. Problematiku barev popisují mnohá díla, pro nás může být tematicky nejzajímavější „Barva v architektuře, její zákonitosti a kompozice“, dílo Karla Hanuše z roku 1957, [20].

2.1 Vnímání barev

Předměty kolem nás vnímáme jako různě barevné proto, že jejich povrchy odrážejí světlo různých vlnových délek různou měrou. Zatímco bílé zbarvené plochy odrážejí většinu dopadajícího světla, černé povrchy většinu světla pohlcují a odrážejí velmi málo. Dalším důležitým parametrem je úprava povrchu zkoumaného materiálu, tedy zda jde o lesklý či matný povrch. Snadno se může stát, že lesklý černý povrch bude odrážet více než matný modrý povrch apod. Barvy pohlcují určité množství světla a část ho odrážejí. Tato skutečnost se nazývá odrazivost a je vyjádřena v procentech.

2.2 Obecná pravidla pro volbu barev

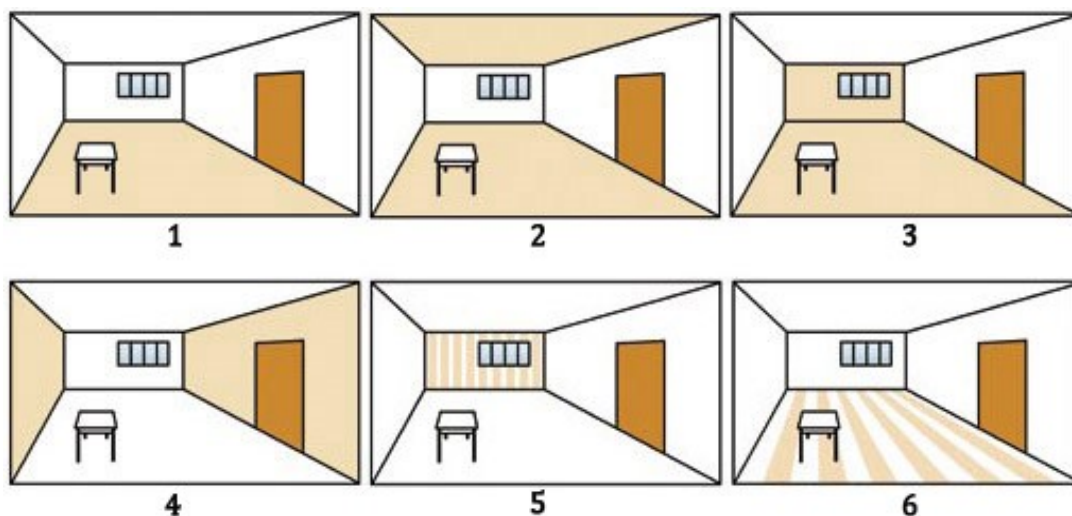
Náš pocit z nějakého prostoru se podvědomě orientuje podle přírody. Jsme zvyklí mít nad hlavou světlé nebe a pod nohama tmavší barvu trávy, písku, kamení, půdy nebo mechu. V místnostech, které jsou zařízeny podle tohoto přírodou daného barevného členění, se cítíme instinktivně dobře.

2.2.1 Použití barev pro zlepšení orientace

Prostor by měl být jasně čitelný a měl by sdělovat, k jakému účelu slouží. Celkové řešení interiéru by mělo vytvářet takový barevný obraz, aby bylo jasné, jaké aktivity zde probíhají.

2.2.2 Optický efekt barev

Pokud známe působení jednotlivých barev, můžeme je využít pro úpravu prostoru bez stavebních úprav. Optického efektu docílíme vhodnou kombinací barev a odstínů použitých na stěnách, stropu a podlaze. Tím můžeme např. daný prostor opticky zmenšit, zvětšit, zúžit či rozšířit. Aby místnost působila prostorněji, zvolíme bílý strop, stěny světlé a podlahu tmavší barvy. Naopak, pokud na stěny zvolíme sytější odstín, prostor opticky zmenšíme. Tmavé odstíny na strop volíme pro snížení, ztmavení či zvýraznění prostoru, např. do kinosálů nebo divadel. Pro prohloubení místnosti použijeme světlejšího odstínu na zadní straně v porovnání s odstínem na bočních stěnách. Pokud bychom vybrali tmavší odstín na zadní stěnu, místnost opticky zkrátíme. Možností je mnoho, záleží na konkrétním prostoru a uživatelském požadavku.



Obr. č. 2: Optický efekt barev v místnosti [24]

2.2.3 Jednotlivé barvy a jejich účinky na naše zdraví

MODRÁ

Modrá je barvou klidu, harmonie a nekonečna. Zklidňuje, ale zároveň pomáhá zvýšit koncentraci. Je barvou uspořádanosti, systematičnosti, míru a poklidu, často ale taky smutku či lhostejnosti a odstupu. Často se využívá v pracovní oblasti jako dekorace či barva v kancelářích, kdy podněcuje k produktivitě.

Tato barva posiluje životní sílu, přináší klid a mír. Modrá je vhodná při alergiích, astmatu, tiší bolest a celkově zklidňuje. Tato barva nejméně

podněcuje chuť k jídlu a osvědčuje se u lidí s vysokým tlakem, protože vjem modré barvy přispívá ke snížení pulzu a následně i tělesné teploty, [21], [23].

FIALOVÁ

Fialová barva je symbolem bohatství a důstojnosti. Tím, že se v přírodě moc nevyskytuje, spojuje se s exotičností či nepřirozeností. Je barvou tajemna, záhad a mysterií. Působí na nevědomí, dodává tak hluboké uvolnění, duchovní sílu a poznání. Tato barva posiluje relaxaci či meditaci.

Fialová je barvou klidu a vnitřního míru. Pomáhá posilovat city a intuici, hluboce uvolňuje a uklidňuje. Fialová barva je vhodná pro jedince trpící neklidem, nervozitou, smutkem či strachem, [21], [23].

ČERVENÁ

Červená je barvou slunce, ohně, života, srdce, lásky, ale také zlosti a hněvu. Je tedy barvou intenzivních emocí a extrémů. Dodává člověku energii, elán, aktivitu, uvolňuje potlačené emoce a probouzí sexualitu.

Červená je velmi provokativní, dokáže zrychlit dech, tep i krevní tlak. Vyvolává nárůst pracovní aktivity i chuti k jídlu. Tato barva povzbuzuje všechny smysly. Hodí se při léčbě depresí a melancholie, [21], [23].

RŮŽOVÁ

Růžová je barvou něhy, nevinnosti, spokojenosti, klidu a lásky. Harmonizuje, pomáhá rozvíjet spolupráci a kolektivní pospolitost.

Tato barva pomáhá zjemňovat a harmonizovat negativní emoce, myšlenky a životní postoje. Méně výrazné odstíny růžové mají uklidňující efekt. U žen je vhodná při léčbě traumat z dětství, v kombinaci s psychoterapií, případně homeopatií, [21], [23].

ŽLUTÁ

Tato barva je nejsvětlejší ze všech sytých pestrých barev. Je teplá, prozařující až svítivá. Žlutá působí velmi blahodárně na všechny smysly, zlepšuje náladu, svěžest, kreativitu, je velmi optimistická. Avšak je barvou, která je nejvíce únavná pro oči kvůli velkému množství světla, které odráží. Tato barva na pozadí počítače či papíru vede k oční únavě a v extrémních případech k horšímu vidění či zhoršení zraku.

Tato barva zvyšuje rychlost metabolismu, pomáhá uvolňovat pozitivní energii, působí na intelekt, koncentraci, dodává životní jiskru a elán, ale v někom může tato barva také evokovat pocity frustrace a hněvu.

Je to barva, která poutá pozornost. Používá se proto často v dopravě, zvýraznění v textu při učení či reklamě, [21], [23].

HNĚDÁ

Hnědá barva je barvou přírody, která evokuje pocit síly a spolehlivosti. Kromě pocitu tepla, pohody a bezpečí může však u někoho vyvolat i rozpoložení smutku a izolace. Hnědá je barvou sofistikovanosti a inteligence, [21], [23].

ORANŽOVÁ

Oranžová je barvou radosti, úspěchu, spokojenosti a kreativity. Patří mezi nejoblíbenější barvy.

Oranžová barva bývá úžasným pomocníkem při léčbě traumat, závislostí a dlouhotrvajícího smutku. Pomáhá člověku najít opět vnitřní klid, radost a sílu jít dál, [21], [23].

ZELENÁ

Zelená je barva přírody a zdraví. Symbolizuje rovnováhu, harmonii a klid. Podle výzkumů může zelená barva u dětí zlepšit jejich schopnost číst. Tato barva také dodává sebevědomí, proto je vhodná pro jedince, kteří mají problém s nerozhodností.

Tato barva má uklidňující účinek na tu část mozku, která kontroluje a koordinuje pohybové funkce, normalizuje krevní a oční tlak a zvyšuje bystrost zraku. Zelená také posiluje vyčerpané nervy, zklidňuje a dodává novou energii. Její účinek je i relaxační, [21], [23].

BÍLÁ

Bílá je barvou světla, symbolem čistoty, nevinnosti, věčnosti, moudrosti. Prozrazuje citlivost, smysl pro čistotu a pořádek. Je barvou začátku života, ale i konce.

Pomáhá osvětlovat a pročišťovat. Navozuje iluzi prostoru, chladu, sterility či neutrálnosti. Místnosti vymalované nebo dominující bílou se zdají prostorné, avšak prázdné a nepřátelské, [21], [23].

ČERNÁ

Černá barva absorbuje všechny ostatní barvy barevného spektra. Černá je barva nejtemnější, vážná, pevná, těžká. Obvykle představuje temnotu, zlo, prázdnotu, smutek, smrt. Ve světě má tato barva i jinou tvář. Ve starém Egyptě černá barva reprezentovala život a znovuzrození. Ve východních zemích je barvou plodnosti. Černá je zde vnímána jako barva úrodné půdy, tma zase místem vznikaní a klíčení. Kabala jí vnímá jako symbol královské moci a porozumění pocitům.

Černá dokáže působit nejdepresivněji ze všech barev a odstínů. V mnoha lidech vzbuzuje pocity strachu a úzkosti. Obvykle zabraňuje proudění energie. Nemocní a lidé trpící proměnlivými náladami či psychickými potížemi by se jí měli vyhýbat, [21], [23].

2.3 Uplatnění barvy ve školním prostředí

Otázky barevnosti ve škole těsně souvisejí s otázkami celkového života ve škole, s prací žáků a učitelů na různých věkových stupních, v různých vyučovacích předmětech atd. Dnešní školní budova se člení na účelové prostory. Jedná se o prostory určené pro běžnou výuku, pro práci zájmových kroužků, pro oddech, rekreaci apod. Barevné řešení jednotlivých částí budovy je do značné míry závislé na účelovém zaměření místností, na charakteru práce, pro niž jsou určeny i na věku žáků. Mechanický přístup k otázce barevnosti ve škole může vést k druhému extrému, čímž je živelné použití barev bez ohledu na psychologické a světelně technické důsledky.

2.3.1 Význam barev ve škole

Vliv školního prostředí je součástí života žáků a má působit na citovou, rozumovou i mravní stránku dětské psychiky.

Ukazuje se, že je správné věnovat pozornost nejen technickým a hygienickým požadavkům, ale také drobným detailům školního interiéru, jejichž působení si sice žáci ani neuvědomují, které však do jisté míry spolupůsobí na jejich náladu, podněcují jejich tvořivost, udržují je v pozornosti, povzbuzují je k větší činnosti atd. Je to například použití správných barev. Jak již bylo zmíněno, některé barvy uklidňují, např. světlé odstíny modré. Proto bývá tato barva tak častá např. v léčebnách pro neurotické pacienty i pro těžší případy duševních poruch. Psychologická reakce na červenou může přivodit naopak oživení mozkové činnosti, tepu a chuti k jídlu [21], [23]. Každá barva má svůj specifický účinek.

Ze zkušeností z dětské psychologie víme, že k barvě má dítě interní vztah a že na barevné podněty reaguje velmi intenzivně. Zajímavostí je, že dítě se nerodí se schopností vidět barevně. Té se postupně učí a získává ji v přesně stanoveném pořadí. Zprvu novorozenec vnímá jen červenou, oranžovou, žlutou a zelenou barvu. Postupně se k nim přidává fialová, modrá atd. Vědci to vysvětlují odlišnou vlnovou délkou paprsků slunečního spektra [23]. Právě u dětí si nejlépe uvědomujeme, jaký účinek mají barvy na lidský organismus. Je proto výhodné používat barvu jako prostředek péče o dítě a působit tak na něj nejen pravidly, předpisy a domluvami, ale také barvami.

Dle některých studií může barva, je-li v okolí dítěte vhodně zvolena, podnítit snahu o udržení čistoty a pořádku. Mohla by však být využita i ve větším měřítku. Psychologické pokusy s dětskou vnímavostí barev ukázaly, že v prvním období školního věku dávají chlapci přednost barvě červené, dívky pak růžové. Od devátého do jedenáctého roku věku dítěte převažuje jeho obliba oranžové, žluté či žlutozelené. V pubertě, okolo dvanáctého roku života, se souběžně s obdobím biologického dozrávání dostává do popředí barva modrá, jako znak rozumového zaměření, [20].

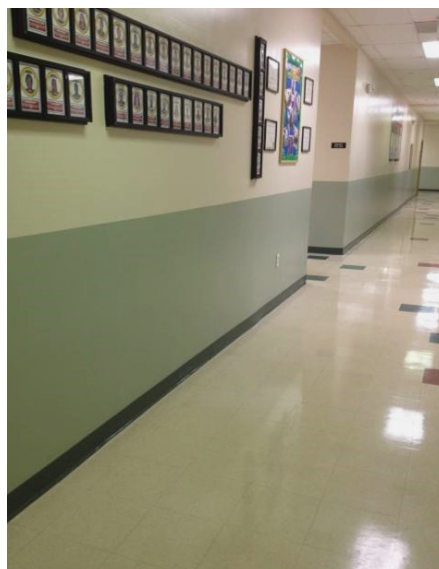
2.3.2 Vhodné barvy do interiéru

Vhodnou volbou pro školní prostředí jsou pastelové barvy. Na barevné paletě se pohybují mezi odstíny žluté, růžové, fialové či modré. Působí na děti střídavě a nerozptylují jejich pozornost jako křiklavé, syté odstíny. Vytváří veselou, ale přitom klidnou atmosféru [30]. Povědomí o potřebě adekvátních prostor pro práci, má při vzdělávání dětí svou důležitost. Zvláště při konkrétních činnostech a s ohledem na jejich věk. Například v učebnách, kde se vyučují předměty vyžadující větší množství duševní námahy, je vhodné užít žlutých odstínů, které podněcují a stupňují duševní činnost, [23].

Vhodně zvolené barvy nemají jen vizuální význam – umí například také usnadňovat komunikaci v prostředí, kde se děti cítí nejistě. Porovnání různého užití barev pro stejný funkční prostor je vidět na obr. č. 3 a 4. Na chodbě na obr. č. 3 je použito více pestřejších barev, tím pádem působí prostor veseleji a přívětivěji. Je tedy vhodný pro nižší stupně škol. Kdežto obr. č. 4 zobrazuje chodbu, kde jsou použity chladnější barvy a méně syté odstíny. Ty se hodí více pro formální a reprezentativní prostor. Může se jednat například o vysokou školu.



Obr. č. 3: Porovnání použití barev pro stejný funkční prostor – pestře barvy [29]



Obr. č. 4: Porovnání použití barev pro stejný funkční prostor – chladné barvy [28]

2.3.3 Správné barevné řešení pro konkrétní prostory

Pro volbu barvy v učebnách je důležitá i jejich orientace ke světovým stranám. V učebnách obrácených na jih, kde přímé světlo vysoké intenzity vniká okny do prostoru, je vhodné sytost žluté snížit, popřípadě zmenšit i její světlost. Vyšší sytosti barvy můžeme užít např. v dílnách, v místnostech pro hudební výchovu apod., anebo v prostorech, kde se zdržují žáci krátkou dobu, např. na chodbách a schodištích.

Ve škole se objevují i prostory, které musí sloužit více účelům. Jídelna slouží pro stravování, ale může sloužit i jako shromažďovací prostor nebo místo pro aktivitu zájmových kroužků. Toto se týká především menších škol, které nedisponují jinými vhodnými prostory. Kabinety slouží jako zázemí pro učitele nebo jako pomocné laboratoře pro žáky. Barevně vyhovět víceúčelovému použití prostoru není jednoduché. Klasickému vyučování v učebnách vyhovují měkké kontrasty a jemná sytost barev, kdežto práce zájmových kroužků v témže prostoru dá přednost kontrastnější a pestřejší

barevnosti. Vhodnou kombinací pro výše uvedené požadavky by mohl být prostor s nepříliš sytými a vyváženými barvami a měkkými kontrasty, [20].

V jídelně se při dnešním provozu zdržují žáci cca 15 - 20 minut denně, hlavně při obědě. Jelikož se počítá se stravováním všech žáků, mají jídelny velké rozměry. Velký prostor nemůže být barevně těžký a vážný. Měl by mít dostatek barevného oživení, přitom by měl být barevně jemně kontrastní a klidný. V jídelnách se osvědčuje nápadnější vzorování, čímž se odstraní barevná jednotvárnost velkých ploch a zpříjemní se jejich vzhled, [20].

Barevné řešení pro dílny musí vycházet z požadavků bezpečnosti práce. Při výběru barev bychom měli vycházet z barvy zpracovávaného materiálu, aby se usnadnilo zrakové vnímání a rozlišování jednotlivých částí. Na pracovištích, kde se používá dřevo, je vhodné volit teplých, převážně žlutých a oranžových odstínů, kdežto v dílně na zpracování kovů by byly vhodnější šedé odstíny v kombinaci s veselejšími barvami jako je žlutá nebo zelená, [20].

V přednáškových sálech nebo v posluchárnách je potřeba maximálního soustředění studentů. Jejich pozornost zde podpoří odstíny klidnějších barev, nejlépe vyhoví zelená. Z pohledu přednášejícího je vhodné použít pro zadní stěnu síně povzbudivější barvu, např. žlutozelenou, [20].

V učebnách pro výtvarnou výchovu jsou vhodné neutrální barvy s menší odrazivostí, aby nerušily pozorování modelu, [20].

V tělocvičnách se také vyžaduje soustředění pozornosti. Proto se v nich nepoužívá příliš jasných a sytých barev. Pozor bychom si měli dát také na vysokou odrazivost. Z důvodu velkého objemu tělocvičny má barva stropu a podlahy značný vliv na dobré osvětlení tělocvičny. Strop vyhovuje nejlépe bílý, podlaha ve světlých měkkých odstínech, [20].

Komunikační prostory by měly sloužit k rozptýlení, aby se žák necítil zavřený v jednom prostoru. Měly by poskytovat kontrast k barevnému řešení učeben. Barevné odstíny užití na chodbě a schodišti musí však být v souladu s barvami učebny. Barevné řešení může ve školách vytvořit zcela novou atmosféru, a tím pomoci žákům i učitelům v jejich práci, [20].

2.3.4 Vhodné umístění barev ve třídě

V učebně je nejdůležitější čelní stěna s tabulí, před níž stojí učitel, který má vedoucí úlohu v procesu vyučování a poutá pozornost žáků. Zrak žáků je nejvíce namáhán v hodinách, při nichž žáci sledují výklad učitelů s použitím pomůcek, nebo když opisují z tabule. Zrak je během vyučování většinou upínán na čelní stěnu, která má jeho pozornost nejen přitahovat, ale zároveň tvořit vhodné, nepřilíš kontrastní pozadí pro tabuli. Ta musí být osvětlena tak, aby ji bylo možné snadno a s co nejmenší námahou sledovat. Při změně pohledu z tabule na lavici (a naopak) dochází ke změně směru pohledu, oko se musí přizpůsobit jiné pozorovací vzdálenosti, změně jasu i kontrastu. Papír v knize či sešitu ležícím na lavici má jas běžně i $100 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Aby nedocházelo k nadměrnému namáhání zraku při změně pohledu z lavice na tabuli, nesmí mít tabule jas menší, než je přibližně třetina jasu papíru. Pro černou tabuli by vertikální osvětlenost musela být kolem 1000 lx. Pro tabuli tmavě zelenou již postačuje osvětlenost asi 600 lx, [34].

Čelní stěna nemá kontrastovat s okenní stěnou ani podélnou stěnou proti oknu. Je vhodné proto volit o něco sytější a tmavší odstín než pro ostatní stěny. Dobré zkušenosti jsou se zelenou barvou, která, jak již bylo řečeno, uklidňuje oči a má i určité regenerační účinky. Dnes se ve škole čím dál častěji objevují bílé tabule, na které se píše tmavým fixem. Na tuto skutečnost je třeba reagovat správnou volbou barvy čelní stěny. Jestliže žádáme od některé světlé části prostoru, aby vynikla, obklopíme ji tmavším okolím. Podle této teorie by za předpokladu bílé tabule byla pro přední stěnu vhodnější tmavá a sytá barva, [20].

Stěně s okny dáváme vedle stropu nejsvětlejší barvu; ovšem kontrast mezi jasným okenním otvorem a okenní stěnou musí být minimální. Osvědčuje se sytá žlutá nebo citrónově žlutá. Podlaha se stropem má velký vliv na osvětlení, zejména v hloubi místnosti. Odrazivost podlahy by měla být co nejvyšší, proto bychom měli PVC nebo linoleum volit ve světlých odstínech. Zároveň by však mělo dodržet pravidlo nejtmaší barvy v místnosti, [20].

Vnitřní stěny mají významnou úlohu jako odrazové plochy, jež zlepšují světelné poměry krajních řad lavic při střední zdi. Mají být proto velmi světlé, ale nesmí příliš kontrastovat s barvou čelní stěny. Stejně tak zadní stěna značně přispívá k osvětlení posledních řad lavic, proto volíme barvy s nejvyšším činitelem odrazivosti (světlejší odstíny), avšak dbáme, aby nedošlo k přílišnému kontrastu s okenní stěnou a okny. Protože zadní stěna není v zorném poli žáků, může její barevný tón doplňovat řešení ostatních stěn nebo naopak můžeme volit barvu stěny s ohledem na pozitivní stimulaci vyučujícího, [20].

Je samozřejmé, že nelze stanovit jednotnou recepturu, jak dalece je možno v psychologii využít vnímání barev. Dodnes nebylo přesně přezkoumáno, do jaké míry jsou spolehlivá dosavadní zjištění o oblíbenosti barev a jejich vlivu na lidi různého stáří, povolání, vzdělání, národnosti atd. Je zde totiž tolik individuálního, podmíněného a rozmanitého, že teprve po důkladném výzkumu jemnými psychologickými a fyziologickými metodami v laboratořích bude možno jasněji se vyjádřit o vztazích člověka k barvám a stanovit vhodná barevná řešení pro předměty a prostory kolem nás, [20].

2.4 Barva jako fyziologický vjem

City mají velmi rozmanitý charakter a rozdílný účinek na chování, náladu a vůli člověka, současně mají vliv i na jeho vývoj. Ovšem je nutno rozlišovat dvě podstatné věci. Totiž vjem a pocit. Ve vjemech se projevuje fyziologická reakce na vlastnosti věcí nebo barev, které existují stále, nezávisle na člověku. Je to např. svítivost, tupost, temnost barvy. Jedná se například o reakci zorniček na světlo či tmu. V pocitech se však projevují vztahy, které má člověk k těmto jevům. Jak na něj tato svítivost, tupost, temnost a jiné vlastnosti předmětů působí nebo jaké vyvolávají pocity. Zda jsou vzrušující nebo uklidňující, příjemné nebo nepříjemné, depresivní nebo obveselující. Pocit je individuální prožitek různých vztahů, které má člověk ke skutečnosti, v níž žije, [20].

Všechno, co vidíme, má nějakou barvu. Barva je příčinou podnětu, který procesem podráždění vyvolává reakci. Tato smyslová vnímavost k barvám je především fyziologickým vjemem. Psychickou reakcí na tyto vjemy jsou však pocity. Bohatství vjemů je tedy předpokladem citového bohatství. Je úkolem školy, aby jak ve výchovně vzdělávacím procesu, tak i v zájmové a mimoškolní činnosti žáků, vyvolávala v žácích pocity spokojenosti a radosti a odstraňovala pocity napětí, únavy a nespokojenosti, [20].

3 Požadavky na školní budovy

Cílem navrhování a výstavby budov je tvorba takového prostředí, které bude pro člověka co nejpříznivější. V ideálním případě by měla být ve všech faktorech lepší než faktory ve venkovním prostředí. K těmto faktorům patří především teplota, zvuk a samozřejmě světlo.

Správně navržený objekt by nás měl chránit před nepříznivými venkovními podmínkami, jakými jsou vítr, déšť, sníh, extrémní teploty, ale i před hlukem a zvědavými pohledy. Naproti tomu musí dovolovat přístup dennímu osvětlení v potřebné míře, [10].

Legislativou, která kontroluje stav prostředí v budovách, jsou zákony, vyhlášky, hygienické předpisy a technické normy, které stanovují limitní hodnoty pro různá prostředí. Při návrhu budovy vycházíme z metody předpovědi hodnot kritérií, které jsou dány výpočtem. Tato metoda je tak přesná, jak přesná jsou vstupující data do výpočtu. Pokud budova již stojí nebo se jedná o kolaudaci objektu, vstupní hodnoty můžeme získat měřením.

Limitní hodnoty mohou být následující:

- Nejnižší – minimální požadovaná hodnota (pro denní osvětlenost)
- Nejvyšší – maximální přípustná hodnota (pro oslnění)

Volba limitní hodnoty je vždy kompromisem mezi potřebou co nejdokonalejší ochrany zdraví uživatelů budov a mezi technickými a ekonomickými možnostmi stavebnictví. Pokud bude požadavek příliš mírný, nebude dostatečně plnit ochrannou funkci uživatelů budovy. Naproti tomu příliš náročný požadavek, pokud je vůbec reálný, může budovu velice prodražit.

3.1 Technické požadavky

Technické požadavky pro školy nalezneme ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Řeší se tu především minimální světlé výšky veškerých prostor, což je pro náš případ gymnázia 3 300 mm, průchozí šířky dveří do výukových prostor, které mají mít šířku minimálně 900 mm, světlá šířka chodby musí být 3 000 mm. Zařízení toalet a tekoucí vody, jelikož záchody a umývárny ve školách se musí zřizovat odděleně podle pohlaví, musí být umístěny tak, aby dostupná vzdálenost nepřesáhla 60 m. Měly by být přímo osvětlené i větrané. Pedagogičtí pracovníci musí mít záchody a umývárny oddělené od žáků, [4].

Na architekturu školních budov je třeba klást zvláštní požadavky, jelikož architektura má přispívat k vytváření prvních velmi důležitých pocitů v životě dítěte. Školní prostředí má na dítě velký vliv. Působí na ně jednotlivými

složkami vnitřního zařízení, výzdobou, barvami a v neposlední řadě také jako celek. Architekti a projektanti, kteří znají ideologii škol a jejich provoz, mohou správným vyřešením půdorysu vyučovacích a jiných místností, správnou volbou materiálu a barvy interiéru, harmonií proporcí, kontrastem stěn a zasklených ploch vytvořit účelné, hygienické, estetické a přitom hospodárné prostředí.

3.2 Hygienické požadavky na prostory a provoz škol

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR, kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol je vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, která se dále dělí na

- Základní ustanovení
- Prostorové podmínky
- Školní vybavení
- Osvětlení, vytápění, mikroklimatické podmínky a zásobování vodou
- Provozní podmínky
- Úklid a praní prádla
- Výživa a stravování
- Přechodná a závěrečná ustanovení

Při výstavbě škol se dbá především na hygienické požadavky. Součástí těchto požadavků je zajištění vhodných akustických poměrů, kvality a teploty vnitřního vzduchu a vhodných světelných poměrů v místnostech pro výuku. Je dokázáno, že nepřetržité působení hluku zhoršuje pracovní výkon nejen žáků a studentů, ale i vyučujících, a zvyšuje napětí, nervozitu a stres člověka. Dalším faktorem kvalitního a zdravého prostředí je čistota vzduchu v místnosti. Již koncentrace 0,1% CO₂ ve vzduchu je pro lidi, kteří jej dýchají, považována za škodlivou. Této meze se dosahuje průměrně již po jedné vyučovací hodině. Teplota by měla být v místnosti rovnoměrná a stálá po celou dobu pobytu žáků a učitelů. Za správnou teplotu v místnosti, kde se vyskytují žáci, se považuje 18°C a o něco málo vyšší. Důležitým požadavkem na prostory školních budov je výše zmiňované dostatečné osvětlení, zvláště těch prostor, ve kterých žáci pracují. Dobré osvětlení podporuje pracovní schopnost. V tmavých, nedostatečně osvětlených místnostech se vyučuje hůře než v místnostech, kam dopadají sluneční paprsky alespoň část dne, [2].

K zohlednění těchto požadavků by mělo dojít již při návrhu budovy. Pokud se jedná o stávající budovu, lze zkvalitnění prostoru dosáhnout při rekonstrukci nebo přestavbě školy, kdy se může i razantně zasáhnout do základní koncepce budovy. Systém školní práce se mění a inovuje, proto by se mělo přizpůsobit i prostředí, ve kterém se tato činnost odehrává. Nejde

zde jen o správné dispoziční řešení školních místností, ale i o účelnou úpravu celého okolí školy jako například zahrady, hřiště, bazénu nebo skleníku.

Na všech těchto faktorech, spolu s dalšími činiteli, jako je vybavení učebny, její výzdoba, samotní učitelé, žáci a další, velmi záleží. Souhrn všech těchto drobných požadavků vytváří pohodu školního prostředí, což je předpoklad úspěšné školní práce.

3.3 Požadavky na denní osvětlení škol

Pro hodnocení úrovně denního osvětlení ve školním prostředí slouží norma ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Základní požadavky, resp. její třetí část ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov – Denní osvětlení škol.

3.3.1 Všeobecné podmínky

Vnitřní prostory, ať už s trvalým pobytem nebo bez něj, by se měly vytvářet tak, aby bylo dosaženo zrakové pohody při hospodárném návrhu. Trvalý pobyt je definován jako místo pro pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně. Denní světlo je pro náš zrak nenahraditelné, zabraňuje předčasně a nadměrné únavě a předchází možnosti úrazu způsobeného zhoršeným viděním. Při návrhu vnitřních prostor, pokud to jeho funkce nevyvrací, bychom měli dodržet pravidlo přímého kontaktu uživatelů přes osvětlovací otvory s okolím, [5].

Úroveň denního osvětlení se stanoví poměrnou veličinou – činitelem denní osvětlenosti D (%), což je poměr osvětlenosti v místnosti a osvětlenosti venku měřené na vodorovné rovině na nezastíněném místě, které jsou měřeny současně. Minima této hodnoty by se mělo dosáhnout při rovnoměrně zatažené obloze v zimě a při tmavém terénu. Při výpočtu pro tmavý terén se používá činitel odrazu světla 0,05 až 0,2 a pro případ zasněženého terénu v místech s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou 0,5 až 0,85 dle normy ČSN 73 0580-1, [5].

Činitel denní osvětlenosti se stanovuje v rovnoměrně rozmístěných kontrolních bodech ve vnitřním prostoru. Pro půdorysné rozmístění se doporučuje rozestup 1 až 6 metrů. Výška kontrolních bodů se mění podle funkce a převládající činnosti v daném prostoru. Pro případ osvětlení škol budu uvažovat hodnotu 0,85 m, což je výška srovnávací roviny (výška lavic, u kterých žáci sedí), [5].

3.3.2 Základní požadavky na denní osvětlení

V této části normy jsou vnitřní prostory rozděleny podle náročnosti činnosti, která se v nich předpokládá, do 7 tříd zrakových činností. Pro jednotlivé třídy jsou uvedeny požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti, tzn. minimální a průměrný činitel denní osvětlenosti, [5].

Pro prostory zkoumaných učeben byla zvolena dle ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol IV. třída zrakové činnosti pro učebny, víceúčelové a kmenové učebny, pracovny, pracovní kouty, posluchárny, víceúčelové prostory a družiny, jež jsou hodnoceny jako místa pro trvalý pobyt. IV. třída zrakové činnosti je brána jako středně přesná činnost, což odpovídá poměrné pozorovací vzdálenosti 500 mm až 1 000 mm. Ta se určí jako podíl vzdálenosti od pozorovaného předmětu k velikosti daného předmětu, [5], [6].

3.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti

Hodnoty minimálního D_{min} a průměrného D_m činitele denní osvětlenosti a požadované hodnoty rovnoměrnosti pro jednotlivé třídy zrakové činnosti dle ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol jsou, [6]:

IV. třída minimální hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{min} = 1,5 \%$;
 průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti $D_m = 5,0 \%$
 (tato hodnota musí být dodržena při horním osvětlení);
 rovnoměrnost bočního denního osvětlení 0,2.

Všechny kontrolní body vnitřního prostoru nebo jeho funkčně vymezené části musí splňovat minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_{min} . Průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti D_m v případě tříd s bočním osvětlením nemusí být splněny, [6].

Pokud jde o trvalý pobyt lidí, musí být splněny minimální hodnoty pro činitele denní osvětlenosti D_{min} 1,5 %, průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m (pokud se požaduje) 3,0 %. Toto pravidlo platí, i když pro danou zrakovou činnost stačí nižší hodnoty, [6].

3.3.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení ve vnitřních prostorech, se určuje jako podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti. Ty se zjišťují kontrolními body na vodorovné srovnávací rovině, jak již bylo zmíněno výše. V našem případě norma ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol požaduje pro IV. třídu zrakových činností minimální hodnotu 0,2, [5], [6].

3.3.5 Rozložení světla a zábrana oslnění

Abychom měli v místnosti vhodné a dostačující rozložení světla a zároveň abychom zamezili oslnění, musíme na tyto zásady dbát již při návrhu dispozice, orientace, geometrie místnosti, slunečních clon a dalších. Správný návrh by měl zohledňovat polohu pozorovatele, převažující směr osvětlení a vykonávanou činnost v daném místě. Pro většinu zrakových činností, zejména při práci pravou rukou, se doporučuje převažující směr osvětlení z levé strany pozorovatele. Zapomínat bychom neměli ani na vliv povrchových úprav a barevnosti okolních stěn, díky čemuž se mění množství odraženého světla, [5].

Denní osvětlení musí být navrženo tak, aby uživatelé vnitřních prostorů nebyli oslněni, proto je třeba ochrana pevnými nebo pohyblivými clonami. Dále by osvětlovací otvory neměly být umístěny do obvyklého směru pohledu pozorovatele. Docházelo by tak k oslnění a nadměrnému kontrastu, k čemuž při bočním osvětlení učeben nedochází. Hranice poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele se dělí dle ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov na, [5]

- plochy bezprostředně obklopujícími pozorovaný předmět 1:1 až 3:1
- vzdálenými tmavými plochami 1:1 až 10:1
- vzdálenými světlými plochami 1:1 až 1:10

3.3.6 Odraznost světla a kolorita povrchů

Aby nedocházelo ve vnitřních prostorách k oslňování odrazem, měly by se používat matné povrchové úpravy a materiály s rozptýlnou, nelesklou úpravou. Lesklých povrchů by se mělo užívat jen tam, kde to má jasné odůvodnění nebo jde pouze o lokální úpravu, od které nedochází k oslnění. Nejnepříjemnější jsou odlesky od lesklých povrchů v dolní části zorného pole, na ty je lidský zrak zvláště citlivý. Proto je největší důraz kladen na podlahovou plochu a pracovní plochu. [5] Dle ČSN 73 0580-3 se doporučují hodnoty činitele odrazu světla pro pracovní plochy v mezích 0,3 až 0,45, pro tabule 0,1 [6].

Krom povrchových úprav je důležité dbát také na vhodný výběr barev a jejich odstínů. Správným výběrem můžeme docílit příznivějších podmínek denního osvětlení a rozložení jasů. Zároveň bychom ale měli zachovat i soulad s účelem vnitřního prostoru. Ve vnitřním prostoru, kde záleží na barevném podání, na rozlišování barev a na kontrastu, se nemá používat barevných, sytých odstínů na větší plochy, které mohou barevné podání nepříznivě ovlivnit, [5].

Hodnoty činitele odrazu světla hlavních povrchů vnitřních prostorů (v novém stavu) se posuzují dle hodnot z normy ČSN 73 0580-1 takto, [5]:

Strop – 0,7

Stěny – 0,5

Plochy bezprostředně související s osvětlovacími otvory – 0,7

Podlahy nebo podlahové krytiny – 0,3

3.3.7 Návrh a užívání budov z hlediska denního osvětlení

Slunce je bezplatný zdroj energie pro každého z nás, a proto bychom ho měli co nejvíce využít. Je vhodné objekt posuzovat komplexně a v návaznosti na další profese jako vytápění, chlazení a větrání budovy, ochrana proti hluku a umělé osvětlení. Při celkové spolupráci lze dosáhnout vyhovujících podmínek zrakové pohody a zároveň úsporného provedení s co nejmenší celkovou spotřebou energie, jak při realizaci, tak při následném užívání budovy, [5].

Při návrhu budov bez konkrétního pozemku je nutné udat podmínky, pro které stavba vyhoví. Při realizaci výstavby na konkrétní pozemek se uvažuje i s pozdější okolní výstavbou, pokud je ve schváleném regulačním plánu. Nejsou-li pro tento návrh podklady, uvažuje se se stíněním souvislou překážkou, [5].

3.3.8 Osvětlovací otvory

Osvětlovací otvory se navrhují tak, aby jejich velikost a materiál umožnily dostačující denní osvětlení v požadované kvalitě, ale zároveň výrazně nenarušovaly tepelnou techniku objektu. Pokud není požadováno, výplně otvorů by měly propouštět co nejvíce nezkrasleného světla, u kterého se nemění jeho spektrální složení, [5].

Při bočním osvětlení má být horní hrana oken vzhledem k osvětlované ploše co nejvýše. V tom případě je vhodné doplnit objekt regulačním zařízením, například žaluziemi nebo roletami, [5].

3.3.9 Regulace denního osvětlení

Zařízení a prostředky pro regulaci denního osvětlení by měly samočinně či s osobním dočiněním, co nejlépe reagovat na denní osvětlení a to tak, aby neomezovaly denní osvětlení v době, kdy je ho nedostatek. Zároveň by jejich část, která je orientovaná směrem k objektu, měla mít činitel odrazu světla podobný jako okolní stěny, [5].

3.3.10 Údržba a kontrola

Nečistoty na povrchu výplně osvětlovacích otvorů mohou ovlivnit denní osvětlení. Proto se i při návrhu budov z hlediska denního osvětlení vychází z předpokladu pravidelné údržby a čištění. Lhůty údržby a čištění konstrukcí osvětlovacích otvorů se předpokládají nejméně dvakrát ročně, pokud nejde o specifický provoz, kde jsou lhůty vhodně upraveny, [5].

3.3.11 Venkovní podmínky

Okolí přiléhající ke škole by mělo být takové, aby nadměrně nezastiňovalo vnitřní prostor učeben. Volba venkovních povrchů by měla být řešena individuálně. Tam, kde by mohlo docházet odrazem světla ke zvýšené tepelné zátěži nebo by mohlo docházet k odleskům, volíme materiály s menší odrazivostí. Jako vhodná povrchová úprava se jeví například písek nebo světlejší dlažba, [5].

3.4 Požadavky na specializované učebny

3.4.1 Učebna pro výtvarnou výchovu

Odborná učebna pro kreslení, popřípadě rýsování, má mít pro 30 žáků plochu okolo 60 m². Vhodná orientace je na neslunečnou stranu. V tom případě se požadovaných hodnot na osvětlení může dosáhnout přisvětlením stropním světlíkem. Nevhodné by bylo osvětlení ze dvou protilehlých stěn, protože by zanikaly stíny na modelu. Z téhož důvodu je doporučena i jednobarevná, méně výrazná barva stěn. Vzdálenost zadní hrany pracovní desky by měla být maximálně 11 m od tabule. Učebna by měla být vybavena stolky s regulovatelným sklonem pracovní desky, [6].

Učebny pro výtvarnou výchovu se dle ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol hodnotí jako prostor III. třídy, [6]:

- III. třída minimální hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{min} = 2,0 \%$;
 průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti $D_m = 6,0 \%$
 (tato hodnota musí být dodržena při horním osvětlení);
 rovnoměrnost bočního denního osvětlení 0,2;
 vnitřní prostor bez trvalého pobytu.

Pro učebny, které slouží pro zrakově náročnou činnost, je vhodné navrhovat kombinované denní osvětlení. Vhodná kombinace umístění osvětlovacích otvorů je například boční a horní, [6].

3.4.2 Učebna pro hudební výchovu

Odborná učebna pro hudební výchovy by se měla zařídit jako samostatná místnost. Její plocha by se měla pohybovat okolo 60 m² pro 30 žáků. Při volbě situování ve školním komplexu je třeba dbát důrazu na hledisko zvukotechniky. Je dobré tyto učebny umisťovat v odlehlejší části dispozice. Je vhodné, aby byla učebna obložena akusticky vhodným materiálem, [6].

Učebny pro hudební výchovu se dle ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol hodnotí jako prostor IV. třídy, viz. kap. 3.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti, [6].

4 Hodnocený objekt

Jak je již z názvu práce patrné, vybraným objektem je budova Gymnázia dr. Václava Šmejkala, které se nachází v Ústí nad Labem. Jedná se o státní veřejnou školu, která poskytuje všeobecné středoškolské vzdělání formou čtyřletého i osmiletého studia.



Obr. č. 5: Pohled na areál gymnázia [31]

4.1 Lokalizace a popis okolí objektu

Areál gymnázia se nachází na sídlišti Severní Terasa v severní části města Ústí nad Labem. Okolní terén je spíše rovinatý, s mírným sklonem k západu. Ze západní a jihozápadní strany na areál navazuje park Severní Terasa. Jedná se o park s převážně nízkou zelení a s lokální vysokou zelení v podobě středně vzrostlých stromů. V bezprostředním okolí areálu se nachází pouze pár středně vzrostlých stromů.

Vzhledem k umístění gymnázia do středu sídliště tvoří okolní zástavbu výhradně panelové obytné domy. Sídliště bylo vystaveno začátkem 70. let 20. století. Projekt byl zpracován mezi lety 1965-69 a jsou zde vystavěny panelové domy všech systémů typických pro Českou republiku (typ T 0xB, typ VVÚ-ETA, typ P1.11). Z hlediska dispozice se v bezprostřední okolí gymnázia nacházejí hlavně panelové domy věžové a deskové.

Severně od areálu gymnázia se nacházejí dva věžové domy, každý o třinácti nadzemních podlažích. Domy jsou vzdáleny přibližně 20 m od fasády objektu gymnázia.

Směrem na severovýchod se nacházejí dvě sportoviště o velikosti házenkářského hřiště (cca 45 x 25 m). Tato sportoviště jsou od objektu gymnázia oddělena vysokou zelení. Jedná se o pás středně vzrostlých stromů, který je středně hustý. Pás zeleně je od fasády objektu vzdálen přibližně 9 m, nachází se tedy v poměrně těsné blízkosti objektu. Dále za sportovišti směrem

na severovýchod se nacházejí nízké maximálně dvoupodlažní objekty sloužící pro komerční účely. Objekty jsou vzdáleny necelých 100 m a vzhledem ke své nízké výšce jsou pro mou práci zanedbatelné.

Bytové domy, nacházející se jihovýchodně od areálu gymnázia, jsou deskového typu. Tyto domy mají osm nadzemních podlaží. Příčná osa těchto domů je rovnoběžná s jihovýchodní fasádou objektu gymnázia. Díky umístění na jižní straně a výšce domů jsou tyto domy daleko významnější pro mou práci a jejich vliv se projevuje na osvětlení učeben s okny na jižní fasádu.

Ze západní strany navazuje na objekt již zmíněný park Severní Terasa, tvořen převážně nízkou zelení. Na protější straně parku jsou ve vzdálenosti přibližně 110 m od fasády objektu gymnázia umístěny další panelové domy. Tyto domy mají, stejně jako domy na jihu, osm nadzemních podlaží. Vůči objektu gymnázia jsou bytové domy umístěny tak, že jejich podélná osa je rovnoběžná s jihozápadní fasádou objektu. Výška a umístění domů by mohlo mít vliv na osvětlení učeben, nicméně velká vzdálenost od objektu a sklon okolního terénu tento vliv značně zmenšuje.



Obr. č. 6: Situace okolí gymnázia [32]



4.2 Popis objektu

4.2.1 Dispozice objektu

Objekt gymnázia je tvořen několika pavilony, které jsou navzájem propojeny. Všechny pavilony jsou obdélníkového půdorysu a výškově jsou buď jednopodlažní, nebo dvoupodlažní. Výjimku tvoří pavilon C, který má tři nadzemní podlažní a dva pavilony F a G, ve kterých se nacházejí tělocvičny. Vzhledem ke svažitému terénu jsou jednotlivá podlaží pavilonů vůči sobě výškově uskočena.



Obr. č. 7: Popis jednotlivých pavilonů [32]

Hlavní vstup do objektu je situován na jihozápad do pavilonu A. Vstupní podlaží je vůči okolnímu terénu ve druhém nadzemním podlaží, proto se před tímto pavilonem nachází vstupní schodiště, přes které je vstup umožněn. V tomto pavilonu se dále nachází vstupní hala, šatny pro studenty a hlavní spojovací chodba, kterou je možno se dostat dále do objektu, konkrétně do pavilonů B, C a E.

V pavilonu B, se v prvním podlaží, do kterého vstoupíme z pavilonu A, nachází školní kuchyně s jídelnou a ve druhém podlaží učebny a kabinety učitelů.

Pavilon C, který navazuje na pavilon A v polovině, rovnoběžně po vstupu do objektu, je v nejnižším podlaží sídlem ředitelny a sborovny pro učitelský sbor a ve vyšších podlažích se nacházejí další učebny, kabinety učitelů a laboratoře.

Z pavilonu C je možno se dostat do jednopodlažního pavilonu D, ve kterém se nacházejí specializované učebny pro hudební výchovu a výtvarnou výchovu.

Největším pavilonem je pavilon E, do jehož druhého podlaží je možno dostat se z pavilonu A. Pavilon je dvoupodlažní, nachází se zde nejvíce učeben a kabinety učitelů. Uprostřed objektu se nachází atrium přes celou výšku objektu. V současné době není atrium nijak využíváno. Na tento pavilon jsou v druhém podlaží na severozápadní straně připojeny dva samostatné pavilony tělocvičen s jejich zázemím, které jsou sice jednopodlažní, ovšem vyšší než ostatní pavilony.

4.2.2 Konstrukční řešení

Objekt gymnázia je z konstrukčního hlediska rozdělen do tří skupin. Vícepodlažní pavilony určené především k výuce (pavilon B, C a E) jsou řešeny jako železobetonový skeletový systém, kde jsou obvodové stěny převážně tvořeny lehkým obvodovým pláštěm. V případě pavilonů A a D, které jsou jednopodlažní, je použit systém zděný, stěnový. Speciální skupinou jsou pak pavilony tělocvičen, kde je sice opět použit skeletový systém, ovšem obvodové stěny jsou převážně vyplněné zdivem.

Střechu všech pavilonů tvoří nepochozí dvouplášťová plochá střecha, která má po celém svém obvodu cca 0,5 m vysokou atiku. Na střechách pavilonů A, B, C a na části střechy pavilonu E jsou osazeny obdélníkové plastové světlíky, které propouštějí přirozené světlo i do vnitřních částí dispozic pavilonů.



Obr. č. 8: Pohled na pavilon B

Okenní výplně celého objektu jsou tvořeny převážně výklopnými okny. Na většině objektu jsou původní, dvojitá, dřevěná okna s žaluziemi mezi skly. Tato okna jsou typická pro školní budovy vystavěné v 70. letech minulého století. Z hlediska tepelné techniky jsou pro dnešní požadavky zcela nedostatečná, ovšem z hlediska propustnosti světla mají jedny z nejlepších vlastností. Na částech některých pavilonů byla původní okna vyměněna za nová plastová. Ta jsou daleko vhodnější z hlediska tepelné techniky, ovšem dosahují nižší propustnosti světla než původní dřevěná okna. Výměna oken byla nesystematická, nelze tedy přesně říci, jaký typ oken je na konkrétní stěně pavilonů. Okna se liší učebnu od učebny.

4.3 Funkční rozdělení

Vnitřní prostory školy se dají rozdělit na učebny, kabinety učitelů, místnosti pro správu školy, komunikační prostory a speciální prostory jako jsou tělocvičny nebo jídelna s kuchyní. Důležitým kritériem pro požadavky na denní osvětlení je náročnost zrakové činnosti a trvalý pobyt uživatelů.

Hlavní funkční jednotkou ve škole jsou učebny, které se dělí na kmenové, odborné a ostatní učebny. Kmenové učebny by měly splňovat přísnější kritéria kvůli trvalému pobytu žáků a odborné učebny kvůli náročnosti činnosti a kritickému detailu. V běžných učebnách je rozhodujícím zrakovým úkolem čtení a psaní, proto se činitel denní osvětlenosti hodnotí v rovině největšího zájmu, což je úroveň horní desky lavic.

Kabinety, pracovny učitelů, sborovny i kuchyně jsou místa s trvalým pobytem, proto by všechny tyto prostory měly splňovat požadavky na trvalý pobyt.

Tělocvičny gymnázia jsou určeny pouze pro výuku, platí pro ně nižší kategorie, než kdyby byly určeny pro závodní sport. Pro posouzení činitele denní osvětlenosti se srovnávací rovina přesouvá na úroveň podlahy místo roviny lavic jako u učeben a kabinetů.

5 Hodnocení gymnázia

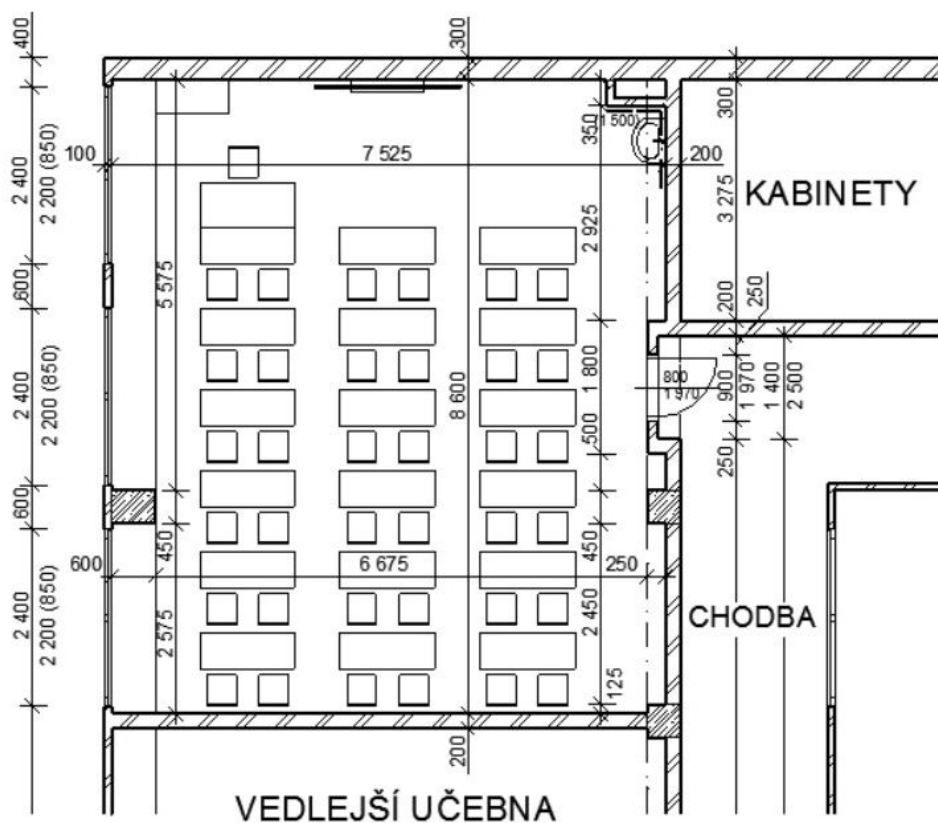
5.1 Popis hodnocených učeben

Pro hodnocení světelných podmínek v objektu gymnázia byly vybrány dvě učebny, které jsou geometricky velmi podobné, avšak jsou odlišně orientované, tudíž zde působí rozdílné světelné podmínky. Veškeré měření a výpočty byly provedeny pro obě učebny a výsledky následně porovnány.

5.1.1 Učebna F5

První hodnocenou je učebna F5, která se nachází v jižní části pavilonu E (viz. Obr. č. 10). Učebna je navržena pro maximálně 36 žáků. Této kapacity ovšem není v současné době využíváno. Jedná se o kmenovou učebnu, tudíž slouží převážně jedné třídě, o cirka dvaceti až pětadvaceti žácích, a využívána je rovnoměrně po celou dobu vyučování každý den v týdnu, samozřejmě s malými výjimkami

v podobě volných hodin. Učebna má obdélníkový půdorys o rozměrech cca 6,7 x 8,6 m (viz. Obr. č. 9). Jak je z půdorysu patrné, z plochy stěn do interiéru vystupují pouze nosné sloupy o rozměrech 0,6 x 0,45 m na okenní stěně, respektive 0,45 x 0,45 m na vnitřní podélné stěně a šachta v západním rohu učebny, ve které je umístěn vodovod a kanalizace objektu. Stěna šachty je opatřena obkladem z dlaždic 150 x 150 mm, do výšky 1,5 m. Stěna s okny je orientována na jihovýchod a je tvořena lehkým obvodovým pláštěm s plastovými okny. Lehký obvodový plášť je tvořen ocelovými nosníky, mezi něž je vložena tepelná izolace, a z exteriéru jsou opatřeny zákrytem z obkladových desek na bázi plastu. Vnitřní parapet je tvořen dřevěnou deskou opatřenou lesklým nátěrem a je široký 0,6 m. Světlá výška učebny je 3,55 m. Stěny jsou z interiéru opatřeny vápenocementovou omítkou a barevnou malbou. Soklová část stěny je opatřena voděodolným lesklým nátěrem. Nášlapnou vrstvu podlahy tvoří linoleum, opatřené v rozích soklovými lištami. Barvy jednotlivých povrchů jsou uvedeny níže v Tab. č. 1.



Obr. č. 9: Půdorys učebny F5

Tab. č. 1: Barvy povrchů v učebně F5

Povrch	Barva povrchu / Povrchová úprava
stěna – soklová část	světle hnědá / lesklá
stěna – soklová část kolem dveří	okrově žlutá / lesklá
stěna – nad soklovou částí	světle žlutá / matná
stěna nad soklovou částí za tabulí	bílá / matná
strop	bílá / matná
podlaha	olivově zelená / linoleum
parapetní deska	bílá / lesklá
obklad kolem umyvadla	bílá / lesklá



Obr. č. 10: Umístění učebny F5 [32]

Vstup do učebny je umístěn na vnitřní podélné stěně, přibližně v jejím středu. V učebně se samozřejmě nacházejí školní lavice, konkrétně se jedná o 18 dvoumístných lavic standartních rozměrů 1300 x 500 mm. Dále jedna katedra pro učitele a 37 standartních školních židlí. Nábytek, který se ve třídě nachází, byl pro účely výpočtu a měření zanedbán, jelikož se jedná pouze o dvě nízké komody. Na stěnách se nachází několik nástěnek, jejich obsah je různě barevný a často se mění, a proto s nimi nebylo při výpočtu ani měření jednotlivých kritérií počítáno.



Obr. č. 11: Foto učebny F5

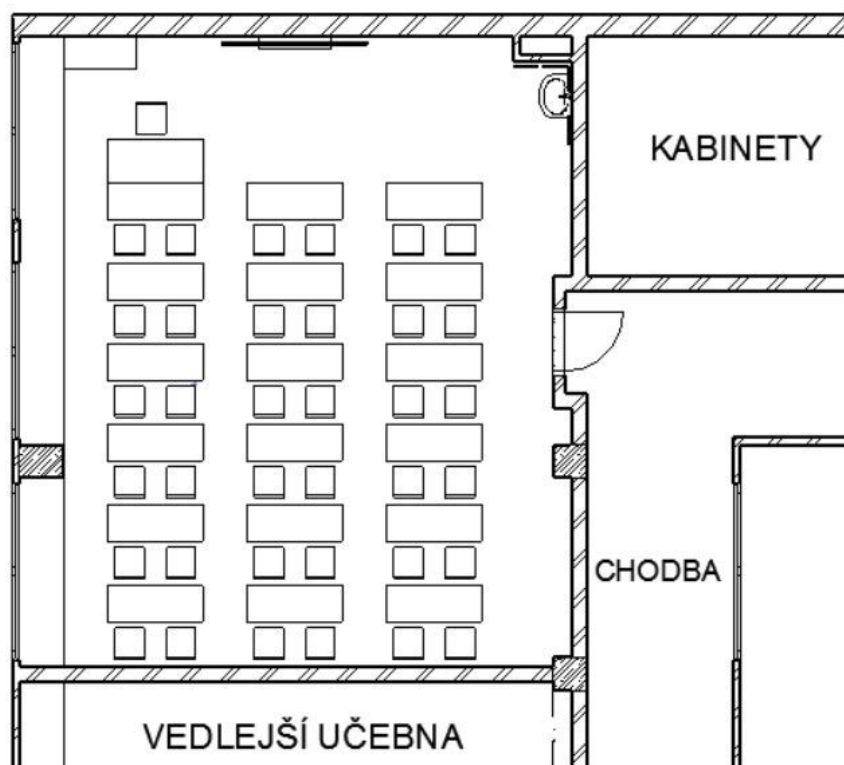
5.1.2 Učebna B18

Druhá hodnocená učebna se nachází na severní straně pavilonu B (viz Obr. č. 12). Geometrie a základní půdorysné uspořádání této učebny je shodné s učebnou F5 popsané v kap. 5.1.1 Učebna F5, s několika rozdíly.

Prvním a základním rozdílem jsou okna. Ta jsou orientována na severozápad a jsou tvořena starými dřevěnými, výklopnými okny oproti novým, otáčivým plastovým oknům v učebně F5. Dalším rozdílem je umístění šachty pro vodovod a kanalizaci. Ta není umístěna v rohu místnosti jako v případě první učebny, ale je umístěna na středu vnitřní podélné zdi a vystupuje do interiéru (viz. Obr. č. 13). Rozměry této šachty jsou 1,2 x 0,8 m. Vstup do učebny je umístěn v zadní části, dále od tabule. Společně se vstupem z chodby je zde umístěn i průchod do kabinetu, který je umístěn na západní stěně. Tento vstup ovšem není v současné době používán a dveře jsou zamčeny. V uvedené učebně se kromě standardního nábytku v podobě lavic, židlí, katedry a tabule rovněž nachází více ostatního nábytku, a proto s ním bylo uvažováno při výpočtech a měření. Tento nábytek se nachází u vnitřní podélné stěny a tvoří jej soustava skříní různých velikostí. Posledním rozdílem je barevné provedení jednotlivých povrchů, jež je popsáno níže v Tab. č. 2.



Obr. č. 12: Umístění učebny B18 [32]



Obr. č. 13: Půdorys učebny B18

Tab. č. 2: Barvy povrchů v učebně B18

Povrch	Barva povrchu / Povrchová úprava
stěna – soklová část	světle oranžová / lesklá
stěna – nad soklovou částí	světle oranžová / matná
stěna – nad soklovou částí za tabulí	bílá / matná
strop	bílá / matná
podlaha	zelenožlutá / linoleum
parapetní deska	bílá / lesklá
obklad kolem umyvadla	bílá / lesklá



Obr. č. 14: Foto učebny B18

5.2 Popis osvětlovací soustavy hodnocených učeben

Osvětlení učeben denním osvětlením je zajištěno okny v obvodové stěně. Okna jsou vysoká 2,2 m a výška parapetu je 0,85 m. Šířka jednoho okna je 2,4 m, přičemž v každém okně se nacházejí dvě křídla široká 1 m. Střední příčel mezi křídly je širší než krajní rámy okna a tvoří mezi křídly cca 250 mm široký neprůsvitný sloupek.

V učebně B18 se nacházejí stará, dřevěná, výklopná okna s dolním neotevíratelným světlíkem, vysokým 300 mm. Okna jsou zasklena klasickým čirým dvojsklem a jsou opatřena lamelovými žaluziemi vloženými mezi skla. Celková propustnost světla okny je v případě vytažených žaluzií odhadována na 85%. Přesná hodnota je předmětem výpočtu a je popsána dále v kap. 5.3.2. Činitel prostupu světla.

V druhé učebně F5 jsou již osazena nová, otáčivá, plastová okna. Rozměry oken jsou zachovány včetně velikosti jednotlivých křídel oken. U nových oken je rovněž zachováno rozdělení na horní otevíratelné křídlo na dolní neotevíratelný světlík vysoký 300 mm. Nová okna nejsou opatřena žaluziemi, jako stínění jsou zde použity tmavé závěsy umístěné cca 600 mm od oken. Zasklení oken tvoří izolační dvojsklo a celková propustnost světla je odhadována na 80 %. Přesná hodnota je předmětem výpočtu a je popsána dále v kap. 5.3.2. Činitel prostupu světla.



Obr. č. 16: Foto okna v učebně F5



Obr. č. 15: Foto okna v učebně B18

5.3 Měření

Skutečná hodnota se ve fyzice stanovuje přesným měřením. Problém přesného měření ve stavební světelné technice spočívá v tom, že jasové poměry na obloze se výpočtovému modelu oblohy podobají jen v některých dnech v roce. Přípustná tolerance je uvedena v normě ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení vnitřních prostorů.

I přesto, že měření denního osvětlení v reálném prostředí nemusí být vždy úplně přesné, výsledné hodnoty jsou dostačující pro porovnání s normou. Odhaduje se, že přesnost měření v reálném prostředí se pohybuje kolem 10%. Tuto nepřesnost při proměnlivosti denního osvětlení uživatelé ani nezaznamenají.

Aby bylo možné naměřit hodnoty a zároveň nedocházelo ke zkreslení těchto hodnot v důsledku nerovnoměrných podmínek, byla vytvořena umělá obloha. Umělá obloha je zařízení, které umožňuje přesně měřit denní světlo na modelech budov. Jde o kulovou plochu zevnitř nasvícenou umělými zdroji tak, že její jasové poměry přesně odpovídají podmínkám v normě ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení vnitřních prostorů.

5.3.1 Činitel odrazu světla

Pro posouzení a porovnání jednotlivých povrchů se používá veličina činitel odrazu světla, který nám určuje poměr mezi množstvím odraženého světla a světla dopadajícího na povrch. Závisí na odstínech barvy povrchu a pohybuje se v rozmezí 0-1, kdy 0 vychází pro zcela pohlcující (černé) povrchy a 1 pro zcela odrazivé povrchy (zrcadlo), [11].

5.3.1.1 Metody měření činitele odrazu světla

Podle normy ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů lze orientačně stanovit velikost činitele odrazu světla rovnoměrně rozptýlných povrchů jedním z těchto způsobů, [7]:

- Metoda 1 - Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru na základě poměru osvětleností.
- Metoda 2 - Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru.
- Metoda 3 - Měření činitele odrazu světla pomocí jasoměru nebo luxmetru s jasovým nastavcem. Jedná se o srovnávací metodu, u které se měří jas zkoumaného povrchu L ve směru kolmo k němu a při stejných podmínkách jas L_A povrchu rozptýlného srovnávacího normálu se známou hodnotou činitele odrazu světla ρ_A .

Metoda 4 - Určení činitele odrazu světla pomocí reflexních tabulek, které obsahují srovnávací plošky s odstupňovanými hodnotami činitele odrazu světla, ze kterých se vybere nejbližší hodnota posuzovanému povrchu.

Měření činitele odrazu světla na gymnáziu bylo provedeno pomocí Metody 2 s luxmetrem a jasoměrem a Metody 4 s pomocí reflexních tabulek.

5.3.1.2 Stanovení činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru

Hodnotu činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru jsem stanovila měřením osvětlenosti povrchu E (lx) a jasu povrchu L (cd·m⁻²) za stejných podmínek pro rovnoměrně rozptýlný povrch podle vztahu, [5]:

$$\rho = \pi \cdot L / E \quad (1)$$

K měření osvětlenosti se použil multifunkční digitální luxmetr typu Konica Minolta Illuminance Meter T-10AM s odnímatelnou hlavou receptoru a k měření jasu povrchů se použil jasoměr Konica Minolta Luminance Meter LS-110. Vzhledem k potřebě změřit osvětlenost povrchu E a jas povrchu L současně, což by jeden člověk nezvládl, provedla jsem měření ve spolupráci s vedoucím diplomové práce Ing. Bc. Jaroslavem Vychytillem, Ph.D.

5.3.1.3 Popis přístrojů a vzorníku

Měření proběhlo luxmetrem typu Konica Minolta Illuminance Meter T-10AM. Jde o přístroj na měření rovinné osvětlenosti. Přesnost měření je $\pm 2\%$ a přesnost digitální zobrazované hodnoty ± 1 . Přístroj má rozsah 0,01 lx až 299 900 lx a je vybaven filtrem pro kosinovou odchylku. Relativní spektrální odezva je 6% CIE spektrální světelné účinnosti $V(\lambda)$, [17].

Druhým použitým přístrojem byl jasoměr Konica Minolta Luminance Meter LS-110. Princip měření spočívá ve stanovení velikosti světelného toku procházejícího clonou. Přístroj má rozsah 0,001 cd.m⁻² až 299 900 cd.m⁻². Úhel měření je $1/3^\circ$ a úhel pohledu je 9° . Zaostřovací vzdálenost je 1 014 mm až nekonečno. Relativní spektrální odezva je 8% CIE spektrální světelné účinnosti $V(\lambda)$, [17].

Různé typy luxmetrů a jasoměrů lze rozdělit do několika základních skupin podle přípustné chyby. V první skupině jsou luxmetry a jasoměry, které slouží pro laboratorní a přesná měření, ve druhé skupině jsou luxmetry a jasoměry pro běžná provozní měření a třetí skupina je určena jen pro hrubou orientaci. Použité přístroje spadají do skupiny pro přesná měření. Přípustné chyby pro jednotlivé třídy jsou uvedeny v Tab. č. 3, [17].

Tab. č. 3: Přípustné chyby luxmetrů a jasoměrů pro jednotlivé typy měření [17]

Třída	Typ měření	Celková přípustná chyba (%)	
		Luxmetry	Jasoměry
1	Laboratorní	±3	±5
2	Přesné	±5	±7,5
3	Provozní	±10	±10
4	Orientační	±20	±20

Pro určení barevnosti povrchů a jejich činitele odrazu světla byl použit vzorník společnosti LB Cemix, s.r.o. vytvořený v roce 2014.

5.3.1.4 Postup měření

Seznámení se s konkrétními přístroji proběhlo již na předmětu 124XMDO, při kterém jsem si vyzkoušela celý postup měření. Díky tomu samotné měření na gymnáziu proběhlo rychle a bez problémů. Hodnoty osvětlenosti E (lx) a jasu L ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) povrchů byly naměřeny ve dvou kmenových učebnách. V každé učebně šlo cca o 12 různých povrchů. Z naměřených hodnot osvětlenosti a jasu byl vypočten dle rovnice (1) činitel odrazu světla pro každé měření. Každý povrch byl změřen 2-3 krát z důvodu eliminace chyb. Osvětlenost E byla změřena přiložením čidla na daný povrch, přičemž čidlo mířilo směrem od povrchu. Měření jasu L bylo prováděno kolmo k danému povrchu v minimální vzdálenosti od stěny 1 m.

5.3.1.5 Vyhodnocení

Pro každý povrch byla stanovena hodnota činitele odrazu světla ρ třemi rozdílnými způsoby. První hodnota byla stanovena dle normy ČSN 73 0580-1, dále byla odhadem stanovena druhá hodnota dle reflexních tabulek zmíněných v kap. 5.3.1.3 Popis přístroje a vzorníku. Poslední hodnota činitele odrazu světla byla vypočtena dle postupu uvedeného v kap. 5.3.1.2 Stanovení činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru. Všechny tyto hodnoty pro jednotlivé povrchy byly zapsány do tabulek a to pro každou hodnocenou učebnu zvlášť. Tab. č. 4 pro učebnu F5 na jižní fasádě a Tab. č. 5 pro učebnu B18 na severní fasádě.

Tab. č. 4: Naměřené hodnoty činitele odrazu světla povrchů třídy F5

Povrch	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření
	dle ČSN 73 0580-1 [5] (-)	dle vzorníku (-)	$\rho = (\pi \cdot L) / E$ (1) (-)
stěna - sokl kolem dveří	0,50	0,64	0,65
stěna - žlutá	0,65	0,78	0,87
obklad kolem umyvadla	0,55	0,75	0,77
tabule	0,17	0,18	0,07
stěna - bílá	0,75	0,83	0,91
lavice	0,30	0,34	0,31
podlaha	0,25	0,34	0,35
podstavec na tabuli - okrová	0,25	0,41	0,39
strop - bílý	0,75	0,83	0,91
parapet	0,50	0,59	0,50
dveře	0,28	0,41	0,27
stěna sokl - žlutá	0,65	0,69	0,75

Tab. č. 5: Naměřené hodnoty činitele odrazu světla povrchů třídy B18

Povrch	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření
	dle ČSN 73 0580-1 [5] (-)	dle vzorníku (-)	$\rho = (\pi \cdot L) / E$ (1) (-)
stěna - sv. oranžová	0,65	0,77	0,71
stěna - sokl	0,50	0,62	0,67
obklad kolem umyvadla	0,55	0,84	0,85
dveře	0,28	0,30	0,29
skříňe	0,28	0,30	0,33
stěna - bílá	0,75	0,85	0,84
tabule	0,17	0,18	0,06
podstavec na tabuli - okrová	0,25	0,41	0,35
katedra	0,30	0,34	0,31
lavice	0,35	0,27	0,25
podlaha	0,30	0,58	0,41
parapet	0,50	0,59	0,50
strop - bílý	0,75	0,83	0,91

Při stanovení hodnoty činitele odrazu světla ρ nehraje velkou roli orientace třídy, ovšem jak je z tabulek patrné, zásadní roli hraje volba metody, kterou je hodnota stanovována.

Za nejpřesnější metodu z mnoha zvolených lze považovat metodu stanovení činitele odrazu světla ρ pomocí luxmetru a jasoměru. Oproti druhým metodám zde pracujeme se vstupními hodnotami získanými měřeními specializovanými přístroji a dále dosazené do ověřených rovnic. Hodnoty zjištěné touto metodou jsou tedy nejpřesnější a tím pádem směrodatné. Daní za přesnost této metody je čas strávený měřeními vstupních hodnot a výpočtem samotných hodnot činitele. Další dvě metody pracují pouze s odhady, které jsou ovlivněny subjektivním vnímáním barev a odstínů dané osoby, provádějící měření.

Z porovnání odchylek hodnot činitele odrazu světla (Tab. č. 6 a Tab. č. 7) lze říci, že v mém případě, je nejvíce nepřesná metoda stanovení dle normových hodnot dle ČSN 73 0580-1. Průměrná odchylka od hodnot získaných měřeními a výpočtem je 10%, kdežto odchylka hodnot získaných dle reflexních tabulek od změřených hodnot je pouze 6%. Ačkoliv se průměrné odchylky příliš neliší, je i na těchto číslech vidět, že normové hodnoty jsou méně přesné. Tento fakt je patrnější v porovnání odchylek u jednotlivých materiálů, například u obkladu kolem umyvadla s bílým lesklým povrchem ve třídě F5 na jihu je odchylka normy od měření 22%, kdežto vzorníku od měření pouze 2%, ve třídě B18 na severu jsou pak tyto hodnoty 30 % respektive 1%. Obdobné je to u povrchové úpravy soklové části stěn, která je provedena omyvatelným, lesklým nátěrem, zde jsou odchylky hodnot dle normy 15% na jihu a 17%, kdežto na severu jsou odchylky hodnot dle vzorníku pouze 1% a 5%.

Naopak překvapivě přesná se ukázala metoda stanovení hodnoty činitele odrazu světla ρ u materiálů s povrchnou úpravou napodobující dřevo a u okenního parapetu, jehož povrchová úprava byl lesklý šedý nátěr. U těchto materiálů byla odchylka hodnot dle normy od hodnot změřených 0-1% jak na jihu, tak na severu.

Tab. č. 6: Odchylka činitele odrazu světla povrchů třídy F5

Povrch	Odchylka činitele odrazu světla (-)		
	ČSN vs. vzorník	ČSN vs. měření	vzorník vs. měření
stěna - sokl kolem dveří	0,14	0,15	0,01
stěna - žlutá	0,13	0,22	0,09
obklad kolem umyvadla	0,20	0,22	0,02
tabule	0,01	0,10	0,11
stěna - bílá	0,08	0,16	0,08
lavice	0,04	0,01	0,04
podlaha	0,09	0,10	0,00
podstavec na tabuli - okrová	0,16	0,14	0,02
strop - bílý	0,08	0,16	0,08
parapet	0,09	0,00	0,09
dveře	0,13	0,01	0,14
stěna sokl - žlutá	0,04	0,10	0,06
průměrná odchylka	0,10	0,11	0,06

Tab. č. 7: Odchylka činitele odrazu světla povrchů třídy B18

Povrch	Odchylka činitele odrazu světla (-)		
	ČSN vs. vzorník	ČSN vs. měření	vzorník vs. měření
stěna - sv. oranžová	0,12	0,05	0,06
stěna - sokl	0,12	0,17	0,05
obklad kolem umyvadla	0,29	0,30	0,01
dveře	0,02	0,01	0,02
skříňe	0,02	0,05	0,03
stěna - bílá	0,10	0,09	0,02
tabule	0,01	0,11	0,12
podstavec na tabuli - okrová	0,16	0,10	0,06
katedra	0,04	0,01	0,04
lavice	0,08	0,11	0,03
podlaha	0,28	0,11	0,18
parapet	0,09	0,00	0,09
strop - bílý	0,08	0,16	0,08
průměrná odchylka	0,11	0,10	0,06

5.3.2 Činitel prostupu světla

Při průchodu světla osvětlovacím otvorem se velikost světelného toku zmenšuje v závislosti na materiálu zasklení, vlivem neprůsvitných částí konstrukce okna, vlivem znečištění zasklení a vlivem směru průchodu světla zasklením. K dalším ztrátám světla může dojít stíněním ostatními konstrukcemi posuzované budovy nebo trvale instalovaným stínícím zařízením v exteriéru nebo v interiéru, [33].

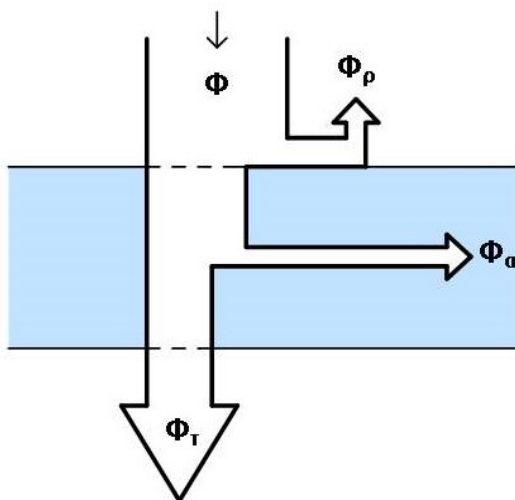
Světelný tok, který dopadá na světelně činnou látku, se může od této látky odrazit, látka ho může pohltit (dojde k zahřátí látky na vyšší teplotu) nebo může prostoupit touto látkou. Ve většině případů okenních výplní se jedná o kombinaci všech možností šíření světla. Dopadající světelný tok ϕ je tedy součtem dílčích světelných toků a spočítá se dle rovnice (2), [33].

$$\phi = \phi_p + \phi_\tau + \phi_\alpha \quad (2)$$

kde: ϕ_p – odražený světelný tok (lm)

ϕ_τ – světelný tok prošlý přes materiál (lm)

ϕ_α – světelný tok pohlcený materiálem (lm)



Obr. č. 17: Šíření světelného toku přes materiál [33]

Pro posouzení a porovnání jednotlivých typů zasklení oken se používá veličina činitel prostupu světla, který nám určuje poměr mezi množstvím dopadajícího světla a světla propuštěného do interiéru.

5.3.2.1 Stanovení činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru výpočtem

U průhledných materiálů se stanovuje činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru ve směru normály, tedy kolmo k výplni okna, pomocí rovnice, [9]:

$$\tau_{s,nor} = L_s/L_o \quad (3)$$

kde: L_s – jas oblohy skrz osvětlovací otvor (cd.m^{-2})

L_o – jas oblohy bez vlivu výplně osvětlovacího otvoru (cd.m^{-2})

5.3.2.2 Postup měření

Pro měření činitele prostupu světla skrze okenní výplň byl použit stejný jasoměr popsáný v kapitole 5.3.1.3 Popis přístrojů a vzorníku.

Po zafixování jasoměru, kolmo k osvětlovacímu otvoru, byl změřen jas oblohy či jiného pozadí, které by mělo být rovnoměrně barevné. Následně byl osvětlovací otvor otevřen a změřen jas oblohy či pozadí bez vlivu okenní výplně. To vše by se mělo odehrát v co nejkratším čase, aby nedošlo k odchylce v důsledku změny jasu. Hodnota činitele prostupu světla $\tau_{s,nor}$ (-) musí vycházet menší než 1, což znamená, že změřený jas oblohy či pozadí skrze okenní výplň nesmí být vyšší než změřený jas oblohy či pozadí bez vlivu okenní výplně.

5.3.2.3 Vyhodnocení

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno v obou hodnocených učebnách. Toto měření bylo provedeno vždy minimálně pětkrát. Po vyloučení extrémů byla spočítaná průměrná hodnota pro danou učebnu a zapsána do tabulky (Tab. č. 8).

Tab. č. 8: Naměřené průměrné hodnoty činitele prostupu světla výplní otvorů v učebnách

Učebna	L_s (cd.m^{-2})	L_o (cd.m^{-2})	$\tau_{s,nor}$ - celé okno (-)	$\tau_{s,nor}$ - 1 sklo (-)
F5 nové okno	Ø 150,1	Ø 189,4	0,79	0,89
B17 staré okno	Ø 220,7	Ø 264,0	0,84	0,92

Z tabulky výše je patrné, že činitel prostupu světla okenní výplní pro celé okno se v jednotlivých učebnách poměrně liší. Důvodem je, že v místnosti F5 byla již nová plastová okna s dvojsklem, která mají lepší tepelně izolační vlastnosti. V místnosti B18 se okna prozatím nevyměňovala, tudíž tam byla

stará dřevěná okna, která jsou sice z hlediska tepelné techniky nevyhovující, avšak z hlediska světelné techniky vykazují lepší vlastnosti než nová okna.

Tento rozdíl spočívá v množství propuštěného světla skrze celou okenní výplň. Starší okna s méně kvalitními skly, z hlediska tepelné techniky, propouštějí více světla. Je to z důvodu různého obsahu železa ve skle. Čím je příměs železa ve skle vyšší, tím více pohlcuje sluneční záření, především jeho infračervenou část. Méně tepla tedy propustí přímo do interiéru a více se zahřívá. Dalším důvodem je tloušťka samotné skleněné tabule. Dříve byly skleněné tabule vyráběny běžně jen 2 mm tlusté a to z důvodu úspory materiálu a také menší hmotnosti. V dnešní době je běžná tloušťka skleněných tabulí 4 mm, [16].

Rozdíl pro jednotlivá skla není tak markantní, ale vzhledem k tomu, že se v obou učebnách jedná o okna s dvojskly je zde účinek jednotlivých skel umocněn a celkový rozdíl činitelů prostupu světla okenních výplní je tak vyšší.

5.4 Výpočet

Problematika denního osvětlení je složitá a ne všechny parametry kvality denního osvětlení se dají změřit. V této práci ověřím kmenové učebny z hlediska normových požadavků denního osvětlení jako je činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost denního osvětlení, dále zjistím jaký je reálný průměrný činitel odrazu světla a jaká je poměrná pozorovací vzdálenost v jednotlivých řadách učebny.

Některé z těchto parametrů je možno vypočítat pomocí vstupních parametrů změřených na místě nebo odečtených ze stavebních výkresů, které jsou posléze dosazeny do jednoduchých rovnic. Další parametry jako například izokřivky činitele denní osvětlenosti mají výpočet o poznání komplikovanější, a proto je vhodné k jejich zjištění využít specializované softwary.

5.4.1 Modelování v programu

Díky počítačové technice můžeme provádět výpočty s vysokou přesností, které bychom často ručním výpočtem nebo graficko-početní metodou dosáhli jen stěží, nemluvě o urychlení celého výpočtu. Tyto softwary umožňují výpočty i pro prostory a okna nestandardních tvarů. Jedinou nevýhodou modelování pomocí počítačových softwarů je, že se nedozvíme přesný průběh výpočtu, dozvíme se většinou jen výsledek. Proto se může někdy stát, že po pouhé aktualizaci programu obdržíme zcela jiné hodnoty. Pro mé posouzení jsem si vybrala program Světlo+.

5.4.1.1 Program Světlo+

Tento program umožňuje výpočet a grafické hodnocení oslunění i osvětlení. Při výpočtu činitele denní osvětlenosti program používá pro oblohovou a vnější odraženou složku činitele bodovou metodu a pro výpočet vnitřní odražené složky činitele metodu radiační, [10].

Grafickým výstupem jsou izokřivky, neboli křivky spojující body stejné osvětlenosti, které názorně vypovídají o rozložení světla ve vnitřním prostoru.

5.4.2 Hodnocená kritéria

Obloha jako plošný zdroj denního světla se neustále mění v závislosti na roční a denní době. Pro hodnocení denního osvětlení se používá výpočtového modelu zcela zatažené oblohy v zimě, což je nejméně příznivý stav oblohy.

5.4.2.1 Činitel denní osvětlenosti

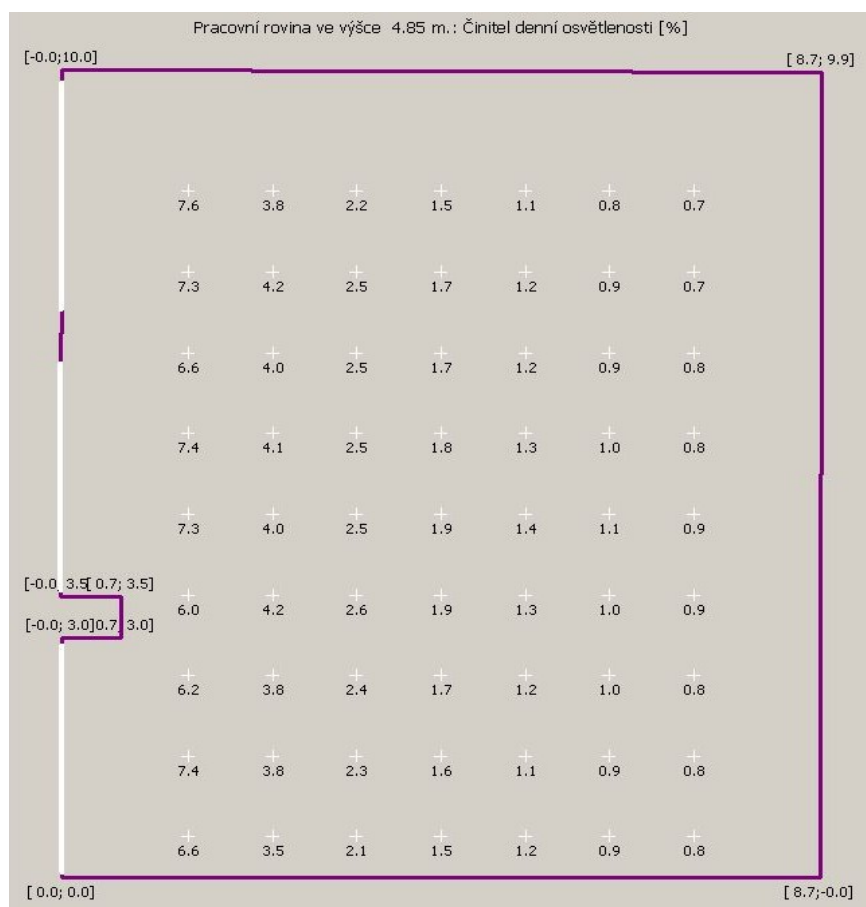
Kvantitativním kritériem při hodnocení osvětlenosti denním světlem je činitel denní osvětlenosti D (%). Definuje se jako poměr osvětlenosti E (lx) dané roviny (vodorovné, svislé nebo skloněné) v posuzovaném místě v interiéru nebo exteriéru k současné horizontální exteriérové osvětlenosti E_h (lx) na nezastíněné rovině. Tento poměr se vyjadřuje dle ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov takto, [5]:

$$D = (E/E_h) 100 \% \quad (4)$$

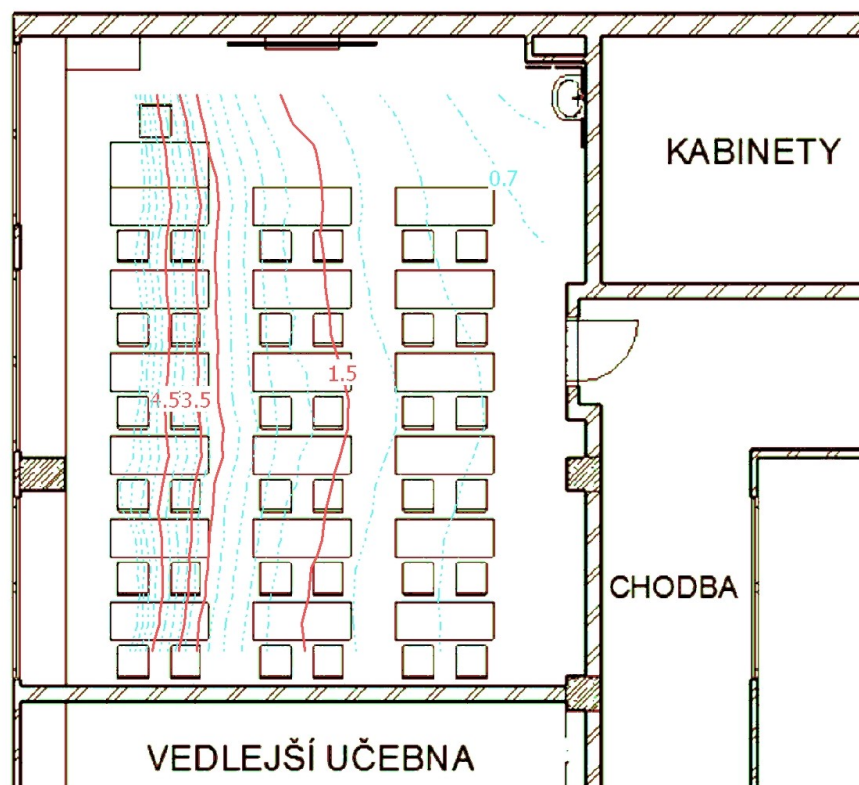
Výpočet byl proveden pomocí programu Světlo+ verze 1.27 [13]. Postup spočíval v nahrání podkladu situace, do kterého byly vyneseny okolní budovy, a podkladu jednotlivých místností, ze kterých byl vynesen půdorys posuzované místnosti. Po zadání orientace a vstupních údajů byl získán výstup v podobě půdorysu s hodnotami činitele denní osvětlenosti v jednotlivých bodech (viz Obr. č. 18 a Obr. č. 20) a půdorysu se zakreslenými izokřivkami (viz Obr. č. 19 a Obr. č. 21) pro obě hodnocené učebny.

Tab. č. 9: Vstupní údaje pro výpočet v programu Světlo+

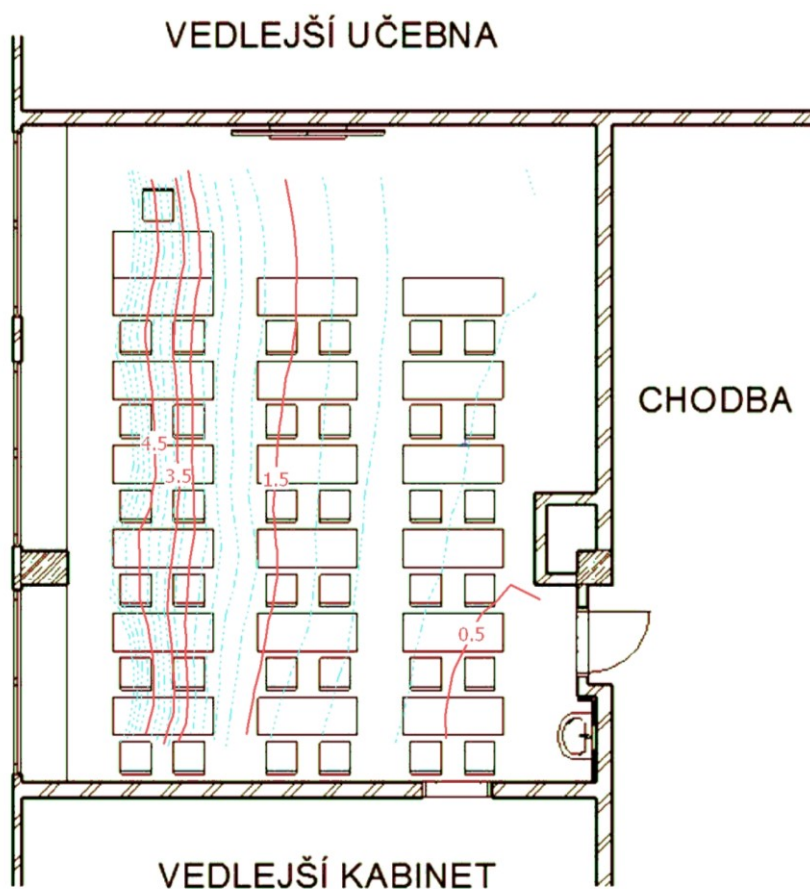
Vstupní údaje		
Označení	Název veličiny	(-)
τ_s	činitel prostupu světla sklem	viz. Tab. č. 8
τ_k	činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,70
τ_z	činitel znečištění	0,86
ρ	činitel odrazu světla	viz. Tab. č. 4 a Tab. č. 5



Obr. č. 18: Výstup ze softwaru Světlo+, [13]:
Hodnoty činitele denní osvětlenosti v jednotlivých bodech v půdorysu učebny F5



Obr. č. 19: Výstup ze softwaru Světlo+, [13]:
Izokřivky činitele denní osvětlenosti vynesené do půdorysu učebny F5



Obr. č. 21: Výstup ze softwaru Světlo+, [13]:
Izokřivky činitele denní osvětlenosti vynesené do půdorysu učebny B18

Vyhodnocení

Z obrázku je patrné, že celá krajní řada lavic u vnitřní podélné zdi v učebně F5 nedosahuje minimálních hodnot činitele denní osvětlenosti pro kmenové učebny požadovaných ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol. Obdobné je to i v učebně B18, kde minimálních hodnot činitele denní osvětlenosti pro kmenové učebny požadovaných ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol nedosahuje celá krajní řada u vnitřní podélné zdi a prakticky i celá střední řada s výjimkou míst vlevo při pohledu na tabuli v prvních dvou řadách. Tyto hodnoty jsou legislativně platné a podle čl. 4.3.2. ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Základní požadavky by měly být splněny na celé ploše místnosti, popřípadě ve funkčně vymezeném prostoru.

5.4.2.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení bych přiřadila ke kvalitativním kritériím. Určím ji podílem mezi minimální a maximální hodnotou činitele denní osvětlenosti, které jsem si zjistila v kontrolních bodech na vodorovné

srovnávací rovině učebny. Jedná se o hodnoty, které jsou naměřeny ve funkčním prostoru místnosti, (odpovídají minimům a maximům krajních bodů na Obr. č. 18 a Obr. č. 20), a které jsem pro přehlednost uvedla v Tab. č. 10, [5].

$$U = D_{min}/D_{max} \quad (5)$$

Tab. č. 10: Minimální a maximální hodnoty činitele denního osvětlení v učebnách

Parametry	Učebna F5	Učebna B18
minimální činitel denní osvětlenosti	0,7 %	0,4 %
maximální činitel denní osvětlenosti	7,6 %	7,4 %
rovnoměrnost denního osvětlení	0,092	0,054

Vyhodnocení

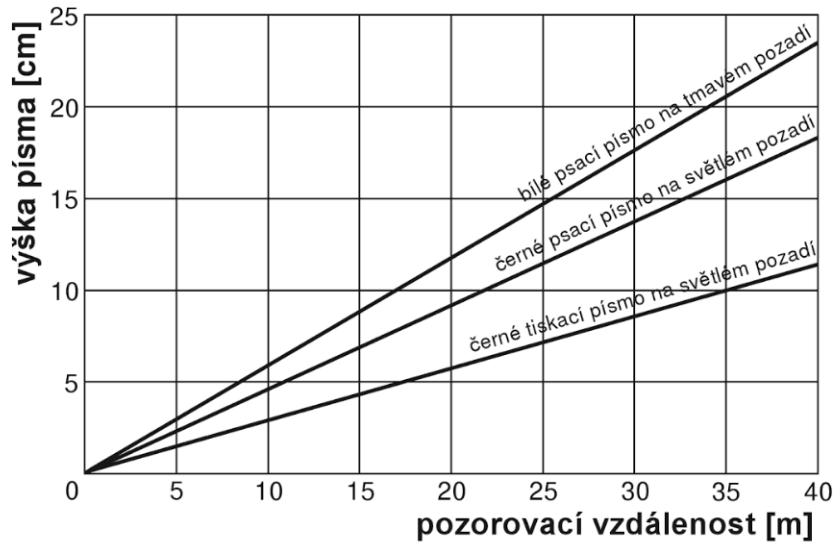
Díky výstupu v podobě půdorysu se sítí bodů z programu Světlo+, můžeme jednoduše nalézt požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti. V mém případě je minimální činitel denní osvětlenosti D_{min} u vnitřní stěny roven 0,7% pro učebnu F5 a 0,4% pro učebnu B18 a maximální činitel denní osvětlenosti D_{max} blíže oknu je v učebně F5 roven 7,6% a v učebně B18 7,4%. Po dosazení do rovnice (5) mi vyjde, že rovnoměrnost denního osvětlení je v učebně F5 je 0,092 a v učebně B18 0,054. Z těchto hodnot je patrné, že rovnoměrnost požadovaná normou ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení škol není ani v jedné z hodnocených učeben dodržena.

5.4.2.3 Poměrná pozorovací vzdálenost

Poměrná pozorovací vzdálenost p_v (-) je dána dle normy ČSN 73 0580-1 jako podíl pozorovací vzdálenosti P (m) a rozměru kritického detailu d (m), [5].

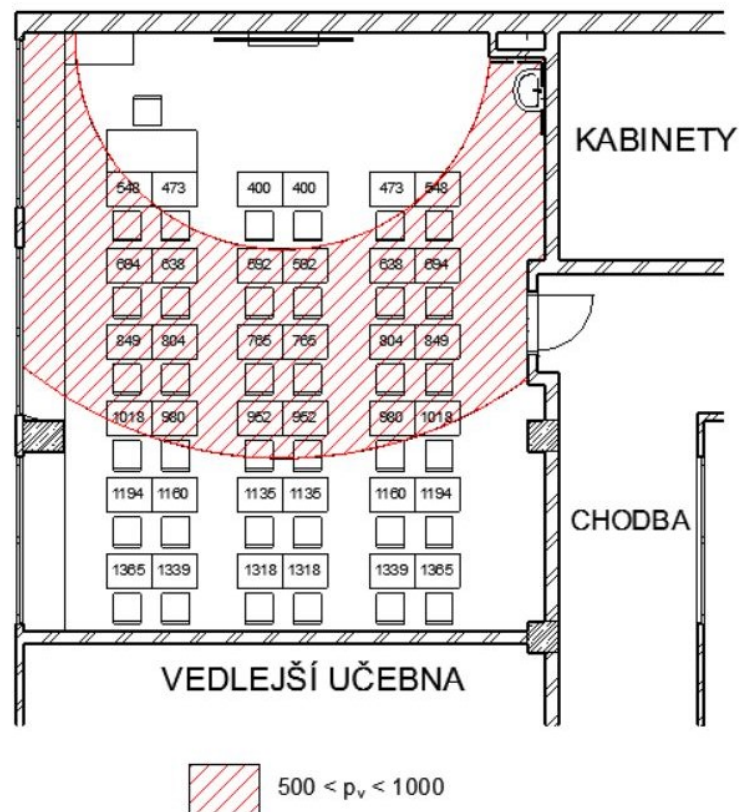
$$p_v = P/d \quad (6)$$

Minimální velikost písma nebo číslice psaného na tabuli měla být 60 mm až 70 mm [12]. Jako kritický detail považuji 10% této minimální velikosti, jelikož za kritický rozměr je brána nejmenší podrobnost, kterou musí náš zrak rozlišit. Jde o rozlišení podobných čísel jako například 3 a 8 nebo písmen O a C. Obr. č. 22 názorně ukazuje rozdílnou potřebu velikosti písma v závislosti na pozorovací vzdálenosti při různém pozadí a různém druhu písma.



Obr. č. 22: Závislost doporučené výšky písma na pozorovací vzdálenost, podle A. Melezinka (1994, str. 88) [12]

Pozorovací vzdálenost je vzdálenost žáka od tabule. Samotná poměrná pozorovací vzdálenost je vypsána do konkrétní lavice v obou učebnách viz. Obr. č. 23 níže. Červeně zvýrazněná plocha vykresluje rozsah normou doporučené poměrné pozorovací vzdálenosti pro středně přesnou zrakovou činnost, což je pro nás pás kruhové výseče od 3 do 6 metrů od tabule.



Obr. č. 23: Poměrná pozorovací vzdálenost v učebnách F5 a B18

Vyhodnocení

Z Obr. č. 23 je patrné, že ideální vzdálenost od tabule mají žáci z krajních lavic první řady, žáci v druhé řadě, žáci ve třetí řadě a žáci ve čtvrté řadě uprostřed. Ostatní žáci vidí na tabuli také, ale se zvětšující se vzdáleností od vyznačené kruhové výseče mohou mít problémy s rozeznáváním podobných číslic a písmen nebo s neúhledným písmem některých žáků či učitelů. Žáci, kteří sedí přímo u tabule, nemají problém s čitelností a rozeznáváním detailů, ale mohou mít problémy s přehledností vykládané látky, nemluvě o problémech s krční páteří. Stejný jev nastává v kině v prvních řadách.

5.4.2.4 Průměrný činitel odrazu světla

Průměrná hodnota činitele odrazu světla ρ_m (-) je doporučena v ČSN 73 0580-1 hodnotou $\rho_m = 0,5$. Jelikož jsem si činitele odrazu světla konkrétních ploch změřila a také odhadla ze vzorníku a z normy ČSN 73 0580-1, mohu výsledné průměrné činitele odrazu světla porovnat obdobně, jako jsem porovnála hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých materiálů v kap. 5.3.1 Činitel odrazu světla. Hodnoty průměrného činitele odrazu světla lze spočítat pomocí vztahu, [5]:

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot \rho_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (7)$$

kde: n – počet povrchů v místnosti
 S_i – plocha i-tého povrchu (m^2)
 ρ_i – činitel odrazu světla (-)

Hodnoty průměrného činitele odrazu světla získané různými metodami jsem porovnála v následujících tabulkách.

Tab. č. 11: Průměrný činitel odrazu světla v učebně F5 dle ČSN 73 0580-1

Povrch	Plocha S_i (m^2)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		dle ČSN 73 0580-1 [5]	
stěna - sokl kolem dveří	3,58	0,50	0,541
stěna - žlutá	33,18	0,65	
obklad kolem umyvadla	3,75	0,55	
tabule	2,40	0,17	
stěna - bílá	19,36	0,75	
lavice	12,48	0,30	
podlaha	64,27	0,25	
podstavec na tabuli - okrová	0,80	0,25	
strop - bílý	64,27	0,75	
parapet	4,89	0,50	
dveře	1,89	0,28	
stěna sokl - žlutá	23,27	0,65	

Tab. č. 12: Průměrný činitel odrazu světla v učebně B18 dle ČSN 73 0580-1

Povrch	Plocha S_i (m^2)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		dle ČSN 73 0580-1 [5]	
stěna - sv. oranžová	35,33	0,65	0,537
stěna - sokl	27,29	0,50	
obklad kolem umyvadla	3,19	0,55	
dveře	3,78	0,28	
skříň	3,84	0,28	
stěna - bílá	19,36	0,75	
tabule	2,40	0,17	
podstavec na tabuli - okrová	0,80	0,25	
katedra	0,78	0,30	
lavice	11,70	0,35	
podlaha	63,39	0,30	
parapet	4,89	0,50	
strop	63,39	0,75	

Tab. č. 13: Průměrný činitel odrazu světla v učebně F5 dle vzorníku

Povrch	Plocha S_i (m ²)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		dle vzorníku	
Stěna - sokl kolem dveří	3,58	0,64	0,628
stěna - žlutá	33,18	0,78	
obklad kolem umyvadla	3,75	0,75	
tabule	2,40	0,18	
stěna - bílá	19,36	0,83	
lavice	12,48	0,34	
podlaha	64,27	0,34	
podstavec na tabuli - okrová	0,80	0,41	
strop - bílý	64,27	0,83	
parapet	4,89	0,59	
dveře	1,89	0,41	
stěna sokl - žlutá	23,27	0,69	

Tab. č. 14: Průměrný činitel odrazu světla v učebně B18 dle vzorníku

Povrch	Plocha S_i (m ²)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		dle vzorníku	
Stěna - sv. oranžová	35,33	0,77	0,675
Stěna - sokl	27,29	0,62	
obklad kolem umyvadla	3,19	0,84	
dveře	3,78	0,30	
skříň	3,84	0,30	
stěna - bílá	19,36	0,85	
tabule	2,40	0,18	
podstavec na tabuli - okrová	0,80	0,41	
katedra	0,78	0,34	
lavice	11,70	0,27	
podlaha	63,39	0,58	
parapet	4,89	0,59	
strop	63,39	0,83	

Tab. č. 15: Průměrný činitel odrazu světla v učebně F5 dle měření

Povrch	Plocha S_i (m ²)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		naměřená hodnota	
Stěna - sokl kolem dveří	3,58	0,65	0,671
stěna - žlutá	33,18	0,87	
obklad kolem umyvadla	3,75	0,77	
tabule	2,40	0,07	
stěna - bílá	19,36	0,91	
lavice	12,48	0,31	
podlaha	64,27	0,35	
podstavec na tabuli - okrová	0,80	0,39	
strop - bílý	64,27	0,91	
parapet	4,89	0,50	
dveře	1,89	0,27	
stěna sokl - žlutá	23,27	0,75	

Tab. č. 16: Průměrný činitel odrazu světla v učebně B18 dle měření

Povrch	Plocha S_i (m ²)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		naměřená hodnota	
Stěna - sv. oranžová	35,33	0,71	0,640
Stěna - sokl	27,29	0,67	
obklad kolem umyvadla	3,19	0,85	
dveře	3,78	0,29	
skříň	3,84	0,33	
stěna - bílá	19,36	0,84	
tabule	2,40	0,06	
podstavec na tabuli - okrová	0,80	0,35	
katedra	0,78	0,31	
lavice	11,70	0,25	
podlaha	63,39	0,41	
parapet	4,89	0,50	
strop	63,39	0,91	

Tab. č. 17: Souhrnná tabulka průměrných činitelů odrazu světla

Orientace učebny	Metoda zjištění činitele odrazu světla	Průměrný činitel odrazu světla
Učebna F5 JIH	dle normy ČSN 73 0580-1 [5]	0,541
	dle vzorníku	0,628
	dle měření	0,671
Učebna B18 SEVER	dle normy ČSN 73 0580-1 [5]	0,537
	dle vzorníku	0,675
	dle měření	0,640

Výsledné hodnoty průměrného odrazu světla jsem navzájem porovnávala dle metody zjištění činitelů odrazů světla jednotlivých materiálů. Toto porovnání je patrné z Tab. č. 17.

Vyhodnocení

U průměrného činitele odrazu světla lze říci, že čím vyšší hodnota, tím lepší. Jak je z Tab. č. 17 patrné, výsledné hodnoty průměrného činitele odrazu světla se mírně liší. Stejně jako v porovnání jednotlivých materiálů v kap. 5.3.1 Činitel odrazu světla i zde nám vychází jako nejméně přesná metoda s hodnotami odhadnutých dle ČSN 73 0580-1. Jako nejpříznivější metoda výpočtu vyšla v učebně F5 orientované na jih metoda se změřenými hodnotami a v učebně B18 orientované na sever metoda s hodnotami odhadnutými ze vzorníku. Rozdíl mezi hodnotami získanými těmito metodami je poměrně malý a o tom, která metoda bude vycházet lépe a bude tudíž nejpříznivější, rozhodne kvalita subjektivního odhadu dílčích činitelů odrazu světla jednotlivých materiálů ze vzorníku.

5.5 Dotazníkové šetření

5.5.1 Popis metody

Další hodnotící metodou je hodnocení na základě vyplnění osobních dotazníků předložených studentům ve vybraných učebnách. Po konzultaci s vedoucím mé práce byl sestaven dotazník s několika jednoduchými otázkami (Obr. č. 33 a Obr. č. 34). Odpovědi studentů na jednotlivé otázky budou analyzovány, vyhodnoceny a získaná data budou použita pro prokázání/vyvrácení mnou předložených hypotéz. Oproti klasickým výpočetním metodám a měřením zde nedostáváme žádné konkrétní číslo, konkrétní veličinu nebo konkrétní výsledek. Ačkoliv je tato hodnotící metoda závislá na okolních podmínkách stejně jako metody výpočetní nebo měření, je velmi subjektivní a závisí na pocitech a momentální náladě dotazované osoby. Další zásadní kritérium, které výrazně ovlivní data získaná touto hodnotící metodou, je srozumitelnost položených otázek a otázky samotné. Na špatně položené otázky bývají nejednoznačné odpovědi, ze kterých lze velmi obtížně získat prospěšná a dobře zpracovatelná data a následně vyvodit relevantní závěry. Vzhledem k tomu, že hodnoceným objektem je gymnázium, které v drtivé většině navštěvují žáci starší 12 let, a mnou vytvořený dotazník byl předložen nezaujatým osobám, které posoudily srozumitelnost otázek, byl tento možný nedostatek eliminován.

5.5.2 Výběr metody

Tuto metodu jsem si vybrala především pro ověření několika hypotéz, které nejdou jasně prokázat nebo vyvrátit metodami početními či místním měřením. Dalším důvodem výběru je porovnání vypočtených a naměřených hodnot či normových požadavků s pocity uživatelů daného prostoru.

Hypotézy

- Levoručí lidé vidí hůře na sešit a jsou více nespokojeni
- Vliv orientace učebny na komfort uživatele
- Nejvhodnější barevné řešení interiéru
- Ideální místo je uprostřed třídy

5.5.3 Okrajové podmínky

Dotazníky byly předloženy skupinám žáků ve dvou různých datech. Poprvé bylo zvoleno datum na začátku školního roku, konkrétně 19. 9. 2016, kdy jsou žáci ve škole jen krátce a většina z nich ještě nenajela na stereotyp školní docházky, kdy pravidelně tráví čas v určitou hodinu na určitém místě. Vyplňování dotazníků probíhalo v obou hodnocených učebnách ve třech různých časech. Poprvé v ranních hodinách na začátku vyučování, přibližně v 8:00, kdy nejsou oči unavené a světelné podmínky jsou v obou třídách

podobné. Druhý čas byl zvolen zhruba uprostřed doby vyučování, tedy v 11:00. Žáci již nějaký čas ve škole strávili a oči si přivykli na světelné podmínky v učebně. V tuto hodinu se již více projevuje rozdílná orientace učeben a především oslunění je zcela rozdílné. Třetí doba pro vyplnění dotazníků byla zvolena na odpolední část vyučování přibližně v 13:30, kdy se již může projevovat únava z působení daných světelných podmínek v učebně.

Druhé datum pro vyplnění dotazníků, konkrétně 6. - 12. 12. 2016, bylo zvoleno tak, aby mezi jednotlivými koly vyplňování byl co největší rozestup, ovšem s ohledem na možnost zapracovat výstupy hodnocení dotazníků do celkových výsledků mé práce. Vyplňování probíhalo ve stejných učebnách a přibližně ve stejných časech jako první vyplňování, aby bylo možno objektivně posoudit jednotlivé výstupy.

Obloha při prvním kole vyplňování byla po celý den rovnoměrně zatažená. Druhou sadu dotazníků jsem nezadávala osobně, ale po komentáři zadavatele, což byla učitelka, která byla při zadání prvních dotazníků, a po porovnání hodnocení počasí žáky s první sadou dotazníků se zdá, že bylo podobné počasí. Ani v jeden den nepršelo.

5.5.4 Popis dotazované skupiny

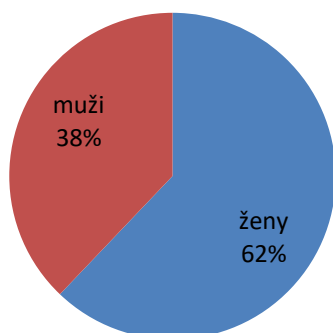
Dotazníky byly vyplňovány ve dvou sadách. První sada dotazníků byla vyplněna na podzim a druhá v zimě. Pokaždé se jednalo o tři rozdílné časy. Skupina dotazovaných žáků je tedy různorodá, někteří žáci vyplnili dotazník i vícekrát, pokud šlo o jiný čas nebo jiné datum. Základní údaje jsou uvedeny níže v Tab. č. 18.

Tab. č. 18: Rozdělení dotazované skupiny

Popis dotazované skupiny		Počet dotazníků	Zastoupení v %
Pohlaví	žena	182	62,1
	muž	111	37,9
Brýle	ano	79	27,0
	ne	214	73,0
Dominantní ruka	praváci	254	86,7
	leváci	39	13,3
CELKEM		293	100

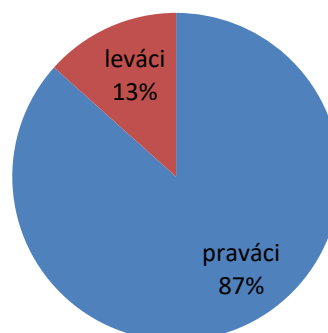
Rozdělení dotazované skupiny žáků z hlediska pohlaví je nevyrovnané. Mezi dotazovanými bylo pouze 38% chlapců oproti 62% dívek (viz. Tab. č. 18 a Obr. č. 25). Tento údaj je překvapivý, neboť rozdělení obyvatel České republiky k 31. 12. 2015 [18] byl 49,14% chlapců oproti 50,86% dívek. Z hlediska rozdělení dle pravorukosti nebo levorukosti je z dotazovaných žáků 87% praváků a 13% leváků (viz. Tab. č. 18 a Obr. č. 24), čímž se blížíme odhadovanému průměru obyvatel s dominantní levou rukou v České republice, který se pohybuje kolem 10% [19].

Pohlaví



Obr. č. 25: Rozdělení dotazované skupiny dle pohlaví

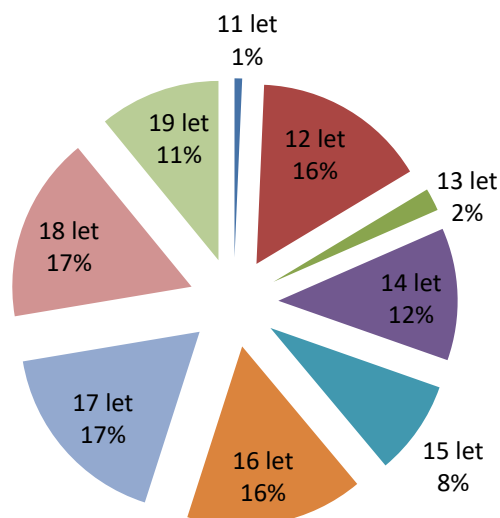
Dominantní ruka



Obr. č. 24: Rozdělení dotazované skupiny dle dominantní ruky

Věkově se jedná o žáky od 11 let do 19 let, což odpovídá žákům od sekundy až po oktávu víceletého gymnázia. Přesné věkové rozdělení je uvedeno na Obr. č. 26. Jak je z grafu patrné, věkově se jedná o rovnoměrně rozdělenou skupinu, kde jsou jednotlivé věkové skupiny zastoupeny od 8% do 16%. Výjimku tvoří žáci ve věku 11 a 13 let, kterých bylo pouze 1% respektive 2% a jednalo se spíše o jedince. Je nezpochybnitelné, že vnímání svého okolí se bude lišit u 12letého žáka a u 19letého žáka, tím více, pokud se jedná o vnímání světelných podmínek v učebně. Při tvorbě dotazníku bylo s obdobným věkovým rozdělením a odlišným vnímáním okolí dotazované skupiny počítáno, a proto byly otázky navrženy a položeny tak, aby věkový rozdíl dotazovaných neměl zásadní vliv na výpovědní kvalitu.

Věkové rozdělení skupiny

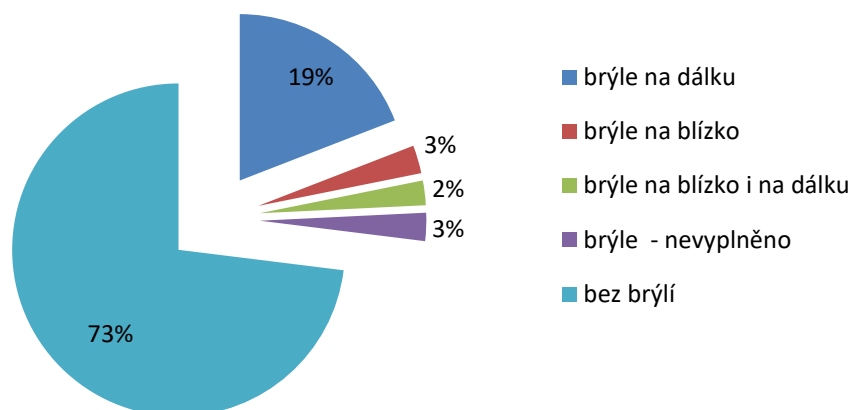


Obr. č. 26: Věkové rozdělení dotazované skupiny

Vzhledem k tomu, že světelné podmínky jsou vnímány výhradně zrakem, je potřeba znát kvalitu zraku dotazované skupiny. Nejvhodnějším ověřením kvality zraku žáků je zjištění potřeby nosit brýle. Z dotazované skupiny 293 žáků uvedlo 73% žáků, že brýle nenosí a ani je nepotřebují. Zbylých 27% uvedlo, že brýle pravidelně během vyučování nosí, z čehož se v drtivé většině jednalo o brýle na dálku, které korigují krátkozrakost neboli myopii. Brýle na blízko používá 3% žáků, multifokální brýle tedy brýle na dálku i na blízko používá 2% žáků a zbylá 3% dotazovaných žáků buďto neuvedlo nebo neznají typ používaných brýlí.

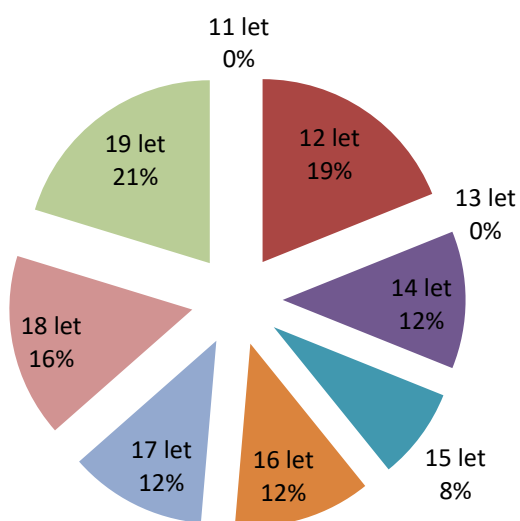
Věkové rozdělení žáků, kteří používají brýle, je přibližně totožné s věkovým rozdělením celé dotazované skupiny (viz. Obr. č. 27).

Žáci s brýlemi / bez brýlí



Obr. č. 27: Rozdělení dotazované skupiny dle potřeby brýlí

Žáci s brýlemi dle věku

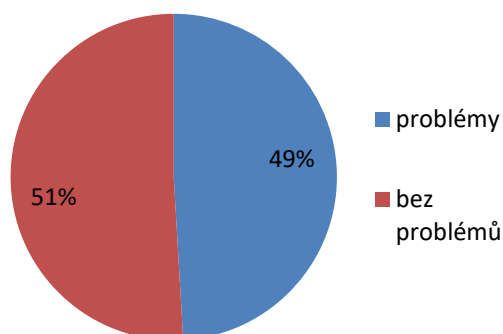


Obr. č. 28: Rozdělení žáků s brýlemi dle věku

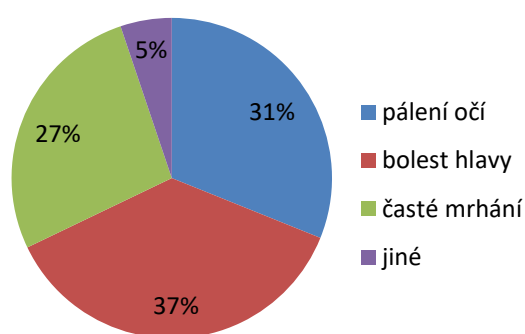
5.5.5 Vyhodnocení

Účelem dotazníků nebylo pouze získat data k vyhodnocení a potvrzení či vyloučení předem daných hypotéz, nýbrž i zjistit subjektivní pocity a vnímání světelných podmínek v učebně během celého vyučování, které nejsou součástí některé z hypotéz.

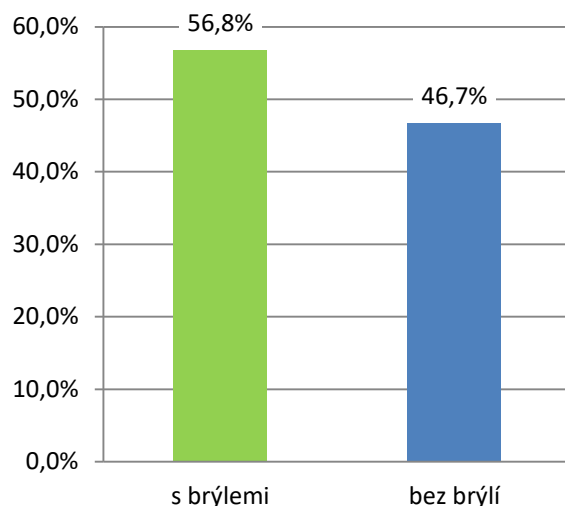
Prvním takovým zjištěním byl výskyt problémů spojených s nedostatečným osvětlením, přílišným oslněním či jiným negativním vlivem světelných podmínek v učebně. Jak je patrné níže na Obr. č. 30, z celkových 293 dotazovaných necelá polovina, konkrétně 49%, uvedla, že se během vyučování musí potýkat s některým z problémů. Znamená to, že každý druhý žák se během vyučování necítí komfortně kvůli světelným podmínkám v učebně. Základem sníženého komfortu při vyučování jsou především tři problémy. Nejvíce zastoupená je bolest hlavy, kterou trpí 37% žáků uvádějících některý z problémů. Dalším v pořadí je pálení očí, tím trpí 31% žáků a nakonec časté mrkání, které postihuje 27% žáků. 5% dotazovaných uvedlo jiný problém, například slzení, neostré vidění atd. Porovnáním vyplněných dotazníků jsem došla k závěru, že k problémům způsobeným světelnými podmínkami v učebně jsou náchylnější žáci, kteří používají brýle. Celkem 56% ze všech žáků, kteří používají brýle, bez rozdílu typu používaných brýlí, uvedlo, že mají během vyučování některý z problémů. Oproti tomu mezi žáky, kteří brýle nenosí, se problémy vyskytly pouze u 46% z dotazovaných.



Obr. č. 30: Množství dotazovaných žáků s problémy

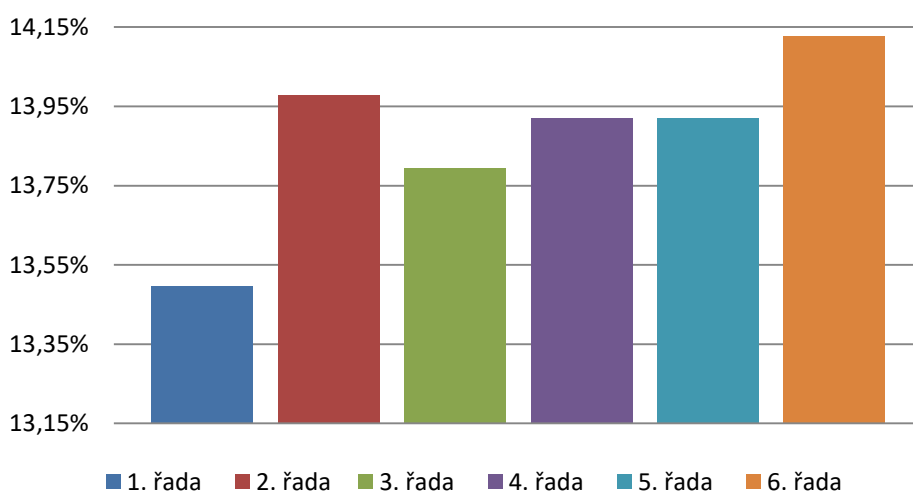


Obr. č. 29: Typ problému dotazovaných žáků



Obr. č. 31: Poměr problémů lidí s brýlemi a bez brýlí

Dalším kritériem, které jsem chtěla zhodnotit a které mi pomohlo při hodnocení zrakové pohody žáků během vyučování, bylo posouzení výhledu na tabuli s ohledem na vzdálenost od ní. Dotazovaní měli celkově zhodnotit svou spokojenost s výhledem na tabuli, při tom měli za úkol vzít v potaz přímý výhled, tedy jestli jim nestíní spolužák, čitelnost textu na tabuli a také odlesky či přímé oslnění tabule, které by zhoršovalo čitelnost textu. Ačkoliv se jedná o velmi subjektivní pocity, předpokládala jsem, že rozdíly mezi prvními a zadními řadami budou výraznější. Jak je patrné z grafu na Obr. č. 32, nejméně žáků, kteří nevidí dobře na tabuli, bylo v první řadě a to konkrétně 13,49%. Naopak nejvíce, konkrétně 14,13%, jich bylo v poslední šesté řadě. Rozdíl tedy činí pouze 0,64%. Ačkoliv nespokojenost s výhledem má stoupající tendenci se vzdávající se vzdáleností od tabule, osobně jsem čekala tento nárůst vyšší.



Obr. č. 32: Porovnání spokojenosti výhledu na tabuli

5.5.6 Vzorový dotazník

DOTAZNÍK K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Téma: Osvětlení ve školní budově

Tento dotazník bude podkladem pro vypracování diplomové práce na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Z Vámi vyplněných informací bude sestaveno hodnocení osvětlenosti v dané učebně, které bude dále porovnáno s naměřenými a vypočtenými hodnotami a normovými požadavky.

Děkuji za Váš čas strávený vyplněním dotazníku.

Otázky:

Hodnocená učebna:

1. Jaké je Vaše pohlaví? žena muž
2. Jaký je Váš věk?
3. Jaké je datum a čas vyplnění dotazníku? datum: 2016 čas: :
4. Jaké je venku počasí?
 jasno oblačno
 polojasno zataženo
5. Kolik vyučovacích hodin denně trávíte v hodnocené učebně?
6. Nosíte brýle? ano ne
Pokud ano - Víte, jaké mají parametry (dioptrie, cylindry, atd)?
 jsou na blízko dioptrie
- jsou na dálku cylindry
7. Pokud nosíte brýle, používáte čočky? (pokud ne, nevyplňujte)
 ano ne
8. Řekl/a byste, že všeobecně vidíte dobře, ostře? (Platí pro osoby s brýlemi i pro osoby bez nich)
 ano ne
9. Jakou rukou píšete?
 levá pravá
10. Máte během vyučování pocit oslnění vaší osoby? (chvíle, kdy vám slunce přímo nebo odrazem svítí do očí a musíte mžourat)
 ano ne
11. Vnímáte během vyučování nepříjemné odlesky některých předmětů? (chvíle, kdy špatně vidíte na tabuli/sešit, protože na ně přímo nebo odrazem svítí slunce)
 ano ne

Obr. č. 33: První sada dotazníku

12. Řekl/a byste, že vidíte dobře na tabuli? ano ne
13. V jaké lavici sedíte?
okno

L	P
---	---

L	P
---	---

L	P
---	---
14. V kolikáté řadě od tabule sedíte? _____
15. Řekl/a byste, že vidíte dobře na sešit, při psaní? ano ne
16. Máte během vyučování problémy spojené se špatnými světelnými podmínkami v učebně?
- pálení očí
 - bolest hlavy
 - časté mrkání
 - jiné: _____

Poznámky (napadají vás nějaké další důležité/zajímavé informace, které se v dotazníku neobjevují):

Obr. č. 34: Druhá strana dotazníku

6 Vyhodnocení hypotéz

V této části se budu zabývat vyhodnocením jednotlivých hypotéz, které jsem si položila na začátku mé práce. Jedná se o tyto hypotézy:

- Levorucí lidé vidí hůře na sešit a jsou více nespokojeni
- Vliv orientace učebny na komfort uživatele
- Nejvhodnější barevné řešení interiéru
- Ideální místo je uprostřed třídy

U prvních dvou hypotéz se vyhodnocení, tedy jejich potvrzení či vyvrácení, opírá o výstupy z dotazníkového šetření. Ze získaných dat jsem vytvořila názorné grafy, které dokládají moje hodnocení.

Hodnocení třetí hypotézy, tedy porovnání ideálního barevného řešení se současným stavem jednotlivých učeben využívá jako hodnotící parametr průměrný činitel odrazu světla.

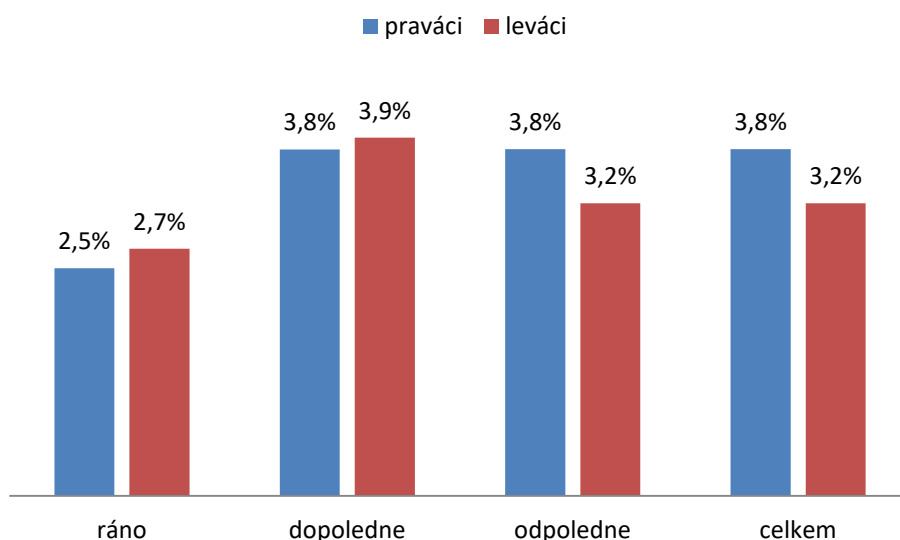
Poslední hypotéza, předpokládající ideální místo pro žáka uprostřed třídy, je nejrozsáhlejší. Pro její vyhodnocení jsem zkombinovala výstupy z výpočtů společně s dalšími parametry, které nejsou součástí všeobecného hodnocení učeben, a konfrontovala jsem je s názory samotných žáků, získaných při dotazníkovém šetření.

Pro názornou interpretaci mých výsledků jsem připravila několik grafů, popisujících jednotlivá zjištěná data. Grafy jsou převážně dvojího typu, buď vyjadřují procentuální poměry (rozdělení skupiny, výskyt daným jevů atd.) a nebo úroveň spokojenosti, která je hodnocena multikriteriální metodou z dotazníkového šetření. Tato metoda vychází z vyhodnocení čtyř otázek v dotazníku, ze kterých je sestavena jedna hodnota, vyjadřující úroveň spokojenosti dotazovaného žáka. Jedná se o hodnoty v intervalu 0-1, kdy 0 odpovídá minimální spokojenosti, kdežto 1 značí maximální spokojenost uživatele.

6.1 Levorucí lidé vidí hůře na sešit a jsou více nespokojeni

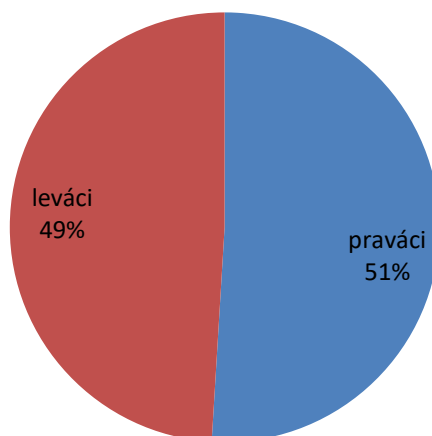
Tato hypotéza předpokládá, že žáci píšící levou rukou vidí hůře na sešit a mohou mít větší náchylnost k problémům způsobených horšími světelnými podmínkami. Vycházela jsem z předpokladu, že při levém bočním osvětlení, kdy denní světlo vniká do místnosti pouze okny v levé boční stěně, si žáci píšící levou rukou touto rukou zároveň stíní a sami si tak zhoršují světelné podmínky na sešitu, což může mít za následek zhoršenou kvalitu zraku.

Vzhledem k rozdělení dotazovaných žáků, kdy 13 % dotazovaných uvedlo, že píše levou rukou (viz. Obr. č. 25), má toto zkoumání nemalý vliv. Při jeho potvrzení to znamená, že přibližně každý osmý žák by mohl mít nevyhovující podmínky při výuce a mohl by si soustavně kazit zrak.



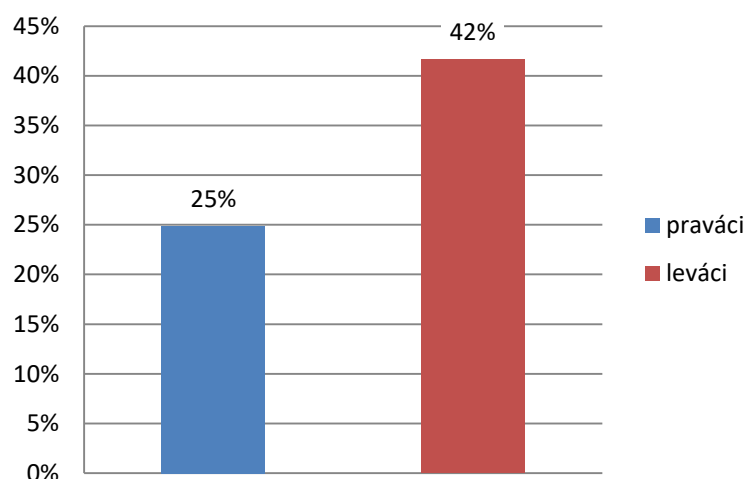
Obr. č. 35: Porovnání výhledu na sešit dle dominantní ruky

První základní otázkou této hypotézy je, zda mají samotní žáci, píšící levou rukou pocit, že hůře vidí na sešit. Odpovědí je graf na Obr. č. 35, který udává, kolik procent dotazovaných má problémy s výhledem na sešit. Při porovnání levorukých a pravorukých žáků jsem zjistila, že výsledky se příliš neliší a celkový rozdíl je 0,6%. Z toho usuzuji, že dominantní ruka nemá významný vliv na to, jak žák vidí na sešit. Celkový počet žáků nespokojených s výhledem na sešit se během dne mírně mění. Nejméně jich je na začátku vyučování, konkrétně 2,5%, maximálního počtu, tedy 3,9%, je dosaženo přibližně v 12:00.



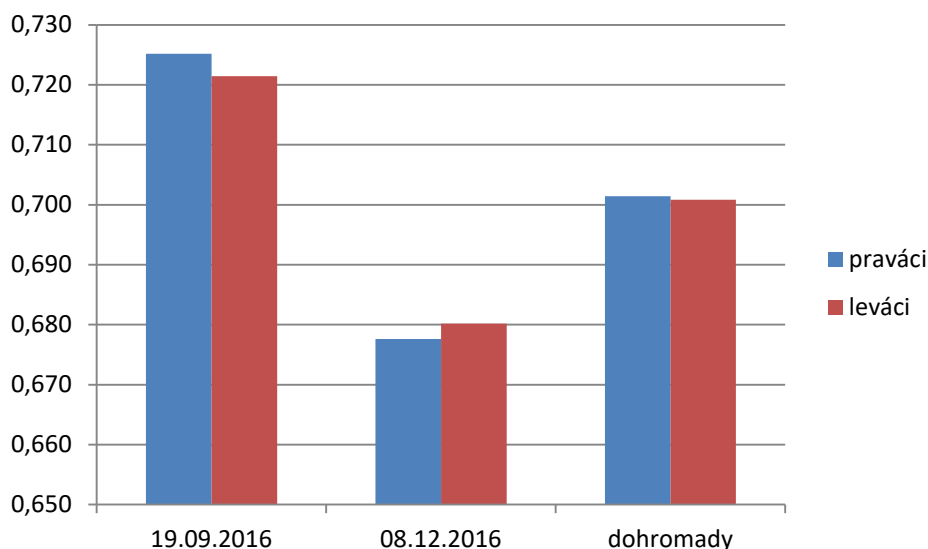
Obr. č. 36: Rozdělení problémů dle dominantní ruky

Další otázkou této hypotézy je, zda má dominantní ruka vliv na výskyt problémů spojených se světelnými podmínkami v učebně. Z grafu na Obr. č. 36 je zcela patrné, že tento vliv je v poměru 51% (praváci) k 49% (leváci) a je tedy minimální. Naopak pravorucí žáci mají problémy častěji nežli žáci levorucí.



Obr. č. 37: Poměr praváků a leváků s brýlemi

Významnou součástí této hypotézy je otázka, zda má psaní odlišnou rukou vliv na kvalitu zraku žáka. Z Obr. č. 37 jsem zjistila, že tento vztah zde existuje, tedy na kvalitu zraku má vliv, jakou rukou žák píše. Ze všech dotazovaných má 25% praváků problémy se zrakem, které musí korigovat brýlemi, kdežto leváků, kteří nosí brýle, je 42%. To znamená, že levorucí žáci mají daleko větší sklony k problémům, které vyústí v potřebu nosit brýle. Tento rozdíl je vyšší než u ostatních parametrů této hypotézy a činí celkem 17%.



Obr. č. 38: Porovnání úrovně spokojenosti dle dominantní ruky

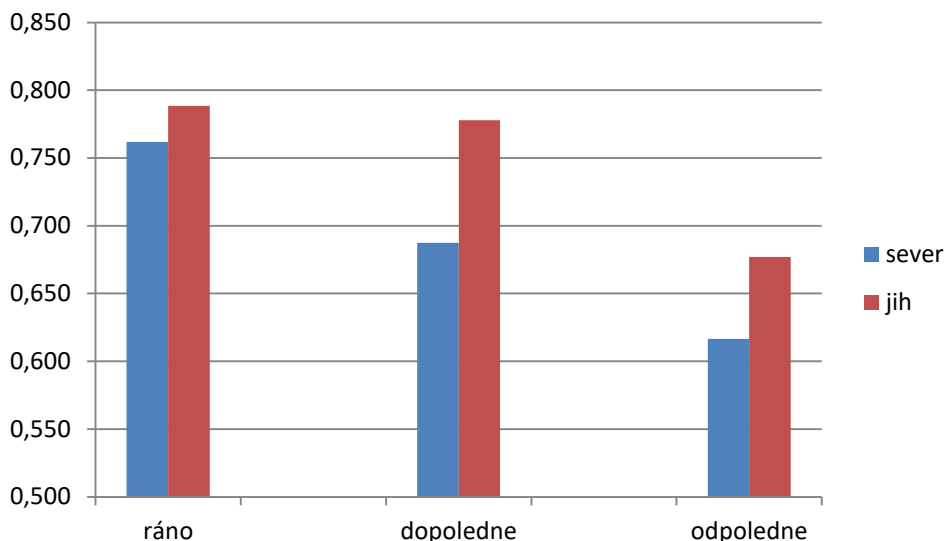
Poslední otázkou je celková úroveň spokojenosti dotazovaných žáků se světelnými podmínkami v dané učebně. Odpověď na tuto otázku nalezneme v grafu na Obr. č. 38, který nám udává míru spokojenosti žáků. Pro vznik tohoto grafu byly podkladem výsledky multikriteriální analýzy popsané výše na str. 72. Z grafu vyplývá, že celková úroveň spokojenosti je prakticky stejná jak u levorukých žáků, tak u pravorukých. Rozdíly úrovně spokojenosti v jednotlivých časech jsou 0,4%. Zajímavějším zjištěním je fakt, že skupina žáků dotazovaných v prvním kole předkládání dotazníku ve dne 19. 9. 2016 byla spokojenější s kvalitou denního osvětlení než skupina dotazovaná v druhém kole 8. 12. 2016. Tento rozdíl činí 4,4%, což je desetkrát vyšší než rozdíl mezi jednotlivými skupinami žáků.

6.1.1 Vyhodnocení spokojenosti žáků píšící levou rukou

Po vyhodnocení všech zjištění jsem došla k závěru, že tuto hypotézu lze považovat za neprokázanou. Rozdíly všech zásadních kritérií, posouzených dle dominantní ruky žáků, byly nižší než 2%, což je vzhledem k počtu žáků ve třídě naprosto zanedbatelný rozdíl. Podle mých zkušeností ze studií na gymnáziu a z měření a návštěv při zadávání dotazníků na gymnáziu se prakticky nepřetržitě v učebnách svítí. Použití umělého osvětlení velmi ovlivní názory žáků, zda vidí dobře na sešit, což zásadně ovlivní výsledky mého porovnání.

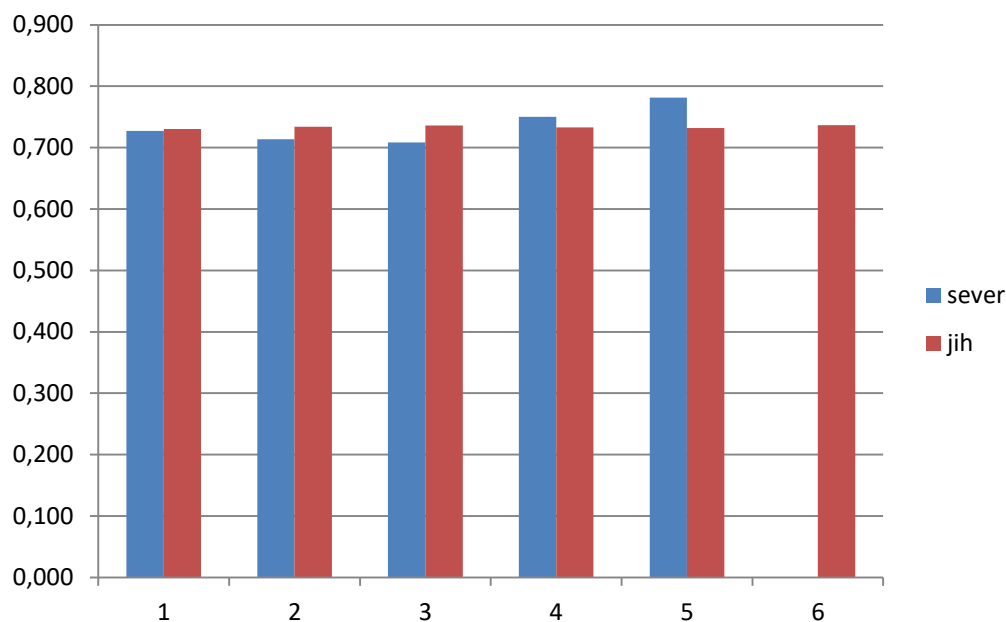
6.2 Vliv orientace učebny na komfort uživatele

Druhou hypotézou, kterou jsem si při tvorbě této práce zadala je, zda má orientace učebny vůči světovým stranám vliv na úroveň spokojenosti s kvalitou denního osvětlení. Tato hypotéza byla hlavní příčinou výběru hodnocených učeben. Bylo zapotřebí, aby učebny měly různé orientace, a to pokud možno co nejrozdílnější. To je v tomto případě splněno, jelikož orientace sever-jih je v našich podmínkách považována za nejextrémnější.



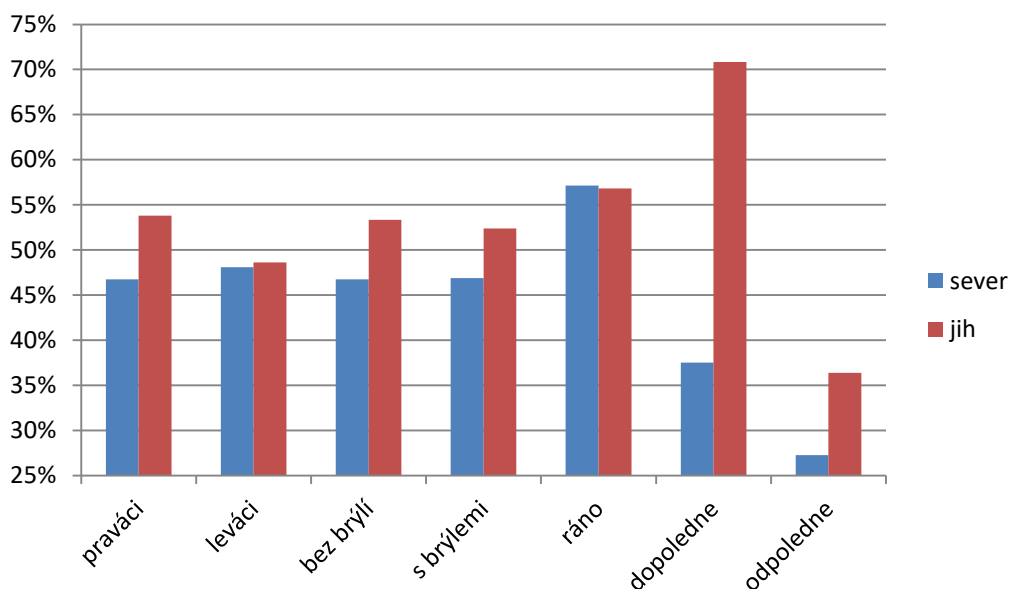
Obr. č. 39: Úroveň spokojenosti dle orientace učebny v čase

Na výše uvedeném grafu na Obr. č. 39, je porovnání úrovně spokojenosti v čase rozděleno dle orientace učebny vůči světovým stranám. Z grafu je patrné, že úroveň spokojenosti je po celou dobu vyučování v učebně orientované k severu nižší než úroveň spokojenosti v jižně orientované učebně. Tento rozdíl se v čase mění, na začátku v ranních hodinách se pohybuje kolem 2,6%, extrému dosahuje kolem poledne, kdy se dostáváme až na rozdíl 9%, s postupujícím časem se tento rozdíl zase snižuje a na konci běžného vyučování, zhruba v 14:30 je tento rozdíl 6%. Dále jsem si všimla, že celková spokojenost bez ohledu na orientaci učebny s postupem vyučování klesá. Průměrná úroveň spokojenosti na začátku vyučování je 0,775, kdežto na konci vyučování je tato hodnota nižší, pouze 0,643. Tento fakt lze vysvětlit stoupající únavou žáka, ale stejně tak zde hraje svou roli kvalita denního osvětlení.



Obr. č. 40: Úroveň spokojenosti v jednotlivých řadách dle orientace učebny

Dále jsem se v této hypotéze zaměřila na spokojenost žáků v jednotlivých řadách. Z Obr. č. 40, který nám ukazuje zmíněnou úroveň spokojenosti dle orientace učebny, jsem ovšem nevyčetla žádný vypovídající průběh nebo zajímavou odchylku. Hodnoty spokojenosti jednotlivých tříd jsou srovnatelné, maximální rozdíl je 8%, což není nikterak zásadní hodnota.



Obr. č. 41: Výskyt problémů u jednotlivých skupin žáků dle orientace učebny

Poslední částí této hypotézy je zjištění, zda má orientace učebny vliv na výskyt problémů. V grafu na Obr. č. 41 jsem žáky rozdělila do různých skupin s ohledem na dominantní ruku a potřebu nosit brýle. Dále jsem rozdělila výskyt problémů do různých časů. Vše je opět porovnáno vzhledem k orientaci učebny.

Ve většině skupin vychází vyšší výskyt problémů v jižní učebně. I zde je na vině dopadající slunce, které výrazně namáhá zrak a zvyšuje tak výskyt jednotlivých problémů, například bolest hlavy či pálení očí. Jedinou skupinou, kde vyšel vyšší výskyt problémů v severní učebně, je čas na začátku vyučování, kdy se venkovní podmínky pro obě učebny podobají, jelikož jižní učebna je v tento čas stíněna okolními budovami.

6.2.1 Vyhodnocení vlivu orientace učebny na komfort žáka

Všeobecně se dá říci, že spokojenost žáků s kvalitou denního osvětlení, je v severní učebně nižší, než je spokojenost žáků v jižně orientované učebně. Tento rozdíl ovšem není zásadní.

6.3 Nejvhodnější barevné řešení interiéru učebny

V této kapitole se zabývám porovnáním nové barevnosti interiéru s původním stavem. Nové barvy v interiéru byly navrženy tak, aby co nejlépe působily na psychiku žáka a zároveň pomohly docílit co nejlepšího činitele odrazu světla. Při návrhu nových barev jednotlivých materiálů jsem vycházela ze zásad, které jsem popsala v kap. 2.3 Uplatnění barvy ve školním prostředí. Důvodem pro vytvoření toho porovnání, je zájem zjistit, zda a popřípadě jak ovlivní nová barevnost interiéru světelné podmínky v dané učebně. Výstupem, který budu porovnat, je činitel odrazu světla jednotlivých materiálů a průměrný činitel odrazu světla celé místnosti. Vzhledem k nemožnosti nový stav interiéru změřit budu porovnávat pouze hodnoty odhadnuté z normy ČSN 73 0580-1 a ze vzorníku. Jelikož se jedná o mnou odhadnuté hodnoty, jde spíše o subjektivní hodnocení možného nového návrhu barevnosti interiéru.

Tab. č. 19: Průměrný činitel odrazu světla nové barevnosti interiéru dle ČSN 73 0580-1

Povrch	Plocha S_i (m ²)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		dle ČSN 73 0580-1 [5]	
stěna za tabulí - mírně sytá zelená	22,26	0,45	0,591
stěna vnitřní - světle žlutá	26,14	0,70	
stěna zadní - světle žlutá	26,71	0,70	
stěna s okny - bílá	7,99	0,80	
strop - bílý	64,27	0,80	
podlaha - sytě zelená	64,27	0,35	
lavice + katedra	12,48	0,38	
parapet - matný, světle šedý	4,89	0,60	
dveře	1,89	0,35	
tabule - bílá	2,40	0,78	
podstavec na tabuli - mírně sytá zelená	0,80	0,45	
obklad u umyvadla - světle žlutý	3,75	0,70	

Tab. č. 20: Průměrný činitel odrazu světla nové barevnosti interiéru dle vzorníku

Povrch	Plocha S_i (m ²)	Činitel odrazu světla ρ_i (-)	Průměrný činitel odrazu světla ρ_m (7) (-)
		dle vzorníku	
stěna za tabulí - mírně sytá zelená	22,26	0,60	0,637
stěna vnitřní - světle žlutá	26,14	0,77	
stěna zadní - světle žlutá	26,71	0,77	
stěna s okny - bílá	7,99	0,83	
strop - bílý	64,27	0,83	
podlaha - sytě zelená	64,27	0,37	
lavice + katedra	12,48	0,34	
parapet - matný, světle šedý	4,89	0,70	
dveře	1,89	0,39	
tabule - bílá	2,40	0,83	
podstavec na tabuli - mírně sytá zelená	0,80	0,60	
obklad u umyvadla - světle žlutý	3,75	0,77	

Nové barvy jednotlivých materiálů byly zvoleny ve světlých odstínech zelené a žluté, jelikož tyto barvy povzbuzují psychiku člověka a aktivitu, ale zároveň nejsou příliš rušivé a mají vyšší činitel odrazu světla. Do nového interiéru jsem navrhla bílou tabuli, na kterou by se mělo psát tmavými fixy. Oproti klasické tmavě zelené tabuli je tato varianta výhodnější z hlediska podobného kontrastu s papírem, na který si žák zapisuje poznámky a vylučuje tam změnu kontrastu při střídavém pozorování sešitu a tabule. Naopak si musíme dát pozor na vyšší odlesky od bílé tabule než tmavě zelené. Je tedy nutné vybrat kvalitní bílou tabuli, u které nedochází k tak velkým odleskům, popřípadě místnost doplnit stínícími prvky, které odleskům zamezí. S ohledem na světlou tabuli jsem zvolila mírně sytou zelenou barvu na stěnu za ní. Zelená barva je dostatečně kontrastní s bílou tabulí a zároveň podporuje aktivitu. Na zadní stěnu a vnitřní podélnou stěnu jsem zvolila světle žlutou barvu, která dostatečně odráží světlo a napomáhá tak dostatečnému osvětlení krajních řad, ale zároveň není vůči zelené přední stěně příliš kontrastní a rušivá. Stěna s okny byla navržena jako bílá, aby se minimalizoval kontrast mezi stěnou a výhledem z okna. Barvu stropu jsem zvolila bílou pro maximální odraz světla a zároveň jsem ctěla pravidlo, že strop by měl být nejsvětlejší plochou v interiéru. Naopak nejtmavší by měla být plocha podlahy. Tu jsem navrhla opět v zelené barvě, která opticky ladí s čelní stěnou za tabulí, ovšem v tmavším odstínu.

Tab. č. 21: Souhrnná tabulka průměrných činitelů odrazu světla

Stav interiéru	Metoda zjištění činitele odrazu světla	Průměrný činitel odrazu světla
Současný stav	Dle normy ČSN 73 0580-1 [5]	0,541
	dle vzorníku	0,628
Nově navržený stav	Dle normy ČSN 73 0580-1 [5]	0,591
	dle vzorníku	0,637

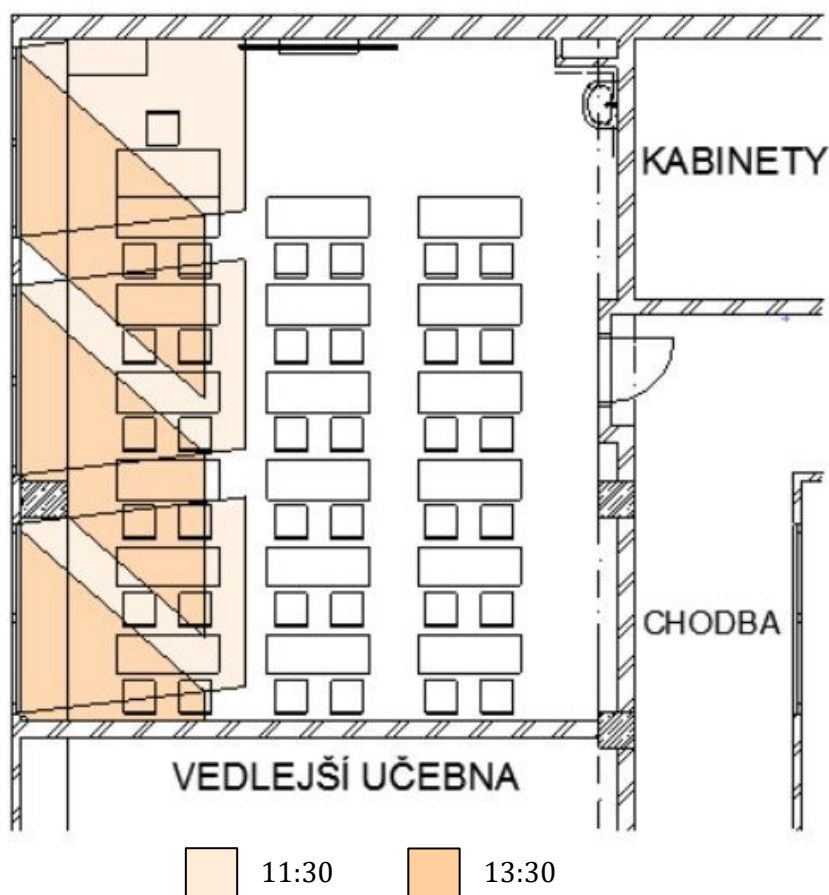
6.3.1 Vyhodnocení ideální barevnosti učebny

Z výše uvedené Tab. č. 21, která porovnává nově vypočtené činitele odrazu světla s původními hodnotami naměřenými v učebně F5, je patrné, že nová barevnost přispěla k mírnému zvýšení průměrného činitele odrazu světla u obou metod. U jednotlivých materiálů se s činitelem odrazu světla nedostáváme k hodnotám, kdy by mohlo hrozit oslnění a vzhledem k tomu, že čím vyšší je průměrný činitel odrazu světla místnosti, tím více se světlo v místnosti odráží. Vzhledem k těmto skutečnostem se dá z hlediska světelných podmínek považovat navrhovaná změna barev v učebně za vhodnější.

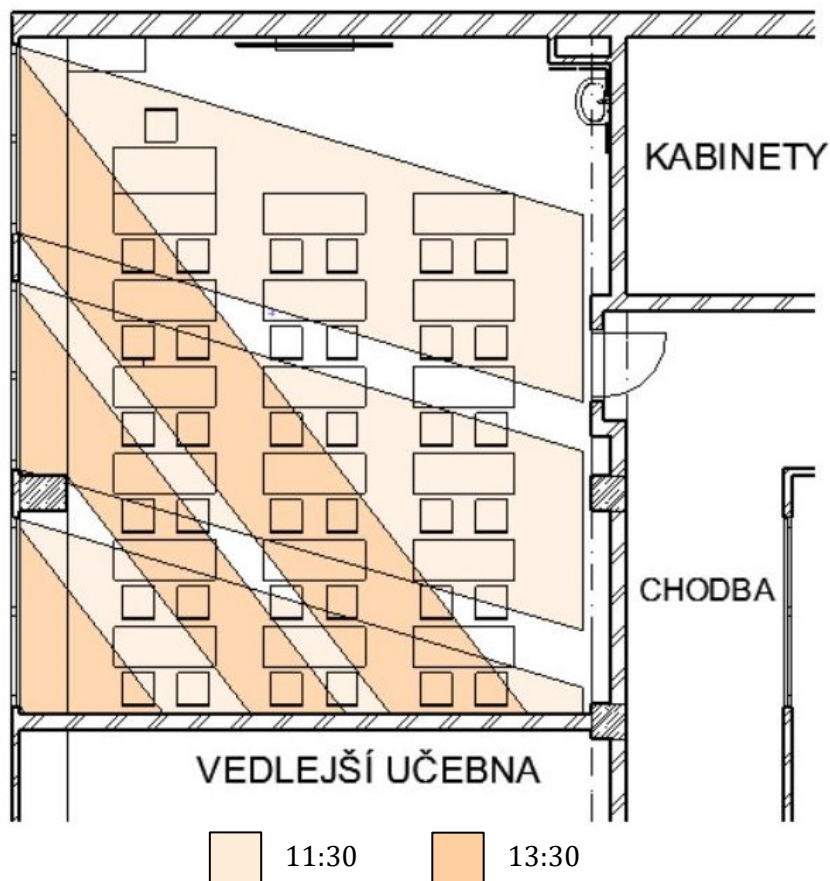
6.4 Ideální místo je uprostřed třídy

Tato hypotéza zkoumá předpoklad, že nejlepší místo pro žáka je uprostřed třídy. Zkoumání je rozděleno do dvou hlavních částí. V první části jsem při hodnocení učebny vycházela z dříve popsanych, změřených a vypočítaných parametrů, jakými jsou například činitel denní osvětlenosti, poměrná pozorovací vzdálenost atd. Druhá část hodnotí názory samotných žáků na jejich spokojenost se svým místem z hlediska světelných podmínek.

Součástí první části hodnocení je kromě parametrů popsanych v této práci v kap. 5.4.2 Hodnocená kritéria také studie dopadu slunečních paprsků na srovnávací rovinu v přesně stanovený datum a čas. Tuto studii jsem provedla v softwaru ArchCAD 17 EDU [14], kde jsem po zadání konkrétního data a času získala údaje o dopadu slunečních paprsků (elevační úhel a azimut). Tyto získané informace jsem vynesla do předem vytvořeného půdorysu učebny. Výstupem jsou půdorysy se zakreslenými zónami dopadu slunečních paprsků na srovnávací rovinu v učebně a to v datech vyplnění dotazníků žáky, tj. 19. 9. 2016 a 6. – 12. 12. 2016 (jako referenční datum jsem zvolila 8. 12. 2016).



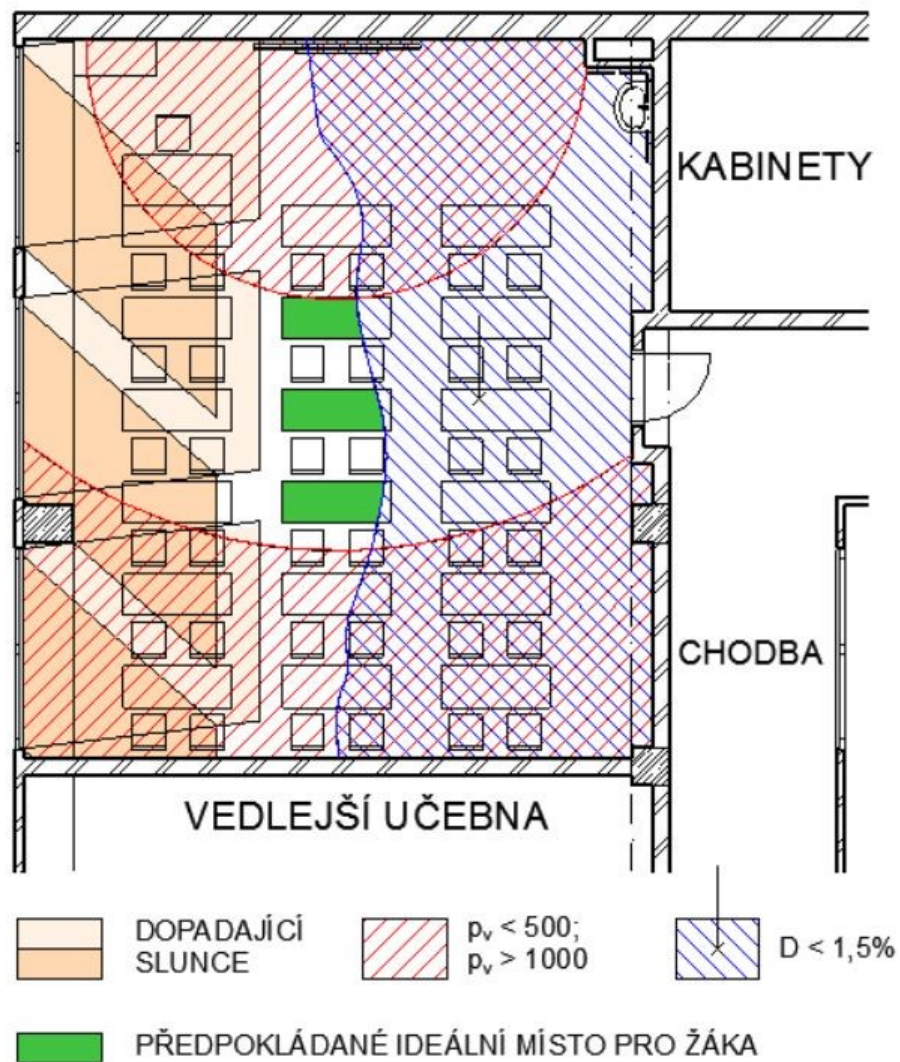
Obr. č. 42: Dopad slunečních paprsků na srovnávací rovinu 19.9.



Obr. č. 43: Dopad slunečních paprsků na srovnávací rovinu 8.12.

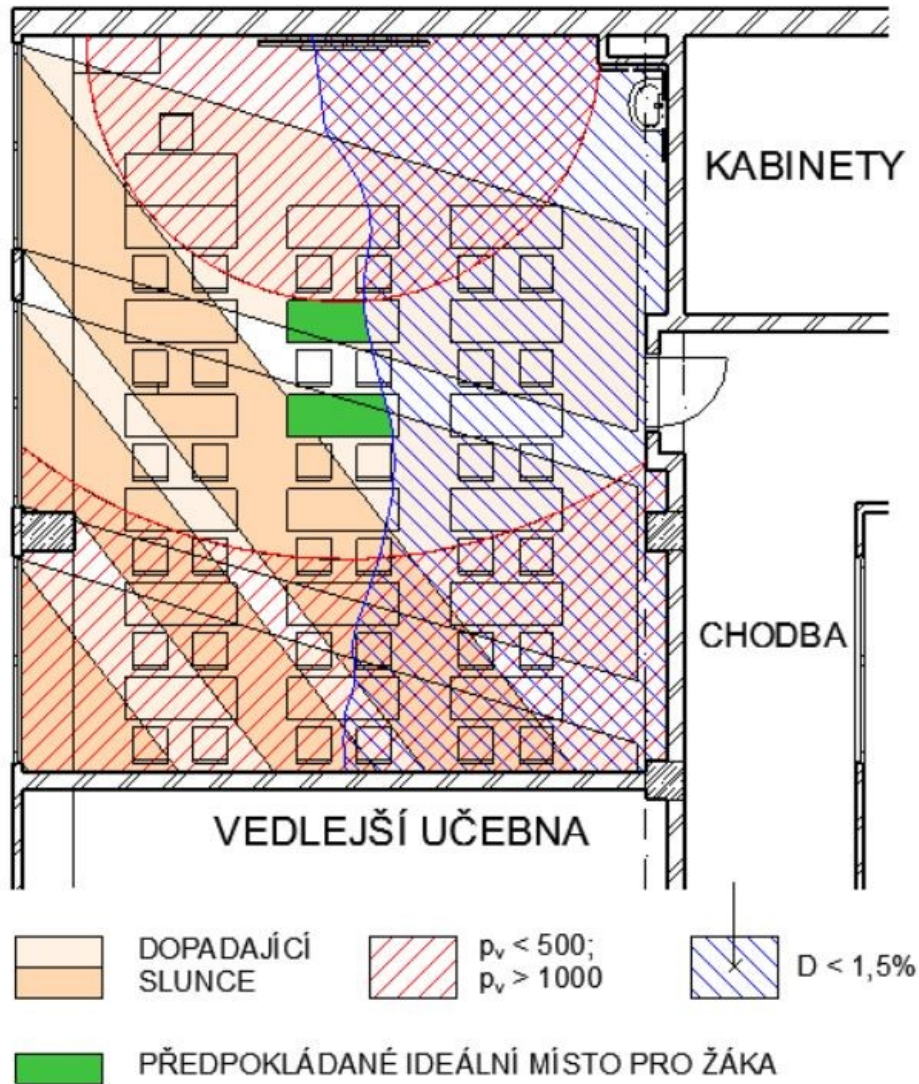
Na výše uvedených Obr. č. 42 a Obr. č. 43 je patrné, která část učebny je osluněna přímými slunečními paprsky v konkrétní časy. Vybrané časy jsem zvolila tak, aby maximálně odpovídaly časům, kdy žáci vyplňovali dotazníky. Jsou to 8:00, 11:00 a 13:30. Na obrázcích je patrné oslunění pouze v 11:00 a 13:30, jelikož v 8:00 je učebna stíněna okolními budovami. Tuto studii jsem provedla pouze pro učebnu F5 orientovanou na jih, protože do severně orientované učebny B18 slunce během doby vyučování vůbec nesvítí.

Parametry z první části hledání ideálního místa jsem zakreslila společně do jednoho půdorysu. U jižně orientované třídy se jedná o dvě varianty, kvůli různě dopadajícím slunečním paprskům ve dvou hodnocených datech.



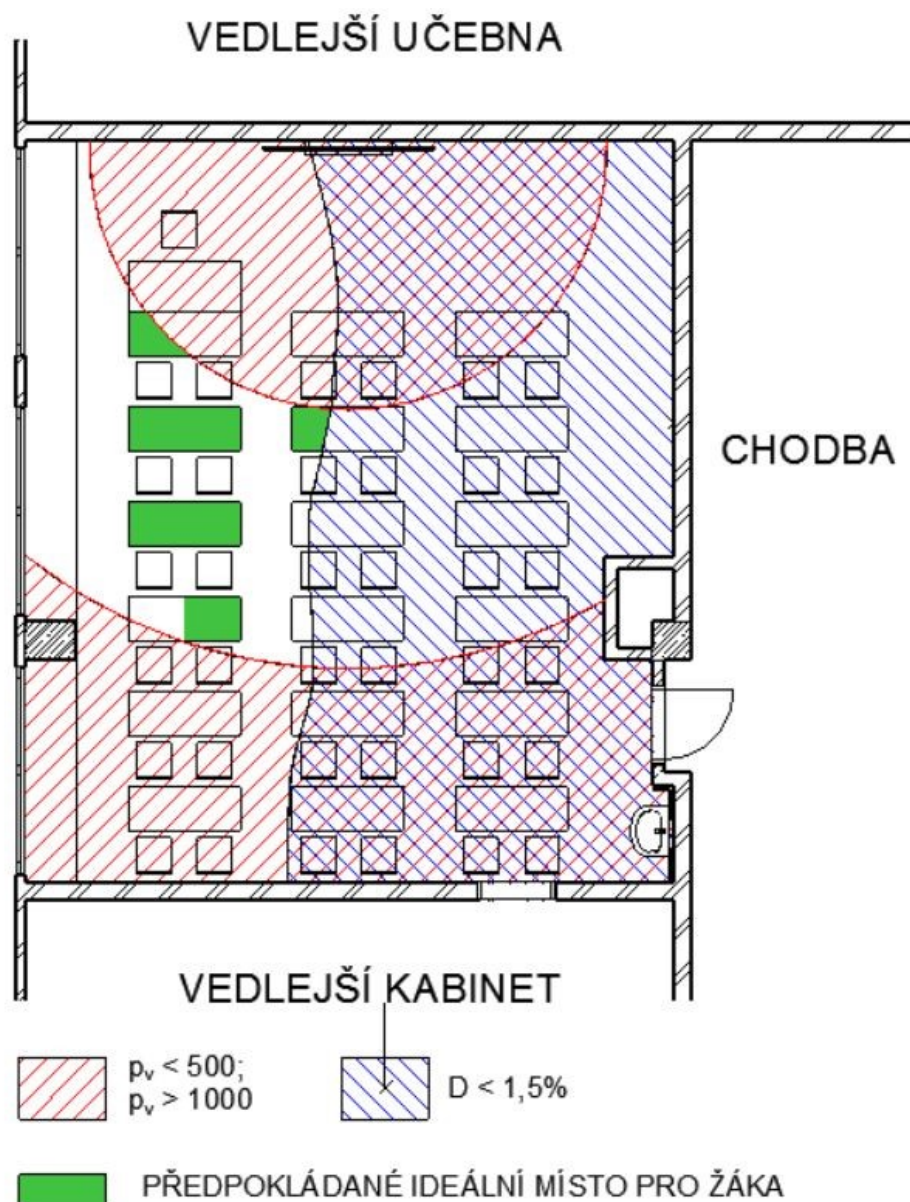
Obr. č. 44: Ideální místo pro žáka v učebně F5 – 19.9.

Na výše uvedeném Obr. č. 44 je zakresleno ideální místo v učebně F5, v hodnotící den 19. 9. Po zahrnutí všech parametrů jsem zjistila, že zůstane pro ideální místo pouze pět pozic ve střední řadě, konkrétně levé místo v druhé řadě a obě místa ve třetí a čtvrté řadě. Ostatní místa jsem vyloučila z důvodů nesplnění některého z kritérií, které jsem si na začátku vytyčila.



Obr. č. 45: Ideální místo pro žáka v učebně F5 – 8.12.

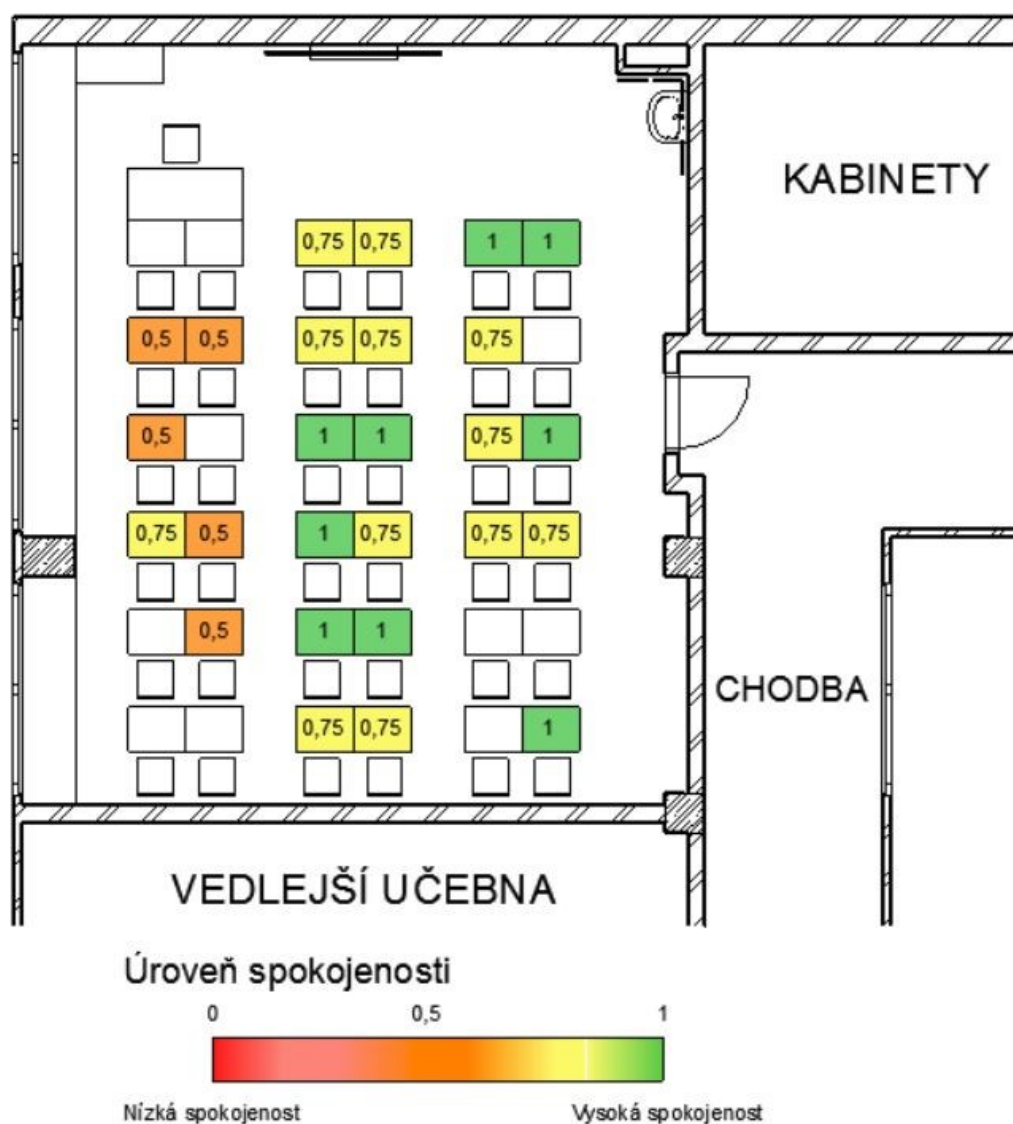
Na Obr. č. 45 uvedeném výše, znázorňujícím ideální místo rovněž pro učebnu F5, je situace o něco komplikovanější. Na podzim je slunce ještě poměrně vysoko, ale v zimě, konkrétně 8. 12., kdy jsem měření prováděla já, je slunce níže nad obzorem a svítí téměř po celé učebně po celou dobu vyučování. Zjistila jsem, že po zahrnutí všech parametrů nezůstane pro ideální místo v podstatě žádná vhodná pozice. Vzala jsem v úvahu čas, po který na dané místo sluneční paprsky dopadají, a vybrala jsem tři pozice, které splňují ostatní požadavky a po 13. hodině na ně již slunce svítí minimálně. Jedná se opět o místa ve střední řadě, a to o levé místo v druhé řadě a obě místa ve třetí řadě.



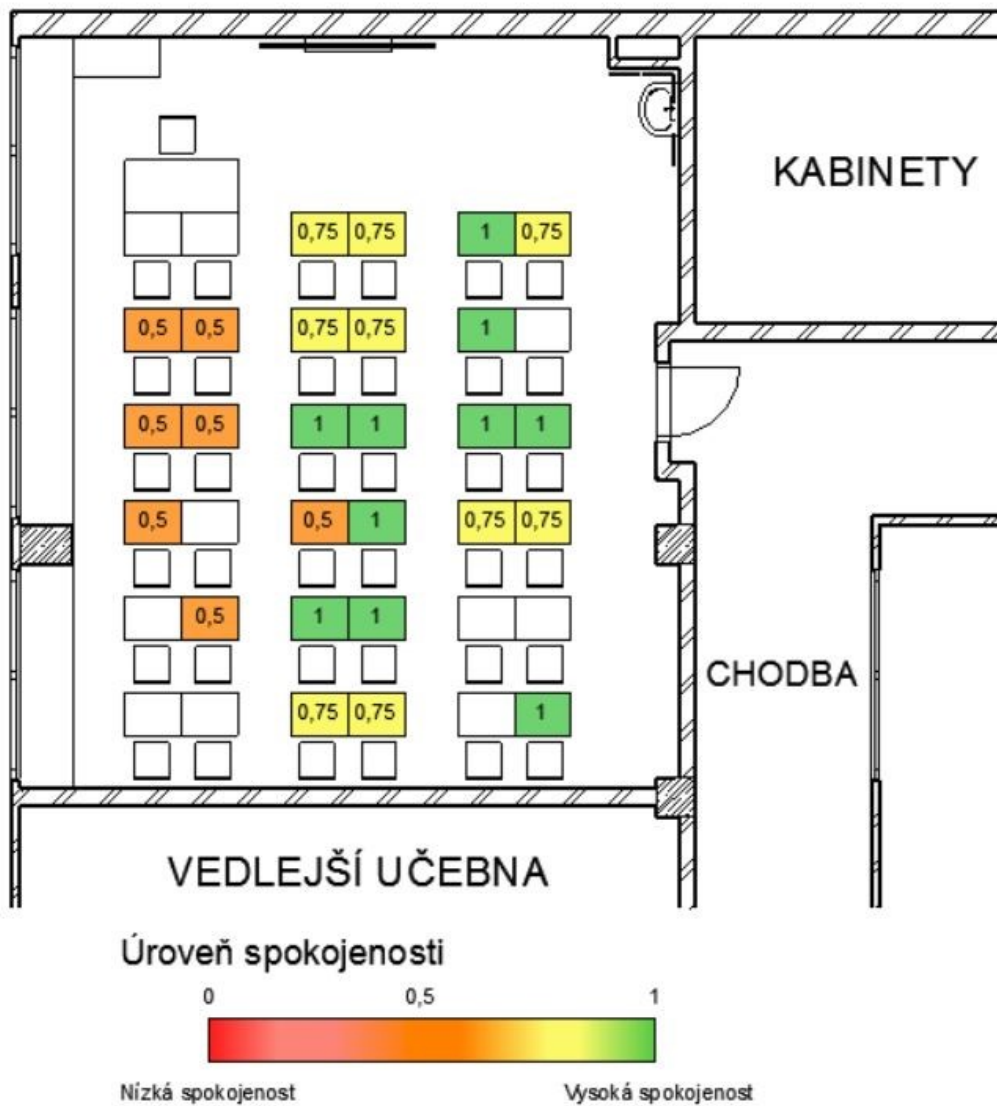
Obr. č. 46: Ideální místo pro žáka v učebně B18

V učebně B18 orientované na sever je situace opět o poznání jiná. Znázorňuje ji Obr. č. 46. Do této učebny během vyučování vůbec nesvítí slunce, a proto zde není omezení dopadajícími paprsky. Větší omezení je zde naopak z hlediska splnění minimálního činitele denní osvětlenosti. Toto omezení v podstatě vylučuje obě vnitřní řady až na levé místo ve druhé řadě. Z řady u okna zůstane dalších šest pozic pro vhodné místo, jsou to levé místo v první lavici, obě místa ve druhé a třetí řadě a pravé místo ve čtvrté řadě.

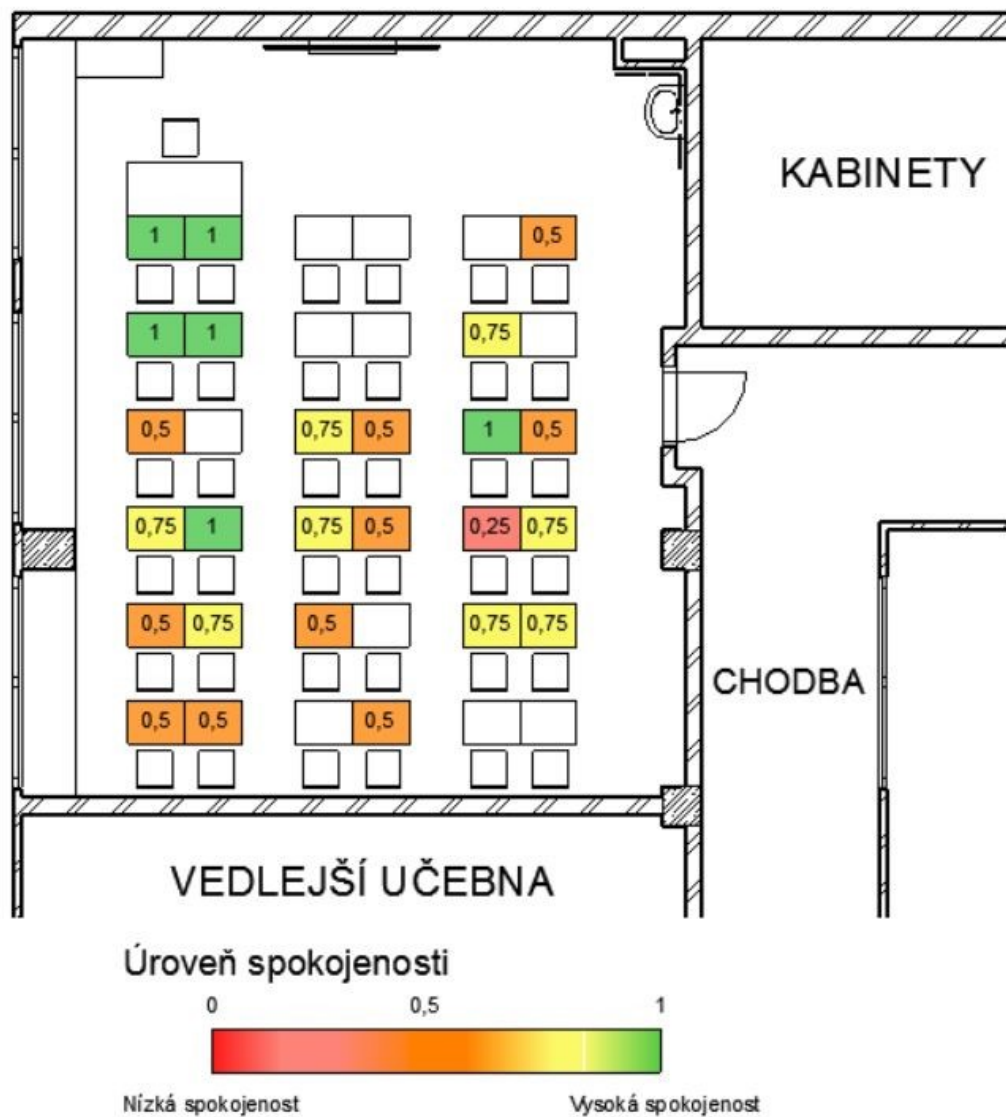
Druhá část je založená na subjektivním hodnocení žáků daného místa, kde sedí. Odpovědím z dotazníku jsem přiřadila číselnou hodnotu, vyhodnotila je, vepsala do konkrétních lavic a ty jsem následně zabarvila pro lepší čitelnost. Výsledná spokojenost žáků je uvedena na Obr. č. 47 - Obr. č. 58. Je rozdělená pro každou učebnu, pro oba hodnotící dny a pro každý čas hodnocení samostatně.



Obr. č. 47: Spokojenost žáků 19. 9. v učebně F5 v 7:55

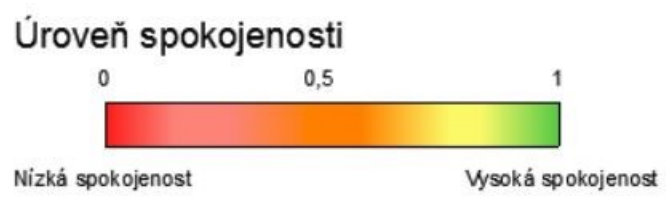
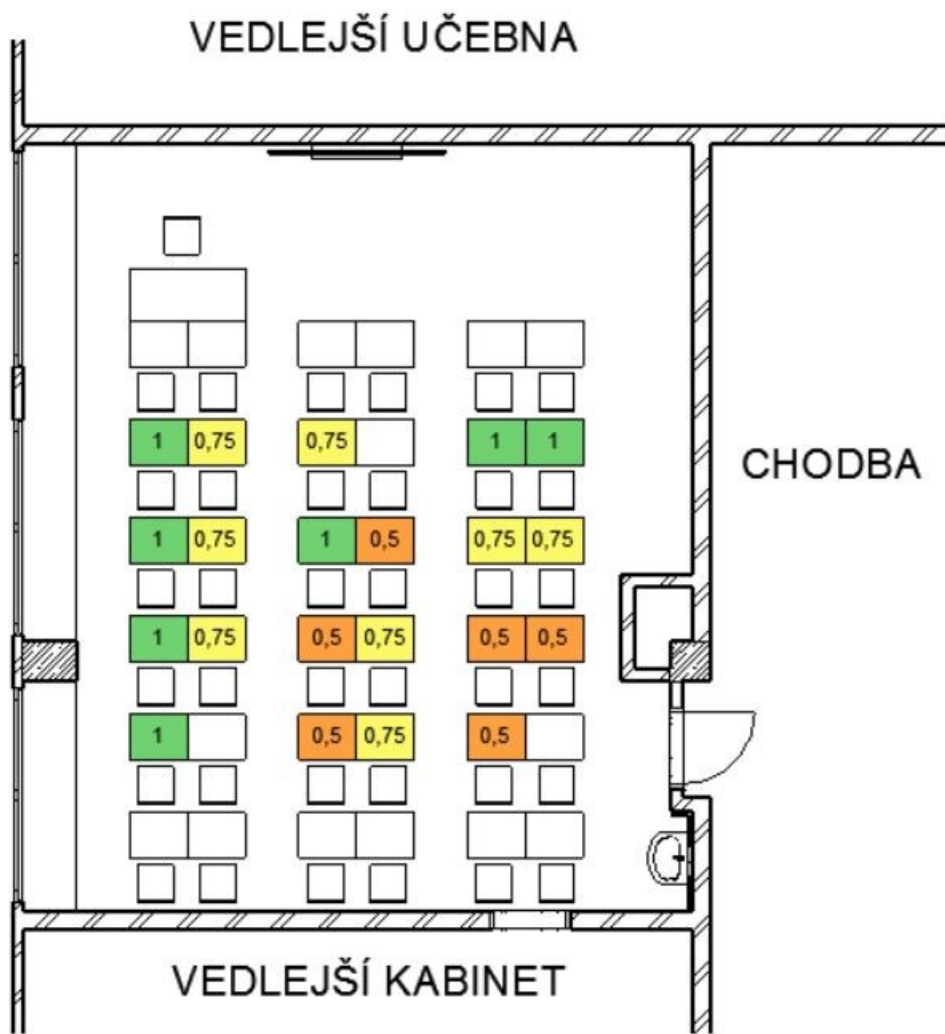


Obr. č. 48: Spokojenost žáků 19. 9. v učebně F5 v 10:40

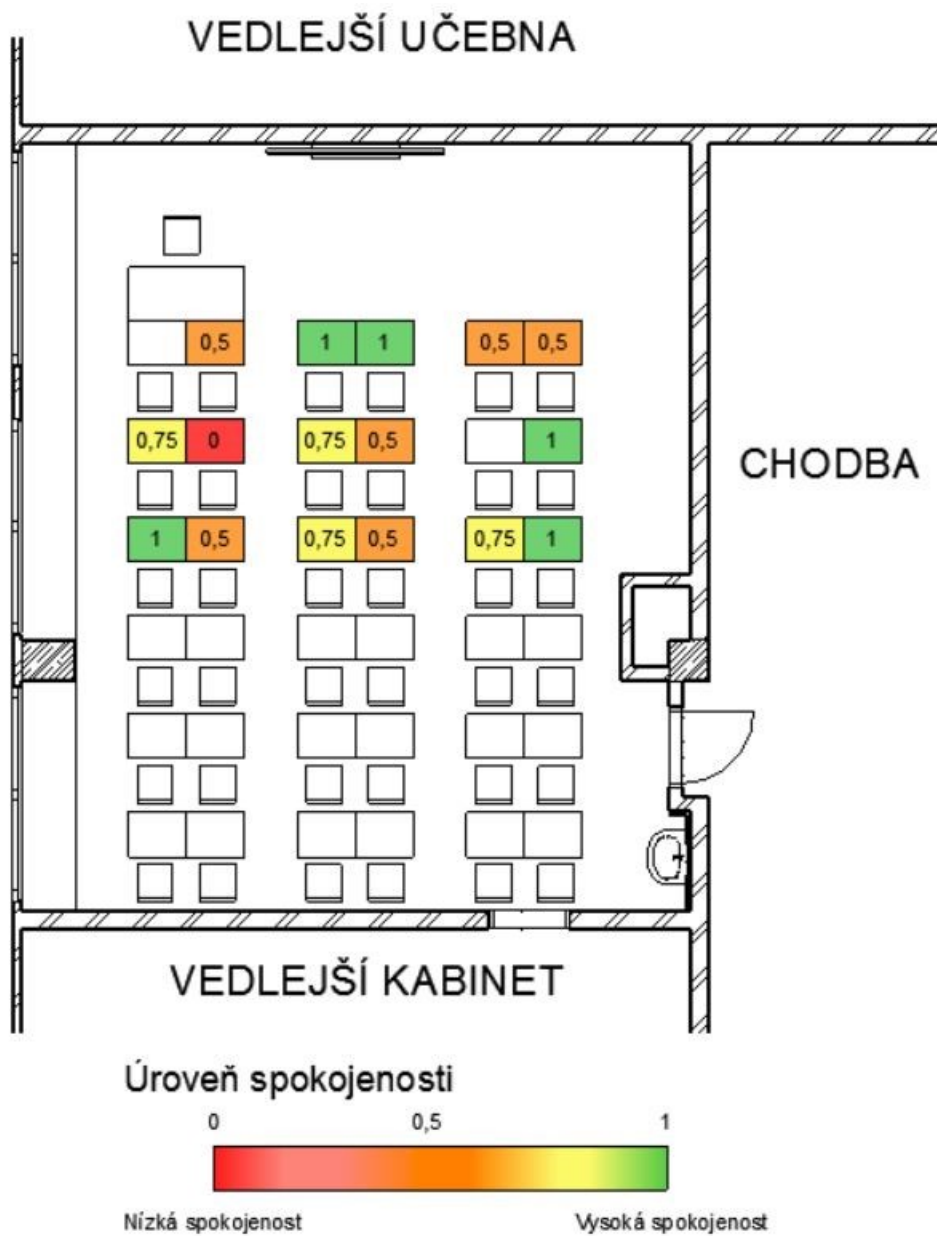


Obr. č. 49: Spokojenost žáků 19. 9. v učebně F5 v 13:20

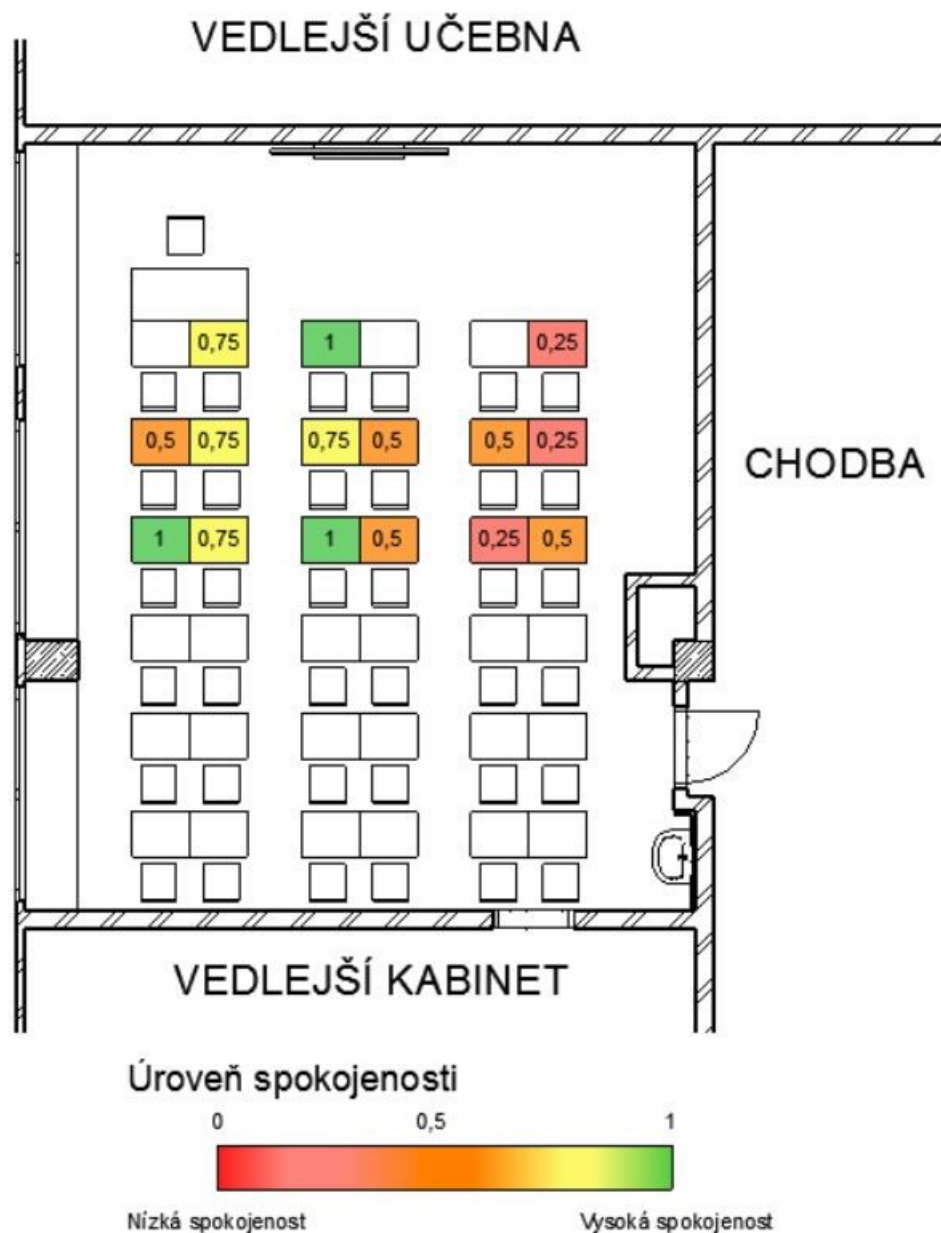
Na Obr. č. 47 - Obr. č. 49 uvedených výše, je znázorněno hodnocení pro učebnu F5 dne 19. 9. V ranních i dopoledních hodinách se má prognóza relativně naplňuje, jelikož nejvíce spokojeni jsou žáci na mnou předpovězených místech a v jejich okolí. S postupujícím časem se spokojenost přesouvá do prvních lavic krajní řady u okna, ačkoliv sem dle studie z Obr. č. 42 stále intenzivně svítí slunce.



Obr. č. 50: Spokojenost žáků 19. 9. v učebně B18 v 8:10

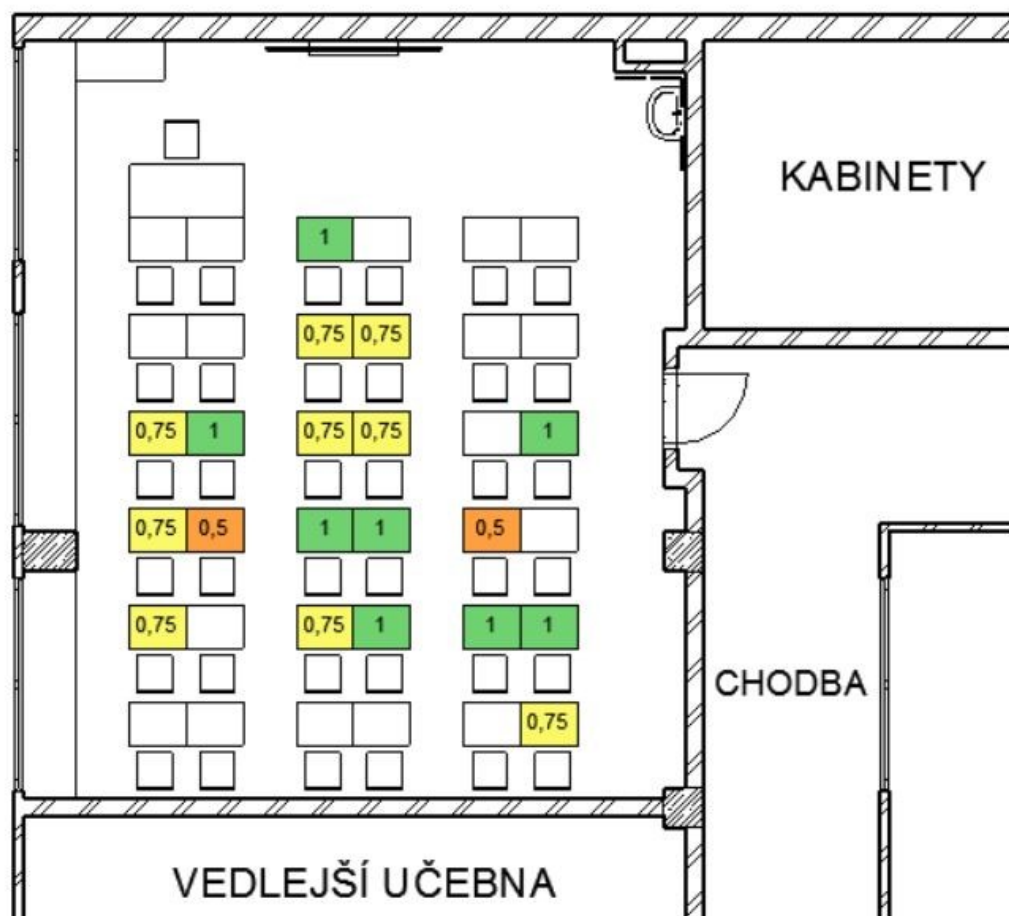


Obr. č. 51: Spokojenost žáků 19. 9. v učebně B18 v 11:30



Obr. č. 52: Spokojenost žáků 19. 9. v učebně B18 v 13:50

V učebně B18 se kromě ranních hodin vyskytovalo v další dva hodnotící časy poměrně málo žáků. Obsazeny byly pouze první tři řady, což mírně ovlivnilo výsledek hodnocení, které je uvedeno na Obr. č. 50. - Obr. č. 52. Spokojenost v této učebně je rozptýlena po všech řadách a nelze jednoznačně říci, ve které části učebny je žák nejspokojenější. V odpoledních hodinách se ovšem potvrdilo, že v řadě u vnitřní zdi klesá množství denního světla a znatelně poklesla i spokojenost v těchto místech.



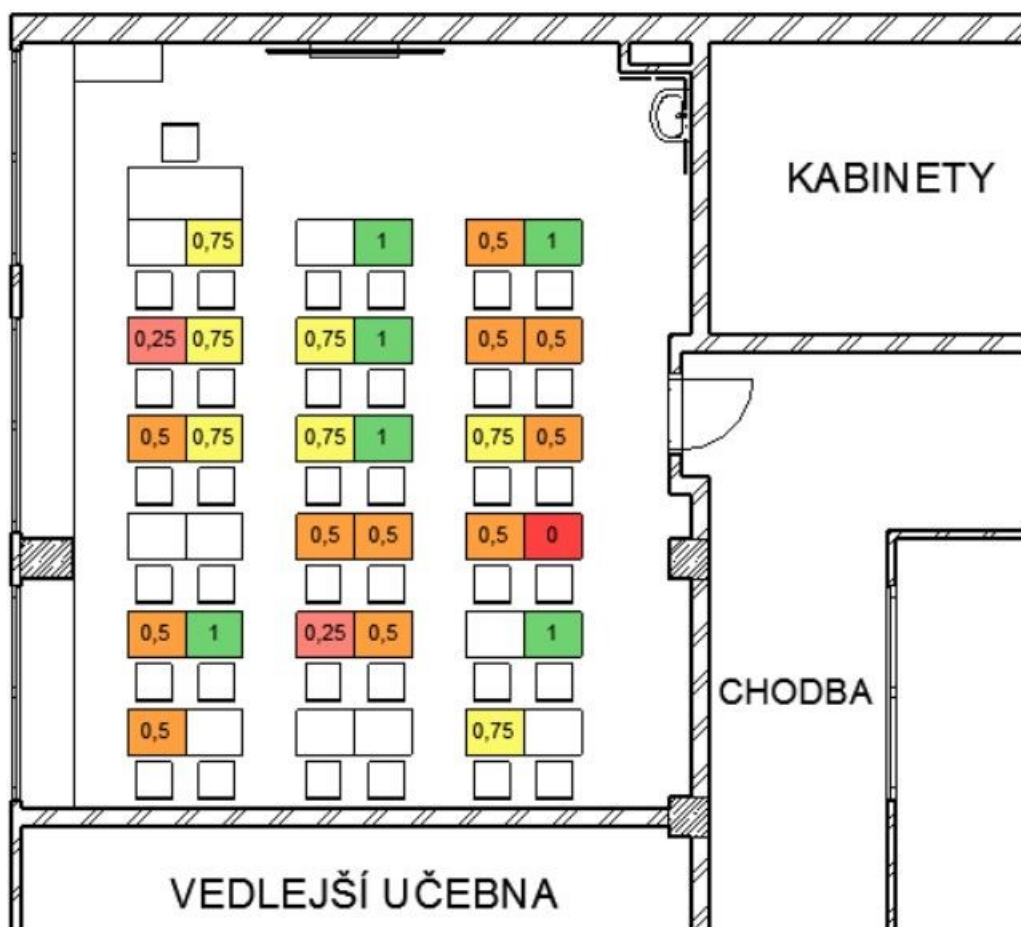
Úroveň spokojenosti



Nízká spokojenost

Vysoká spokojenost

Obr. č. 53: Spokojenost žáků 8. 12. v učebně F5 v 8:20



Úroveň spokojenosti

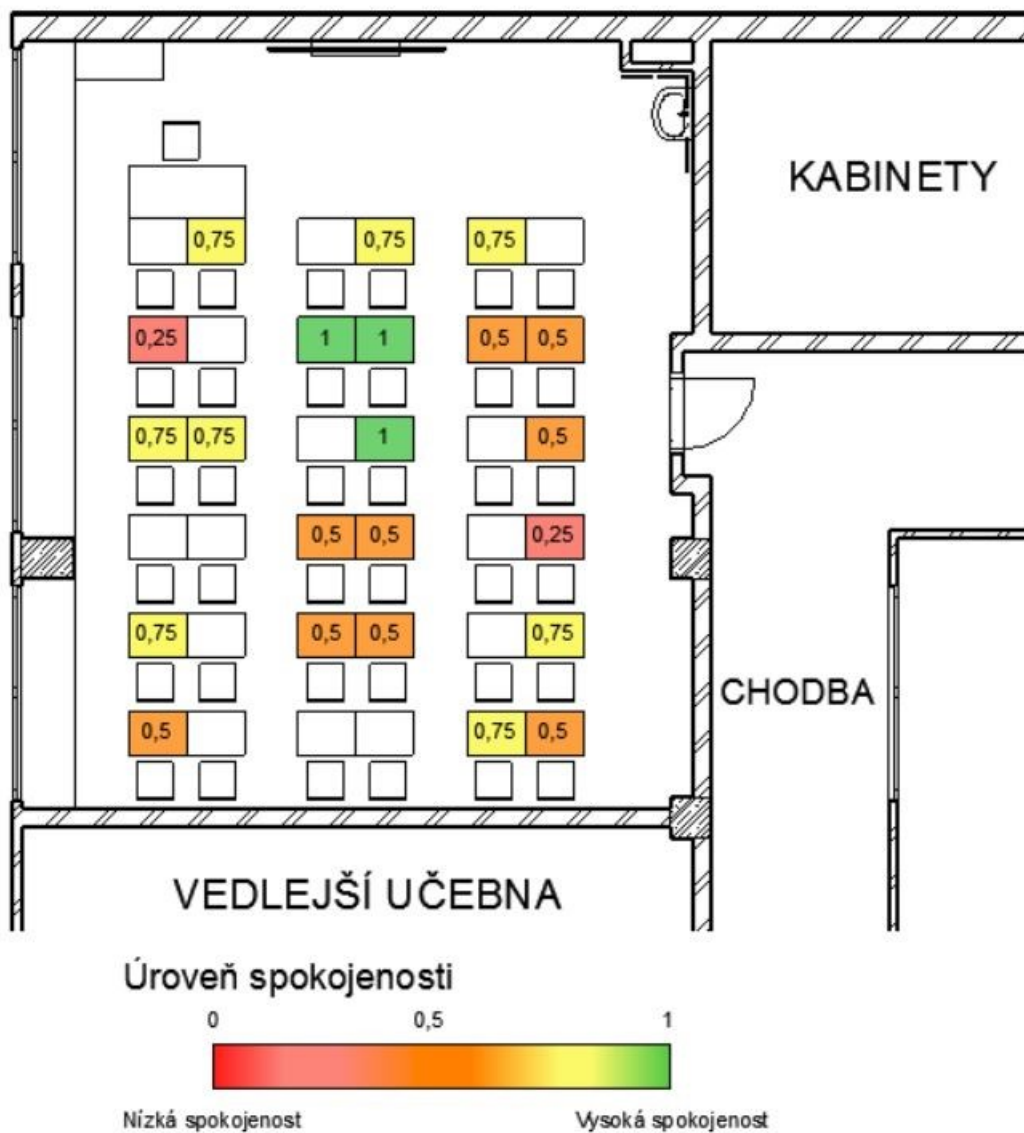
0 0,5 1



Nízká spokojenost

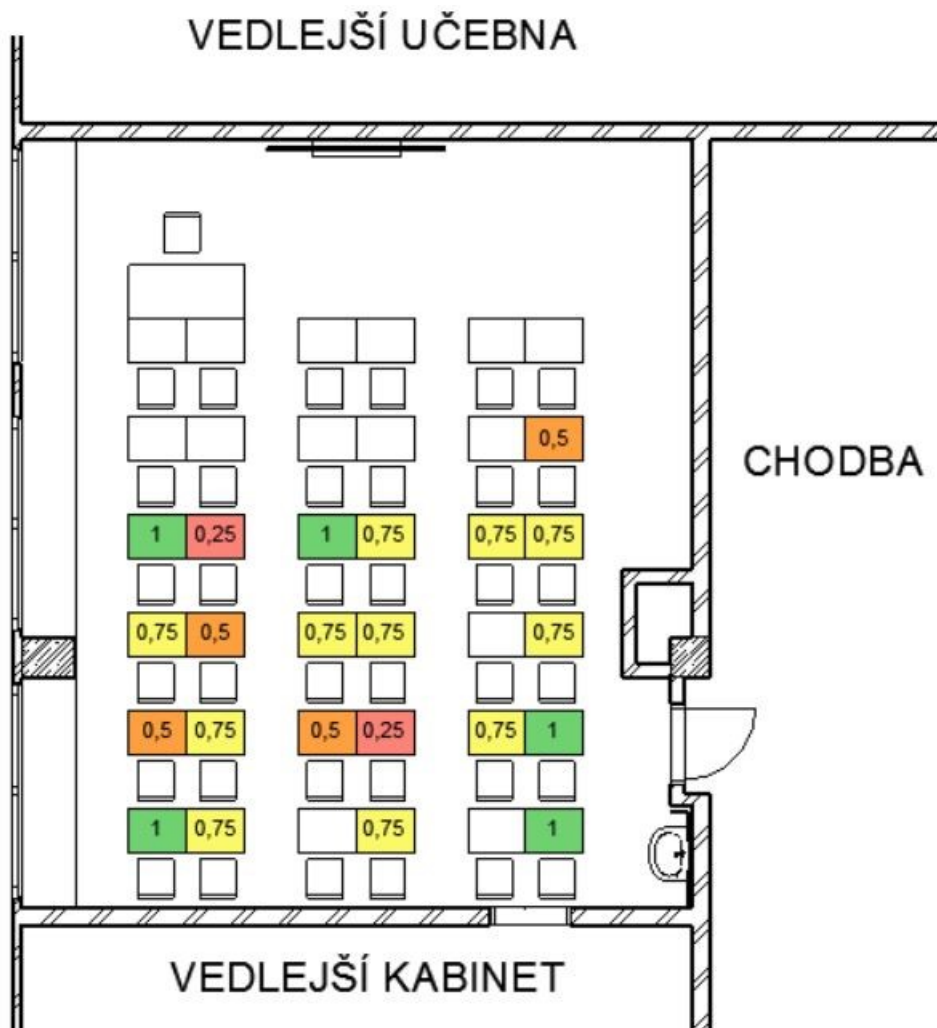
Vysoká spokojenost

Obr. č. 54: Spokojenost žáků 12. 12. v učebně F5 v 11:30



Obr. č. 55: Spokojenost žáků 12. 12. v učebně F5 v 12:30

Průběh spokojenosti během druhého hodnotícího dne v učebně F5 je patrný na Obr. č. 53 - Obr. č. 55. V ranních hodinách je spokojenost rozptýlena po celé učebně a je na nečekaně vysoké úrovni. Žáci jsou ještě zřejmě čerství a plní sil. S postupem času se spokojenost začíná koncentrovat do středu učebny a v brzkých odpoledních hodinách výskyt nejspokojenějších míst téměř plně odpovídá mnou předpovězeným pozicím.



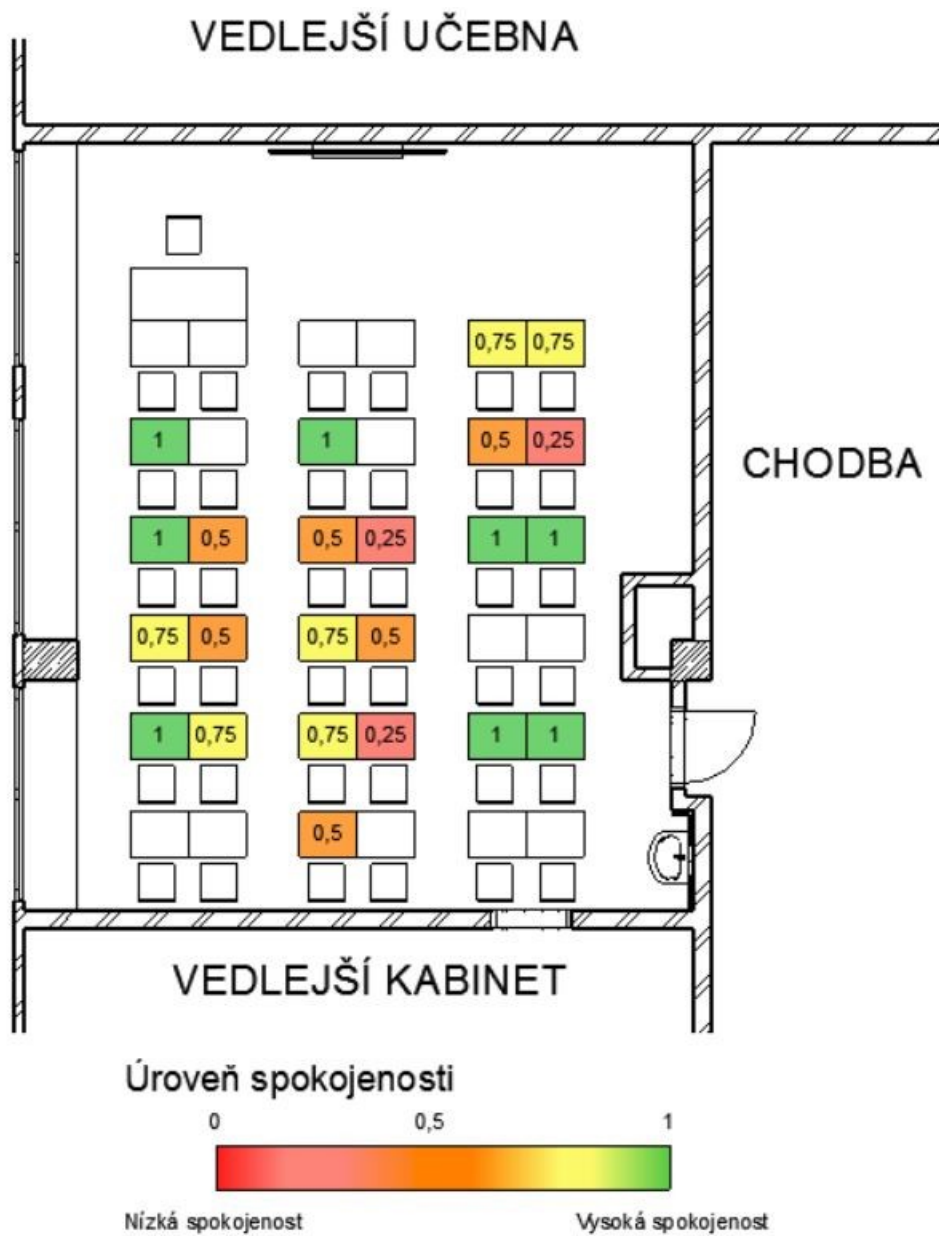
Úroveň spokojenosti



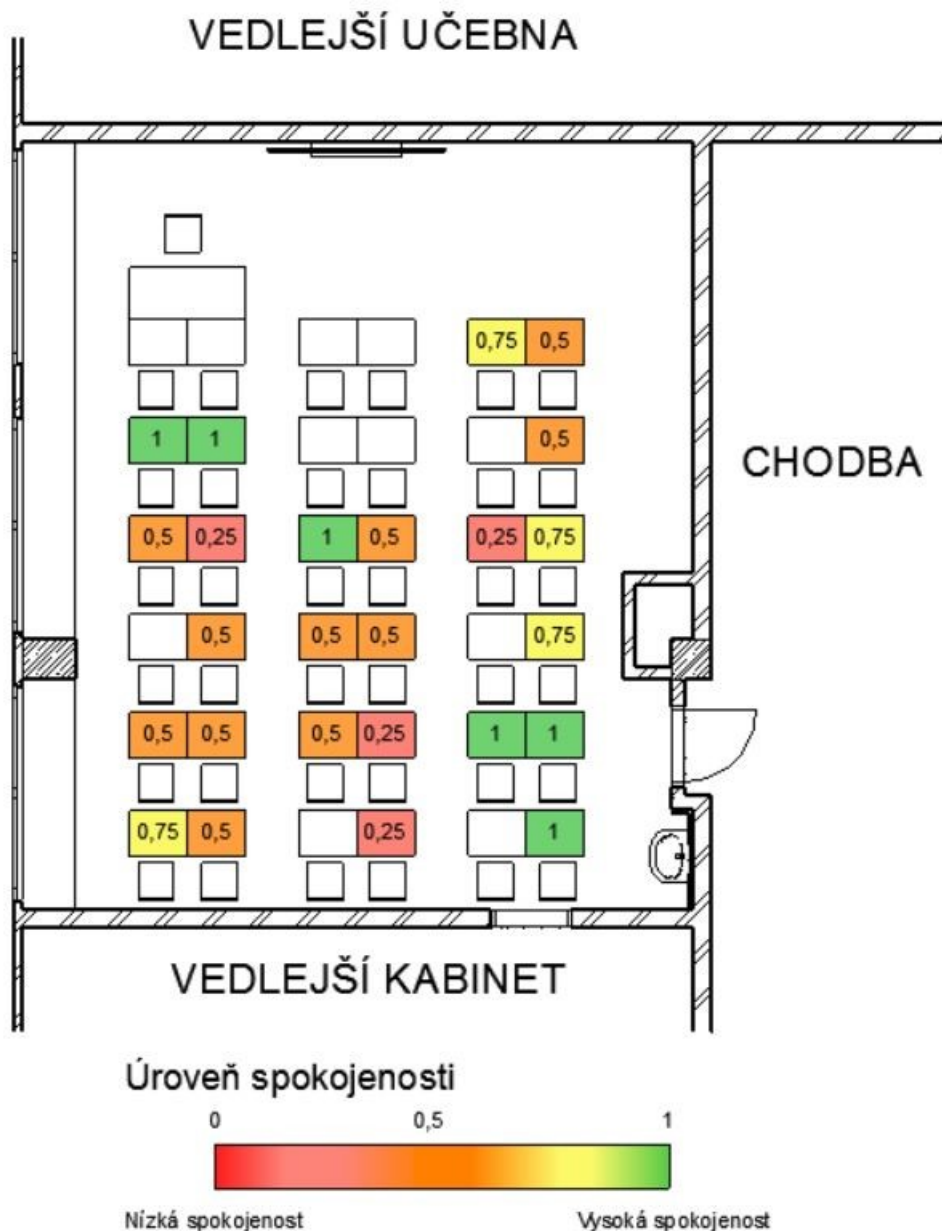
Nízká spokojenost

Vysoká spokojenost

Obr. č. 56: Spokojenost žáků 8. 12. v učebně B18 v 8:40



Obr. č. 57: Spokojenost žáků 12. 12. v učebně B18 v 8:45



Obr. č. 58: Spokojenost žáků 6. 12. v učebně B18 v 11:40

Učebna B18 nebyla v druhém kole hodnocena v jeden den, ale celkově ve třech dnech od 6. 12. do 12. 12. Venkovní podmínky byly pro všechny dny srovnatelné, a proto je možné výsledky shrnout a porovnat s referenčním dnem 8. 12. Nicméně opět se opakuje situace s rozptýlením spokojených žáků. Jejich celkový počet je sice mírně vyšší než v prvním dnu, ovšem nelze jednoznačně říci, že by se nejspokojenější místa nacházela výhradně v řadě u okna. Například kolem poledne jsou na Obr. č. 58 jsou nejspokojenější žáci koncentrováni do posledních lavic vnitřní řady, kde by teoreticky měli pociťovat nejhorší podmínky (nedostatek světla a velká vzdálenost od tabule).

6.4.1 Vyhodnocení ideálního místa v učebně

Tato hypotéza je potvrzena zhruba v 50%. V jižní učebně F5 situace v oba dva zmiňované dny relativně odpovídá předpokladům. Pokud ne v předpovězení ideálního místa, tak alespoň v prognóze míst s nejméně spokojenými studenty. Na severní straně školy v učebně B18 situace mým prognózám příliš neodpovídá. Víceméně ve všech hodnocených časech je spokojenost žáků rozptýlena a žádný z mých obrázků této učebny nevypovídá o významnější koncentraci na mnou předpovězených místech.

7 Návrh opatření

7.1 Ochrana proti oslnění a jasové poměry

V místnostech by měly být osvětlovací otvory doplněny fungujícími žaluziemi, aby nedocházelo k oslnování žáků při práci. Barva žaluzií by měla být řešena ve světlých odstínech. Tmavé závěsy umístěné v současné době v učebně F5 jsou nedostatečným stínícím prvkem. Při jejich použití dochází ke snížení vnikajícího denního světla na minimum a vzniká potřeba osvětlení umělého. Navrhovala bych použití žaluzií s možnou regulací stínění. U místností s okny orientovanými na jih a na západ by se mělo jednat o žaluzie vnější, které budou mít výraznější vliv i na snížení tepelné zátěže v letních měsících. U oken orientovaných na ostatní světové strany se může jednat o žaluzie vnitřní. Vzhledem k neodvratné nutnosti brzké rekonstrukce celého objektu gymnázia by se dalo uvažovat o použití pevných venkovních stínících konstrukcí, například markýz.

Povrchová úprava pracovních stolů a kancelářského nábytku by měla být matná, z důvodu zamezení oslnění odrazem od pracovního zařízení a barevně bude řešena ve světlých odstínech. Barevnost dominantních ploch, což jsou především stěny, podlaha a strop, by neměla výrazně ovlivňovat spektrální složení odraženého světla.

7.2 Údržba povrchů ovlivňující denní osvětlení

Při návrhu budov se vychází z předpokladu pravidelné údržby a čištění osvětlovacích otvorů. Lhůty údržby a čištění se dle ČSN 73 0580-1 předpokládají nejméně dvakrát ročně. Jelikož u školy se jedná o rušný, různorodý provoz a zároveň je kvalitní denní osvětlení u dětí ze zdravotního hlediska velmi důležité, doporučila bych čištění povrchů ovlivňujících denní osvětlení alespoň zdvojnásobit od požadavků normy.

7.3 Zlepšení činitele denní osvětlenosti

Činitel denní osvětlenosti se skládá ze třech složek: oblohová D_s (%), vnější odražená D_e (%) a vnitřní odražená složka D_i (%). Aby byl činitel denní osvětlenosti vyšší, musíme zlepšit jednotlivé jeho složky. Díky zvětšení plochy zasklení či alespoň vyvýšení nadpraží u oken by se do interiéru dostalo více světla a tím by se zvětšil podíl oblohové a vnější odražené složky. Pro vylepšení vnitřní odražené složky by pomohlo nové vymalování třídy vhodnými barvami, vzorem může být mnou navržená a posouzená barevnost, která by mohla přispět k lepší světelným podmínkám především v krajních částech učeben.

Tyto zásahy by byly nejrazantnější a stavebně i finančně nejnáročnější, ale výrazně by pomohly k lepším světelným podmínkám. V dlouhodobějším měřítku by pak ušetřily finance za umělé osvětlení.

Závěr

V hodnocených místnostech mě z hlediska výpočtu zajímaly především požadavky ve smyslu ČSN 73 0580-1 a ČSN 73 0580-3 pro IV. třídu zrakové činnosti ($D_{\min} = 1,5 \%$). Tyto hodnoty nejsou splněny v celé ploše místnosti, což by se u novostavby stát nemělo. Vzhledem k tomu, že se jedná o již stojící budovu, mohu pouze konstatovat, že z hlediska normových požadavků jsou obě učebny nedostatečně osvětlené denním světlem. Ostatní hodnocené parametry nejsou nijak předepsány, tudíž jejich nesplnění neomezuje funkčnost místností jako školních učeben. Nicméně vhodnými opatřeními by se daly tyto hodnoty denního osvětlení zvýšit, čímž by se snížila nutnost používat umělé osvětlení. Přispělo by se tak k vyššímu komfortu žáků i učitelů, nehledě ke snížení nákladů za elektrickou energii.

Díky dotazníkům jsem si potvrdila důležitost kvalitních světelných podmínek. Vzhledem k předem stanoveným hypotézám se mi nespokojenost se světelnými podmínkami u lidí píšící levou rukou příliš nepotvrdila, kdežto vliv orientace na světelný komfort byl celkem průkazný. Za nejzajímavější část zkoumání hypotéz považuji hledání ideálního místa v učebně. Zde jsem spojila různá kritéria ovlivňující žáky a našla tak z hlediska světelných podmínek ideální místo. Dotazníky mi pomohly výsledek potvrdit. V jižně orientované učebně se ideální místa dle žáků téměř shodovala se mnou navrženými místy, kdežto v severní učebně se dotazníkem potvrdila především místa, kterým jsem předpověděla nízký komfort.

Barva a světlo jsou prostředky, které pomáhají zlepšit učební prostředí dětí a mladistvých nejen v duchu estetických a architektonických požadavků, ale i v duchu novodobých požadavků hygienických, fyziologických a psychologických. Využití vlastností barev ve školním prostředí je důležité, jelikož se zde utváří osobnost dítěte a pobývá zde valnou část dne a mnohá léta svého života. Vhodným použitím barev ve školách můžeme pomoci vyřešit některé problémy, například zkvalitnění pedagogického procesu, povzbuzení pozornosti žáků, lepší soustředění, představivost a mohou mít vliv i na prospěch a chování žáků. Je proto nasnadě se otázkou barevných a světelných podmínek zabývat.

Použitá literatura

- [1] Zákon č. 258/2000 Sb. *o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*. Poslední zohledněná změna 223/2013 Sb.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Vyhláška č. 268/2009 Sb. *o technických požadavcích na stavby*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj
- [5] ČSN 73 0580-1: *Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, 2007, 24 s. Zohledněna změna Z1 z r. 2011.
- [6] ČSN 73 0580-1: *Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: ČNI, 1994, 8 s. Zohledněna změna Z1 z r. 1996 a Z2 z r. 1999.
- [7] ČSN 36 0011-1: *Měření osvětlení prostorů. Část 1: Základní ustanovení*. Praha: ÚNMZ, 2014, 16 s.
- [8] ČSN EN 12464-1: *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: ÚNMZ, 2012, 56s.
- [9] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika. Cvičení. První vydání*. Praha: ČVUT v Praze, 2015, 158 s. ISBN 978-80-01-05858-9
- [10] 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.
- [11] WEIGLOVÁ, Jiřina., BEDLOVIČOVÁ, Daniela., KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1. Denní osvětlení a oslunění budov. První vydání*. Praha: ČVUT v Praze, 2002, 130 s., 16 příloh (na volných listech). ISBN 80-01-03392-9.
- [12] CHROMÝ, Jan. *Materiální didaktické prostředky v informační společnosti. První vydání*. Praha: Verbum, 2011, 208 s. ISBN 978-80-904415-5-2.
- [13] JpSoft s. r. o. SVĚTLO+. *Software pro denní osvětlení a oslunění budov. Verze 1.27. Informace na www.svetlo.cz*.
- [14] Graphisoft SE. *ArchiCAD. Software pro projektování staveb a architekturu. Verze 17 EDU. Informace na www.graphisoft.com*.

- [15] KAŇKA, Jan. Význam činitelů při výpočtech ve stavební světelné technice [online]. [vid. 2008-03]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/vyznam-cinitelu-pri-vypoctech-ve-stavebni-svetelne-technice--15832>
- [16] HOLLAN, Jan. Co s okny. Upravená stará okna lepší než nová [online]. [vid. 2013]. Dostupné z: http://www.veronica.cz/co-s-okny#_RefHeading_1376_660486430
- [17] BAJGAR, Jiří. Luxmetr [online]. [vid. 2013-05-31]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=68297
- [18] Složení obyvatelstva podle pohlaví a jednotek věku k 31.12. [online]. [vid. 2016-11-30]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&z=T&f=TABULKA&katalog=30845&zo=N&pvo=DEMD001&verze=-1&nahled=N&sp=A&filtr=G~F_M~F_Z~F_R~F_P~_S~_null_null_&c=v3__RP2014MP12DP31&str=v4
- [19] VODIČKA, Ivo. Počet leváků v populaci [online]. [vid. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.levactvi.cz/je-levak-nebo-neni-/pocet-levaku-v-populaci/>
- [20] LABOUTKA, Karel. Barva ve školním prostředí [online]. [vid. 1962]. Dostupné z: <http://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=5703&lang=cs>
- [21] HANZLOVSKÝ, Michal. Psychologie barev [online]. [vid. 2008-12-22]. Dostupné z: <https://www.celostnimedicina.cz/psychologie-barev.htm>
- [22] Chromoterapie [online]. [vid. 2010-08-24]. Dostupné z: <https://www.celostnimedicina.cz/chromoterapie.htm>
- [23] PROCHÁZKOVÁ, Simona. Jak účinkují jednotlivé barvy na naše zdraví a psychiku? [online]. [vid. 2013-8-28]. Dostupné z: <http://www.dama.cz/zdravi/jak-ucinkuji-jednotlive-barvy-na-nase-zdravi-a-psychiku-22909>
- [24] Barvy a naše smysly; tipy, jak místnost zvýšit, snížit, rozšířit [online]. [vid. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/interier-a-vybaveni/barvy-a-nase-smysly-tipy-jak-mistnost-zvysit-snizit-rozsirit/>
- [25] TURNOVSKÁ, Tereza., TURNOVSKÁ, Alžběta., BLAHÁKOVÁ, Kristina., ČERMÁKOVÁ, Kateřina., HRONOVÁ, Nikola. OKO [online]. [vid. 2014-05-15]. Dostupné z: http://kabcizj.gjn.cz/OPPA/Ukazky_projektu/Oko.pdf
- [26] Význam denního světla pro lidský organismus [online]. [vid. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/14194-vyznam-denniho-svetla-pro-lidsky-organismus-iv>

- [27] Zrakový orgán, Vadí Vaším očím čtení ve tmě? [online]. [vid. 2013-07-9]. Dostupné z: <http://zrak.cz/o-vasem-zraku/zrakovy-organ/242-vadivaim-oim-teni-ve-tm.html>
- [28] MENDELEZ, Diana. The Top Color Schemes for a School Classroom [online]. [vid. 2016-06-13]. Dostupné z: <https://owlcation.com/academia/The-Top-Color-Schemes-for-a-School-Classroom>
- [29] Paint colors for classrooms [online]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/50947039505548133/>
- [30] Psychologové radí školám [online]. Dostupné z: <http://www.peknebydleni.cz/psychologove-radi-skolam-pastelove-barvy-dodaji-detem-inspiraci-a-pohodu/>
- [31] Budova naší školy [online]. Dostupné z: <http://www.gym-ul.cz/skola.html>
- [32] Mapy [online]. [vid. 2016-10-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.0323753&y=50.6794057&z=17>
- [32] Měření odrazu světla [online]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_lab_05.pdf
- [34] MAIXNER, Tomáš. Zdravé světlo – školy [online]. [vid. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/9397-zdrave-svetlo->