

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Hodnocení akustiky a denního osvětlení na základní škole

Evaluation of acoustics and daylight at primary school

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Eduard Hruška

Praha 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hruška Jméno: Eduard Osobní číslo: 484435
 Zadávající katedra: K124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)
 Studijní program: Stavební inženýrství
 Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Hodnocení akustiky a denního osvětlení na základní škole
 Název bakalářské práce anglicky: Evaluation of acoustics and daylighting at primary school

Pokyny pro vypracování:

Průzkum objektu vybrané základní školy. Zakreslení stávajícího stavu objektů ve vybrané výkresové dokumentaci v rozsahu půdorysy, svislé řezy a technické pohledy. Návrh zateplení stěn objektu doložený tepelně technickým posouzením. Výpočtové ověření zvukově izolační funkce svislých a vodorovných dělicích konstrukcí mezi učebnami, u ředitelny a podobně. Ověření doby dozvuku v prostoru tělocvičny. Posouzení proslunění tělocvičny v době mimo výuku pro zajištění doporučeného působení UV složky slunečního záření. Hodnocení denního osvětlení kmenových učeben podle původní ČSN 73 0580-3 a podle ČSN EN 17037. V případě potřeby návrh a zakreslení potřebných stavebních úprav a/nebo soupis vhodných doporučení.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0527 Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Protory ve školách - Prostory pro veřejné účely. ČNI Praha, březen 2005.
 ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ČAS Praha, prosinec 2020.
 ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012.
 ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.
 ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol, ČNI Praha, červen 2007.
 ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. ČAS Praha, červen 2019.
 VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.

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

Datum zadání bakalářské práce: 17. 2. 2022 Termín odevzdání bakalářské práce: 15. 5. 2022
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 bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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)

Čestné prohlášení

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

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

V Praze dne 9. května 2022

.....

Podpis

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval panu Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za jeho odborné rady, ochotu, trpělivost a také lidský přístup, se kterým se mi věnoval. Děkuji paní PhDr. Bc. Gabriele Hruškové za umožnění přístupu do prostorů školy. Poděkování patří také mé přítelkyni, rodině a kamarádům za veškerou podporu.

Anotace

Tématem bakalářské práce je hodnocení základní školy z hlediska stavební akustiky, stavební světelné techniky a částečně z hlediska tepelné ochrany budov. Vybrané obalové konstrukce budou hodnoceny na základě součinitele prostupu tepla, šíření vlhkosti a vzniku plísní. V rámci stavební akustiky bude práce řešit zvukovou izolaci vybraných konstrukcí a hodnotit se bude také doba dozvuku v prostoru tělocvičny. Ve zvolených kmenových učebnách a ředitelně bude proveden výpočet denního osvětlení, při kterém se porovná původní norma s normou stávající. Následně bude provedeno posouzení proslunění tělocvičny v době mimo výuku pro zajištění doporučeného působení UV složky slunečního záření. Po objektivním zhodnocení vypočtených hodnot a požadavků bude v případě potřeby proveden návrh opatření nebo soupis vhodných doporučení, díky kterým budou požadavky splněny.

Klíčová slova

Základní škola, zvuková izolace, vzduchová neprůzvučnost, kročejový hluk, doba dozvuku, denní osvětlení, proslunění, kmenová učebna, tepelná ochrana budov, součinitel prostupu tepla, vnitřní prostředí

Annotation

The topic of the bachelor thesis is the assessment of a primary school in relation to building acoustics, building lighting technology and partly in relation to thermal protection of buildings. The selected building shells will be analysed on the basis of the heat transfer coefficient, moisture diffusion and mould growth. Within building acoustics, the work will include assessment of sound insulation of selected structures and assessment of reverberation time in the room, where PE (Physical Education) classes are held. In the selected tribal classrooms and a daylighting analysis will be performed comparing the original norm to the existing norm. Subsequently, an assessment will be made of the PE classroom's sunlight exposure during non-class hours to provide the recommended exposure to the UV portion of the sunlight. After objectively assessing the calculated values and requirements, a proposal for appropriate action or a list of appropriate recommendations will be made, which will ensure that the requirements are met.

Keywords

Primary school, sound insulation, airborne soundproofing, impact noise, reverberation time, daylighting, sunlight exposure, tribal classroom, thermal protection of buildings, heat transfer coefficient, indoor environment

Obsah

Úvod.....	9
1. Charakteristika objektu.....	10
1.1 Poloha objektu.....	10
1.2 Informace o objektu	12
1.2.1 Informace z katastru nemovitostí	12
1.3 Historie objektu Základní školy	12
1.4 Provozní charakteristika	14
1.5 Popis dispozičního řešení	14
1.6 Projektová dokumentace a skutečný stav	15
2. Popis stavebních konstrukcí.....	17
2.1 Základy.....	17
2.2 Svislé nosné konstrukce.....	17
2.3 Vodorovné nosné konstrukce	17
2.4 Střešní konstrukce	19
3. Tepelná ochrana budov	21
3.1 Úvod do problematiky	21
3.2 Požadavky kladené na budovy	21
3.2.1 Tepelný odpor.....	21
3.2.2 Součinitel prostupu tepla.....	22
3.2.3 Teplotní faktor	23
3.2.4 Šíření vlhkosti konstrukcí	24
3.3 Posouzení vybraných stávajících konstrukcí	25
3.3.1 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v 1. NP.....	26
3.3.2 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny ve 2. NP, 3. NP, ředitelně a tělocvičně.....	27
3.3.3 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v podkroví	28
3.4 Komentář k výsledkům.....	29
3.5 Návrh opatření.....	29
3.5.1 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v 1. NP - NÁVRH.....	30
3.5.2 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny ve 2. NP, 3. NP, ředitelně a tělocvičně - NÁVRH	31
3.5.3 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v podkroví - NÁVRH.....	32
4. Stavební akustika	33
4.1 Úvod do problematiky akustiky	33
4.2 Definice vybraných pojmů	35
4.2.1 Doba dozvuku.....	35
4.2.2 Neprůzvučnost.....	35
4.2.3 Vážená neprůzvučnost	36
4.2.4 Stavební neprůzvučnost	36
4.2.5 Vážená stavební neprůzvučnost.....	37
4.2.6 Vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku.....	37
4.2.7 Vážená stavební normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku	37
4.3 Požadavky	38
4.3.1 Normové požadavky na dobu dozvuku.....	38
4.3.2 Normové požadavky na zvukovou izolaci.....	39
4.4 Posouzení stávajících konstrukcí - zvuková izolace	40
4.4.1 Posouzení zděné stěny mezi učebnou a chodbou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti	41

4.4.2 Posouzení zděné stěny mezi učebnami, mezi učebnami a schodištěm z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti	43
4.4.3 Posouzení zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti	45
4.4.4 Posouzení stropu mezi učebnami z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti.....	47
4.4.5 Posouzení stropu mezi učebnami z hlediska vážené stavební normované hladiny kročejového zvuku	48
4.4.6 Komentář k výsledkům	49
4.4.7 Návrh opatření	49
4.4.8 Posouzení zděné stěny s akustickou předstěnou mezi ředitelnou a kuchyňkou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti	51
4.5 Posouzení prostoru tělocvičny – doba dozvuku	52
4.5.1 Charakteristika stávajícího stavu tělocvičny	54
4.5.2 Komentář k výsledkům	55
4.5.3 Návrh akustických úprav	55
5. Stavební světelná technika	59
5.1 Denní osvětlení.....	59
5.1.1 Úvod do problematiky denního osvětlení	59
5.1.2 Definice vybraných pojmů.....	60
5.1.3 Požadavky na denní osvětlení ve školách	63
5.1.4 Posuzované prostory z hlediska denního osvětlení	64
5.1.5 Komentář k výsledkům	106
5.1.6 Návrh opatření	110
5.2 Proslunění	116
5.2.1 Úvod do problematiky proslunění	116
5.2.2 Požadavky na proslunění tělocvičen	116
5.2.3 Výpočet doby proslunění v prostoru tělocvičny	117
5.2.4 Komentář k výsledkům	120
5.2.5 Výpočet doby proslunění dle normy ČSN 73 4301	121
5.2.6 Výpočet doby proslunění v prostoru ředitelny.....	122
Závěr.....	124
Použitá literatura	126
Seznam příloh	128

Úvod

Žáci, pedagogičtí pracovníci a nepedagogičtí pracovníci tráví velké množství času ve vnitřních prostorech škol. Je nutné, aby tito lidé pracovali a setrvali v co možná nejpříznivějším vnitřním prostředí. Vnitřní prostředí má totiž významný vliv na výkonnost a především zdraví člověka, ať už fyzické tak i psychické. Obzvláště u dětí, které navštěvují ty nejnižší ročníky, je velmi důležité, aby spočívaly v kvalitním vnitřním prostředí, z důvodu jejich přetrvávajícího fyziologického vývoje.

Pokud se zaměříme na meziválečné období výstavby škol, tj. od 1918 do 1939, všimneme si, že velké množství škol bylo postaveno bez kladení důrazu na kvalitu vnitřního prostředí, a obory jako je stavební světelná technika, stavební akustika a stavební tepelná technika, byly v plenkách.

Osobně jsem si prošel velkým množstvím školských zařízení a mohu říct, že některé vnitřní prostory škol, místo aby ve mně podpořily produktivitu, tak naopak podporovaly únavu, což je nežádoucí. Z toho důvodu jsem si vybral toto téma, jakožto téma své bakalářské práce. Zaměřil jsem se na problematiku vnitřního prostředí Základní školy ve Štětí, která je jednou z nejstarších v okolí mého bydliště. Cílem bylo zanalyzovat, jak na tom daná škola je, a zda-li se vyplní mé obavy z nevyhovujícího vnitřního prostředí.

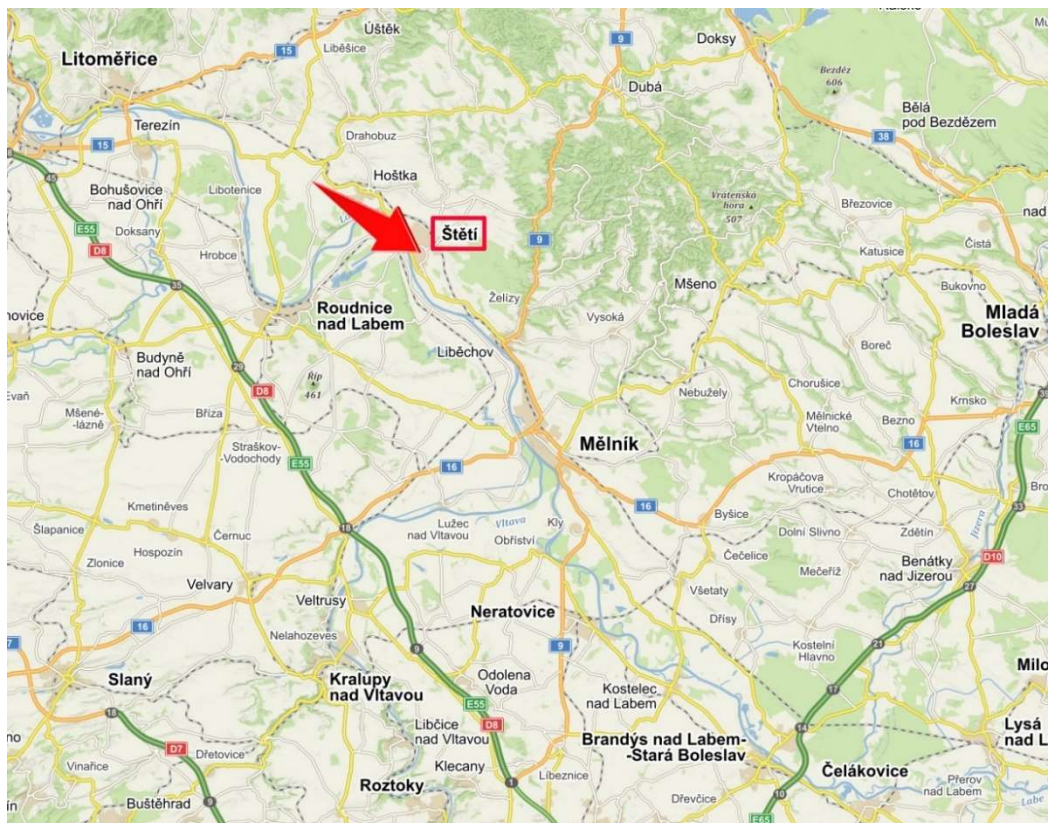
1. Charakteristika objektu

1.1 Poloha objektu

Budova Základní školy se nachází ve městě Štětí, které spočívá v Ústeckém kraji a je vzdáleno cca 15 km severozápadně od Mělníka. Štětí je menší město o zhruba 8600 obyvatelích, které je charakteristické svým průmyslovým zaměřením. Je zde velká papírenská továrna Mondi Štětí a.s., dřevařská pila Labe Wood s. r. o. a betonárna KŠ Prefa s. r. o. . Tyto provozy významně ovlivňují vzhled a fungování města. Školu je možné nalézt na adrese 9. května 444, 411 08 Štětí, nebo pomocí souřadnic GPS 50°27'16.21"N, 14°22'31.32"E [1].



Obr. 1 – Mapa České republiky (město Štětí označeno červeně) [2]



Obr. 2 – Výřez z mapy České republiky (město Štětí označeno červenou šipkou) [3]



Obr. 3 – Výřez z katastrální mapy České republiky s ortofoto podkladem [4]

1.2 Informace o objektu

1.2.1 Informace z katastru nemovitostí

Parcelní číslo:	212/1 a 212/2
Obec:	Štětí [565709]
Katastrální území:	Štětí I [763691]
Výměra:	1541 m ² a 249 m ²
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří
Způsob využití:	stavba občanského vybavení
Číslo popisné:	444
Adresa:	9. května č. p. 444, Štětí 411 08
Vlastnické právo:	Město Štětí, Mírové náměstí 163, 411 08

Veškeré informace zjištěny na webu ČÚZK [5].

1.3 Historie objektu Základní školy

Z dochovaných záznamů je vhodné uvést datum zahájení výkopů 5. 5. 1933, po započetí výkopových prací byly dne 8. 6. 1933 objeveny hroby skrčenců z doby bronzové. Položení základního kamene k novostavbě se datuje k 18. 6. 1933 a dne 23. 9. 1934 byla škola slavnostně otevřena, na obr. 4 lze spatřit dobovou pozvánku. V roce 1994 byla vyhotovena projektová dokumentace pro přístavbu šaten, rekonstrukci zdravotnické, elektroinstalací a ústředního vytápění. V roce 1995 se šatny začaly stavět a započalo se také se zmíněnými rekonstrukcemi. V letech následujících byl zhotoven nový nátěr fasády a byly osazeny nové výplně vnějších stavebních otvorů. [7]

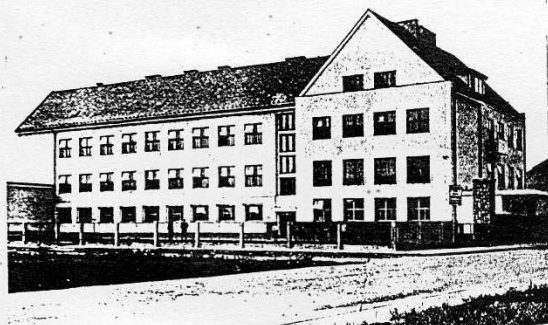
POZVÁNKA

DOBOVÁ POZVÁNKA z r. 1934 :

MÍSTNÍ ŠKOLNÍ VÝBOR PRO ČESKÉ ŠKOLY VE ŠTĚTÍ N. L.
V ZASTOUPENÍ VŠECH ČESKÝCH SPOLKŮ A ORGANISACÍ

ZVE VÁS SRDEČNĚ NA

SLAVNOST OTEVŘENÍ NOVÉ BUDOVY MASARYKOVY ŠKOLY



mateřské, obecné a měštanské
s československým jazykem
vyučovacím ve Štětí, pořádanou

v neděli dne 23. září 1934

pod protektorátem města Roudnice nad Labem

Dopoledne:

1. V 9 hodin 30 minut sraz u Besedy.
2. V 10 hodin průvod městem k Masarykově škole.
3. Bedřich Smetana, „Česká píseň“. (Přednese pěvecké sdružení štětského okresu za spoluúčinkování pěveckých spolků z Roudnice, Litoměřic a Mělníka za doprovodu orchestru)
4. Zahájení slavnosti předsedou slavnostního výboru.
5. Slavnostní řeč p. senátora J. Hubky.
6. Projevy zástupců ministerstva školství a národní osvěty, protektora slavnosti, úřadů, zástupců národního shromáždění, zástupců obranných jednot a spolků.
7. J. Suk: V nový život. (Přednese sbor žáků měštanské školy)
8. Předání školy zástupcem ministerstva školství a národní osvěty.
9. Státní hymna. Vztyčení státní vlajky.

Obr. 4 – Dobová pozvánka k slavnostnímu otevření školy z roku 1934, převzato z [6]

1.4 Provozní charakteristika

Škola má právní subjektivitu od 1. 1. 1995, město Štětí jí dalo objekt do bezplatného nájmu. Je plně organizovaná s devíti postupnými ročníky po jedné třídě v ročníku. Škola se nachází v klidné části města Štětí. Výuka probíhá v kmenových a odborných učebnách. Škola disponuje tělocvičnou a také novým multifunkčním školním hřištěm. Ve školním roce 2020/2021 získala škola statut Fakultní škola Pedagogické fakulty UJEP Ústí nad Labem. Školní družina funguje ve dvou odděleních, má prostory v přízemí a v podkroví pro činnost výtvarnou, praktickou a hry. Školní klub v odpoledních hodinách funguje formou zájmových útvarů. Školní zahrada je využívána pro výuku praktických činností, pro vzdělávání v přírodě, pro volnočasové aktivity a pro školní družinu. Žáci se stravují v centrální školní jídelně v Ostrovní ulici. K datu 30. 9. 2020 bylo zapsáno k základnímu vzdělávání 196 žáků. Ve škole efektivně funguje školní žákovský parlament, který participuje na chodu školy.

Název zřizovatele:	Město Štětí
Sídlo zřizovatele:	Mírové náměstí 163, 411 08 Štětí
Základní škola:	kapacita 290 žáků
Školní družina:	kapacita 75 účastníků
Školní klub:	kapacita 100 účastníků

Základní škola s úplným počtem devíti tříd. Školní družina funguje ve 2 odděleních s 50 účastníky zájmového vzdělávání, Školní klub navštěvovalo ve školním roce 2020/2021 92 účastníků. [8]

1.5 Popis dispozičního řešení

Objekt byl od počátku navržen a postaven jako škola, nadále tak i slouží. Jsou zde tři nadzemní podlaží, podkroví, půdní prostor a jedno podlaží podzemní, kde jsou umístěny dílny a skladovací prostory. V prvním nadzemním podlaží se nachází kmenové učebny první a druhé třídy, družina, kabinety, sklady, volnočasová místnost, hygienické zázemí pro zaměstnance a žáky, šatny, tělocvična a zázemí tělocvičny. První nadzemní podlaží je přístupné ze všech stran budovy, tedy čtyřmi vchody. Podlaží zbývající, nadzemní a podzemní, jsou přístupná ze dvou schodišť. Podkroví a půdní prostor jsou zpřístupněny pouze schodištěm jedním. V druhém nadzemním podlaží je umístěna ředitelna, sborovna, kabinety, PC učebna, kmenové učebny třetí,

čtvrté a páté třídy a hygienické zázemí pro zaměstnance a žáky. V třetím nadzemním podlaží jsou umístěny kmenové učebny šesté, sedmé, osmé a deváté třídy, učebna výtvarné výchovy, kabinety, sklad a hygienické zázemí pro zaměstnance a žáky. Podkroví je využito pro provoz školní družiny, kuchyně pro volnočasové využití a hygienické zázemí. Podkroví je realizováno pouze nad částí budovy, nad zbylou částí je půdní prostor, který slouží pro skladovací účely.

1.6 Projektová dokumentace a skutečný stav

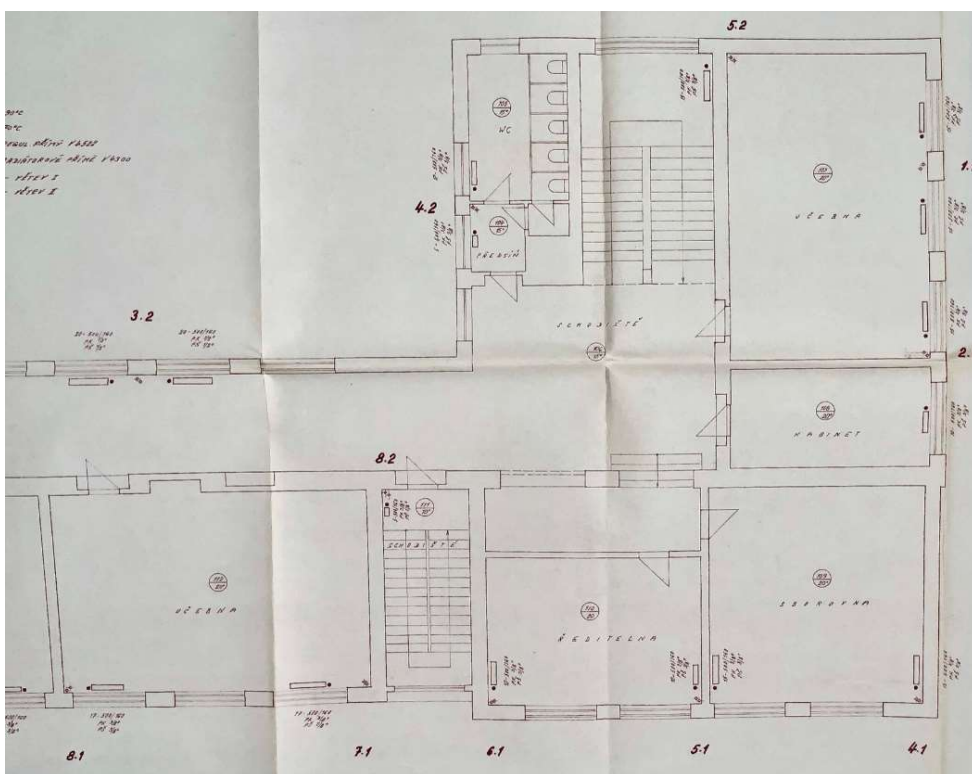
V archivu ZŠ se uchovala pouze část stavební dokumentace k budově školy, a to pouze dokumentace rekonstrukce vodovodu, kanalizace, ústředního vytápění a elektroinstalace, dále prováděcí dokumentace k přístavbě šaten a dokumenty k výběrovým řízením pro stavební úpravy. Nejedná se o plnohodnotné stavební výkresy, které by mohly posloužit jako předloha k zakreslení stávajícího stavu. Slepé výkresy, do kterých jsou jednotlivé profese zakresleny, neodpovídají realitě a nejsou zde téměř žádné kóty. Dotazován byl i příslušný stavební úřad, kde se bohužel po vytopení archivu nedochovalo ke škole téměř nic. Bylo tedy nutné objekt zaměřit. Zaměření probíhalo o víkendech, kdy byla škola prázdná a veškeré prostory bez problému přístupné. K zaměření byl použit laserový měřič vzdálenosti (Parkside PLEM 20 4A, viz. obr 6) a svinovací metr (EXTOL Premium 3155 5 m x 19 mm, viz. obr 5).



Obr. 5 – Svinovací metr EXTOL Premium 3155 5 m x 19 mm



Obr. 6 – Laserový měřič vzdálenosti Parkside PLEM 20 4A



Obr. 7 – Fotografie části půdorysu 2. NP historické dokumentace pro rekonstrukci ústředního vytápění z roku 1994

Dispozice a umístění stavebních otvorů jsou shodné s realitou, liší se však dimenze (vzdálenosti, tloušťky zdí, velikosti stavebních otvorů a např. počet stupňů ve schodišťových ramenech), ty po odměření z výkresů neodpovídají realitě. Při porovnání výkresů sloužících pro rekonstrukci zdravotnických, ústředního vytápění a elektroinstalace, můžeme nalézt mnoho neshod a nepřesností. Jak již bylo zmíněno, bylo nutné budovu zaměřit, velký důraz na přesnost se kladl při zaměření posuzovaných kmenových učeben, ředitelny a tělocvičny.

2. Popis stavebních konstrukcí

2.1 Základy

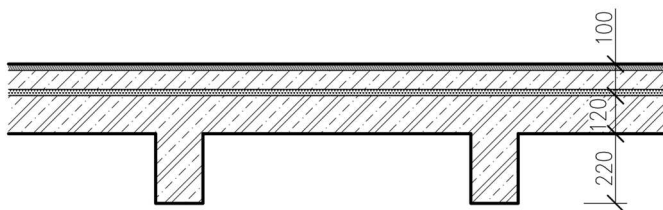
Jelikož se nedochovala žádná relevantní stavební dokumentace, tak podobu základů můžeme pouze odhadovat. Budova se začala stavět roku 1933, lze tedy předpokládat, že základové konstrukce budou z prostého betonu, nebo z prostého betonu prokládaného kameny. Vzhledem k tomu, že se jedná o podélný stěnový konstrukční systém, bude se pravděpodobně jednat o základové pasy. Přistavěná část šaten je založena na základových pasech z prostého betonu. Hloubku pasů pod budovou školy a tělocvičnou budeme uvažovat 1000 mm, hloubka základových pasů pod šatnami je 800 mm. Šířku základových pasů odhadujeme shodnou se šířkou stěn nad nimi.

2.2 Svislé nosné konstrukce

Obvodové zdivo, suterénní zdivo, vnitřní nosné zdivo a zděné příčky jsou vyzděny z cihel plných pálených, zkráceně CPP, o výrobních rozměrech 290 x 140 x 65 mm. Jednotlivé cihly jsou zděny na vápenocementovou maltu tloušťky cca 10 mm. Obvodové zdivo je v prvním nadzemním podlaží tloušťky 600 mm, v podlažích vyšších je to pak 450 mm, suterénní zdivo má tloušťku shodnou s 1. NP a to 600 mm. Přistavěná část šaten je zděna z pórobetonových tvárníc šířky 400 mm na tenkovrstvou vápenocementovou maltu. Tloušťka všech stěn je patrná z příložené stavební dokumentace. Zdivo je omítnuto vápenocementovou omítkou v tloušťce cca 30 mm, zdivo přístavby šaten je z vnitřní strany omítnuto tenkovrstvou vápenocementovou omítkou, z vnější strany je použita armovací cementová stěrka, do které je vložena armovací tkanina, následně opět stěrka a finální vrstvu tvoří silikátová fasádní omítka se zrnitostí 2 mm.

2.3 Vodorovné nosné konstrukce

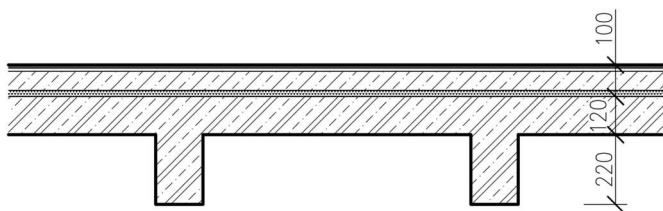
Strop nad prvním podzemním podlažím je řešen jako železobetonový nosníkový strop, jeho tloušťka je 340 mm (železobetonová deska 120 mm, výška nosníku pod deskou 220 mm) a podlahové souvrství nad tímto stropem má tloušťku 100 mm.



Obr. 8 – Skladby stropu nad 1. PP v místě učeben 1. NP

STROP 1. PP - UČEBNY

DŘEVĚNÉ VLYSY 18 mm
 ASFALTOVÉ LEPIDLO 2 mm
 BETONOVÁ MAZANINA 60 mm
 SKELNÁ ROHOŽ 30 mm
 ASFALTOVÁ LEPENKA A400H
 ŽB NOSNÍKOVÝ STROP 340 mm

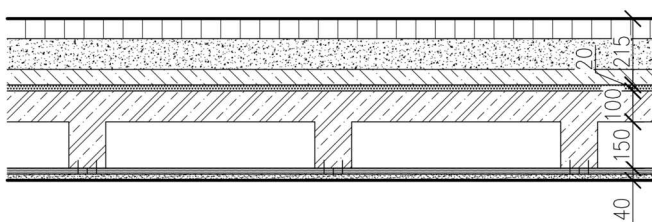


Obr. 9 – Skladby stropu nad 1. PP v místě chodby 1. NP

STROP 1. PP - CHODBA

KERAMICKÁ DLAŽBA 10 mm
 CEMENTOVÉ LEPIDLO 10 mm
 BETONOVÁ MAZANINA 60 mm
 SKELNÁ ROHOŽ 30 mm
 ASFALTOVÁ LEPENKA A400H
 ŽB NOSNÍKOVÝ STROP 340 mm

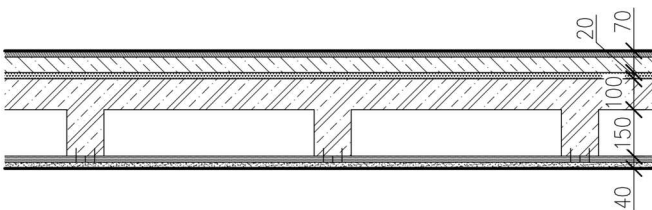
Strop nad prvním nadzemním podlaží je řešen jako železobetonový žebrový strop, shodně je řešen strop nad druhým nadzemním podlaží a nad třetím nadzemním podlaží. Tloušťka tohoto stropu je 270 mm (železobetonová deska 100 mm, výška žebra pod deskou 170 mm). Podlahové souvrství nad tímto stropem má tloušťku 70 mm, výjimkou jsou prostory půdy, kde má podlahové souvrství tloušťku 215 mm. Všechny stropy, mimo stropy nad 1. PP, jsou zespodu opatřeny podhledem. Podhled sestává z dřevěného podbití prkny a rákosové omítky.



Obr. 10 – Skladby stropu nad 3. NP

STROP PŮDA

DLAŽBA Z CIHEL PLNÝCH PÁLENÝCH 65 mm
 ŠKVÁROVÝ PODSYP 100 mm
 BETONOVÁ MAZANINA 50 mm
 FIBREX 20 mm
 ŽB ŽEBROVÝ STROP 250 mm
 PODBITÍ Z DŘEVĚNÝCH PRKEN 20 mm
 RÁKOSOVÁ OMÍTKA 20 mm
 MALBA BILÁ



Obr. 11 – Skladby stropu nad 1. NP, 2. NP, 3. NP

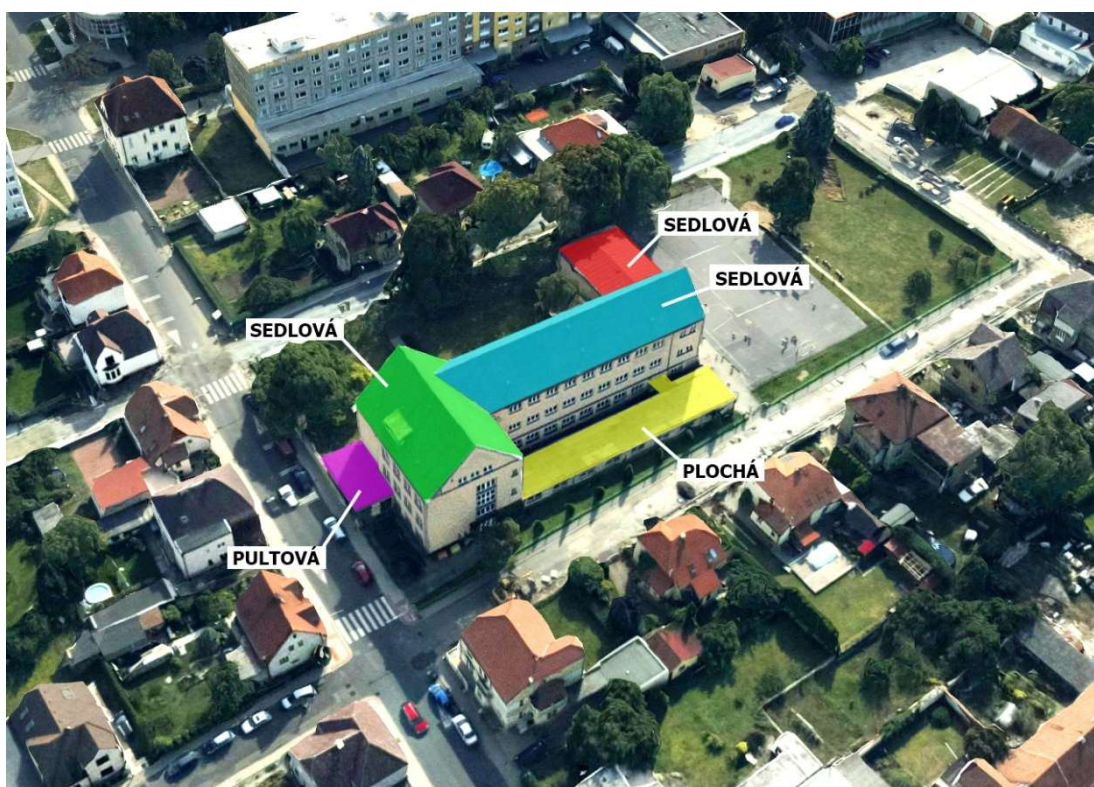
STROP 1. NP, 2. NP, 3. NP - UČEBNY

DŘEVĚNÉ VLYSY 18 mm
 ASFALTOVÉ LEPIDLO 2 mm
 BETONOVÁ MAZANINA 50 mm
 FIBREX 20 mm
 ŽB ŽEBROVÝ STROP 250 mm
 PODBITÍ Z DŘEVĚNÝCH PRKEN 20 mm
 RÁKOSOVÁ OMÍTKA 20 mm
 MALBA BILÁ

Překlady nad stavebními otvory jsou osazeny ocelovými válcovanými profily typu I, které mají různé průřezové a délkové rozměry, jsou také osazeny v různém počtu, v závislosti na konkrétním stavebním otvoru. V objektu se nachází i několik průvlaků, ty jsou vždy ze železobetonu.

2.4 Střešní konstrukce

Zastřešení je u budovy školy a tělocvičny (v obr. 12 zelená a modrá barva značí střechu školní budovy, červená barva značí střechu tělocvičny) řešeno sedlovou střechou, zastřešení části 1. NP a vchodu ze severovýchodu (v obr. 12 růžová barva) je řešeno pultovou střechou. Přístavba šaten (v obr. 12 žlutá barva) má plochou střechu.



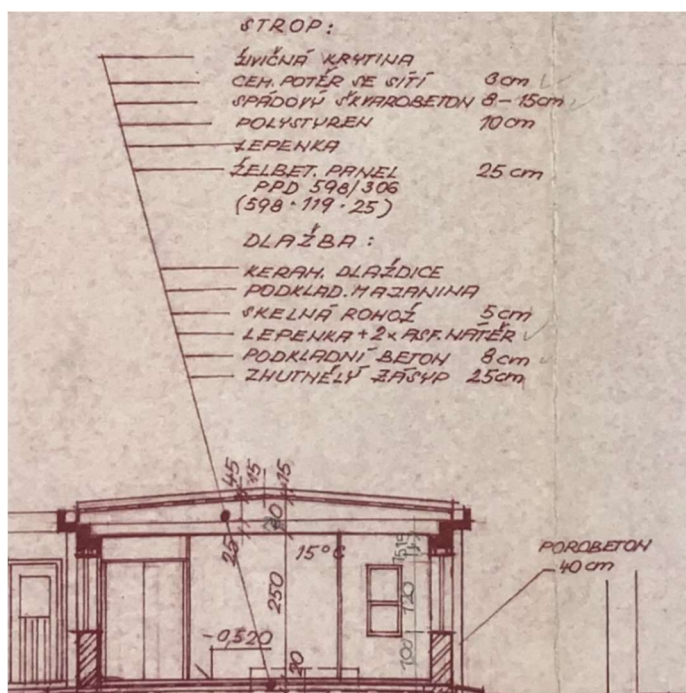
Obr. 12 – Výřez z digitální 3D mapy České Republiky s popsáními střechami [9]

Krov sedlových střech nad budovou školy tvoří typické trojitě věšadlo (viz obr. 13), na krokách je celoplošné bednění z dřevěných prken opatřené fólií, následně jsou přibity asfaltové šindele. Konstrukce krovu sedlové střechy nad tělocvičnou je zhotovena ze železobetonových prefabrikovaných průvlaků, opatřenými celoplošným bedněním z dřevěných prken, na nichž je přikotvena střešní krytina, v podobě falcovaného plechu.

Plochá střecha přístavby šaten má nosnou konstrukci ze železobetonových prefabrikovaných stropních panelů, skladba střechy je vypsána na obr. 14. Zastřešení severovýchodního vchodu a části 1. NP pultovou střechou je konstrukčně vyřešeno jednosměrně pnutou železobetonovou deskou, na které je spádová vrstva betonové mazaniny, stejně jako v případě zastřešení tělocvičny je i zde střešní krytinou falcovaný plech.



Obr. 13 – Fotografie krovu budovy školy, trojitě věšadlo



Obr. 14 – Výřez svislého řezu historické dokumentace pro přístavbu šaten

3. Tepelná ochrana budov

3.1 Úvod do problematiky

Hlavním cílem tepelné ochrany budov je snížení energetické náročnosti budov na vytápění v zimním období a na chlazení v letním období. Ceny energií rok od roku rostou a s nimi se zvyšují nároky na tepelnou ochranu budov. Nicméně ceny energií nejsou to jediné, co nás trápí, tím dalším neméně důležitým je ochrana životního prostředí. Denně se setkáváme s pojmem globální oteplování, právě výroba energií globálnímu oteplování výrazně přispívá. Snížením potřeby energií na vytápění a chlazení budov docílíme menší produkce skleníkových plynů, vytvářející tzv. skleníkový efekt, a dalších škodlivin spojených s těžbou, dopravou a následným spalováním. Skleníkový efekt a plyny, které ho vytváří, jsou označovány jako významný přispívatel ke globálnímu oteplování. Snahou tedy je stavět, co možná nejúspornější domy, které mají optimálně vyvážené náklady na pořízení a následný provoz. Čím nižší náklady na provoz, zejména vytápění a chlazení, tím nižší potřeba energie a tím menší znečišťování životního prostředí. Tepelná ochrana budov se řídí zákony stavební tepelné techniky. Tato bakalářská práce se tepelnou ochranou budov zabývá pouze okrajově, úkolem je posouzení a návrh opatření u obvodových stěn, které ovlivňují vstupní parametry a okrajové podmínky při výpočtu denního osvětlení. Po zateplení objektu se zvětší tloušťka stěny, která ovlivňuje úhly, pod kterými světlo dopadá oknem do interiéru a tím může dojít ke snížení množství dopadajícího světla.

3.2 Požadavky kladené na budovy

Požadavky na tepelnou ochranu budov nám udává norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov [10], stanovuje tepelně technické parametry konstrukcí, které je nutné dodržet.

3.2.1 Tepelný odpor

Veličinou, která definuje míru vzdoru proti pronikání tepla jednotlivými materiálovými vrstvami konstrukce nebo celou konstrukcí, je tepelný odpor R [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]. Závisí na tloušťce vrstvy d [m] a součiniteli tepelné vodivosti materiálu λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$].

Pomocí tloušťky vrstvy a součinitele tepelné vodivosti materiálu můžeme stanovit tepelný odpor podle následujícího vztahu:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (1)$$

Tepelné odpory jednotlivých vrstev konstrukce se sčítají. [11]

3.2.2 Součinitel prostupu tepla

Při posuzování a návrhu konstrukcí je hlavní sledovanou veličinou součinitel prostupu tepla U [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]. Tento součinitel udává, kolik tepla se transportuje konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K , vyjadřuje izolační schopnost materiálu. Lze jej stanovit podílem součinitele tepelné vodivosti materiálu λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] a šířky materiálu d [m] podle vzorce:

$$U = \frac{\lambda}{d} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (2)$$

Další možností je použití vztahu, který využívá znalost tepelných odporů. Tepelný odpor konstrukce R [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$], tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$] a tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]. Vztah pak vypadá následovně:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3)$$

Po vypočtení hodnot součinitele prostupu tepla U zkoumané konstrukce musíme výsledky porovnat s požadovanými hodnotami, které udává norma ČSN 73 0540-2 [10]. Konkrétní požadované hodnoty nalezneme v tabulce 3 ve zmíněné normě, a to na základě typu zkoumané konstrukce. Pro účely bakalářské práce byly využity tyto limitní hodnoty:

TAB. 1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro stěny v budovách s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{in} v intervalu $18 \text{ }^\circ\text{C}$ až $22 \text{ }^\circ\text{C}$ včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,3	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,2	

Pro účely této bakalářské práce postačí doporučená hodnota pro těžkou vnější stěnu, což je $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, protože se jedná o rekonstrukci. Doporučená hodnota bude využita z důvodu delší soudobosti v budoucnu. Tuto hodnotu je následně nutné porovnat s hodnotou vypočtenou [10]. Posuzovaná konstrukce vyhovuje, pokud splní podmínku:

$$U \leq U_{rec,20} \quad (4)$$

3.2.3 Teplotní faktor

Další sledovanou veličinou při posouzení a návrhu konstrukcí je teplotní faktor, zejména teplotní faktor vnitřního povrchu, který značíme f_{Rsi} [-]. Díky znalosti teplotního faktoru jsme schopni hodnotit konstrukci z hlediska její povrchové teploty. Teplotní faktor vnitřního povrchu je možné vypočítat dle následujícího vztahu:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad (5)$$

Zajištění dostatečné povrchové teploty je nezbytné pro eliminaci kondenzace vodní páry na povrchu konstrukce a vyvarování se problémům z toho plynoucích, jimiž jsou plísně a celková degradace konstrukce. Pro stavební konstrukce a okrajové podmínky (relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$, teplota vnitřního vzduchu $\theta_{ai} = 20 \text{ °C}$), zkoumané touto prací, je normou ČSN 73 0540-2 [10] stanoven kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ [-]. Vypočtený teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce f_{Rsi} porovnáváme s požadovanou hodnotou nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,N}$ [-]. Přičemž platí:

$$f_{Rsi,cr} = f_{Rsi,N} \quad (6)$$

Aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry na povrchu posuzované konstrukce, je nutné splnit následující podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (7)$$

Nejnižší požadovanou hodnotu teplotního faktoru $f_{Rsi,N}$ nalezneme v tabulce 1 v normě ČSN 73 0540-2 [10], tabulka je sestavena pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$ a v závislosti na typu konstrukce (v našem případě se jedná

o stavební konstrukci), návrhové teplotě vnitřního vzduchu θ_{ai} [°C] (v našem případě $\theta_{ai} = 20,6$ °C) a návrhové venkovní teplotě θ_e [°C] (v našem případě $\theta_e = -13$ °C). [10]

3.2.4 Šíření vlhkosti konstrukcí

Požadavky na stavební konstrukce z hlediska šíření vlhkosti jsou rozdílné v závislosti na požadavcích na možnost obsahu zkondenzované vodní páry v konstrukci. Prvním případem jsou stavební konstrukce, kde nesmí docházet ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, což nám ukazuje roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ [kg/(m²·rok)], a to z důvodu následného ohrožení požadovaných funkcí, je tedy nutné dodržet podmínku:

$$M_{c,a} = 0 \text{ kg/(m}^2\cdot\text{rok)} \quad (8)$$

Druhým případem jsou stavební konstrukce, kde kondenzace omezeného množství vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci. Jelikož se tato bakalářská práce zabývá pouze obvodovými stěnami, které jsou jednovrstvé a bez tepelné izolace, je nutné dodržet tuto podmínku:

$$M_{c,a} \leq M_{c,N} \quad (9)$$

Kde $M_{c,N}$ [kg/(m²·rok)] značí nejvyšší normou dovolené množství zkondenzované vodní páry v konstrukci za 1 rok a je rovno nižší z těchto hodnot: 3 % objemové hmotnosti materiálu nebo 0,10 kg/(m²·rok), přičemž tyto hodnoty platí pro náš případ (obvodová zděná stěna bez zateplení, obvodová zděná stěna s kontaktním zateplením). Další podmínkou je požadavek na vypaření již zkondenzované vodní páry v rámci roční bilance. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce $M_{c,a}$ [kg/(m²·rok)] musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce $M_{ev,a}$ [kg/(m²·rok)] [10], podle tohoto vztahu:

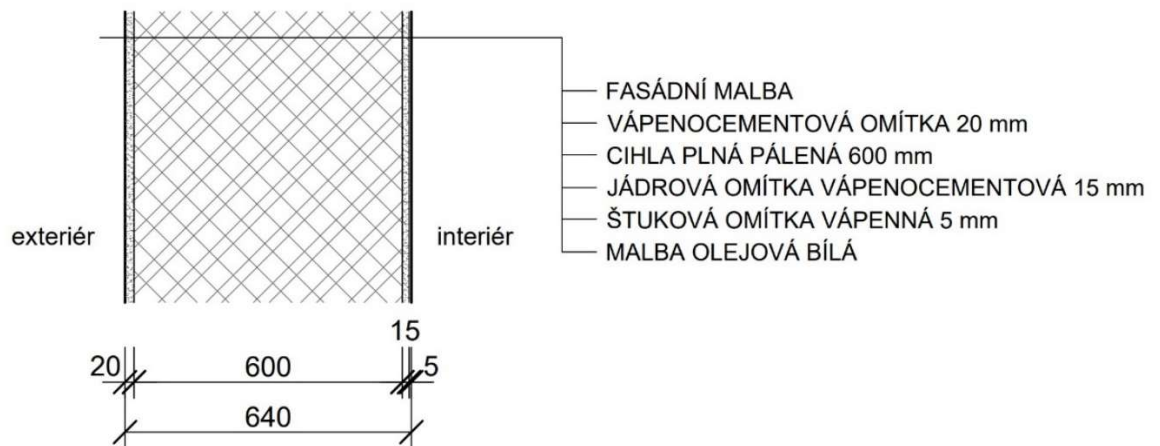
$$M_{c,a} \leq M_{ev,a} \quad (10)$$

3.3 Posouzení vybraných stávajících konstrukcí

Jak již bylo zmíněno, tato práce bude z hlediska stavební tepelné techniky posuzovat pouze vybrané konstrukce – primárně se jedná o obvodové zděné stěny. První posuzovanou skladbou je skladba stěny v kmenových učebnách prvního nadzemního podlaží, druhá posuzovaná skladba stěny je v kmenových učebnách druhého nadzemního podlaží a ředitelně (shodná se skladbou obvodové zděné stěny ve třetím nadzemním podlaží a skladbou zděné stěny tělocvičny), třetí a zároveň poslední posuzovanou skladbou je skladba stěny v podkroví.

Veškeré výpočty byly provedeny v programu Teplo 2017 EDU (aktualizace: IX/2017) [12]. Okrajové podmínky výpočtu vnějšího prostředí byly načteny programem z nejbližšího města v okolí (město Mělník), návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu $R_{He} = 84 \%$ a návrhová venkovní teplota $T_e = -13 \text{ °C}$. Zbylé okrajové podmínky výpočtu byly stanoveny s ohledem na účel a využití objektu, návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu $R_{Hi} = 55 \%$, návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai} = 20,6 \text{ °C}$, tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (pro výpočet vnitřní povrchové teploty $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$), tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (pro výpočet vnitřní povrchové teploty $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$).

3.3.1 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v 1. NP



Obr. 15 – Řez skladby obvodové stěny kmenových učeben v 1. NP

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 1):

- Tepelný odpor konstrukce R : $0,741 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : $1,098 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: $0,757$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: $0,0104 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

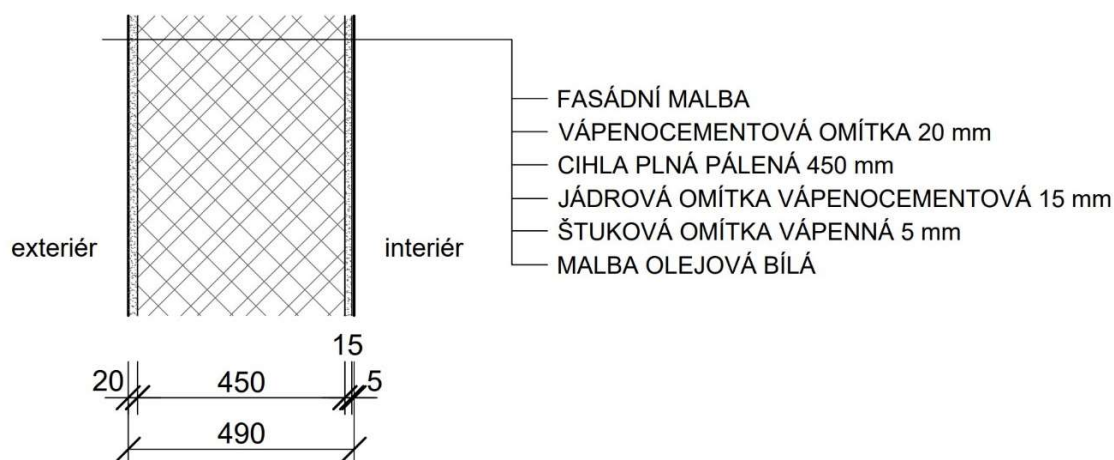
Požadované hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{rec,20}$: max. $0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,N}$: $0,751$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,N}$: max. $0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: $1,9715 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Posouzení:

- $U = 1,098 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \not\leq U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
NEVYHOVUJE
- $f_{Rsi} = 0,757 \geq f_{Rsi,N} = 0,751$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0104 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0104 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{ev,a} = 1,9715 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE

3.3.2 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny ve 2. NP, 3. NP, ředitelně a tělocvičně



Obř. 16 – Řez skladby obvodové stěny kmenových učeben ve 2. NP, 3. NP, ředitelny a tělocvičny

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 2):

- Tepelný odpor konstrukce R : $0,566 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : $1,358 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: $0,708$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: $0,0157 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

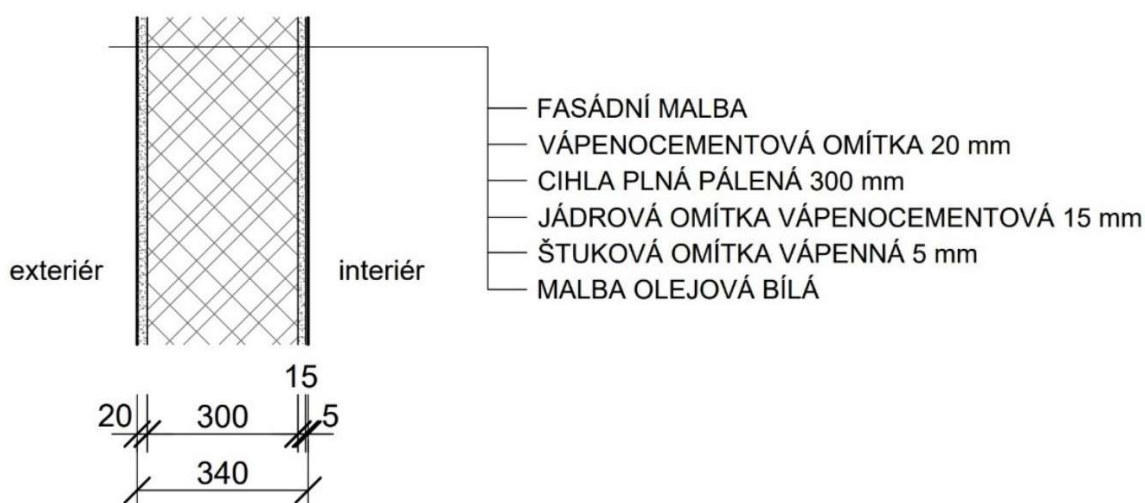
Požadované hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{rec,20}$: max. $0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,N}$: $0,751$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,N}$: max. $0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: $2,4207 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Posouzení:

- $U = 1,358 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \not\leq U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
NEVYHOVUJE
- $f_{Rsi} = 0,708 \not\geq f_{Rsi,N} = 0,751$
NEVYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0157 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0157 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{ev,a} = 2,4207 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE

3.3.3 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v podkroví



Obr. 17 – Řez skladby obvodové stěny v podkroví

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 3):

- Tepelný odpor konstrukce R : $0,392 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : $1,779 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: $0,633$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: $0,0293 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Požadované hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{rec,20}$: max. $0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,N}$: $0,751$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,N}$: max. $0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: $3,0725 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Posouzení:

- $U = 1,779 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \not\leq U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
NEVYHOVUJE
- $f_{Rsi} = 0,633 \not\geq f_{Rsi,N} = 0,751$
NEVYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0293 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0293 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{ev,a} = 3,0725 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE

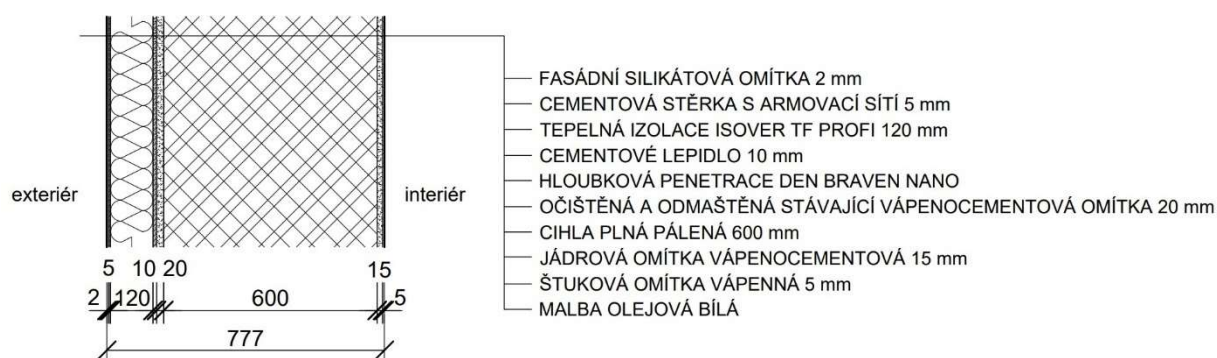
3.4 Komentář k výsledkům

Dle programem vypočtených hodnot můžeme jasně konstatovat, že tepelně-technické parametry všech obvodových stěn jsou velmi vzdáleny od požadovaných hodnot. Je tedy nutné přistoupit k opatřením, která by stávající stav výrazným způsobem vylepšila.

3.5 Návrh opatření

Pokud chceme zajistit vyhovující tepelně-technické parametry konstrukce je nutné přistoupit k zateplení objektu. Vzhledem k charakteru objektu byl vybrán kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací na bázi desek z čedičové vlny ISOVER TF Profi. Před zhotovením zateplení je nutné řádně připravit povrch. Původní povrch fasády je v dobrém stavu, není tedy nutné přistoupit k odstranění stávající omítky. Povrch omítky musíme důkladně očistit, odmastit a opatřit hloubkovou penetrací, např. Den Braven Nano. Poté bude následovat lepení a kotvení samotných desek z čedičové vlny, celoplošně nanášené cementové lepidlo WEBER tmel 700 o tloušťce 10 mm a plastové kotvy s izolačními pokličkami (zátkami) z čedičové vlny. Jelikož se budou používat tepelně izolační pokličky (zátky) kotev, výpočet nebude zohledňovat vliv bodových tepelných mostů. Na přípevněné desky se nanese armovací vrstva, která sestává z cementové lepicí stěrky WEBER tmel 700 o tloušťce 10 mm a vložené armovací skelné tkaniny VERTEX R117. Finální vrstvou je fasádní silikátová omítka WEBER PASS se zrnitostí 2 mm ve světle žlutém odstínu. Tloušťky izolací byly stanoveny na základě tepelně-technického posouzení v programu TEPL0 2017 EDU (aktualizace: IX/2017) [12], viz. text dále.

3.5.1 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v 1. NP - NÁVRH



Obr. 18 – Řez skladby obvodové stěny kmenových učeben v 1. NP

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 4):

- Tepelný odpor konstrukce R : $4,013 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : $0,239 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: $0,942$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: $0,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

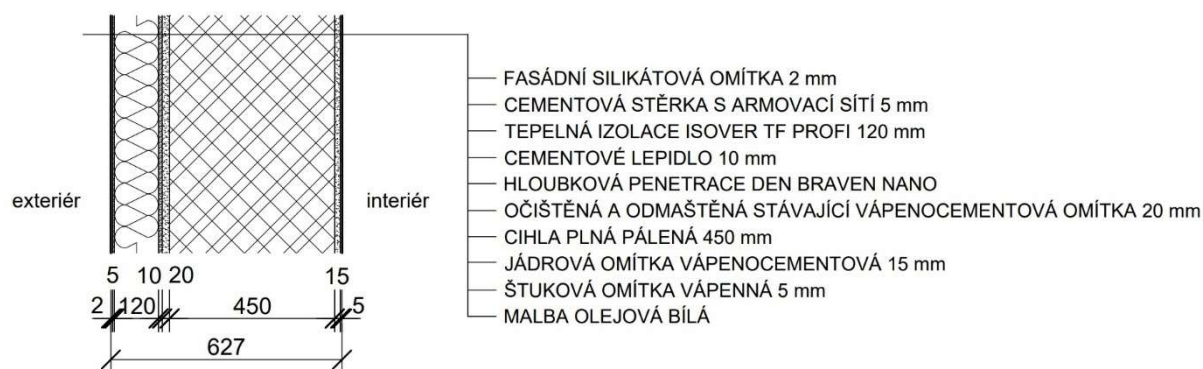
Požadované hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{rec,20}$: max. $0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,N}$: $0,751$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,N}$: max. $0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: $2,7029 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Posouzení:

- $U = 0,239 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \leq U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
VYHOVUJE
- $f_{Rsi} = 0,942 \geq f_{Rsi,N} = 0,751$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{ev,a} = 2,7029 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE

3.5.2 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny ve 2. NP, 3. NP, ředitelně a tělocvičně - NÁVRH



Obr. 19 – Řez skladby obvodové stěny kmenových učeben ve 2. NP, 3. NP, ředitelny a tělocvičny

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 5):

- Tepelný odpor konstrukce R : $3,839 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : $0,249 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: $0,939$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: $0,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

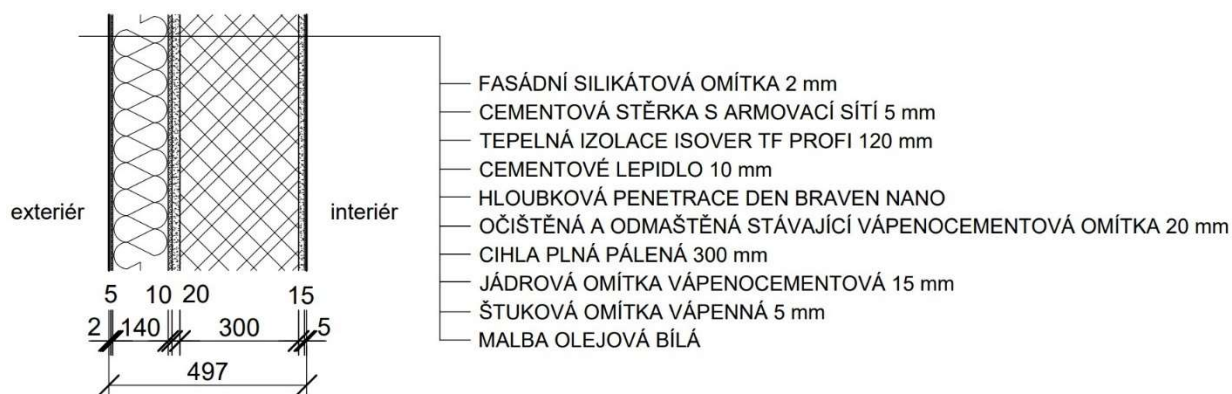
Požadované hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{rec,20}$: $\text{max. } 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,N}$: $0,751$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,N}$: $\text{max. } 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: $2,7069 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Posouzení:

- $U = 0,249 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \leq U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
VYHOVUJE
- $f_{Rsi} = 0,939 \geq f_{Rsi,N} = 0,751$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{ev,a} = 2,7069 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE

3.5.3 Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v podkroví - NÁVRH



Obr. 20 – Řez skladby obvodové stěny v podkroví

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 6):

- Tepelný odpor konstrukce R : $4,205 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : $0,229 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{R_{si,p}}$: $0,944$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: $0,0088 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Požadované hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{rec,20}$: $\text{max. } 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{R_{si,N}}$: $0,751$
- Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,N}$: $\text{max. } 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: $2,7013 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

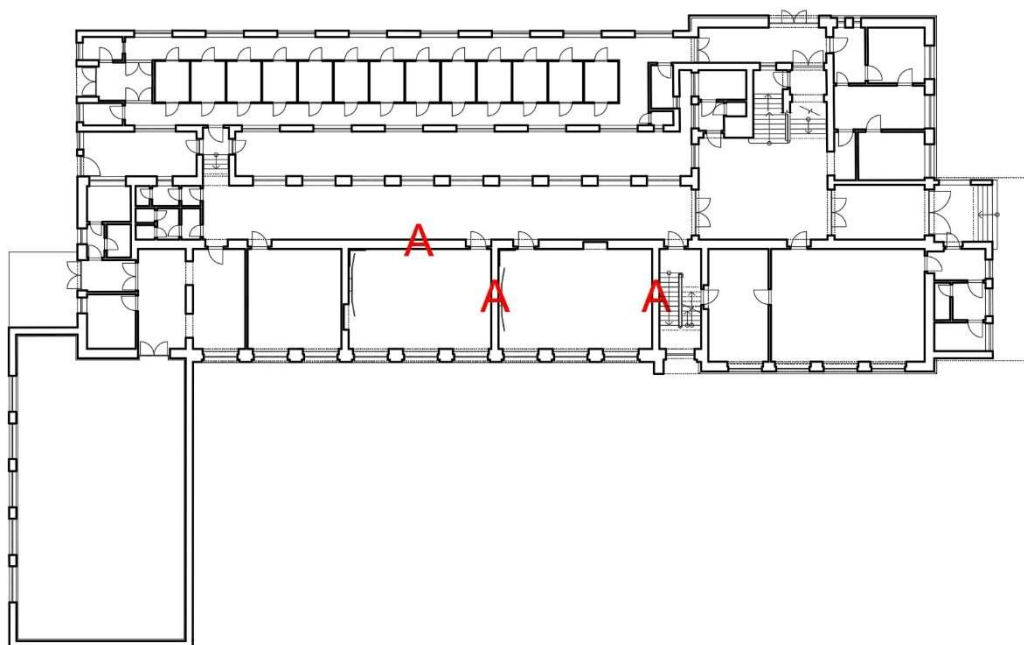
Posouzení:

- $U = 0,229 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \leq U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
VYHOVUJE
- $f_{R_{si}} = 0,944 \geq f_{R_{si,N}} = 0,751$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0088 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE
- $M_{c,a} = 0,0088 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \leq M_{ev,a} = 2,7013 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
VYHOVUJE

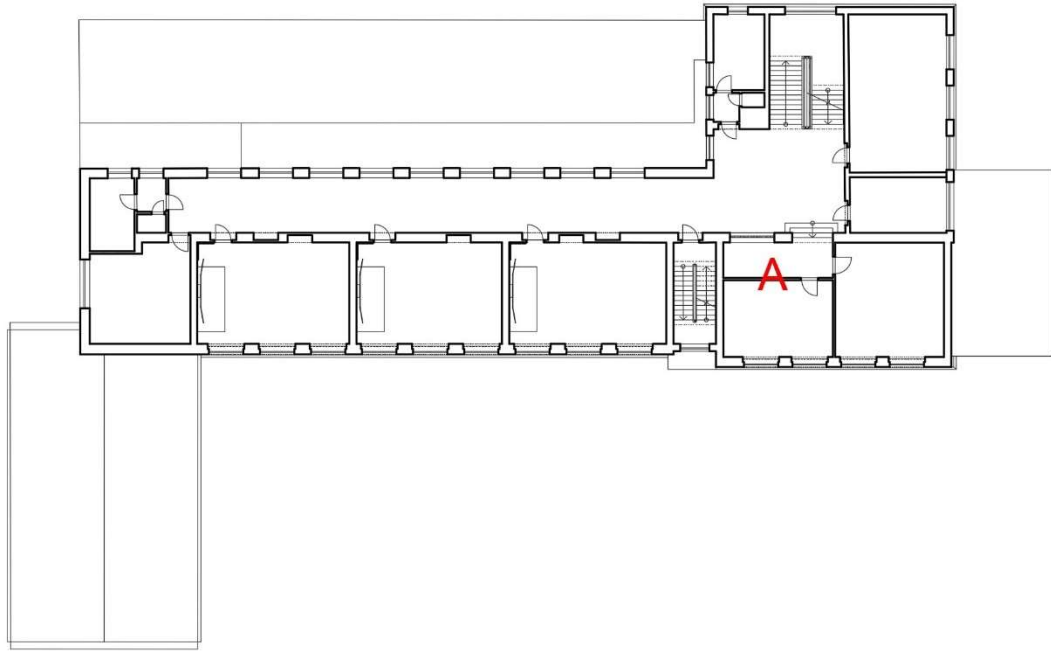
4. Stavební akustika

4.1 Úvod do problematiky akustiky

Významným prvkem, který spoluvytváří vnitřní prostředí budov, je stavební akustika. Ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí, naši pohodu a zdraví. Je nezbytné se na řešení stavební akustiky v objektu zaměřit a navrhnout vše tak, aby byly splněny veškeré normové a hygienické požadavky. Jedině tak docílíme vyhovujícího vnitřního prostředí, kde bude radost trávit čas a zároveň nás nebude negativně ovlivňovat. Zvláště v budově škol je stavební akustika velmi důležitá, žáci by měli dobře rozumět pedagogům a pedagogové zase žákům, vyučování by nemělo být vyrušováno nežádoucími zvuky (hlukem). Žáci těch nejnižších ročníků, u nichž se sluch ještě stále vyvíjí, by měli navštěvovat vnitřní prostředí, co možná nejkvalitnější, aby se zamezilo jakýmkoliv negativním dopadům na jejich vývoj, které by později mohly daného jedince nepříznivě ovlivnit. Tato práce se bude, v rámci akustiky budov, zabývat výpočtovým ověřením zvukově izolační funkce svislých a vodorovných dělicích konstrukcí mezi: učebnami, učebnami a chodbou, učebnami a schodištěm, ředitelnu a kuchyňkou. Dále bude práce ověřovat dobu dozvuku v prostoru tělocvičny. Pro výše popsané účely nám budou nápomocny normy ČSN 73 0527 [13] a ČSN 73 0532 [14].



Obr. 21 – Půdorysné schéma 1. NP s vyznačenými konstrukcemi (červené A), které se budou posuzovat z hlediska zvukově izolačních vlastností (stěna mezi učebnami, stěna mezi učebnou a chodbou, stěna mezi učebnou a schodištěm)



Obr. 22 – Půdorysné schéma 2. NP s vyznačenými konstrukcemi (červené A), které se budou posuzovat z hlediska zvukově izolačních vlastností (stěna mezi ředitelnou a kuchyňkou)

Tyto konstrukce byly vybrány po dohodě s vedoucím práce.

4.2 Definice vybraných pojmů

4.2.1 Doba dozvuku

Pro zvuk daného kmitočtu nebo kmitočtového pásma v uzavřeném prostoru doba, které by bylo potřeba k tomu, aby hladina akustického tlaku poklesla po vypnutí zdroje zvuku o 60 dB, značí se T [s]. [15]

4.2.1.1 Doba dozvuku podle Eyringa

Doba dozvuku vypočítaná podle Eyringova vzorce pro dobu dozvuku:

$$T = \frac{55.3}{c_0} \cdot \frac{V}{-\Sigma S \cdot \ln(1 - \alpha_m) + 4m} \text{ [s]} \quad (11)$$

c_0 rychlost zvuku ve vzduchu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

V objem prázdného uzavřeného prostoru [m^3]

ΣS celková plocha všech pohltivých povrchů v místnosti [m^2]

α_m střední činitel zvukové pohltivosti [-]

m součinitel útlumu ve vzduchu [Np/m] [16]

4.2.1.2 Doba dozvuku podle Sabineho

Doba dozvuku vypočítaná podle Sabineova vzorce pro dobu dozvuku:

$$T = \frac{55,3}{c_0} \cdot \frac{V}{\Sigma S \cdot \alpha_m + 4m} \text{ [s]} \quad (12)$$

c_0 rychlost zvuku ve vzduchu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

V objem prázdného uzavřeného prostoru [m^3]

ΣS celková plocha všech pohltivých povrchů v místnosti [m^2]

α_m střední činitel zvukové pohltivosti [-]

m součinitel útlumu ve vzduchu [Np/m] [16]

4.2.2 Neprůzvučnost

Neprůzvučnost vyjadřuje schopnost stavebního prvku omezovat přenos zvuku vzduchem přes tento prvek z místnosti zdroje do místnosti příjmu. Je definována pomocí činitele průzvučnosti podle následujícího vztahu:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A_2} \text{ [dB]} \quad (13)$$

L_1 hladina akustického tlaku v místnosti zdroje zvuku [dB]

L_2 hladina akustického tlaku v místnosti příjmu zvuku [dB]

S plocha dělicího prvku (např. příčky) [m²]

A_2 celková ekvivalentní plocha pohlcování v místnosti příjmu [m²] [17]

4.2.3 Vážená neprůzvučnost

Vážená neprůzvučnost je podle článku [18] definována jako (zkráceno):

„Pro vzájemné porovnání různých stavebních prvků z hlediska neprůzvučnosti i pro porovnání neprůzvučnosti určitého stavebního prvku s požadavky je zavedena jednočíselná veličina vážená neprůzvučnost R_w . Postup stanovení hodnoty vážené neprůzvučnosti z šestnácti hodnot neprůzvučnosti změřené nebo vypočtené v třetinooktávových pásmech od 100 Hz do 3 150 Hz je popsán v ČSN EN ISO 717-1. Neprůzvučnost stavebního prvku se porovná se směrnou křivkou, která reprezentuje „vyhovující“ křivku neprůzvučnosti z hlediska zvukové izolace. Směrná křivka se posouvá směrem ke křivce neprůzvučnosti s krokem 1 dB, dokud součet nepříznivých odchylek není roven hodnotě co nejbližší, avšak ne vyšší než 32 dB. Odchylky jsou nepříznivé, pokud je hodnota směrné křivky vyšší než hodnota neprůzvučnosti. Vážená neprůzvučnost se potom určí jako hodnota posunuté směrné křivky v třetinooktávovém pásmu 500 Hz.“ [18]

4.2.4 Stavební neprůzvučnost

Celkový přenos zvuku mezi místnostmi je in-situ na rozdíl od laboratorní situace ovlivněn nejen přímým přenosem zvuku přes vlastní dělicí prvek, ale též bočními přenosovými cestami. Ty zahrnují jak přenos stavebními konstrukcemi, tak nepřímý přenos vzduchem. Zvýšený přenos akustického výkonu mezi místnostmi oproti laboratoři má za následek zdánlivé zhoršení zvukově izolační schopnosti dělicího prvku. Zavádí se proto nová veličina, která se nazývá stavební neprůzvučnost a podobně jako neprůzvučnost je určena vztahem:

$$R' = 10 \cdot \log \frac{W_i}{W_t + \sum W_{t,ij}} - 10 \cdot \log \left(10^{-\frac{R}{10}} + \sum 10^{-\frac{R_{ij}}{10}} \right) \quad [dB] \quad (14)$$

W_i akustický výkon v místě zdroje [W]

W_t přenášený akustický výkon pro přímou přenosovou cestu [W]

$W_{t,ij}$ přenášený akustický výkon pro boční přenosovou cestu [W]

R neprůzvučnost pro přímou přenosovou cestu [dB]

R_{ij} neprůzvučnost pro boční přenosovou cestu [dB] [19]

4.2.5 Vážená stavební neprůzvučnost

V běžných stavbách s těžkými stavebními prvky je podíl bočního přenosu na celkovém přenosu zvuku mezi místnostmi přibližně 30 až 50 %. Z prvního vztahu tedy vyplývá, že stavební neprůzvučnost je v takovém případě o 2 až 3 dB nižší než neprůzvučnost vlastního dělicího prvku. To prakticky odpovídá ČSN 73 0532 [14], podle níž lze váženou stavební neprůzvučnost prvku odhadnout ze vztahu:

$$R'_W = R_W - k_1 \text{ [dB]} \quad (15)$$

R_W vážená neprůzvučnost [dB]

k_1 korekce závislá na bočních cestách přenosu zvuku (pro těžké stěny 2 až 3 dB)

4.2.6 Vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku

„Pro hodnocení kročejové neprůzvučnosti stropů s podlahami se obecně používá normovaná hladina kročejového zvuku $L_{n,w}$.“ [20]

$$L_{n,w} = L_{n,0,w} + C_{l,0} + 11 - \Delta L_w \text{ [dB]} \quad (16)$$

$L_{n,0,w}$ vážená normovaná hladina kročejového zvuku holého stropu [dB]

$C_{l,0}$ faktor přizpůsobení spektru pro holý strop [dB]

ΔL_w vážené snížení hladiny kročejového zvuku [dB] [20]

4.2.7 Vážená stavební normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku

Při navrhování a posuzování je možné použít změřené nebo vypočtené laboratorní hodnoty vážené normové hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L_{n,w}$ a provést přibližný přepočítání na váženou stavební normovanou hladinu akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$, podle rovnice:

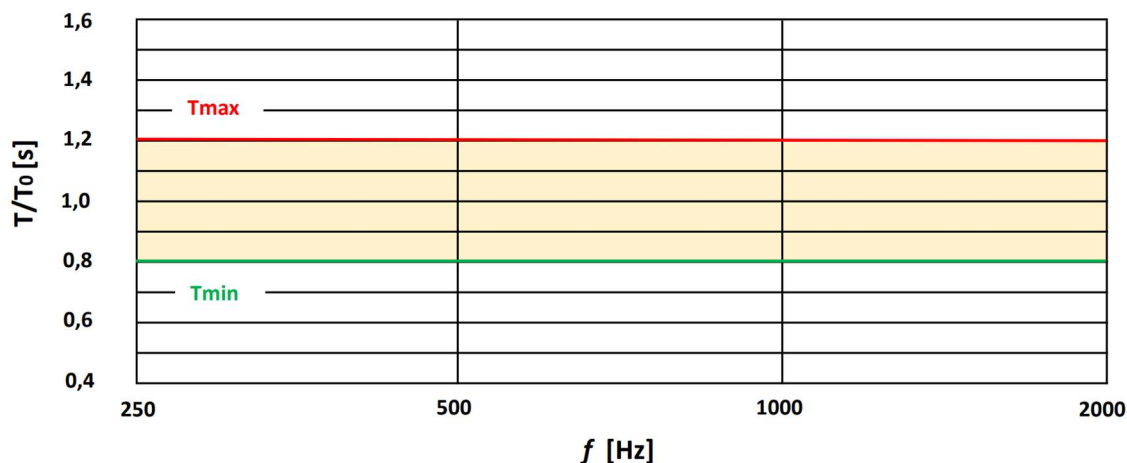
$$L'_{n,w} = L_{n,w} + k_2 \text{ [dB]} \quad (17)$$

k_2 korekce, závislá na vedlejších cestách šíření zvuku ($k_2 = 0$ až 2 dB) [14]

4.3 Požadavky

4.3.1 Normové požadavky na dobu dozvuku

Dobu dozvuku budeme řešit pouze v prostoru tělocvičny. Technické požadavky pro dobu dozvuku v tělocvičnách nám udává norma ČSN 73 0527 [13].

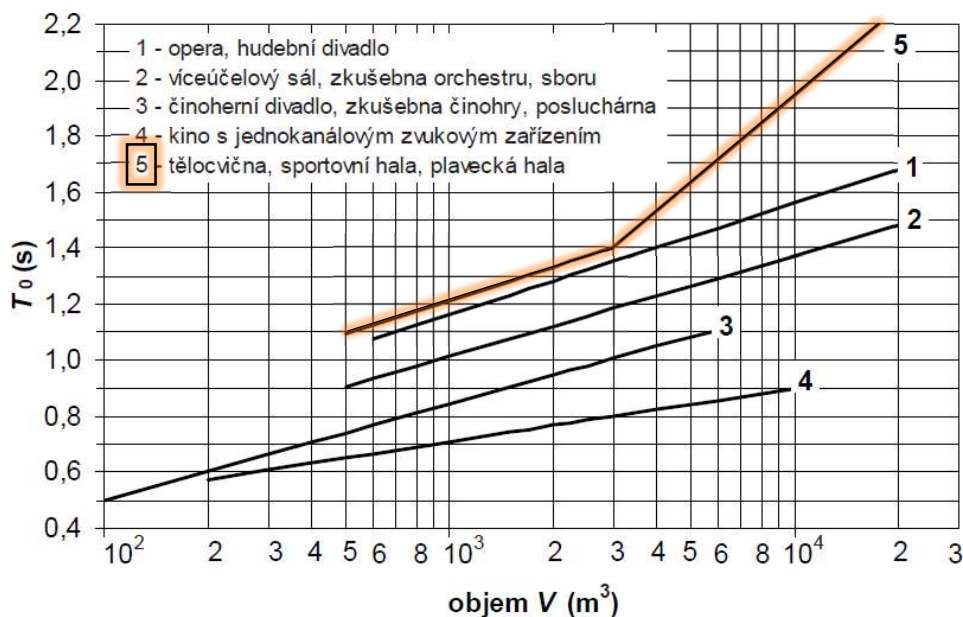


Obr. 23 – Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

Optimální dobu dozvuku může získat z grafu závislosti optimální doby dozvuku na objemu místnosti (viz. Obr. 24, závislost 5-A.1 z normy ČSN 73 0527 [13]), nebo pomocí výpočtu podle vztahu:

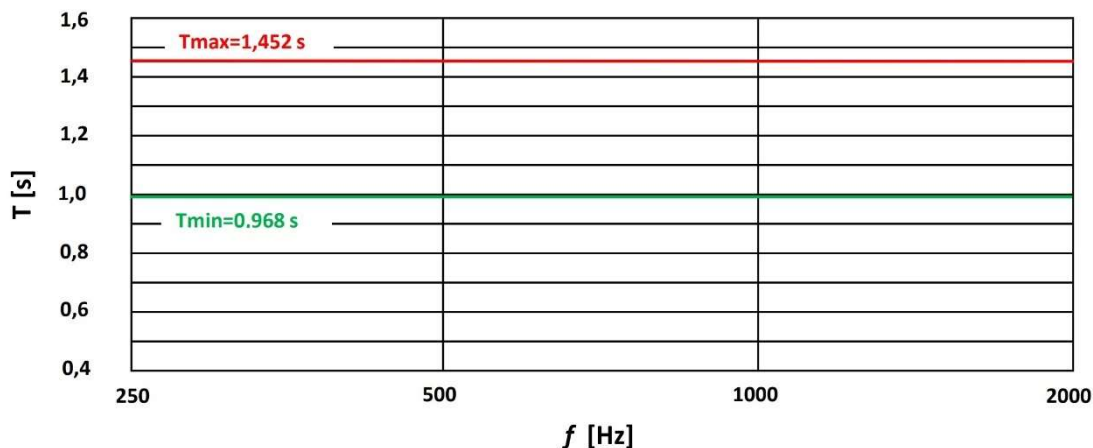
$$T_0 = (0,3961 \cdot \log V) + 0,023 \text{ [s]} \quad (18)$$

T_0 objem místnosti [m^3]



Obr. 24 – Závislost optimální doby dozvuku T_0 při frekvenci 1000 Hz v závislosti na objemu místnosti v obsazeném stavu s výjimkou u (5) dle ČSN 73 0527 [13]

Pro prostor tělocvičny, který má celkový objem 979,18 m³, je dle závislosti na obr. 22 optimální doba dozvuku T_0 rovna 1,21 s. Dosazením do vzorce (18) vychází optimální doba dozvuku takto: $T_0 = (0,3961 \cdot \log 979,18) + 0,023 = 1,21$ s. Po přepočtu T/T_0 na T je přípustné rozmezí doby dozvuku následující:



Obr. 25 – Přípustné rozmezí doby dozvuku T tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

4.3.2 Normové požadavky na zvukovou izolaci

Zvukovou izolaci budeme řešit v rámci dělicích konstrukcí mezi: učebnami, učebnou a chodbou, učebnou a schodištěm, ředitelnu a kuchyňkou. Technické požadavky na zvukovou izolaci nám udává norma ČSN 73 0532 [14].

TAB. 2 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi ve školách a vzdělávacích institucích (tabulka 4 v normě ČSN 73 0532 [14]), administrativních a víceúčelových budovách, úřadech a firmách (tabulka 5 v normě ČSN 73 0532 [14])

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)			
Hlučný prostor (místo zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci		
	Stropy		Stěny
	R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	R'_w [dB]
Školy a vzdělávací instituce - učebny, výukové prostory, kabinety učitelů			
Učebny, výukové prostory, kabinety	≥ 53	≤ 55	≥ 47
Společné prostory, chodby, schodiště	≥ 53	≤ 58	≥ 47
Administrativní a víceúčelové budovy, úřady a firmy - kanceláře a pracovny, relaxační místnosti			
Kanceláře a pracovny pro důvěrná jednání nebo jiné činnosti vyžadující vysokou ochranu před hlukem	≥ 52	≤ 58	≥ 50

4.4 Posouzení stávajících konstrukcí - zvuková izolace

Výpočty vážené stavební neprůzvučnosti skladeb stěn a vážené stavební normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku stropu budou provedeny v programu NEPrůzvučnost 2010 [21]. Výsledky budou poté porovnány s normou požadovanými hodnotami.

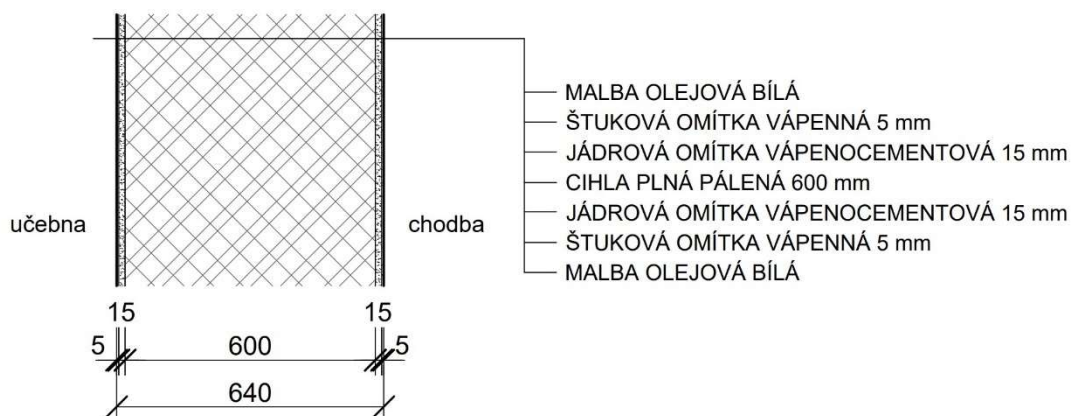
Vážená stavební neprůzvučnost R'_w [dB] musí být vyšší, nebo rovna, normou požadované hodnotě $R'_{w,N}$ [dB], podle následujícího vztahu:

$$R'_w \geq R'_{w,N} \quad (19)$$

Vážená stavební normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$ [dB] musí být nižší, nebo rovna, normou požadované hodnotě $L'_{n,w,N}$ [dB], podle následujícího vztahu:

$$L'_{n,w} \leq L'_{n,w,N} \quad (20)$$

4.4.1 Posouzení zděné stěny mezi učebnou a chodbou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti



Obr. 26 – Řez skladby zděné stěny mezi učebnami a chodbou

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 7):

- Korekce k_I : 3,0 dB
- Vážená neprůzvučnost (laboratorní) R_w : 62,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C : -2,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C_T : -6,0 dB
- Předpokládaná vážená stavební neprůzvučnost R'_w : 59,0 dB
(po dosazení do (15) $R'_w = 62 - 3 = 59 \text{ dB}$)

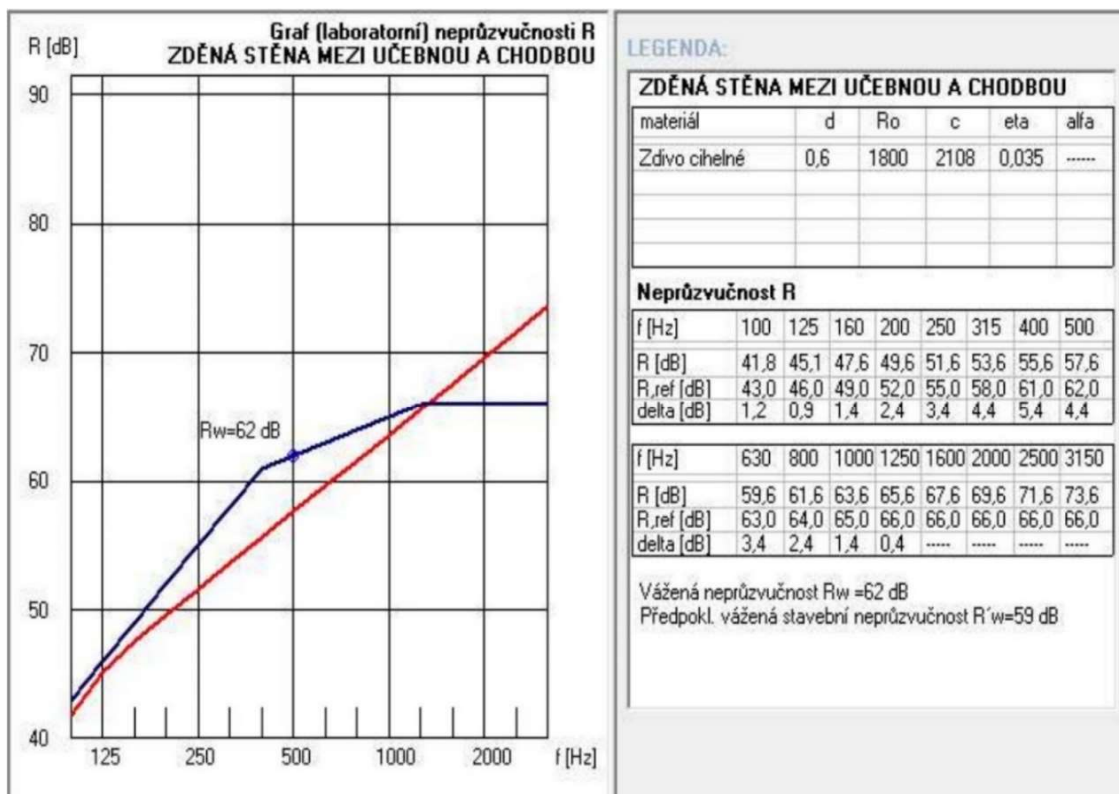
Požadované hodnoty:

- Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w,N}$ (dle TAB. 2): min. 47,0 dB

Posouzení:

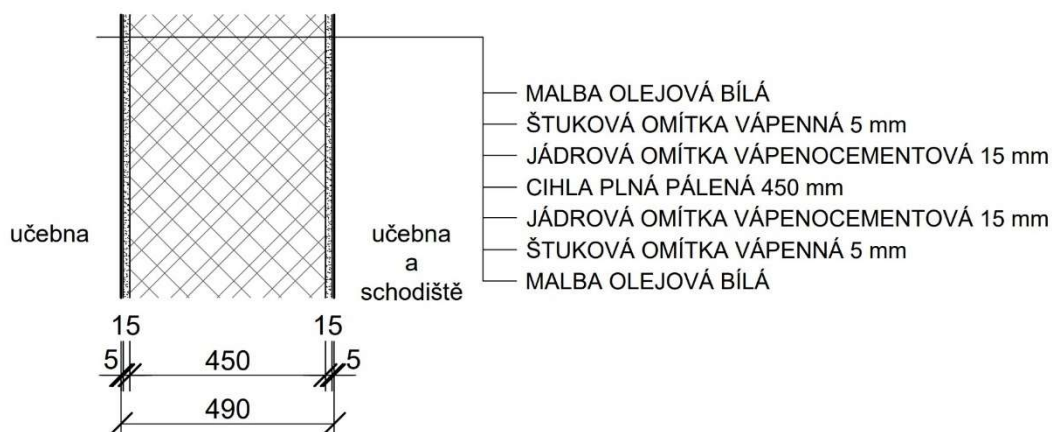
- $R'_w = 59,0 \text{ dB} \geq R'_{w,N} = 47,0 \text{ dB}$

VYHOVUJE



Obr. 27 – Grafický výstup z programu NEPrůzvučnost 2010 pro danou skladbu [21]

4.4.2 Posouzení zděné stěny mezi učebnami, mezi učebnami a schodištěm z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti



Obr. 28 – Řez skladby zděné stěny mezi učebnami, mezi učebnami a schodištěm

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 8):

- Korekce k_I : 3,0 dB
- Vážená neprůzvučnost (laboratorní) R_w : 59,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C : -2,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C_w : -6,0 dB
- Předpokládaná vážená stavební neprůzvučnost R'_w : 56,0 dB
(po dosazení do (15) $R'_w = 59 - 3 = 56 \text{ dB}$)

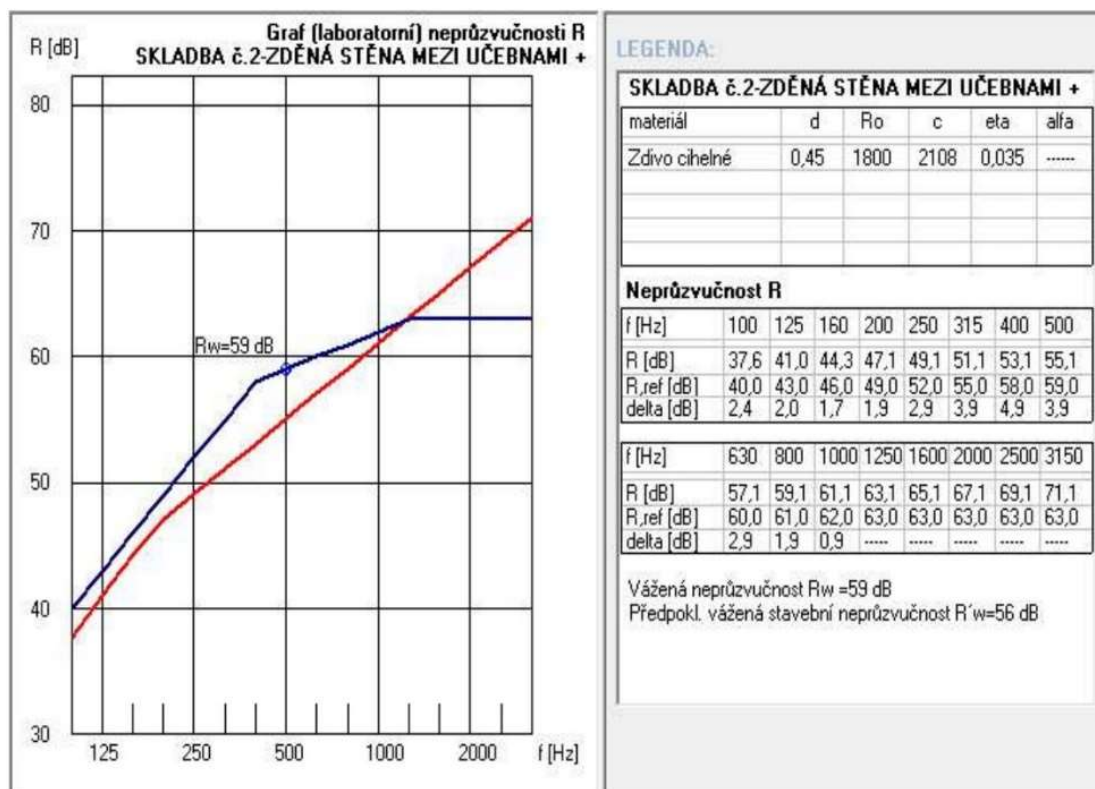
Požadované hodnoty:

- Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w,N}$ (dle TAB. 2): min. 47,0 dB

Posouzení:

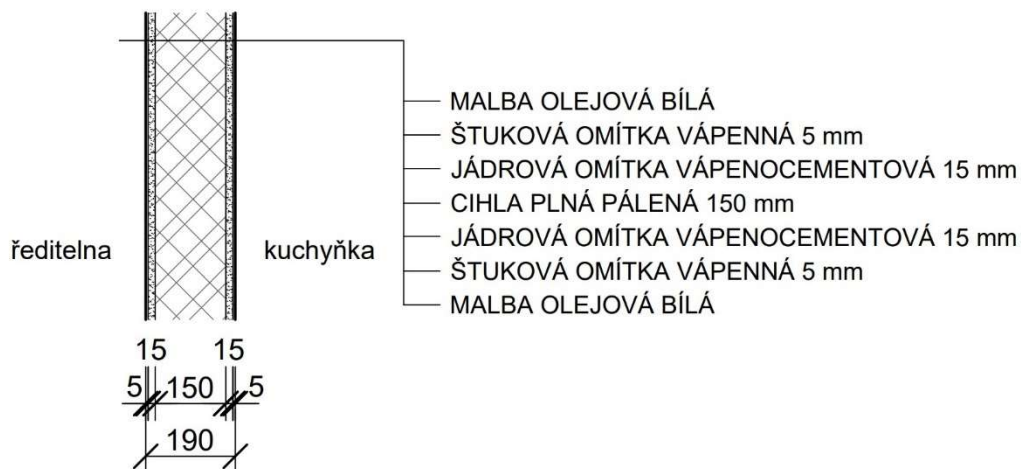
- $R'_w = 56,0 \text{ dB} \geq R'_{w,N} = 47,0 \text{ dB}$

VYHOVUJE



Obr. 29 – Grafický výstup z programu NEPrůzvučnost 2010 pro danou skladbu [21]

4.4.3 Posouzení zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti



Obr. 30 – Řez skladby zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 9):

- Korekce k_I : 3,0 dB
- Vážená neprůzvučnost (laboratorní) R_w : 49,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C : -1,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C_{tr} : -5,0 dB
- Předpokládaná vážená stavební neprůzvučnost R'_w : 46,0 dB
(po dosazení do (15) $R'_w = 49 - 3 = 46 \text{ dB}$)

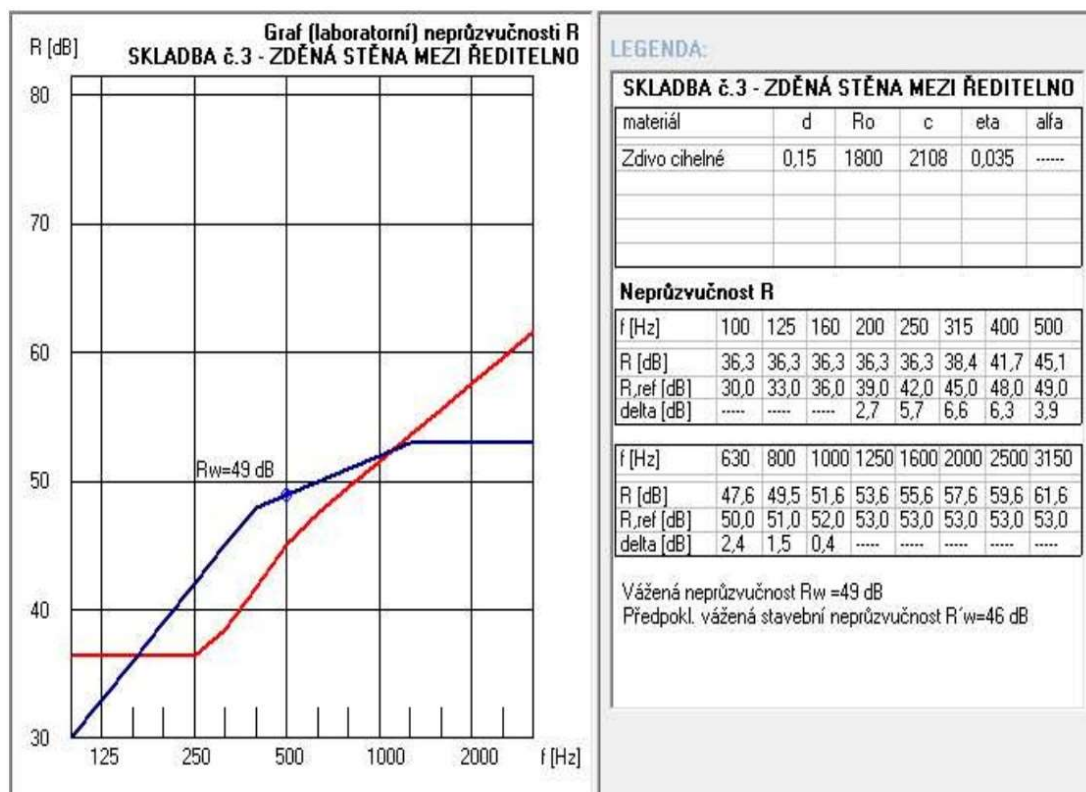
Požadované hodnoty:

- Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w,N}$ (dle TAB. 2): min. 50,0 dB

Posouzení:

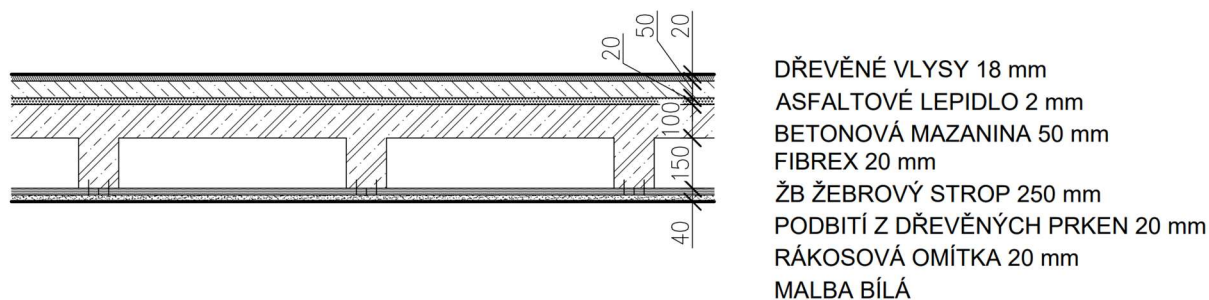
- $R'_w = 46,0 \text{ dB} \not\geq R'_{w,N} = 50,0 \text{ dB}$

NEVYHOVUJE



Obr. 31 – Grafický výstup z programu NEPrůzvučnost 2010 pro danou skladbu [21]

4.4.4 Posouzení stropu mezi učebnami z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti



Obr. 32 – Řez skladby zděné stěny mezi učebnami, mezi učebnami a schodištěm

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 10):

- Korekce k_I : 3,0 dB
- Vážená neprůzvučnost (laboratorní) R_w : 58,0 dB
- Předpokládaná vážená stavební neprůzvučnost R'_w : 55,0 dB
(po dosazení do (15) $R'_w = 58 - 3 = 55 \text{ dB}$)

Požadované hodnoty:

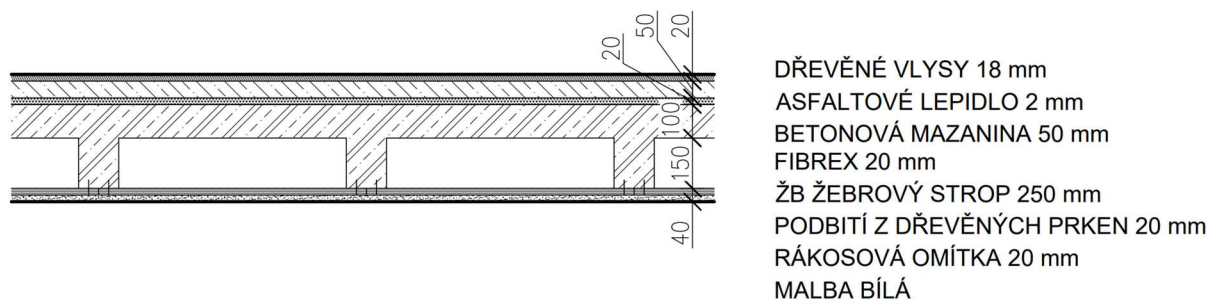
- Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w,N}$ (dle TAB. 2): min. 53,0 dB

Posouzení:

- $R'_w = 55,0 \text{ dB} \geq R'_{w,N} = 53,0 \text{ dB}$

VYHOVUJE

4.4.5 Posouzení stropu mezi učebnami z hlediska vážené stavební normované hladiny kročejového zvuku



Obr. 33 – Řez skladbou stropu mezi učebnami

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 11):

- Korekce k_2 : 2,0 dB
- Vážená normovaná hladina kročejového zvuku $L_{n,w}$: 39,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C_T : 2,0 dB
- Předpokládaná vážená stavební normovaná hladina kročejového zvuku $L'_{n,w}$: 41,0 dB
 (po dosazení do (17) $L'_{n,w} = 39 + 2 = 41 \text{ dB}$)

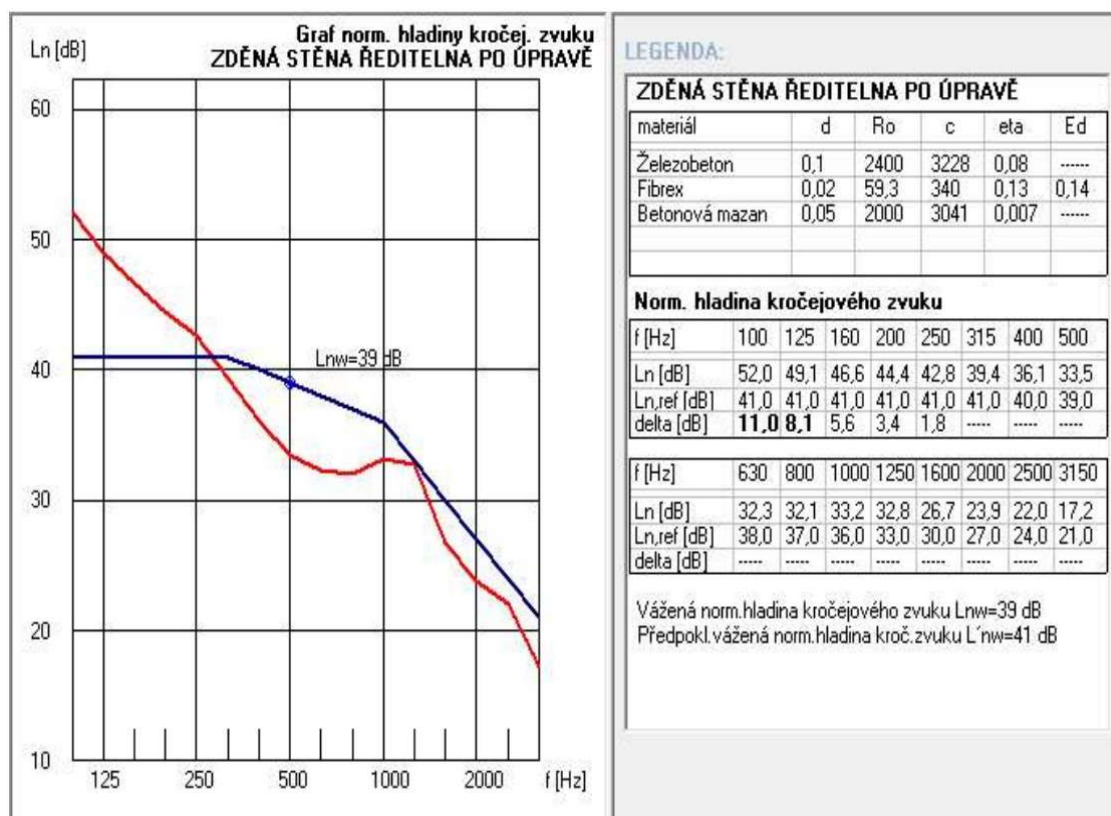
Požadované hodnoty:

- Vážená stavební normovaná hladina kročejového zvuku $L'_{n,w,N}$ (dle TAB. 2): max. 55,0 dB

Posouzení:

- $L'_{n,w} = 41,0 \text{ dB} \leq L'_{n,w,N} = 55,0 \text{ dB}$

VYHOVUJE



Obr. 34 – Grafický výstup z programu NEPrůzvučnost 2010 pro danou skladbu [21]

4.4.6 Komentář k výsledkům

Dle programem vypočtených hodnot a v porovnání s normou požadovanými hodnotami lze konstatovat, že konstrukce z hlediska zvukové izolace vyhovují, vyjma konstrukce zděné stěny, která odděluje ředitelnu a kuchyňku. Je nutné navrhnout opatření, které vylepší zvukově izolační vlastnosti stěny tak, aby bylo dosaženo normou požadovaných hodnot.

4.4.7 Návrh opatření

Vzhledem k nevyhovujícím vlastnostem zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou je nutné navrhnout úpravu, která by tyto vlastnosti vylepšila. Úpravu budeme navrhovat ve formě lehké sádkartonové předstěny. Tato varianta zlepšení zvukově izolačních vlastností zděné stěny byla vybrána s ohledem na co nejmenší zatížení stropní konstrukce, jelikož pod stěnou není žádná podpůrná konstrukce, vyjma vlastní konstrukce stropu. Pokud by bylo možno strop dodatečně zatížit, mohli bychom zvolit variantu přizdění např. z plných pálených cihel.

Předstěna bude umístěna pouze z jedné strany stěny, a to směrem do prostoru ředitelny, z důvodu umístění stávající kuchyňské linky v prostoru kuchyňky. Konstrukce sádkartonové předstěny bude sestávat z nosné kostry z profilů z pozinkovaného ocelového plechu tloušťky 0,6 mm (kombinace R-UD a R-CD profilů), kotvených do stávající zděné stěny (pomocí stavěcích třmenů), opláštění ze sádkartonových desek o tloušťce 12,5 mm a výplně mezery minerální vatou (např. ISOVER Piano). Montáž by měla respektovat tyto montážní kroky:

- 1. krok: Příprava
- 2. krok: Montáž R-UD profilů
- 3. krok: Podlepení stavěcích třmenů
- 4. krok: Kotvení stavěcích třmenů
- 5. krok: Montáž svislých R-CD profilů
- 6. krok: Vložení minerální izolace
- 7. krok: Opláštění sádkartonovými deskami
- 8. krok: Tmelení sádkartonu a dokončení



Obr. 35 – Řez skladbou zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou s navrženou předstěnou

4.4.8 Posouzení zděné stěny s akustickou předstěnou mezi ředitelnou a kuchyňkou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti

Navrženou skladbu zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou s předstěnou můžeme vidět na obr. 35. Výpočty byly opět provedeny v programu NEPrůzvučnost 2010 [21].

Programem vypočtené hodnoty (podrobný výpočet v Příloze č. 12):

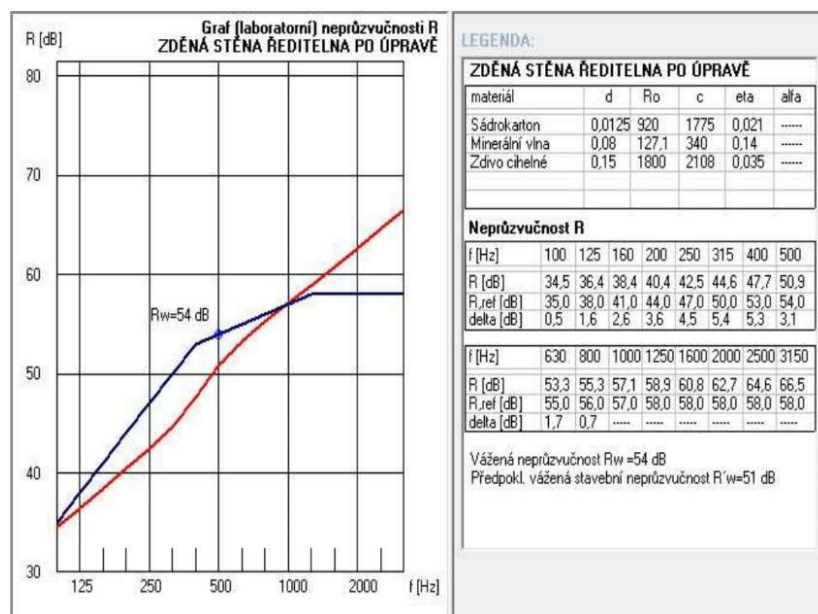
- Korekce k_1 : 3,0 dB
- Vážená neprůzvučnost (laboratorní) R_w : 54,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C : -2,0 dB
- Faktor přizpůsobení spektru C_w : -6,0 dB
- Předpokládaná vážená stavební neprůzvučnost R'_w : 51,0 dB
(po dosazení do (15) $R'_w = 54 - 3 = 51 \text{ dB}$)

Požadované hodnoty:

- Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w,N}$ (dle TAB. 2): min. 50,0 dB

Posouzení:

$R'_w = 51,0 \text{ dB} \geq R'_{w,N} = 50,0 \text{ dB}$ **VYHOVUJE**



Obr. 36 – Grafický výstup z programu NEPrůzvučnost 2010 pro danou skladbu [21]

Z výše uvedených informací vyplývá, že navržená skladba vyhovuje z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti. Předstěna zajistila zlepšení zvukově izolačních vlastností stěny a výsledná vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w,N}$ byla zvětšena o 4 dB.

4.5 Posouzení prostoru tělocvičny – doba dozvuku

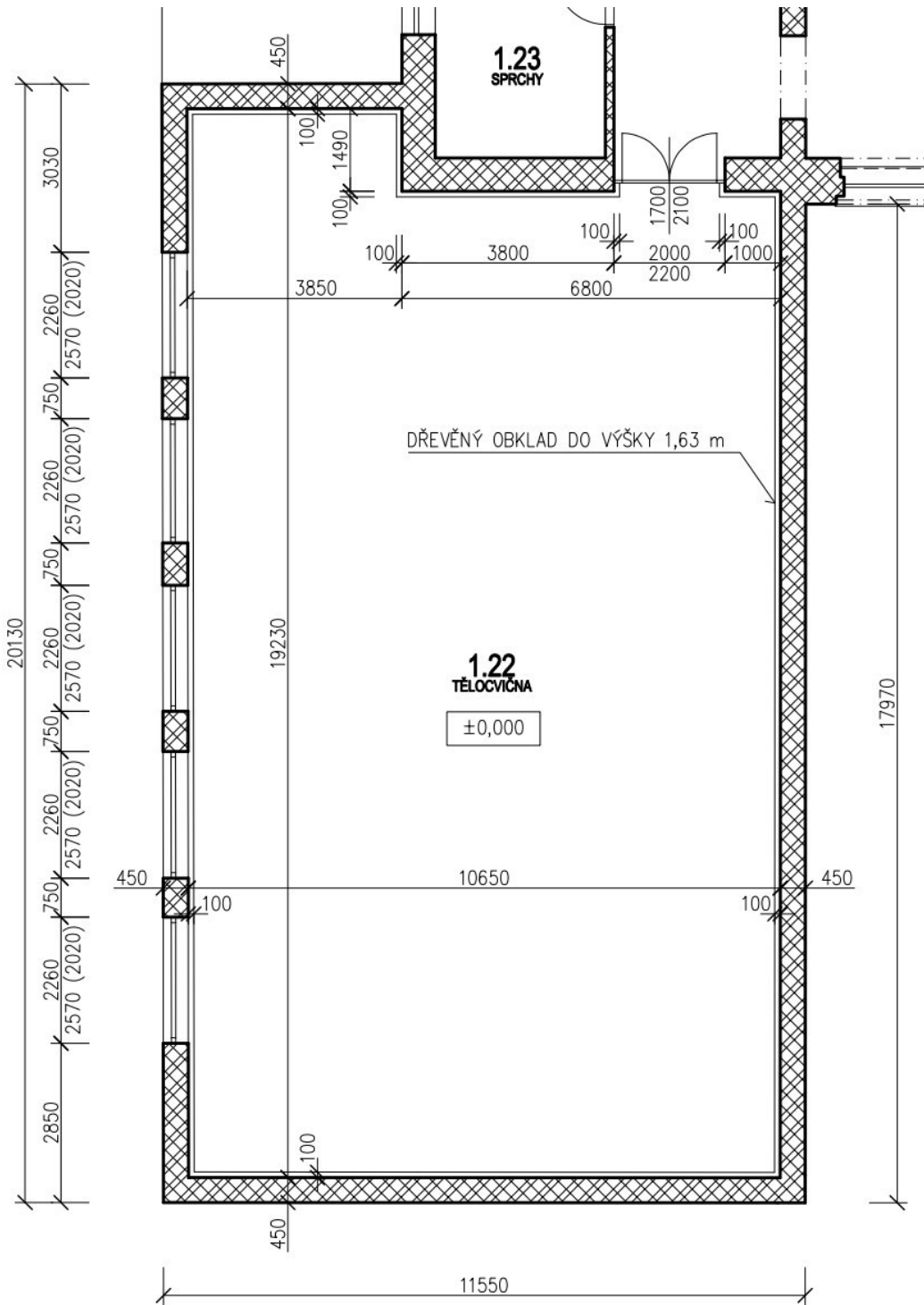
Dobu dozvuku budeme výpočtem stanovovat pouze v prostoru tělocvičny.



Obr. 37 – Fotografie interiéru tělocvičny (pohled směrem od vstupních dveří)



Obr. 38 – Fotografie interiéru tělocvičny (pohled směrem na vstupní dveře)



Obr. 39 – Výřez půdorysu 1. NP v místě tělocvičny

4.5.1 Charakteristika stávajícího stavu tělocvičny

Tělocvična má nejdelsí půdorysné rozměry 19,23 m x 20,65 m, světlá výška je 5,02 m, přesné rozměry viz. obrázek výše. Dobu dozvuku v tělocvičnách stanovujeme pro neobsazený stav a to dle normy ČSN 73 0527 [13]. V tělocvičně jsou pro povrchy použity různé materiály, povrch podhledu je z desek na bázi dřeva, odhalené stěny jsou z omítnutého zdiva, obklad stěn do výšky 1,63 m je ze dřevěných palubek, okna jsou plastová s izolačním dvojsklem a povrch podlahy tvoří dřevěné vlysy. Jednotlivé povrchy jsou vypsány v následujících tabulkách 3a a 3b, kde je uvedena jejich plocha a činitel zvukové pohltivosti materiálu pro příslušnou hodnotu frekvence. Činitele zvukové pohltivosti byly zjištěny, pro jednotlivé materiály, ze zdrojů:

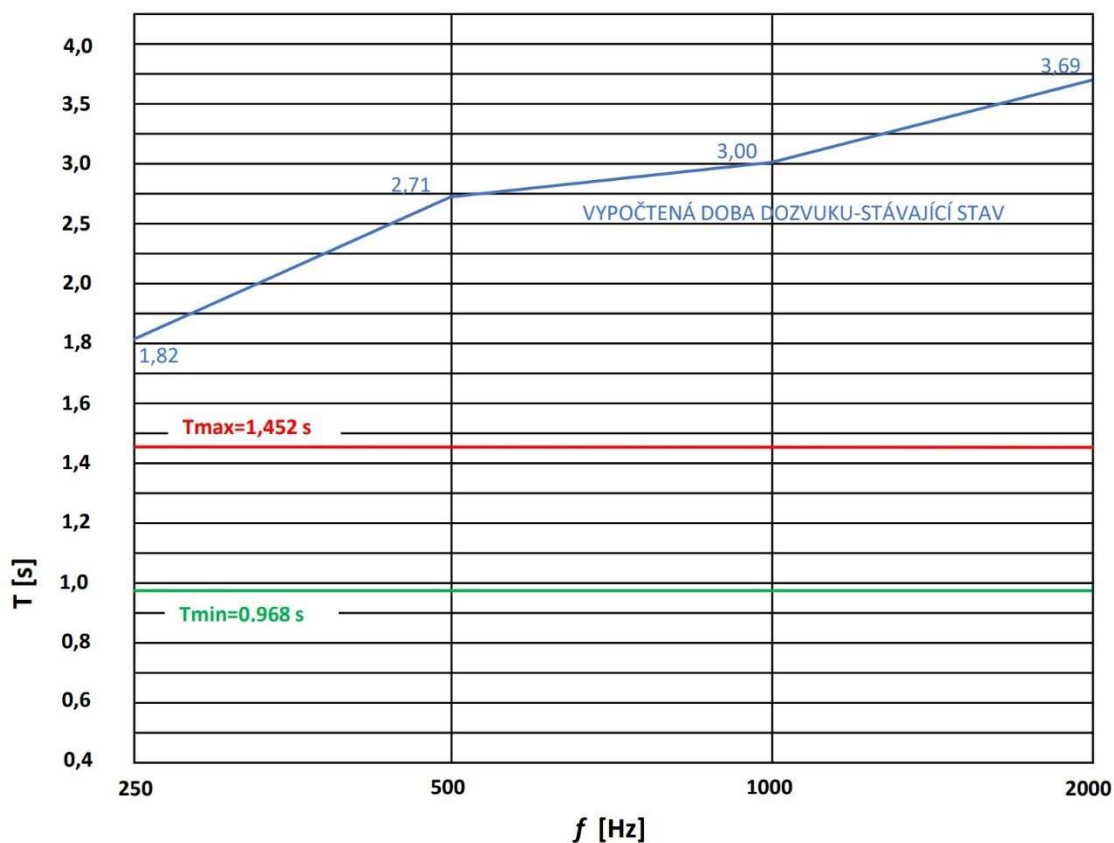
- Zdivo s omítkou - [22]
- Dřevěný obklad - [23]
- Okna PVC - [24]
- Dveře dřevěné - [23]
- Podlaha-dřevěné vlysy - [23]
- Podhled-dřevotřískové desky s malbou - [23]

TAB. 3a – Doba dozvuku tělocvičny dle Eyringa – část a) s kmitočty 125 Hz, 250 Hz a 500 Hz

POVRCH	PLOCHA S [m ²]	FREKVENCE [Hz]					
		125		250		500	
		α	$S \cdot \alpha$	α	$S \cdot \alpha$	α	$S \cdot \alpha$
Zdivo s omítkou	173,55	0,02	3,471	0,02	3,471	0,02	3,471
Dřevěný obklad	93,17	0,10	9,131	0,11	10,249	0,10	9,317
Okna PVC	29,04	0,30	8,712	0,20	5,808	0,15	4,356
Dveře dřevěné	3,96	0,10	0,396	0,11	0,436	0,10	0,396
Podlaha-dřevěné vlysy	194,67	0,15	29,200	0,11	21,413	0,10	19,467
Podhled-dřevotříska	194,67	0,42	81,761	0,21	40,880	0,10	19,467
PLOCHA CELKEM ΣS [m ²]	689,05	$A = \Sigma S \cdot \alpha$	132,671	$A = \Sigma S \cdot \alpha$	82,257	$A = \Sigma S \cdot \alpha$	56,474
OBJEM V [m ³]	979,18	$\alpha_m = A / \Sigma S$	0,1925	$\alpha_m = A / \Sigma S$	0,1194	$\alpha_m = A / \Sigma S$	0,0820
DOBA DOZVUKU T [s]		1,08		1,82		2,71	

TAB. 3b – Doba dozvuku tělocvičny dle Eyringa – část b) s kmitočty 1000 Hz, 2000 Hz a 4000 Hz

POVRCH	PLOCHA S [m ²]	FREKVENCE [Hz]					
		1000		2000		4000	
		α	$S \cdot \alpha$	α	$S \cdot \alpha$	α	$S \cdot \alpha$
Zdivo s omítkou	173,55	0,03	5,206	0,04	6,942	0,04	6,942
Dřevěný obklad	93,17	0,08	7,547	0,08	7,640	0,11	10,249
Okna PVC	29,04	0,10	2,904	0,06	1,742	0,04	1,162
Dveře dřevěné	3,96	0,12	0,475	0,07	0,277	0,04	0,158
Podlaha-dřevěné vlysy	194,67	0,10	19,467	0,07	13,627	0,06	11,680
Podhled-dřevotříska	194,67	0,08	15,573	0,06	11,680	0,06	11,680
PLOCHA CELKEM ΣS [m ²]	689,05	$A = \Sigma S \cdot \alpha$	51,173	$A = \Sigma S \cdot \alpha$	41,908	$A = \Sigma S \cdot \alpha$	41,871
OBJEM V [m ³]	979,18	$\alpha_m = A / \Sigma S$	0,0743	$\alpha_m = A / \Sigma S$	0,0608	$\alpha_m = A / \Sigma S$	0,0608
DOBA DOZVUKU T [s]		3,00		3,69		3,69	



Obr. 40 – Vypočtené hodnoty doby dozvuku v závislosti na kmitočtu včetně zakresleného přípustného rozmezí doby dozvuku

4.5.2 Komentář k výsledkům

Dle obrázku výše (Obr. 40) můžeme zcela jasně konstatovat, že stávající stav tělocvičny nevyhovuje normovým požadavkům na dobu dozvuku. Doba dozvuku je nevyhovující pro všechny frekvence. Je nutné přistoupit k vhodným opatřením, která by dobu dozvuku snížila do přípustného rozmezí.

4.5.3 Návrh akustických úprav

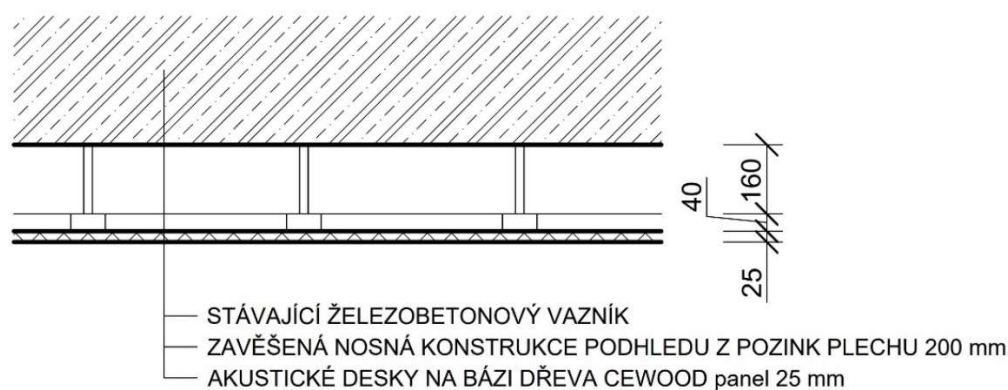
Na základě průzkumu trhu v oblasti akustických prvků, které jsou vhodné pro aplikaci v tělocvičnách a vylepšují hodnotu doby dozvuku (zvýšení činitele zvukové pohltivosti podhledu), bylo vybráno řešení výměny stávajícího podhledu za podhled s akustickými deskami na bázi dřeva CEWOOD. Konkrétně se jedná o deskové prvky CEWOOD panel o tloušťce 25 mm, který bude s mezerou 200 mm zavěšen na stávající stropní železobetonové vazníky pomocí ocelových rektifikovatelných závěsů držící nosnou konstrukci podhledu z profilů z pozinkovaného plechu.

Při zhotovení této úpravy by se měly respektovat tyto kroky montáže:

- 1. krok: Příprava
- 2. krok: Demontáž stávajícího podhledu
- 3. krok: Osazení ocelových závěsů
- 4. krok: Ukotvení nosných profilů
- 5. krok: Opláštění nosného rastru akustickými deskami



Obr. 41 – Řez skladbou stávajícího podhledu v tělocvičně



Obr. 42 – Řez skladbou navrženého podhledu v tělocvičně – akustická úprava

Akustické desky na bázi dřeva CEWOOD nepotřebují žádnou dodatečnou povrchovou úpravu, jsou odolné vůči mechanickému namáhání, hodí se tedy pro aplikace do tělocvičen. Byla zvolena varianta tloušťky desky 25 mm s odsazením 200 mm od nosné konstrukce stropu a bez použití akustické izolace. Činitel zvukové pohltivosti této varianty je pro oktávová pásma 125 Hz = 0,25 ; pro 250 Hz = 0,50 ; pro 500 Hz = 0,55 ; pro 1000 Hz = 0,50 ; pro 2000 Hz = 0,60 ; pro 4000 Hz = 0,65 , dle technického listu výrobce.

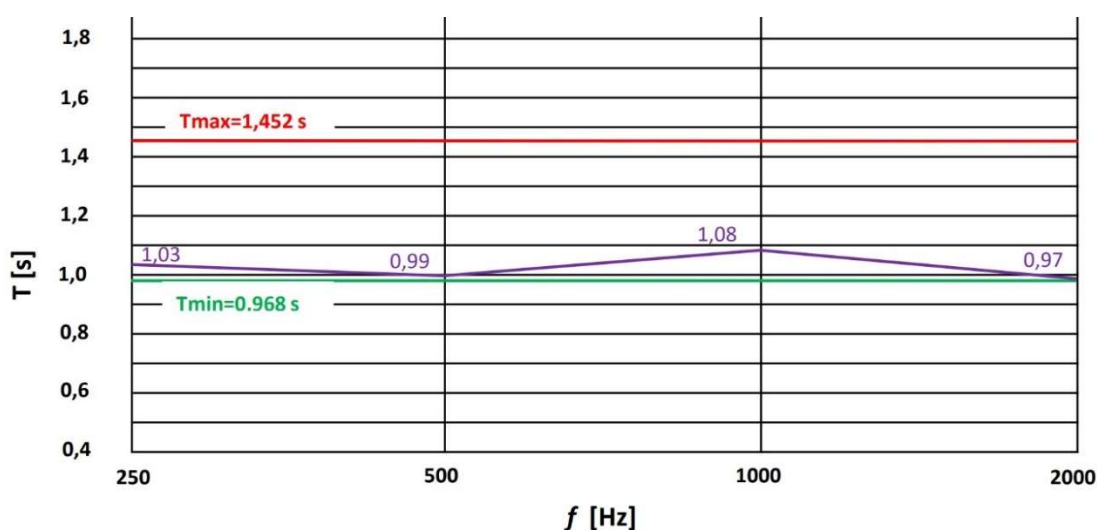
Po provedení úprav byla znovu vypočtena doba dozvuku viz. následující tabulky a porovnání vypočtené doby dozvuku s přípustným rozmezím doby dozvuku.

TAB. 4a – Doba dozvuku tělocvičny dle Eyringa – část a) s kmitočty 125 Hz, 250 Hz a 500 Hz PO ÚPRAVĚ

POVRCH	PLOCHA S [m ²]	FREKVENCE [Hz]					
		125		250		500	
		α	S· α	α	S· α	α	S· α
Zdivo s omítkou	173,55	0,02	3,471	0,02	3,471	0,02	3,471
Dřevěný obklad	93,17	0,10	9,131	0,11	10,249	0,10	9,317
Okna PVC	29,04	0,30	8,712	0,20	5,808	0,15	4,356
Dveře dřevěné	3,96	0,10	0,396	0,11	0,436	0,10	0,396
Podlaha-dřevěné vlysy	194,67	0,15	29,200	0,11	21,413	0,10	19,467
Podhled-CEWOOD	194,67	0,25	48,667	0,50	97,334	0,55	107,067
PLOCHA CELKEM ΣS [m ²]	689,05	$A=\Sigma S \cdot \alpha$	99,577	$A=\Sigma S \cdot \alpha$	138,711	$A=\Sigma S \cdot \alpha$	144,074
OBJEM V [m ³]	979,18	$\alpha_m=A/\Sigma S$	0,1445	$\alpha_m=A/\Sigma S$	0,2013	$\alpha_m=A/\Sigma S$	0,2091
DOBA DOZVUKU T [s]		1,48		1,03		0,99	

TAB. 4b – Doba dozvuku tělocvičny dle Eyringa – část b) s kmitočty 1000 Hz, 2000 Hz a 4000 Hz PO ÚPRAVĚ

POVRCH	PLOCHA S [m ²]	FREKVENCE [Hz]					
		1000		2000		4000	
		α	S· α	α	S· α	α	S· α
Zdivo s omítkou	173,55	0,03	5,206	0,04	6,942	0,04	6,942
Dřevěný obklad	93,17	0,08	7,547	0,08	7,640	0,11	10,249
Okna PVC	29,04	0,10	2,904	0,06	1,742	0,04	1,162
Dveře dřevěné	3,96	0,12	0,475	0,07	0,277	0,04	0,158
Podlaha-dřevěné vlysy	194,67	0,10	19,467	0,07	13,627	0,06	11,680
Podhled-CEWOOD	194,67	0,50	97,334	0,60	116,801	0,65	126,534
PLOCHA CELKEM ΣS [m ²]	689,05	$A=\Sigma S \cdot \alpha$	132,933	$A=\Sigma S \cdot \alpha$	147,029	$A=\Sigma S \cdot \alpha$	156,725
OBJEM V [m ³]	979,18	$\alpha_m=A/\Sigma S$	0,1929	$\alpha_m=A/\Sigma S$	0,2134	$\alpha_m=A/\Sigma S$	0,2274
DOBA DOZVUKU T [s]		1,08		0,97		0,90	



Obr. 43 – Vypočtené hodnoty doby dozvuku pro navrženou úpravu včetně zakresleného přípustného rozmezí doby dozvuku

Ze závislosti výše (viz. obr. 43) je zřejmé, že navržená úprava **VYHOVUJE** požadavkům.

Provedená úprava počítá s odstraněním stávajícího podhledu, to ale není zcela nutné, pokud by nám bylo umožněno ve větší míře snížit světlou výšku místnosti, mohl by se původní podhled ponechat a na ten by se nově navržený podhled zavěsil. Při zvolení této varianty je nezbytné staticky posoudit stávající závěsy podhledu, jelikož po zavěšení nového podhledu dojde ke zvýšení zatížení. Další možnou variantou by vzhledem k výsledkům (viz. obr. 43) mohlo být zhotovení podhledu pouze v určitých sekcích a ne celoplošně. Požadavek vedení školy však byl, pokud možno eliminovat zmenšení světlé výšky, proto se zvolila varianta odstranění stávajícího podhledu a nahrazení podhledem novým v celé ploše.

5. Stavební světelná technika

5.1 Denní osvětlení

5.1.1 Úvod do problematiky denního osvětlení

Denní osvětlení je řazeno do technického oboru stavební světelné techniky, který je součástí stavební fyziky. Stavební fyzika sestává ze tří rovnocenných částí: stavební akustika, stavební světelná technika a stavební tepelná technika. Světlo je velice důležitou součástí prostředí, ve kterém se člověk každodenně ocitá. Významně ovlivňuje mnoho lidských činností, od práce až po odpočinek. Urbanistickým řešením území, proporcemi vnitřků budov, velikostí a umístěním osvětlovacích otvorů je možné ovlivnit přístup denního světla a v potřebné míře i slunečního záření do interiéru budov. Denní osvětlení lze chápat jako kombinaci přímých slunečních paprsků a světla, které je rozptýleno v atmosféře. Při hodnocení denního osvětlení uvažujeme (na rozdíl od proslunění a oslunění) s rovnoměrně zataženou oblohou v zimě. Neuvažujeme s dopadem přímých slunečních paprsků, ale pouze s rozptýleným světlem v rámci atmosféry. [25]

Úroveň a kvalita denního osvětlení ve školách vážně ovlivňují pracovní výkon žáků, únavu jejich zrakového orgánu i únavu jako takovou. Významnou roli hraje vyhovující denní osvětlení pro mladší věkové skupiny a pro děti předškolního věku, jimž se zrak stále vyvíjí a dokáže do budoucna ovlivnit pohybový a mentální rozvoj. Denní osvětlení vnitřních prostor škol se navrhuje s ohledem na všechny uživatele (žáky, učitele a ostatní pracovníky) tak, aby byly pro všechny zabezpečeny, při předpokládaných zrakových činnostech a způsobech využití vnitřních prostor, podmínky zrakové pohody. Srovnávací rovina se ve výukových prostorech škol uvažuje ve výšce 0,85 m nad podlahou, v denních místnostech předškolních zařízení ve výšce 0,45 m nad podlahou, ve vnitřních prostorech pro tělesnou výchovu v úrovni podlahy.

5.1.2 Definice vybraných pojmů

5.1.2.1 Činitel denní osvětlenosti

Kvantitativní úroveň denního osvětlení vyjadřuje činitel denní osvětlenosti, který značíme D [%]. Definujeme ho jako procentuální vyjádření podílu osvětlenosti v kontrolním bodě E [lx] a současné horizontální exteriérové (venkovní) osvětlenosti na nezastíněné rovině E_h [lx], přičemž hodnota osvětlenosti E_h [lx] závisí na průměrném jasu oblohy L_m [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$].

$$E_h = \pi \cdot L_m \text{ [lx]} \quad (21)$$

Činitel denní osvětlenosti se stanoví podle následujícího vztahu:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (22)$$

Stanovení činitele denní osvětlenosti je závislé na vhodném stavu oblohy (gradace jasu, osvětlenost) a měření pod umělou oblohou je poměrně drahé. Běžně používaný způsob zjištění činitele denní osvětlenosti je výpočet. Existují čistě početní metody a graficko-početní metody, přičemž graficko-početní metody se zejména v praxi využívají nejčastěji. Všechny metody jsou založeny na principu stanovení tří dílčích složek činitele denní osvětlenosti. [25]

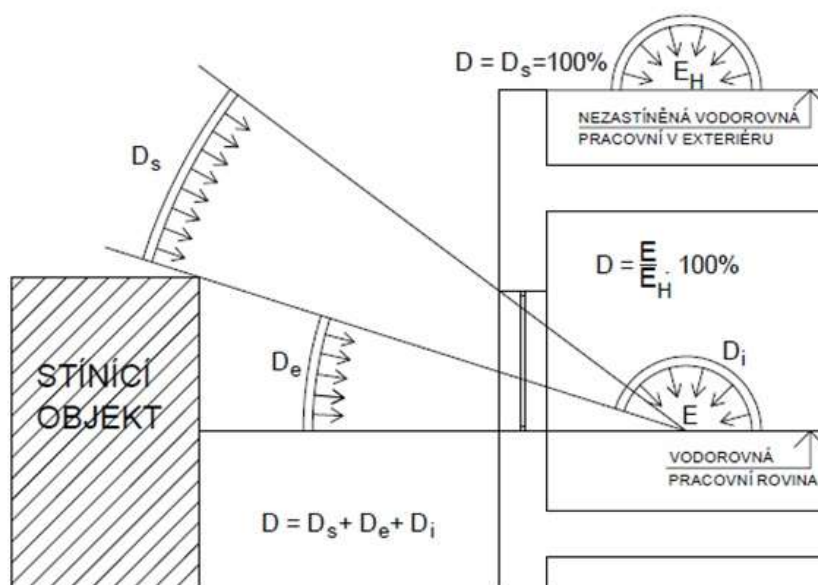
$$D = D_s + D_e + D_i \text{ [%]} \quad (23)$$

D činitel denní osvětlenosti [%]

D_s oblohová složka činitele denní osvětlenosti [%]

D_e vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti [%]

D_i vnitřní odraženou složku činitele denní osvětlenosti [%]



Obr. 44 – Složky činitele denní osvětlenosti [26]

5.1.2.2 Rovnoměrnost denního osvětlení

Přijatelné rozložení jasů v pohledovém poli je velice důležité pro zrakovou pohodu, k přijatelnému rozložení jasů přispívá rovnoměrnost denního osvětlení U [-]. Stanovujeme ji ve funkčně vymezeném prostoru v kontrolních bodech na srovnávací rovině. [25]

Hodnotu rovnoměrnosti denního osvětlení můžeme získat:

- a) pro boční osvětlovací systém jako poměr nejmenší D_{min} [%] a největší D_{max} [%] hodnoty činitele denní osvětlenosti, dle vztahu:

$$U = \frac{D_{min}}{D_{max}} [-] \quad (24)$$

- b) pro horní a kombinovaný osvětlovací systém jako poměr nejmenší D_{min} [%] a průměrné D_m [%] hodnoty činitele denní osvětlenosti, dle vztahu:

$$U = \frac{D_{min}}{D_m} [-] \quad (25)$$

- Boční osvětlovací systém

Jedná se o denní osvětlení osvětlovacími otvory v obvodové konstrukci budovy. Za boční osvětlení se považuje i osvětlení šikmými okny bočně umístěnými v obvodové konstrukci budovy, i když tato konstrukce tvoří součást střechy, pokud je zachováno odpovídající rozložení světelného toku (převažující směr osvětlení ze strany). [27]

- Horní osvětlovací systém

Je to denní osvětlení osvětlovacími otvory ve střešní konstrukci budovy. Za horní osvětlení se považuje i osvětlení okny ve svislé rovině obvodového pláště budovy, kde při vysokém parapetu oken převažuje směr osvětlení srovnávací roviny shora. [27]

- Kombinovaný osvětlovací systém

Ve vnitřním prostoru se kombinuje boční osvětlovací systém a horní osvětlovací systém, respektive boční denní osvětlení a horní denní osvětlení. [27]

V rámci řešeného objektu základní školy budeme aplikovat první ze vztahů (24), protože se v objektu setkáváme pouze s bočním osvětlovacím systémem.

5.1.2.3 Rozložení světelného toku

Převládající směr světla a rozložení světelného toku by měly odpovídat prováděné zrakové činnosti. V závislosti na povaze činnosti existuje nejvhodnější převažující směr osvětlení právě pro danou činnost. Ve většině případů se požaduje, aby převládající světelný tok byl zleva a shora, aby si člověk nestínil. Hlavní směr světla by neměl být ničím stíněn, a to jak různými zařízeními, tak samotným člověkem. V závislosti na pozorovaném předmětu vybíráme vhodný způsob osvětlení. Pro pozorování plošných detailů se doporučuje difúzní osvětlení (světlo rozptýlené v atmosféře), pro pozorování prostorových detailů se naopak doporučuje směrové osvětlení, které využívá stínovného efektu. [28]

5.1.2.4 Činitel znečištění

Představuje světelnou ztrátu vlivem znečištění osvětlovacího otvoru a to jak z interiéru, tak i z exteriéru. Činitel znečištění τ_z [-] sestává ze dvou složek, které ho tvoří, činitel vnitřního (interiérového) znečištění $\tau_{z,i}$ [-] a činitel vnějšího (exteriérového) znečištění $\tau_{z,e}$ [-]. Výslednou hodnotu činitele znečištění získáme pomocí vztahu:

$$\tau_z = \tau_{z,i} \cdot \tau_{z,e} \quad [-] \quad (26)$$

Činitel znečištění školních učeben pro vnitřní stranu $\tau_{z,i} = 0,95$ a pro vnější stranu $\tau_{z,e} = 0,90$. Celkový činitel znečištění dle vztahu (26) $\tau_z = 0,95 \cdot 0,90 = 0,855$.

Další činitele zohledňující světelnou ztrátu jsou:

- τ_s - činitel prostupu světla sklem nebo jiným světlo propustným materiálem, obvykle ho udává výrobce, nebo jej lze stanovit součinem hodnot $\tau_{s,nor}$
- τ_k - činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo, lze ho vypočítat dle vztahu: [25]

$$\tau_k = \frac{A_s}{A_c} \quad [-] \quad (27)$$

A_s plocha zasklení [m²]

A_c celková plocha okna [m²]

5.1.3 Požadavky na denní osvětlení ve školách

Legislativní požadavky na denní osvětlení ve školách předepisují:

- Zákon č. 258/2000 Sb. [29]
- Zákon č. 205/2020 Sb. [30] (mění Zákon č. 258/2000 Sb.)
- vyhláška č. 410/2005 Sb. [31]
- vyhláška č. 343/2009 Sb. [32] (mění vyhlášku č. 410/2005 Sb.)

Tato práce bude hodnotit denní osvětlení kmenových učeben podle původní normy ČSN 73 0580-3 [33] a podle platné normy ČSN EN 17037 [34].

Dle původně platné ČSN 73 0580-3 [33] jsou požadavky na denní osvětlení rozděleny dle úrovně zrakové obtížnosti, ta se dělí do 7 tříd zrakové činnosti. V běžných učebnách je rozhodujícím zrakovým úkolem čtení a psaní, tyto činnosti se uvažují v pracovním místě žáka (lavice), ale i na tabuli. Kmenové učebny řadí norma do IV. třídy zrakové činnosti (středně přesná zraková činnost – zejména čtení a psaní), kde je minimální činitel denní osvětlenosti $D_{min} \geq 1,5 \%$ a rovnoměrnost bočního denního osvětlení $U \geq 0,2$. Veškeré požadavky na kmenové učebny jsou shodné s požadavky na kabinety, pracovny vyučujících a kanceláře (v této práci se jedná o prostor ředitelny). Činitele denní osvětlenosti zjišťujeme v kontrolních bodech uvnitř místnosti, kontrolní body tvoří síť a jsou umístěny dle ČSN 73 0580-1 [27] ve vzdálenosti 1 m od svislých konstrukcí, dle ČSN EN 17037 [34] ve vzdálenosti 0,5 m od svislých konstrukcí. Činitel znečištění ve školních učebnách pro svislé osvětlovací otvory s úhlem zasklení 90° a malým znečištěním vzduchu je na vnitřní straně (interiér) $\tau_{z,i} = 0,95$, na vnější straně (exteriér) $\tau_{z,e} = 0,90$.

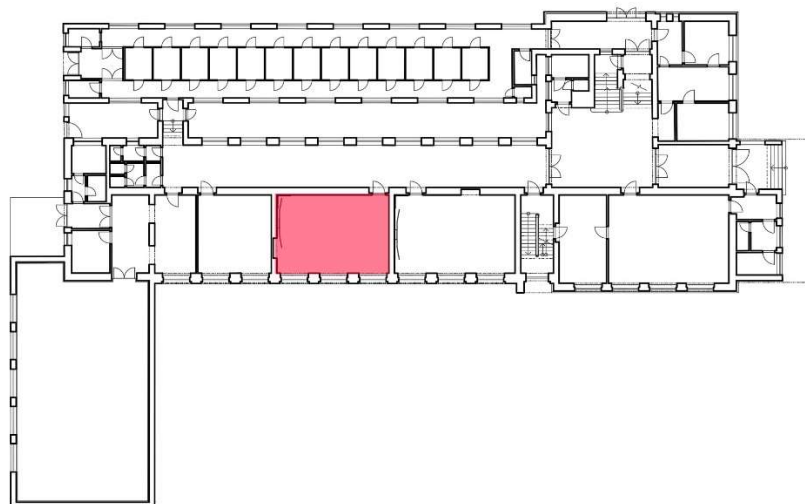
Aktuálně platná norma ČSN EN 17037 [34] neuvádí žádné konkrétní požadavky na denní osvětlení ve školách, budeme se tedy řídit požadavky obecnými požadavky, které stanovují splnění podmínky $D \geq 2,0 \%$ v 50 % plochy místnosti ($D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$) a $D \geq 0,7 \%$ v 95% plochy místnosti ($D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$).

5.1.4 Posuzované prostory z hlediska denního osvětlení

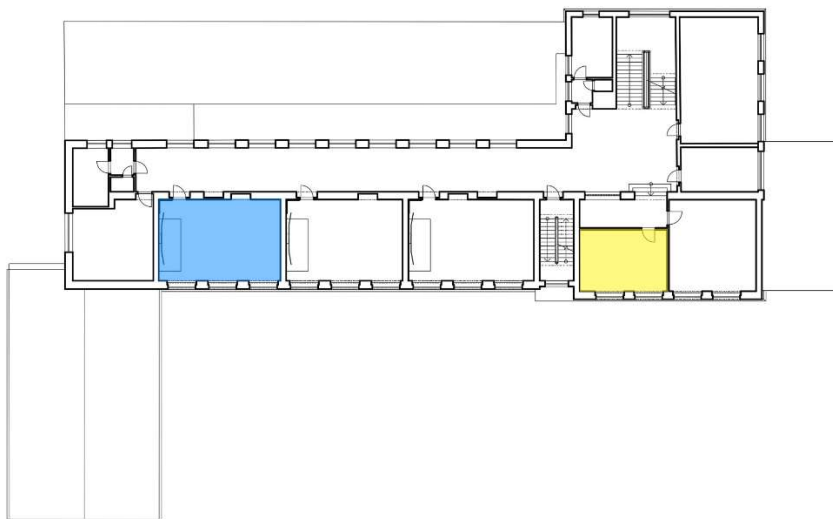
Z hlediska denního osvětlení je úkolem posoudit vybrané kmenové učebny a ředitelnu. Posuzovat budeme kmenovou učebnu 2. třídy (1. NP, v obr. 45 a 46 označeno červenou barvou), kmenovou učebnu 5. třídy (2. NP, v obr. 45 a 47 označeno modrou barvou), kmenovou učebnu 6. třídy (3. NP, v obr. 45 a 48 označeno zelenou barvou), kmenovou učebnu 9. třídy (3. NP, v obr. 45 a 48 označeno růžovou barvou) a ředitelnu (2. NP, v obr. 45 a 47 označeno žlutou barvou). Tyto místnosti byly vybrány po dohodě s vedoucím práce. Posouzení a výpočty budou provedeny v programu Světlo+ verze 2.5 [35]. Pro zřetelnější pozorování rozdílu mezi výsledným činitelem denní osvětlenosti D [%], vypočteným dle původně platné normy ČSN 73 0580-1 [35] a aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34], nebude provedeno zaokrouhlení na jedno desetinné místo, ale na dvě desetinná místa.



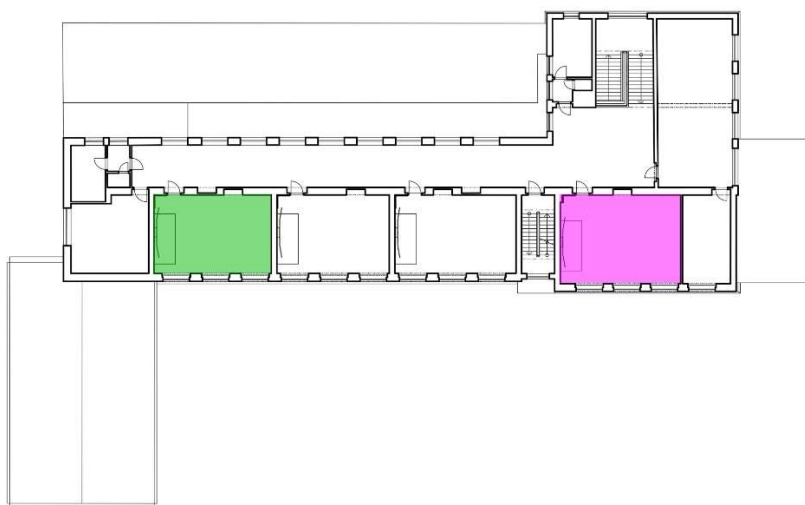
Obr. 45 – Severo-západní pohled na budovu ZŠ s vyznačenými okny místností, které budou posuzovány z hlediska denního osvětlení



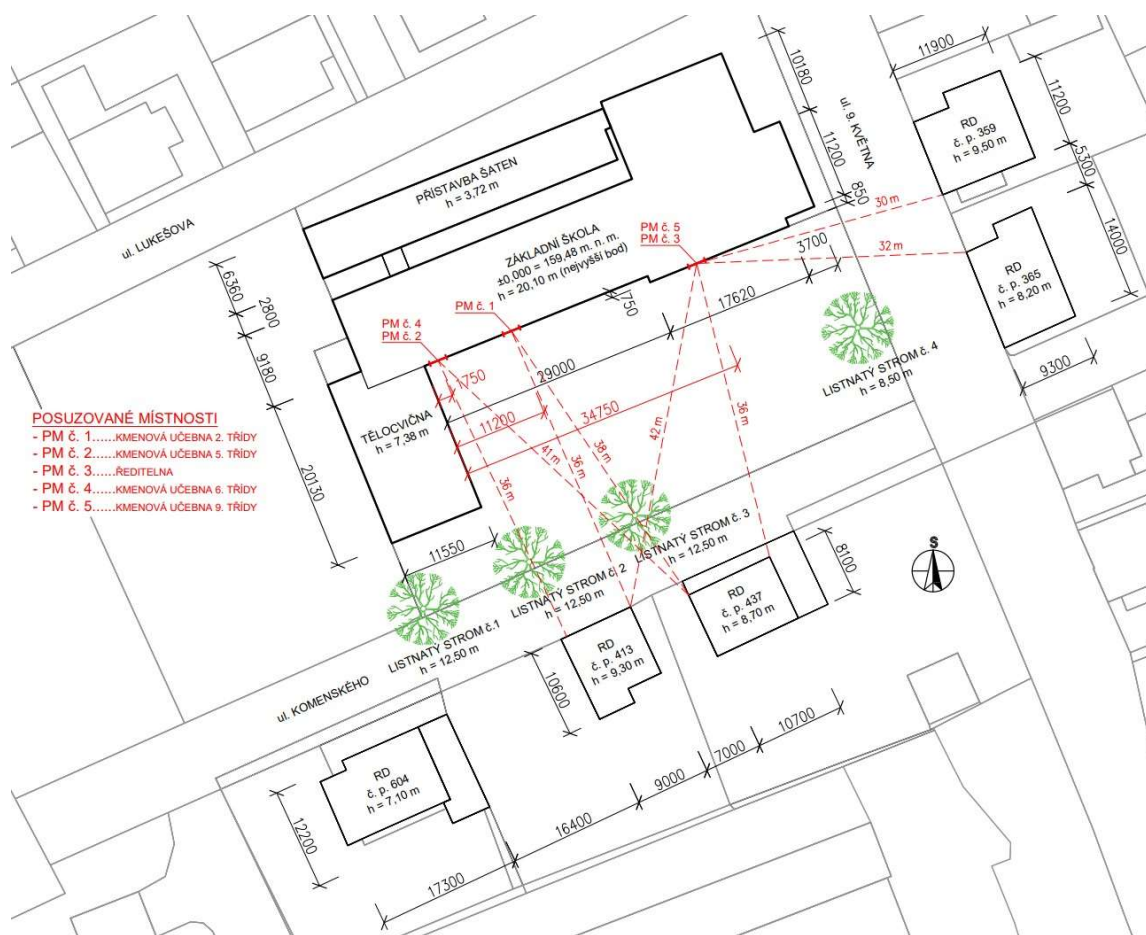
Obr. 46 – Půdorysné schéma 1. NP, kmenová učebna 2. třídy označena červenou barvou



Obr. 47 – Půdorysné schéma 2. NP, kmenová učebna 5. třídy označena modrou barvou a ředitelna žlutou barvou



Obr. 48 – Půdorysné schéma 3. NP, kmenová učebna 6. třídy označena zelenou barvou a kmenová učebna 9. třídy označena růžovou barvou



Obr. 49 – Výsek ze situace stínících objektů (viz. Výkres č. 6)



Obr. 50 – Situace s 3D modely z programu Světlo+ [35]

5.1.4.1 Kmenová učebna 2. třídy

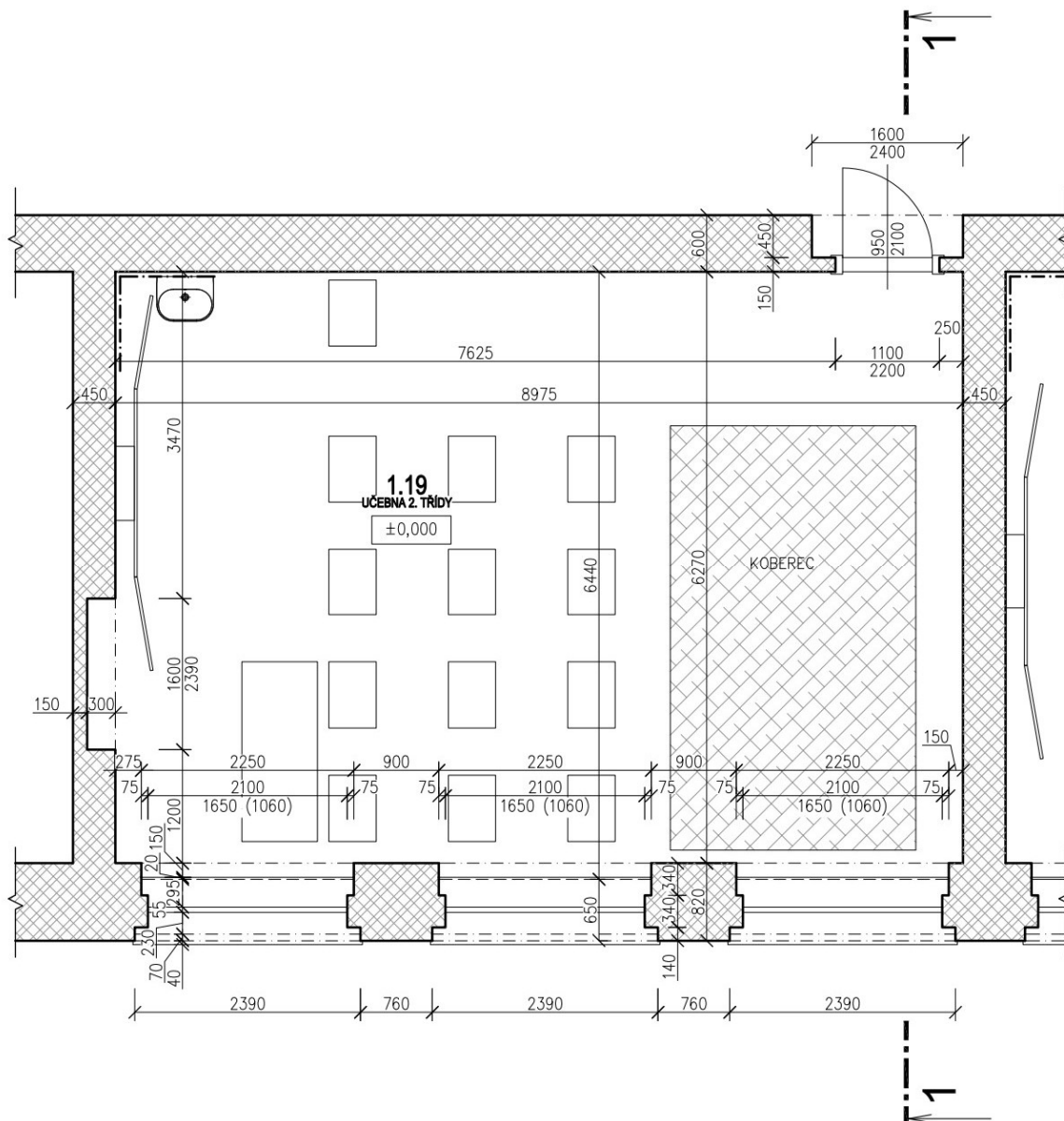
Prvním posuzovaným prostorem je kmenová učebna 2. třídy, která je alokována v 1. NP. Místnost je přístupna dřevěnými dveřmi, v obvodové stěně jsou tři okenní otvory, osazené dřevěnými okny s izolačním dvojsklem.



Obr. 51 – Fotografie kmenové učebny 2. třídy (pohled směrem od vstupních dveří)

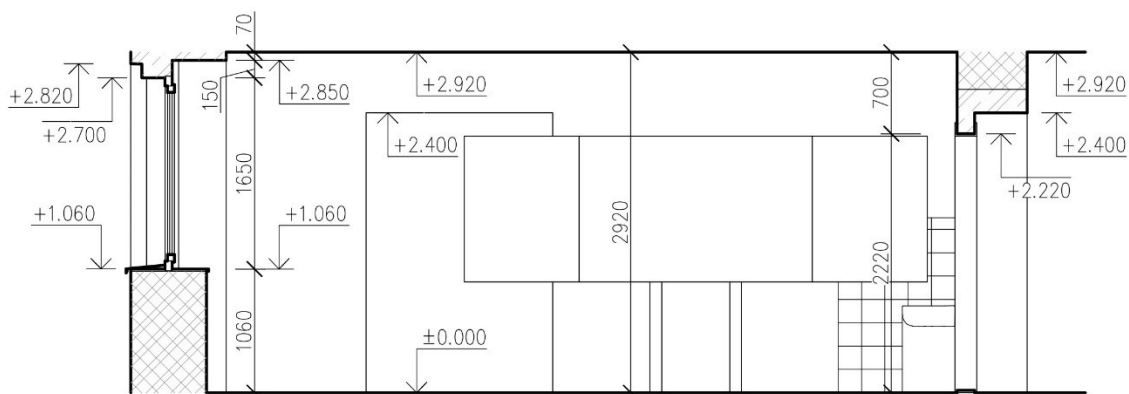


Obr. 52 – Fotografie kmenové učebny 2. třídy (pohled směrem na okna)



Obr. 53 – Půdorys kmenové učebny 2. třídy

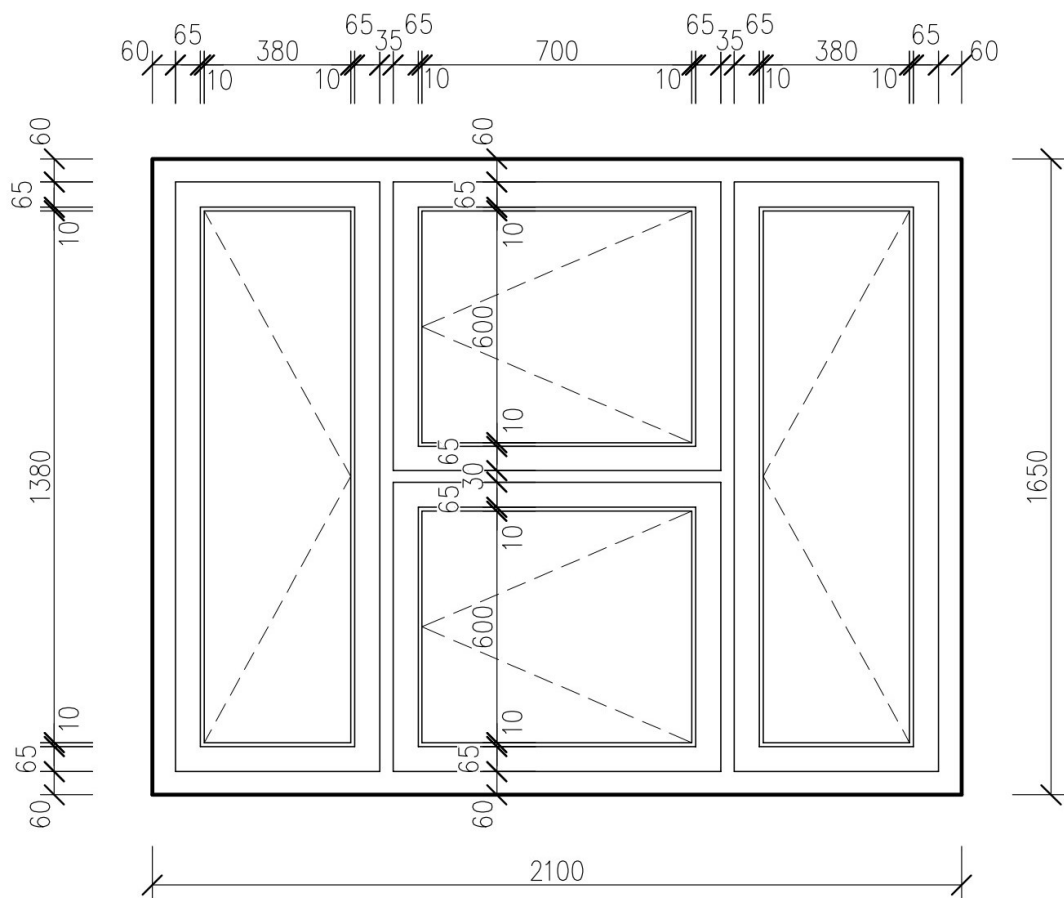
ŘEZ 1-1



Obr. 54 – Kombinovaný svislý řez a pohled kmenovou učebnou 2. třídy



Obr. 55 – Fotografie okna kmenové učebny 2. třídy (pohled z interiéru)

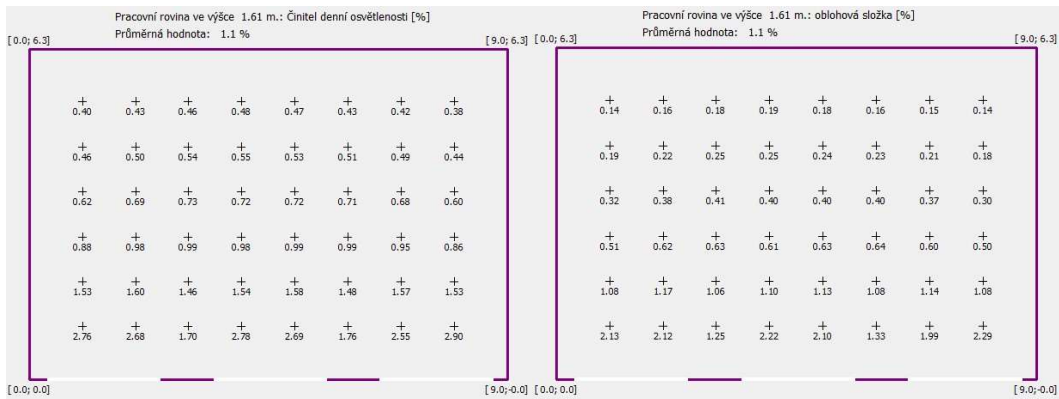


Obr. 56 – Pohled na okno kmenové učebny 2. třídy

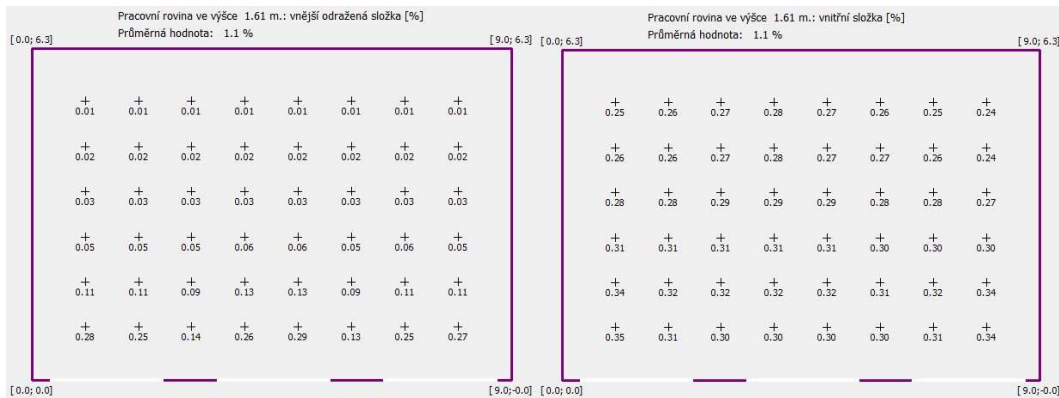
Všechna okna v kmenové učebně jsou orientovaná směrem na jihovýchod. Okno je složeno ze tří částí. Střední část je tvořena dvěma okenními křídly čtvercového tvaru nad sebou. Pravou i levou část tvoří jedno obdélníkové křídlo. Všechna okenní křídla jsou otevíravá dovnitř, bez možnosti sklápění. Okenní rám i křídla jsou ze dřeva s bílým nátěrem, zasklení je provedeno izolačními dvojskly. Vnitřní parapet je z desky na bázi dřeva, vnější parapet je z pozinkovaného plechu s červeným nátěrem. Rozměr okenního otvoru a celkové rozčlenění je podrobně uvedeno na obr. č. 56. Celková plocha okna $A_c = 3,465 \text{ m}^2$, plocha zasklení $A_s = 1,889 \text{ m}^2$. Propustnost skla se nepodařilo nalézt, budeme tedy dle [25] počítat s propustností pro jednu skleněnou tabuli (izolační dvojsklo má dvě skleněné tabule) $\tau_{s,nor} = 0,92$, to je ale pouze hodnota daná normou, reálnou hodnotu udává výrobce oken (tu se bohužel nepodařilo nalézt, bude tedy počítáno s hodnotou normovou). Posledním krokem je výpočet činitele zasklení τ_k , ten se stanoví podle vztahu (27):

$$\tau_k = \frac{1,889}{3,465} = 0,545$$

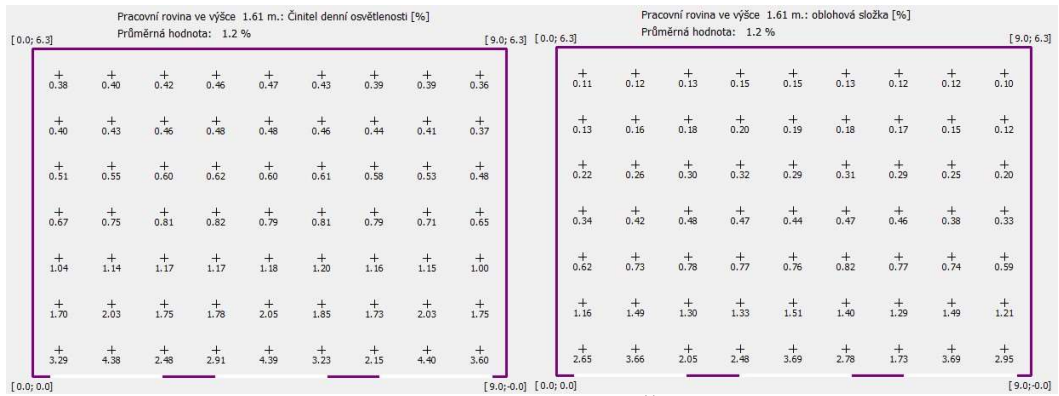
Pracovní rovina je umístěna 0,85 m nad podlahu, což je 1,61 m nad úroveň terénu. Při posuzování z hlediska původní ČSN 73 0580-1 [27] je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 1 m od svislých konstrukcí s krokem sítě 1 m, na rozdíl od aktuálně platné ČSN EN 17037 [34], kde je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 0,5 m od svislých konstrukcí s totožným krokem sítě 1 m. Dle ČSN 73 0580-1 [27] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 30 %. Dle ČSN EN 17037 [34] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 20 %. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Světlo+ [35].



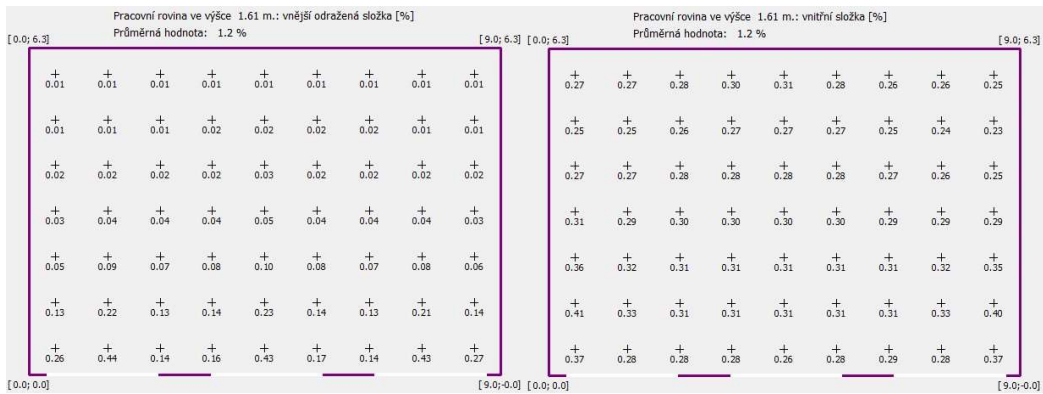
Obr. 57 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



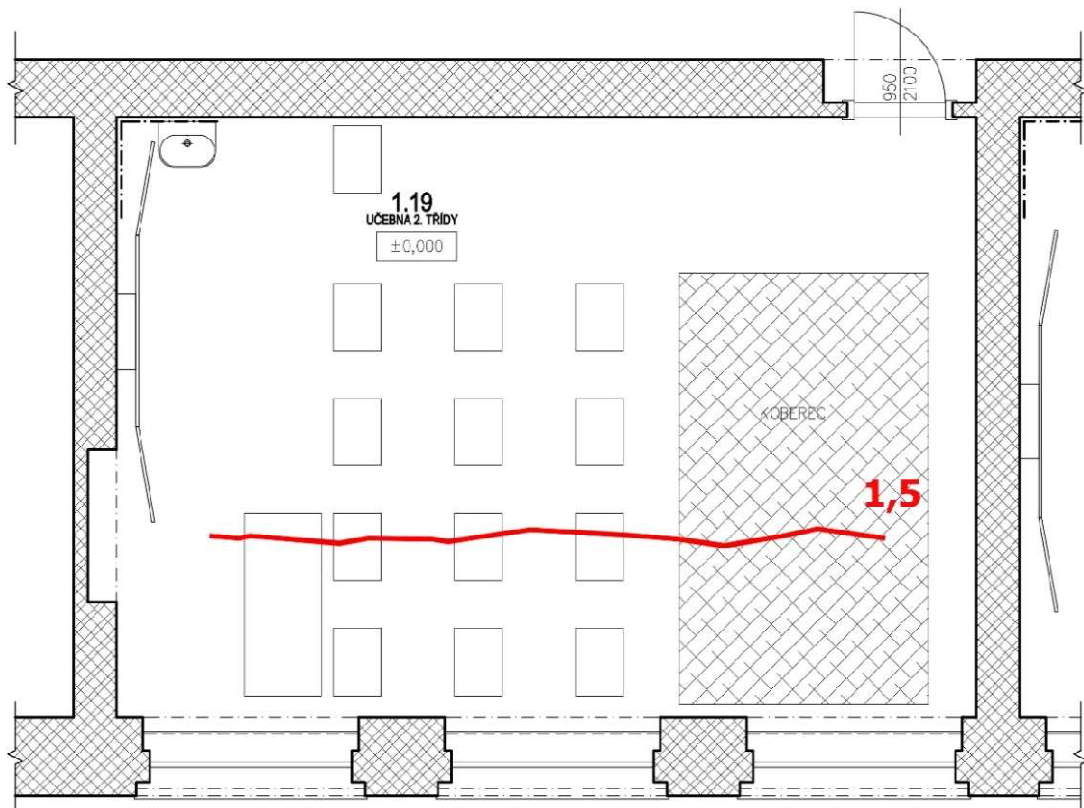
Obr. 58 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



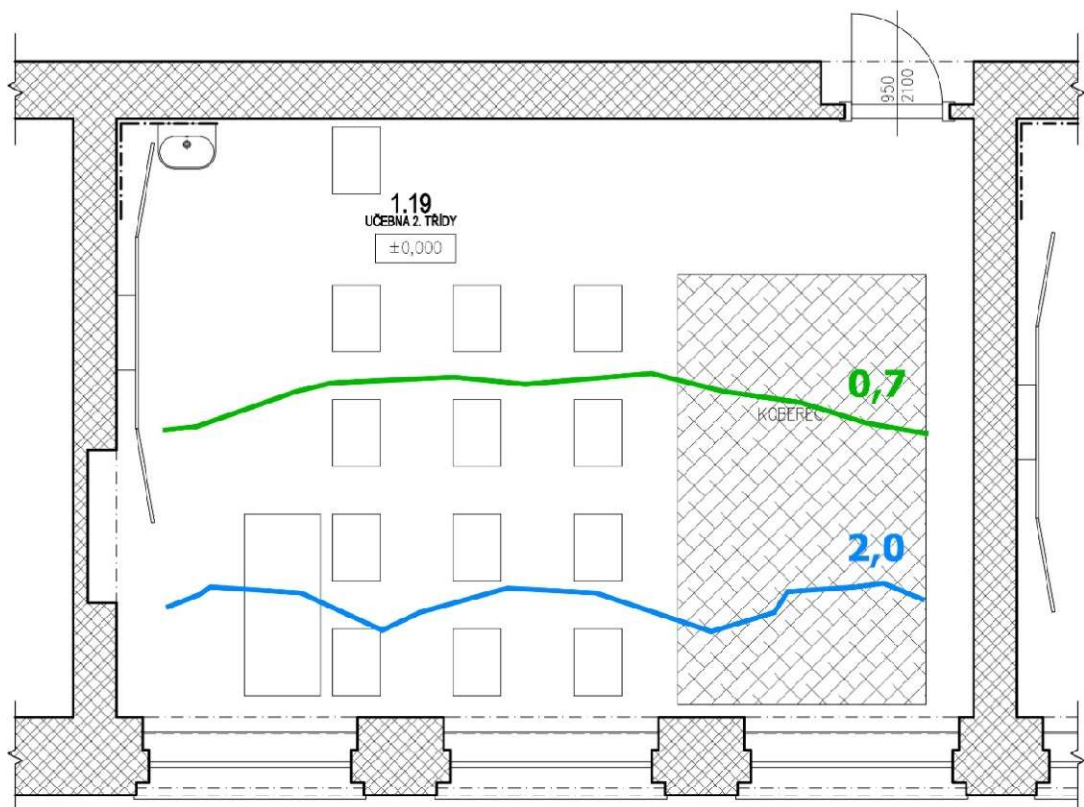
Obr. 59 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 60 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 61 – Kmenová učebna 2. třídy s vyznačenou izočárou pro hodnotu $D = 1,5 \%$, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



Obr. 62 – Kmenová učebna 2. třídy s vyznačenou izočárou pro hodnoty $D_{TM} = 0,7 \%$ a $D_T = 2,0 \%$, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Rovnoměrnost denního osvětlení:

a) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN 73 0580-1 [27]

$$D_{min} = 0,38 \%$$

$$D_{max} = 2,90 \%$$

$$U = 0,38 / 2,90 = 0,13 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

b) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN EN 17037 [34]

$$D_{min} = 0,36 \%$$

$$D_{max} = 4,40 \%$$

$$U = 0,36 / 4,40 = 0,08 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

VYHODNOCENÍ

Dle vykreslené izočáry pro hodnotu $D = 1,5 \%$ je zřejmé, že požadavek původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] je splněn pouze cca v 1/3 plochy místnosti. Výpočty nám také ukázaly nevyhovující rovnoměrnost denního osvětlení, nesplněním normového požadavku $U \geq 0,20$. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

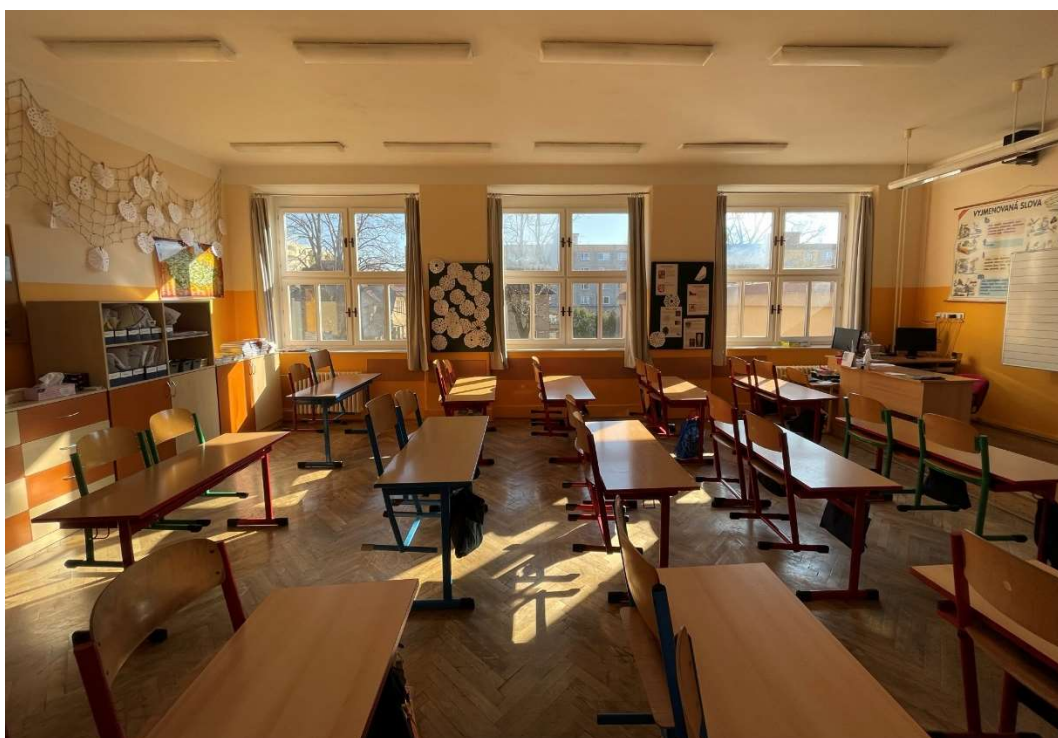
Vyhodnocení dle platné normy ČSN 17037 [34] dopadlo tak, že první podmínka $D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ byla splněna na 19,0 % plochy místnosti a druhá podmínka $D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$ byla splněna na 57,1 % plochy místnosti. Oba výsledky jsou nižší než požadavek normy ČSN EN 17037 [34]. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

5.1.4.2 Kmenová učebna 5. třídy

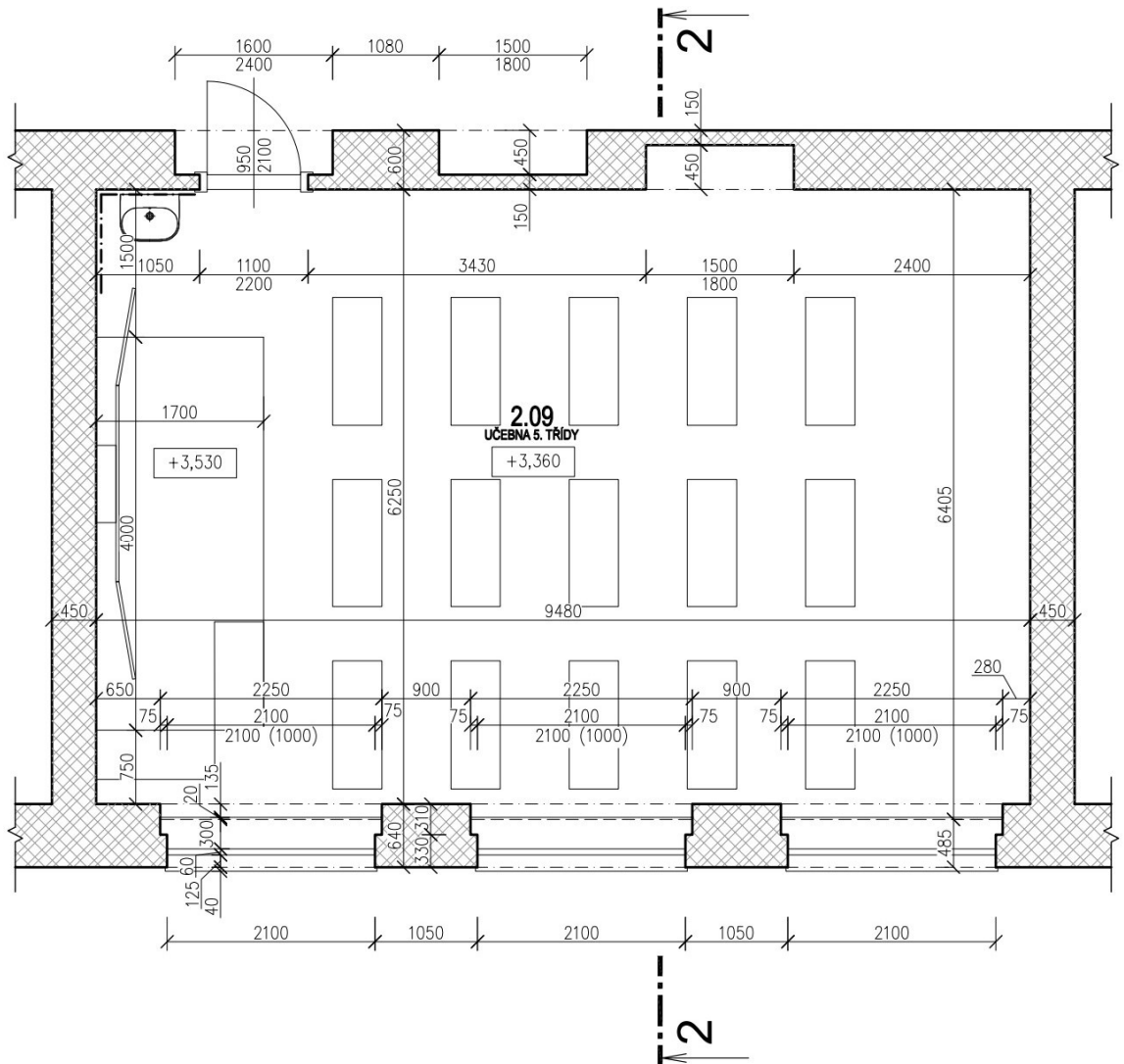
Druhým posuzovaným prostorem je kmenová učebna 5. třídy, která je alokována ve 2. NP. Místnost je přístupna dřevěnými dveřmi, v obvodové stěně jsou tři okenní otvory, osazené dřevěnými okny s izolačním dvojsklem.



Obr. 63 – Fotografie kmenové učebny 5. třídy (pohled směrem k tabuli)

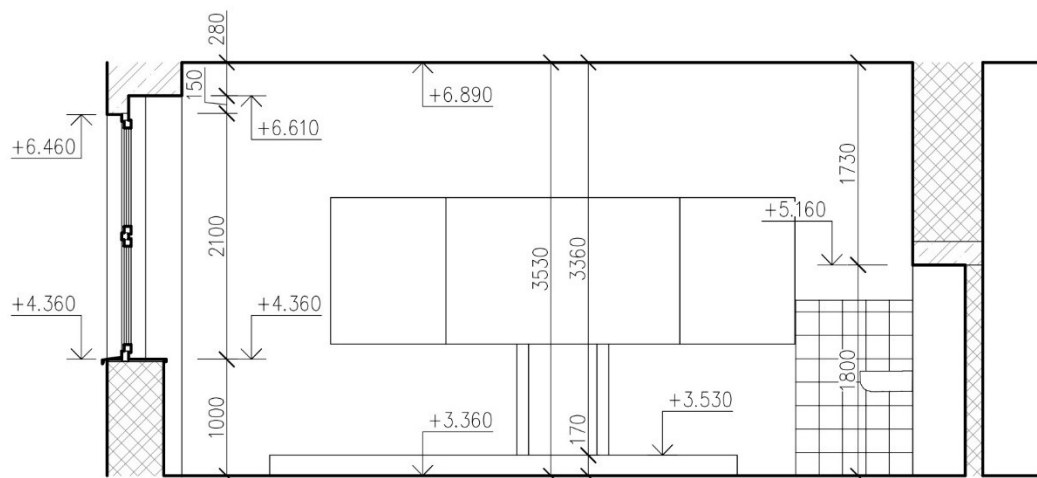


Obr. 64 – Fotografie kmenové učebny 5. třídy (pohled směrem na okna)



Obr. 65 – Půdorys kmenové učebny 5. třídy

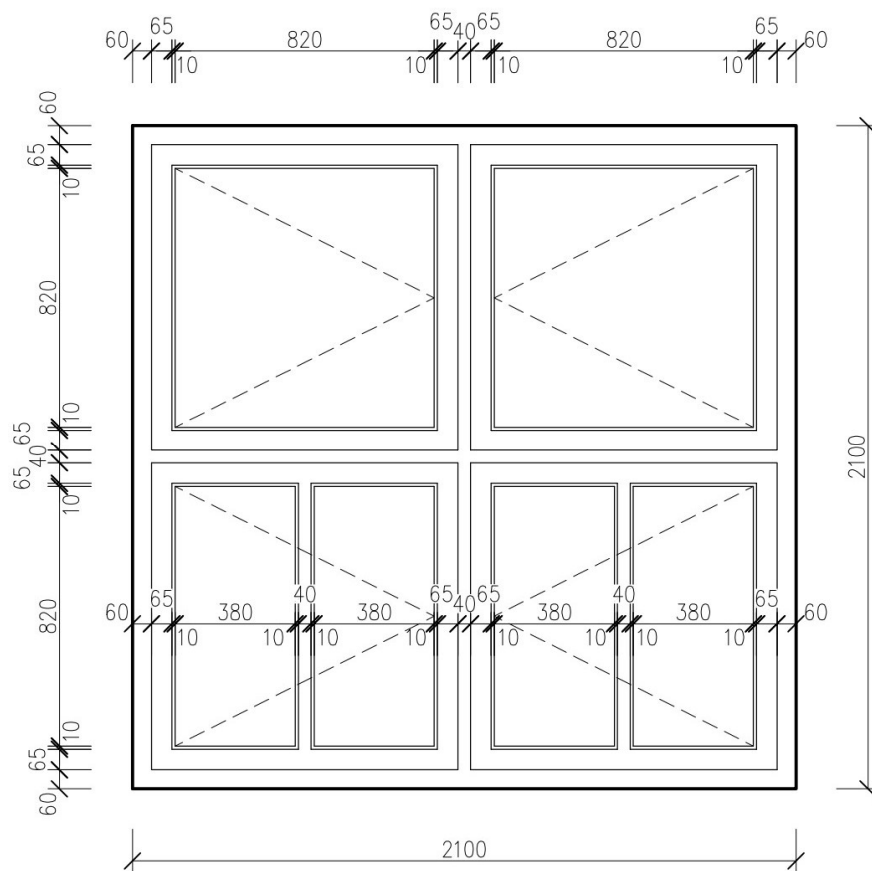
ŘEZ 2-2



Obr. 66 – Kombinovaný svislý řez a pohled kmenovou učebnou 5. třídy



Obr. 67 – Fotografie okna kmenové učebny 5. třídy (pohled z interiéru)

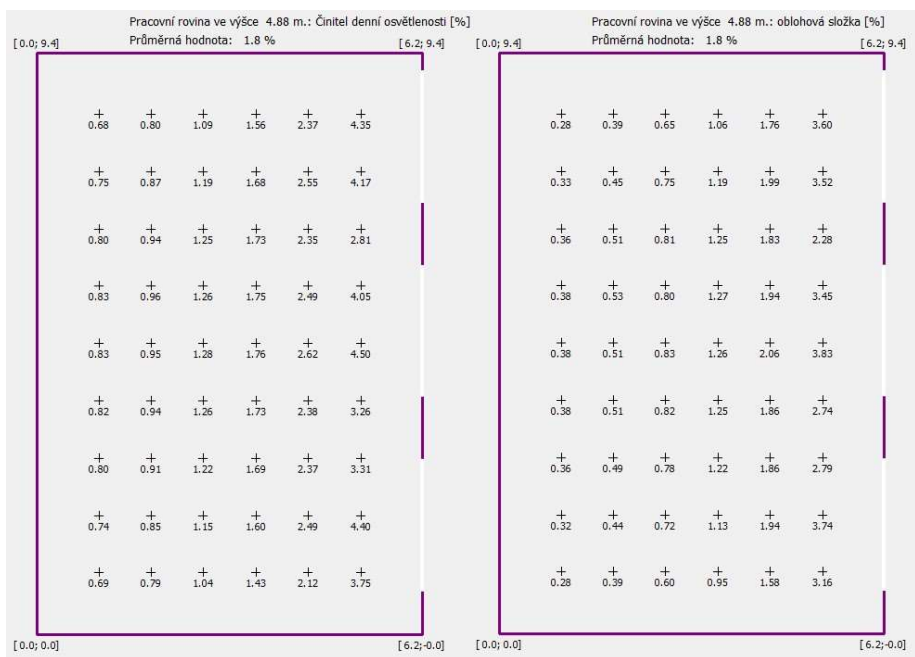


Obr. 68 – Pohled na okno kmenové učebny 5. třídy

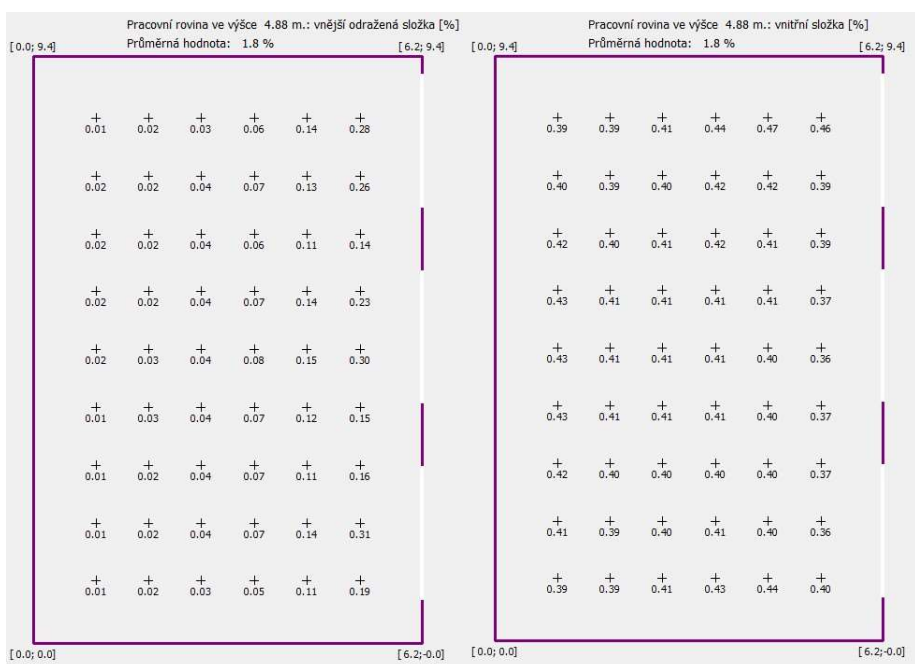
Všechna okna v kmenové učebně jsou orientovaná směrem na jihovýchod. Okno je složeno ze čtyř částí. Levá horní a pravá horní část je tvořena okenními křídly čtvercového tvaru. Levá spodní a pravá spodní část je tvořena okenními křídly čtvercového tvaru se svislým rozdělením v polovině šířky křídla. Všechna okenní křídla jsou otevíravá dovnitř, bez možnosti sklápění. Okenní rám i křídla jsou ze dřeva s bílým nátěrem, zasklení je provedeno izolačními dvojskly. Vnitřní parapet je z desky na bázi dřeva, vnější parapet je z pozinkovaného plechu s červeným nátěrem. Rozměr okenního otvoru a celkové rozčlenění je podrobně uvedeno na obr. č. 68. Celková plocha okna $A_c = 4,41 \text{ m}^2$, plocha zasklení $A_s = 2,591 \text{ m}^2$. Propustnost skla se nepodařilo nalézt, budeme tedy dle [25] počítat s propustností pro jednu skleněnou tabuli (izolační dvojsklo má dvě skleněné tabule) $\tau_{s,nor} = 0,92$, to je ale pouze hodnota daná normou, reálnou hodnotu udává výrobce oken (tu se bohužel nepodařilo nalézt, bude tedy počítáno s hodnotou normovou). Posledním krokem je výpočet činitele zasklení τ_k , ten se stanoví podle vztahu (27):

$$\tau_k = \frac{2,591}{4,41} = 0,588$$

Pracovní rovina je umístěna 0,85 m nad podlahu, což je 4,88 m nad úroveň terénu. Při posuzování z hlediska původní ČSN 73 0580-1 [27] je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 1 m od svislých konstrukcí s krokem sítě 1 m, na rozdíl od aktuálně platné ČSN EN 17037 [34], kde je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 0,5 m od svislých konstrukcí s totožným krokem sítě 1 m. Dle ČSN 73 0580-1 [27] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 30 %. Dle ČSN EN 17037 [34] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 20 %. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Světlo+ [35].



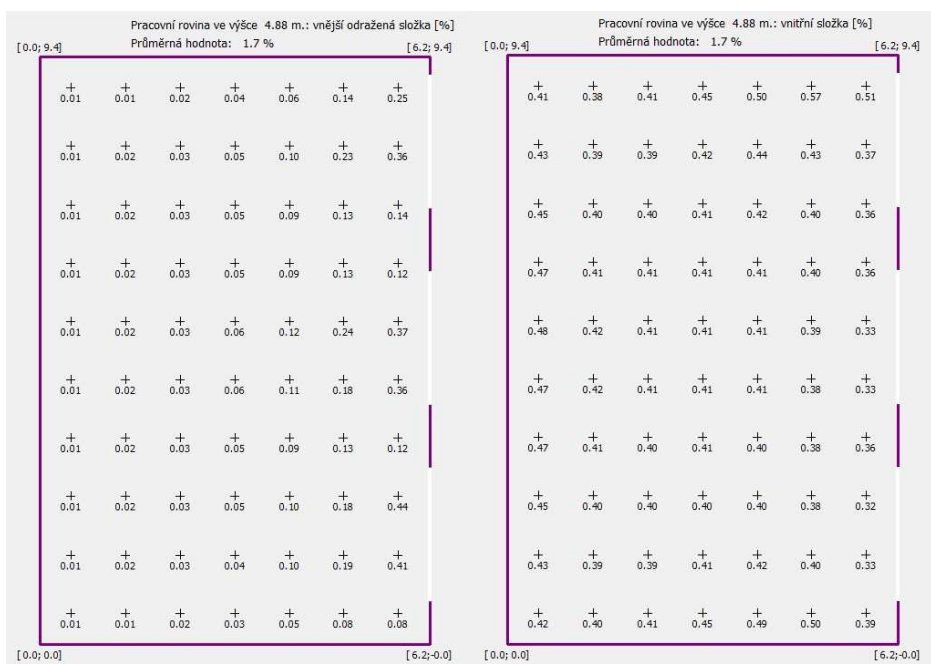
Obr. 69 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



Obr. 70 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



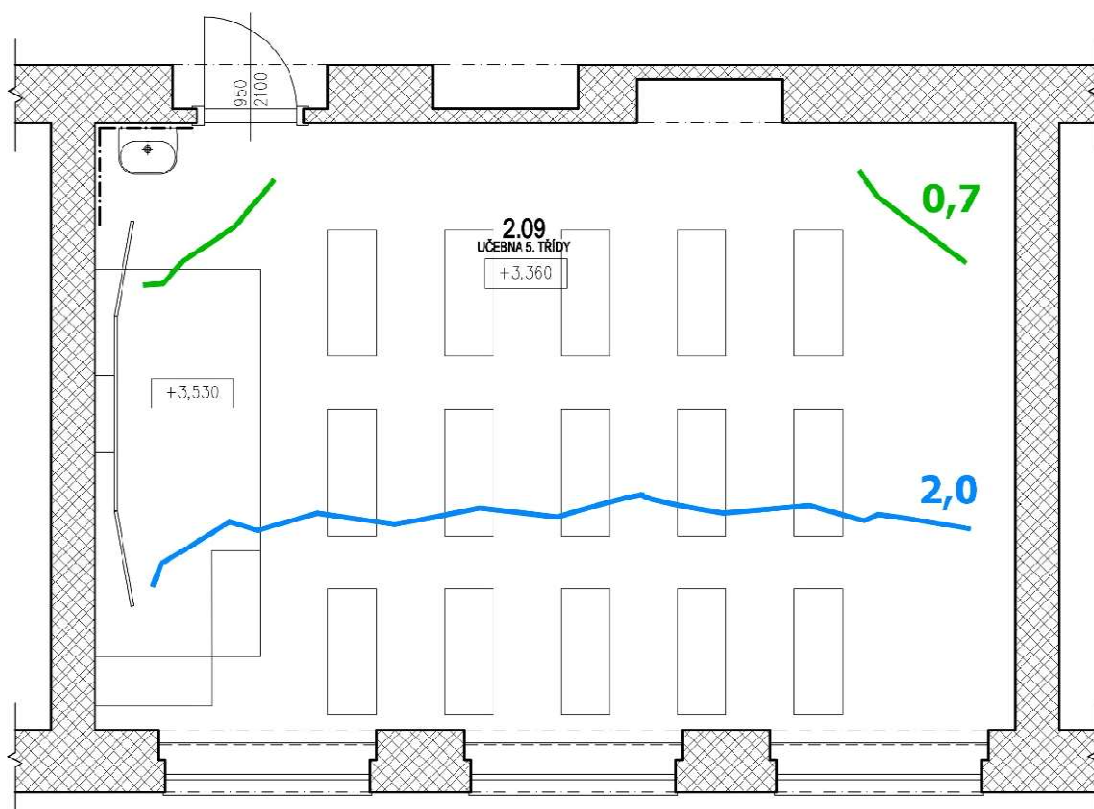
Obr. 71 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 72 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 73 – Kmenová učebna 5. třídy s vyznačenou izočarou pro hodnotu $D = 1,5$ %, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



Obr. 74 – Kmenová učebna 5. třídy s vyznačenou izočarou pro hodnoty $D_{TM} = 0,7$ % a $D_T = 2,0$ %, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Rovnoměrnost denního osvětlení:

a) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN 73 0580-1 [27]

$$D_{min} = 0,68 \%$$

$$D_{max} = 4,50 \%$$

$$U = 0,68 / 4,50 = 0,15 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

b) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN EN 17037 [34]

$$D_{min} = 0,63 \%$$

$$D_{max} = 6,50 \%$$

$$U = 0,63 / 6,50 = 0,10 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

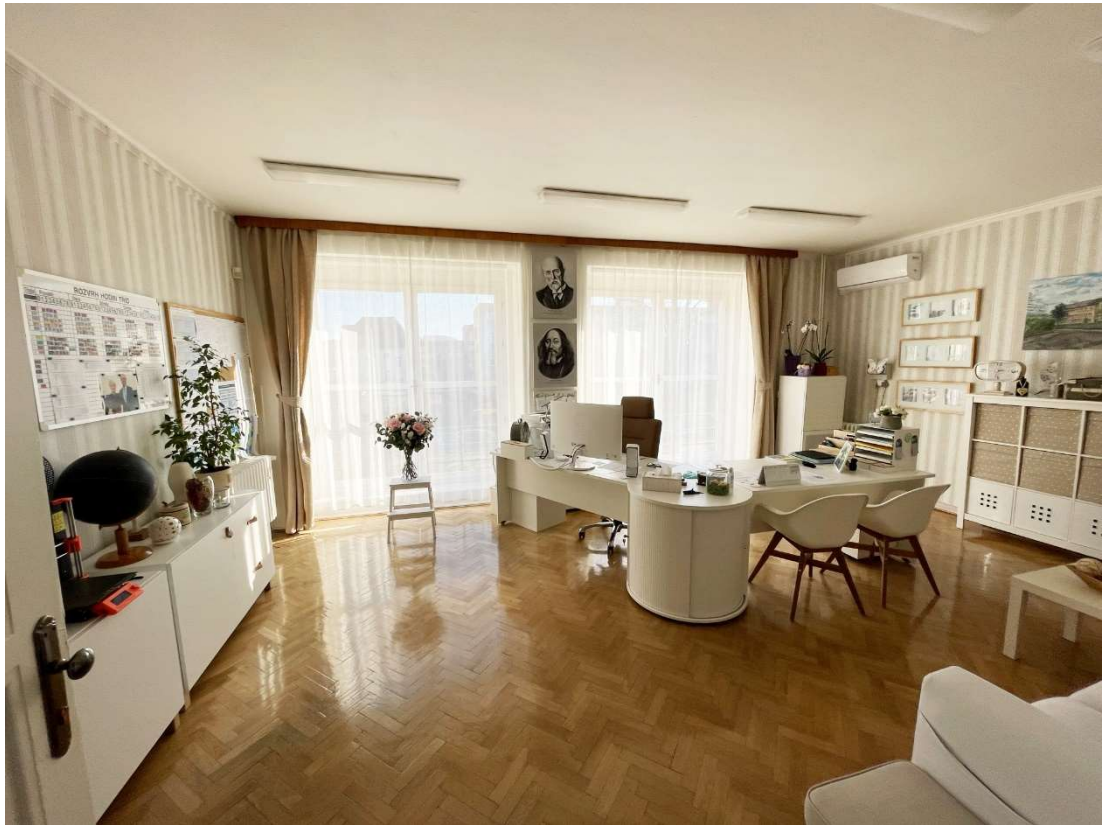
VYHODNOCENÍ

Dle vykreslené izočáry pro hodnotu $D = 1,5 \%$ je zřejmé, že požadavek původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] je splněn pouze v necelé 1/2 plochy místnosti. Výpočty nám také ukázaly nevyhovující rovnoměrnost denního osvětlení, nesplněním normového požadavku $U \geq 0,20$. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

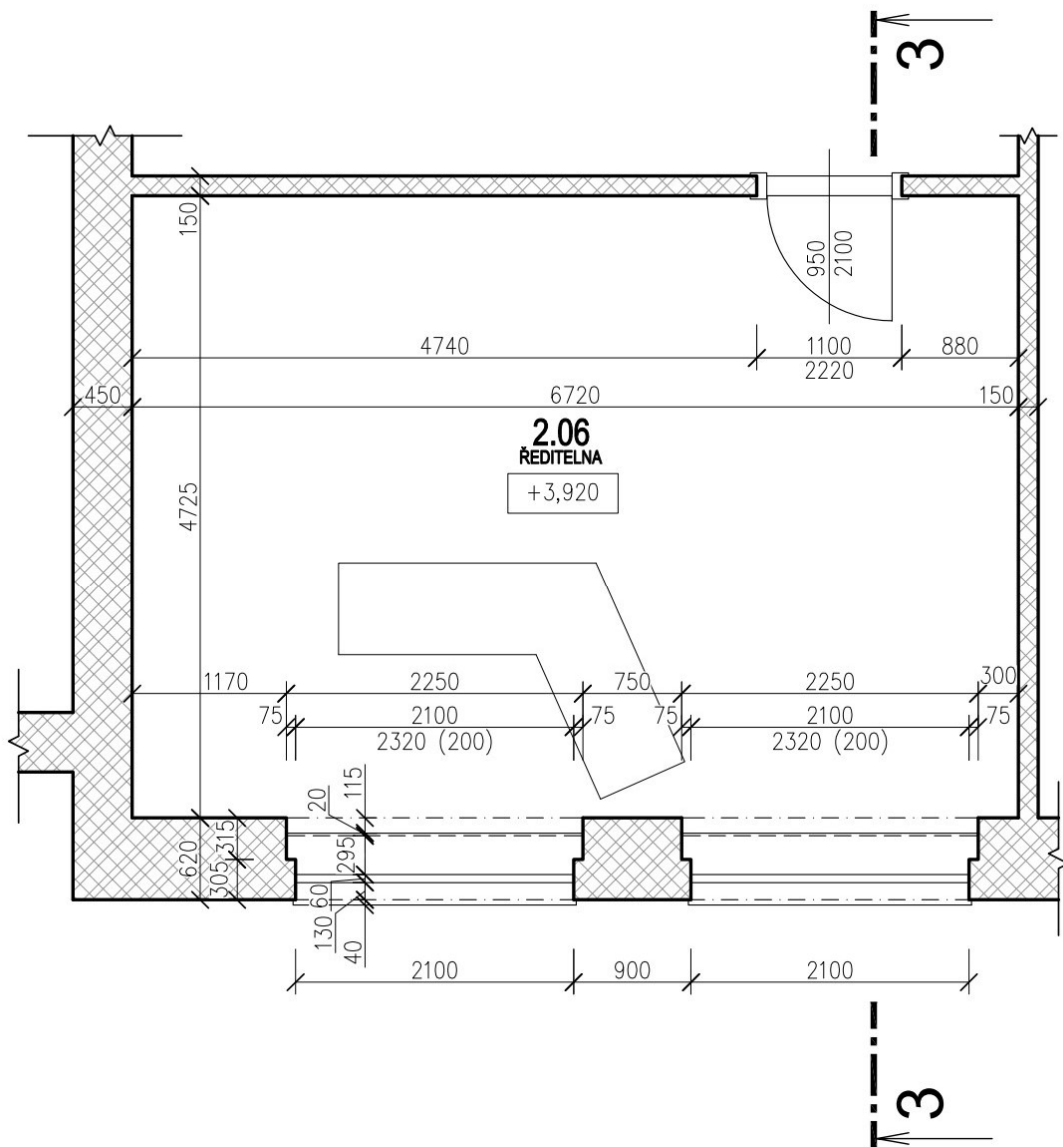
Vyhodnocení dle platné normy ČSN 17037 [34] dopadlo tak, že první podmínka $D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ byla splněna na 37,1 % plochy místnosti a druhá podmínka $D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$ byla splněna na 97,1 % plochy místnosti. Výsledek $D_{T,50\%}$ je nižší než požadavek normy ČSN EN 17037 [34]. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

5.1.4.3 Ředitelna

Třetím posuzovaným prostorem je ředitelna, která je alokována ve 2. NP. Místnost je přístupna dřevěnými dveřmi, v obvodové stěně jsou dva okenní otvory, osazené dřevěnými okny s izolačním dvojsklem.

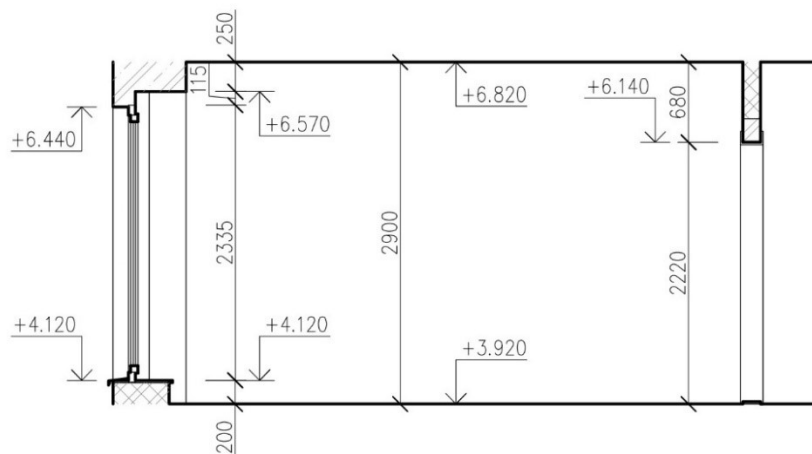


Obr. 75 – Fotografie ředitelny (pohled směrem od vstupních dveří)



Obr. 76 – Půdorys ředitelny

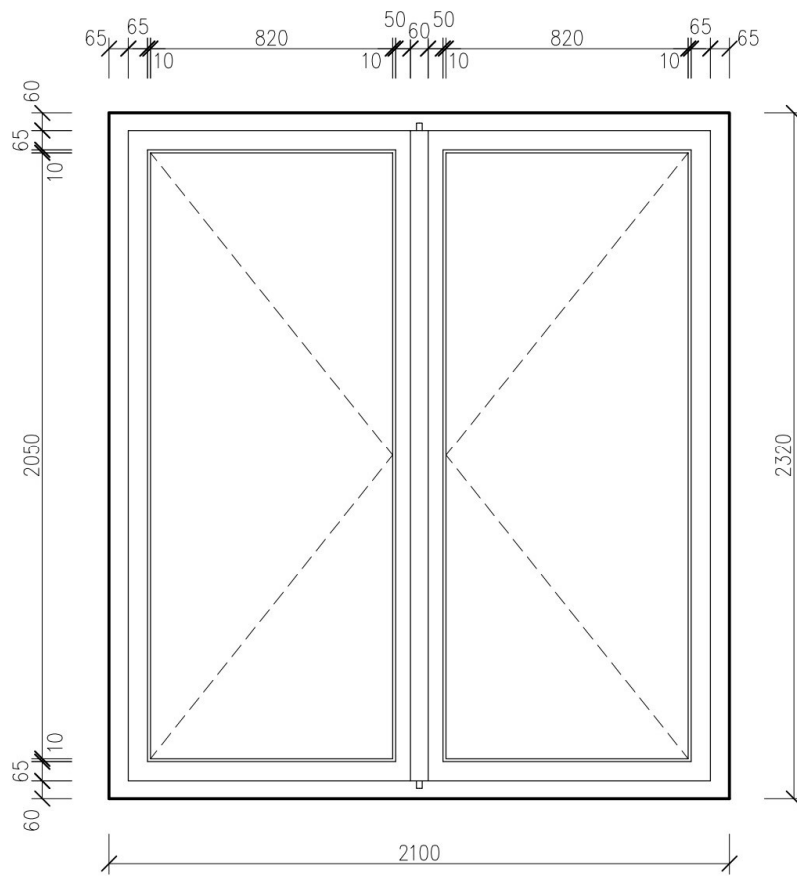
ŘEZ 3-3



Obr. 77 – Kombinovaný svislý řez a pohled ředitelnou



Obr. 78 – Fotografie okna ředitelny (pohled z interiéru)

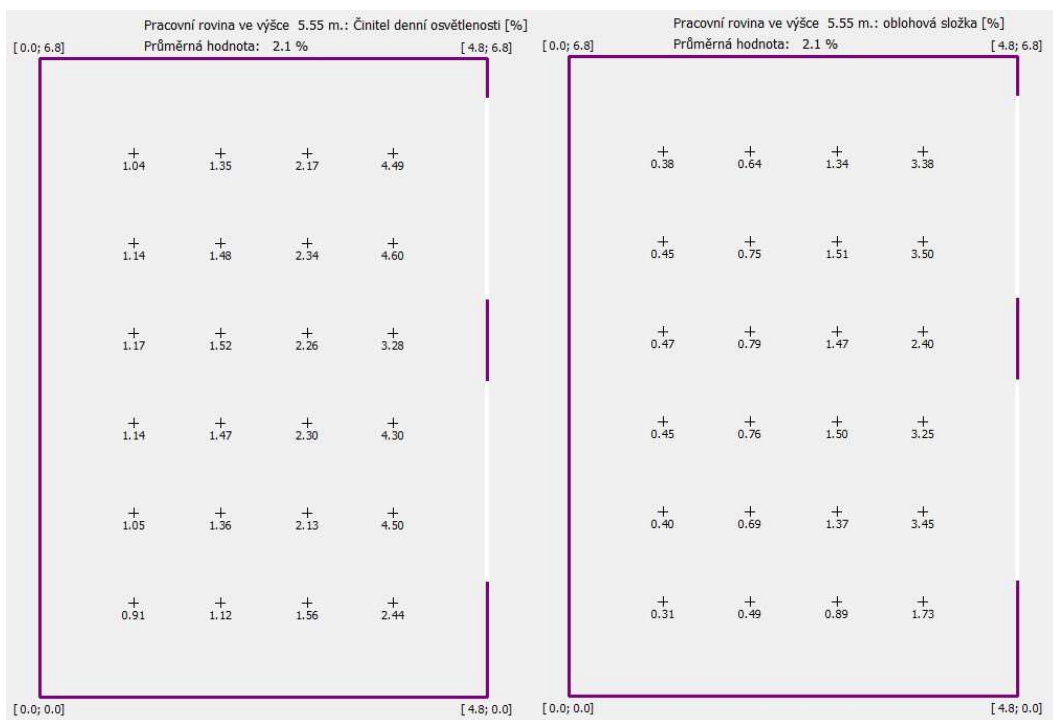


Obr. 79 – Pohled na okno ředitelny

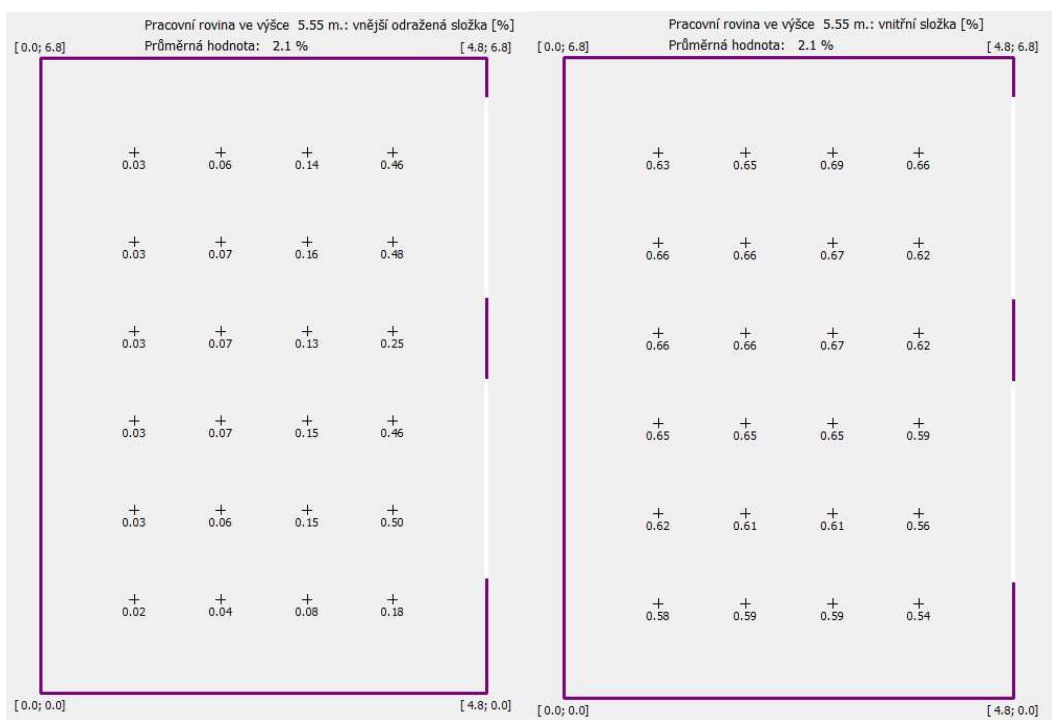
Všechna okna v ředitelně jsou orientovaná směrem na jihovýchod. Okno je složeno ze dvou otevíravých křídel směrem dovnitř, bez možnosti sklápění. Okenní rám i křídla jsou ze dřeva s bílým nátěrem, zasklení je provedeno izolačními dvojskly. Vnitřní parapet je z desky na bázi dřeva, vnější parapet je z pozinkovaného plechu s červeným nátěrem, z vnější strany je otvor zabezpečen zábradlím. Rozměr okenního otvoru a celkové rozčlenění je podrobně uvedeno na obr. č. 79. Celková plocha okna $A_c = 4,872 \text{ m}^2$, plocha zasklení $A_s = 3,362 \text{ m}^2$. Propustnost skla se nepodařilo nalézt, budeme tedy dle [25] počítat s propustností pro jednu skleněnou tabuli (izolační dvojsklo má dvě skleněné tabule) $\tau_{s,nor} = 0,92$, to je ale pouze hodnota daná normou, reálnou hodnotu udává výrobce oken (tu se bohužel nepodařilo nalézt, bude tedy počítáno s hodnotou normovou). Posledním krokem je výpočet činitele zasklení τ_k , ten se stanoví podle vztahu (27):

$$\tau_k = \frac{3,362}{4,872} = 0,690$$

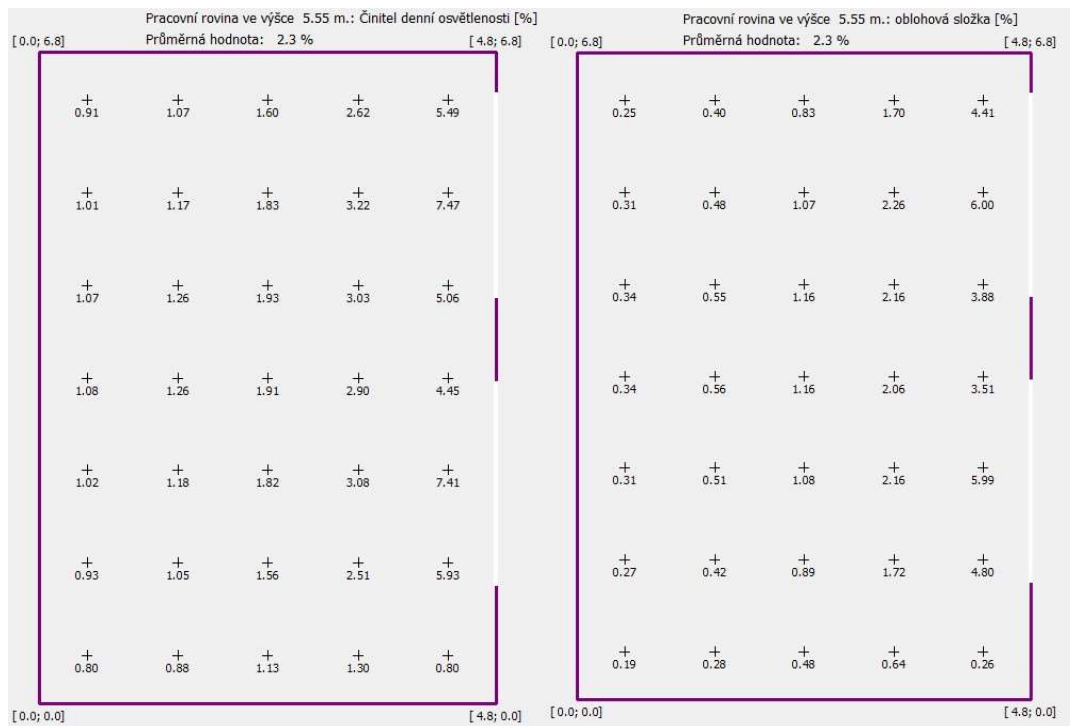
Pracovní rovina je umístěna 0,85 m nad podlahu, což je 5,55 m nad úroveň terénu. Při posuzování z hlediska původní ČSN 73 0580-1 [27] je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 1 m od svislých konstrukcí s krokem sítě 1 m, na rozdíl od aktuálně platné ČSN EN 17037 [34], kde je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 0,5 m od svislých konstrukcí s totožným krokem sítě 1 m. Dle ČSN 73 0580-1 [27] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 30 %. Dle ČSN EN 17037 [34] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 20 %. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Světlo+ [35].



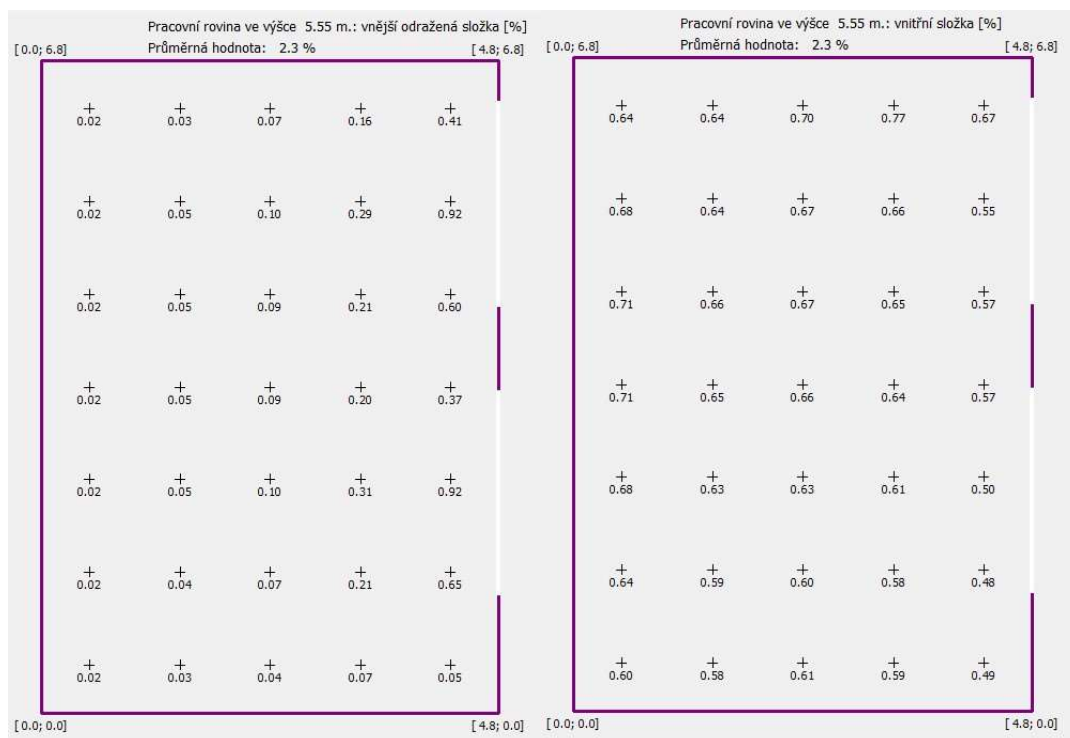
Obr. 80 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



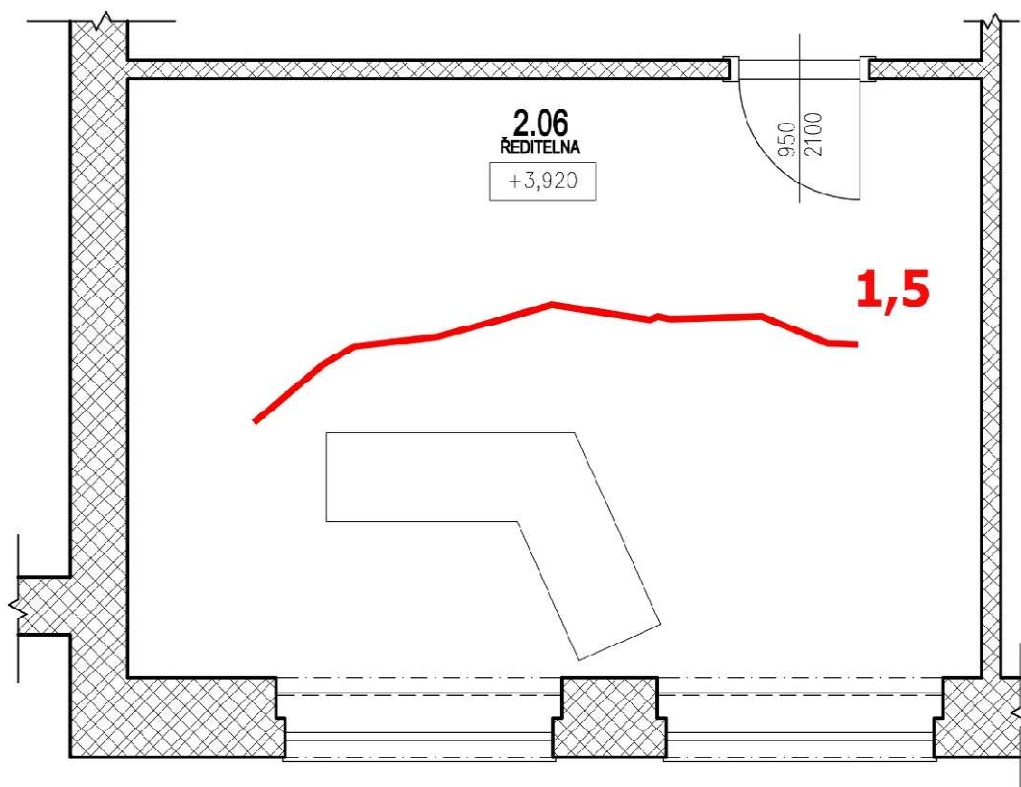
Obr. 81 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



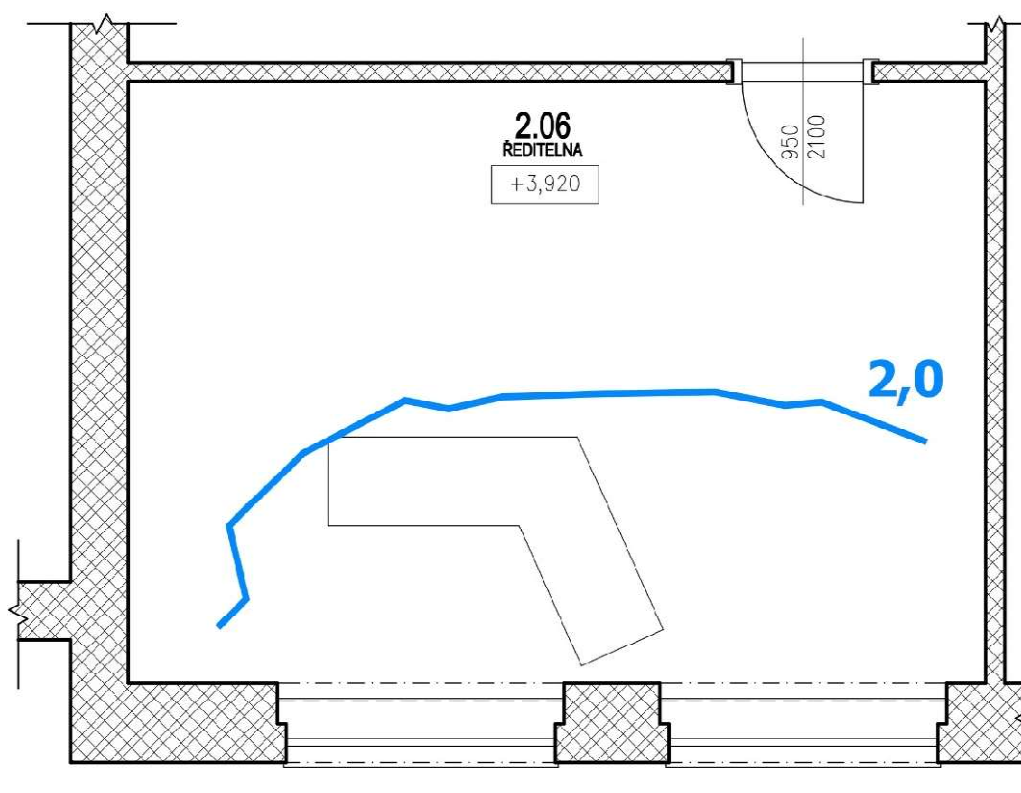
Obr. 82 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 83 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 84 – Ředitelna s vyznačenou i zočárou pro hodnotu $D = 1,5$ %, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



Obr. 85 – Ředitelna s vyznačenou i zočárou pro hodnoty $D_{TM} = 0,7$ % a $D_T = 2,0$ %, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Rovnoměrnost denního osvětlení:

a) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN 73 0580-1 [27]

$$D_{min} = 0,91 \%$$

$$D_{max} = 4,99 \%$$

$$U = 0,91 / 4,99 = 0,18 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

b) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN EN 17037 [34]

$$D_{min} = 0,80 \%$$

$$D_{max} = 7,47 \%$$

$$U = 0,80 / 7,47 = 0,11 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

VYHODNOCENÍ

Dle vykreslené izočáry pro hodnotu $D = 1,5 \%$ je zřejmé, že požadavek původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] je splněn pouze v cca 1/2 plochy místnosti. Výpočty nám také ukázaly nevyhovující rovnoměrnost denního osvětlení, nesplněním normového požadavku $U \geq 0,20$. Řešený prostor ředitelny tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

Vyhodnocení dle platné normy ČSN 17037 [34] dopadlo tak, že první podmínka $D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ byla splněna na 34,3 % plochy místnosti a druhá podmínka $D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$ byla splněna na 100 % plochy místnosti. Výsledek $D_{T,50\%}$ je nižší než požadavek normy ČSN EN 17037 [34]. Řešený prostor ředitelny tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

5.1.4.4 Kmenová učebna 6. třídy

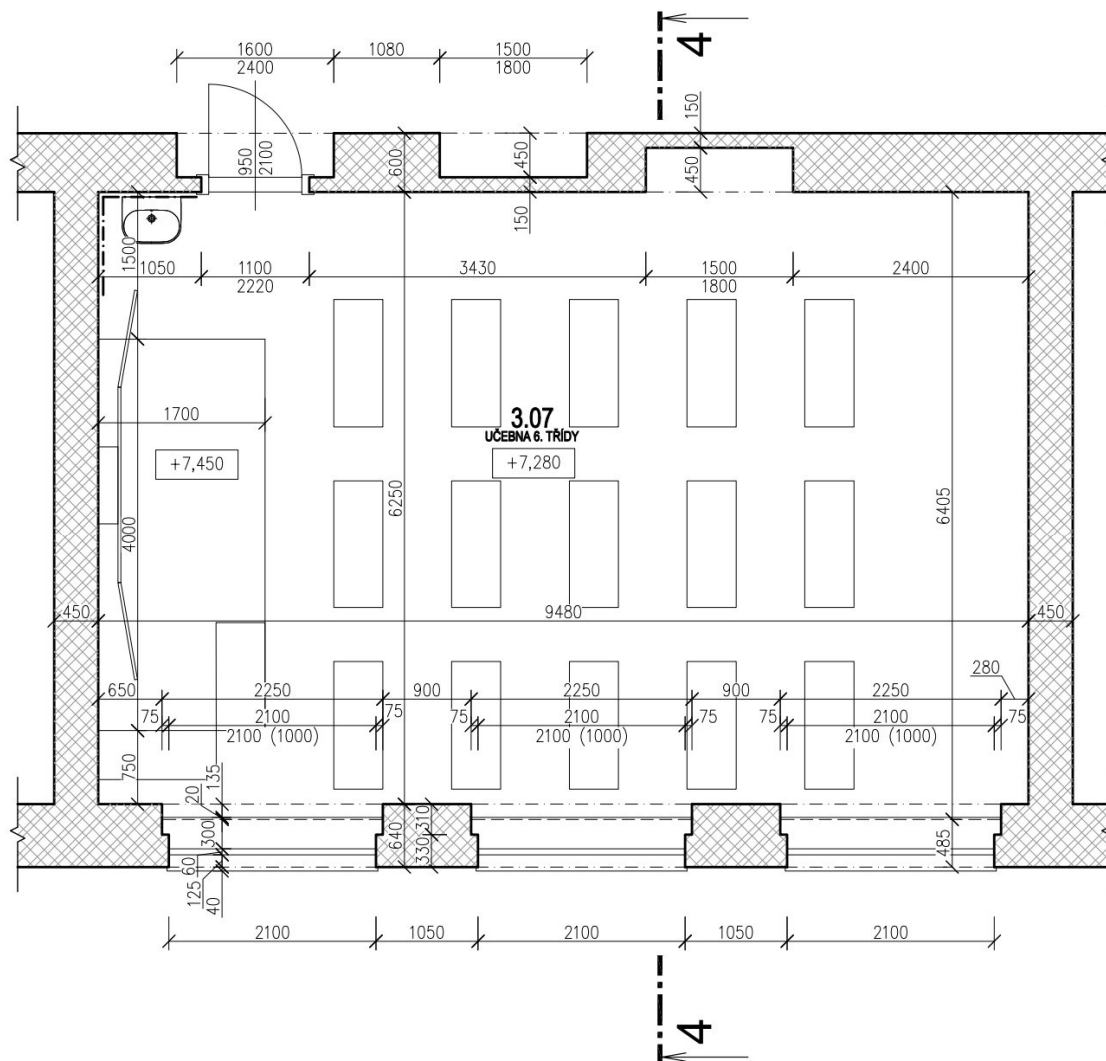
Čtvrtým posuzovaným prostorem je kmenová učebna 6. třídy, která je alokována ve 3. NP. Místnost je přístupna dřevěnými dveřmi, v obvodové stěně jsou tři okenní otvory, osazené dřevěnými okny s izolačním dvojsklem.



Obr. 86 – Fotografie kmenové učebny 6. třídy (pohled směrem od vstupních dveří)

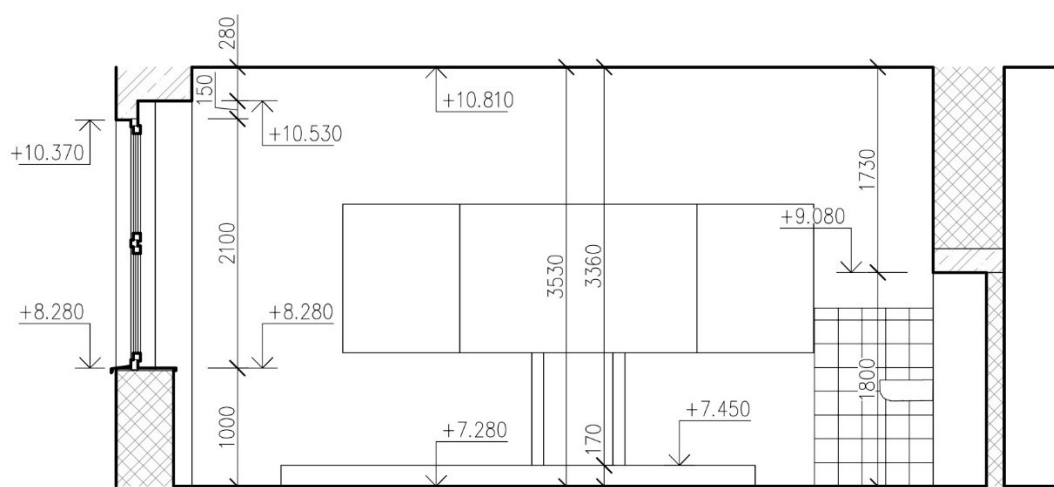


Obr. 87 – Fotografie kmenové učebny 6. třídy (pohled směrem na okna)



Obr. 88 – Půdorys kmenové učebny 6. třídy

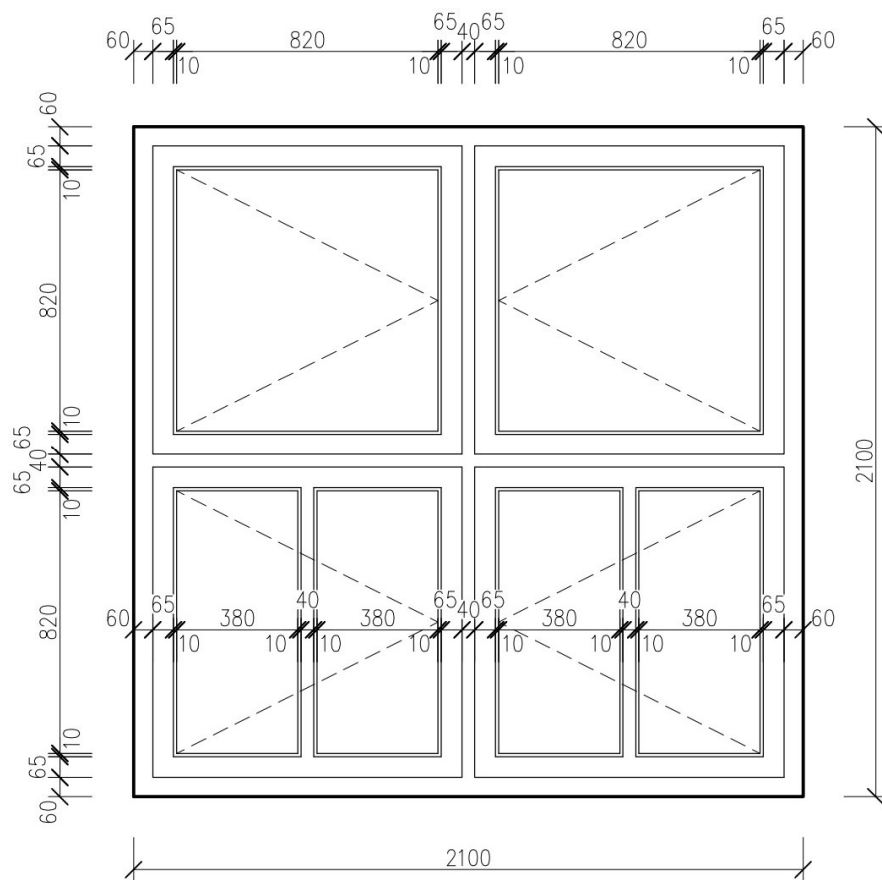
ŘEZ 4-4



Obr. 89 – Kombinovaný svislý řez a pohled kmenovou učebnou 6. třídy



Obr. 90 – Fotografie okna kmenové učebny 6. třídy (pohled z interiéru)

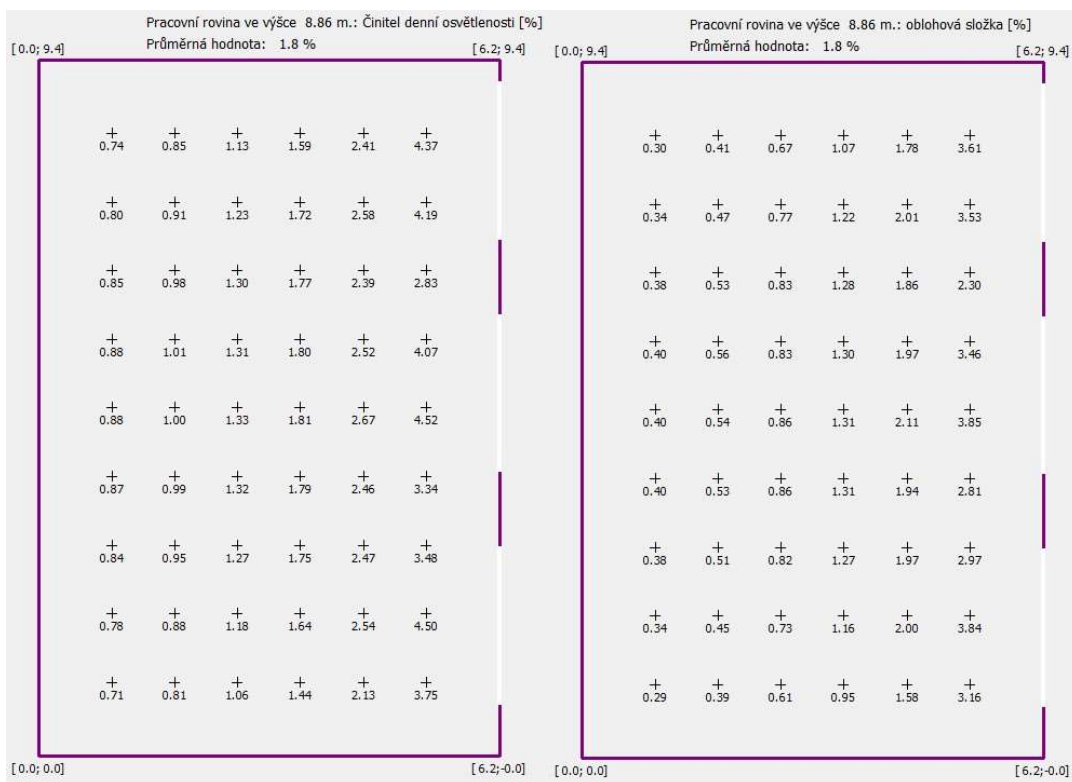


Obr. 91 – Pohled na okno kmenové učebny 6. třídy

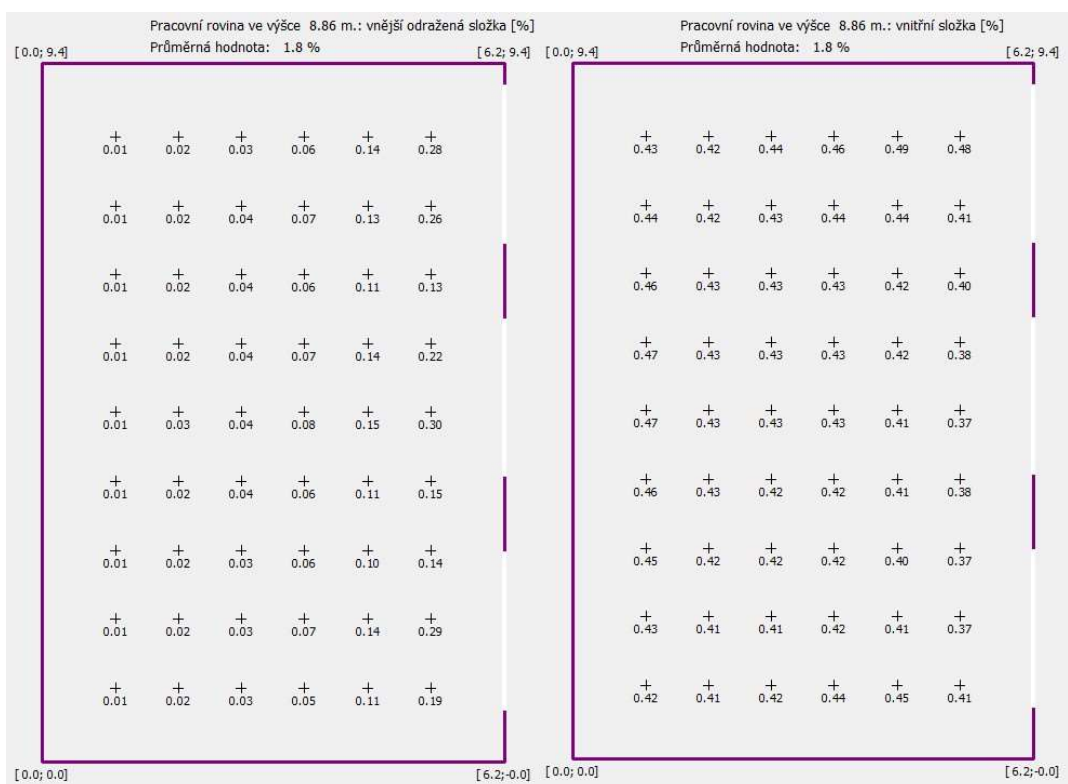
Všechna okna v kmenové učebně jsou orientovaná směrem na jihovýchod. Okno je složeno ze čtyř částí. Levá horní a pravá horní část je tvořena okenními křídly čtvercového tvaru. Levá spodní a pravá spodní část je tvořena okenními křídly čtvercového tvaru se svislým rozdělením v polovině šířky křídla. Všechna okenní křídla jsou otevíravá dovnitř, bez možnosti sklápění. Okenní rám i křídla jsou ze dřeva s bílým nátěrem, zasklení je provedeno izolačními dvojskly. Vnitřní parapet je z desky na bázi dřeva, vnější parapet je z pozinkovaného plechu s červeným nátěrem. Rozměr okenního otvoru a celkové rozčlenění je podrobně uvedeno na obr. č. 91. Celková plocha okna $A_c = 4,41 \text{ m}^2$, plocha zasklení $A_s = 2,591 \text{ m}^2$. Propustnost skla se nepodařilo nalézt, budeme tedy dle [25] počítat s propustností pro jednu skleněnou tabuli (izolační dvojsklo má dvě skleněné tabule) $\tau_{s,nor} = 0,92$, to je ale pouze hodnota daná normou, reálnou hodnotu udává výrobce oken (tu se bohužel nepodařilo nalézt, bude tedy počítáno s hodnotou normovou). Posledním krokem je výpočet činitele zasklení τ_k , ten se stanoví podle vztahu (27):

$$\tau_k = \frac{2,591}{4,41} = 0,588$$

Pracovní rovina je umístěna 0,85 m nad podlahu, což je 8,86 m nad úroveň terénu. Při posuzování z hlediska původní ČSN 73 0580-1 [27] je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 1 m od svislých konstrukcí s krokem sítě 1 m, na rozdíl od aktuálně platné ČSN EN 17037 [34], kde je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 0,5 m od svislých konstrukcí s totožným krokem sítě 1 m. Dle ČSN 73 0580-1 [27] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 30 %. Dle ČSN EN 17037 [34] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 20 %. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Světlo+ [35].



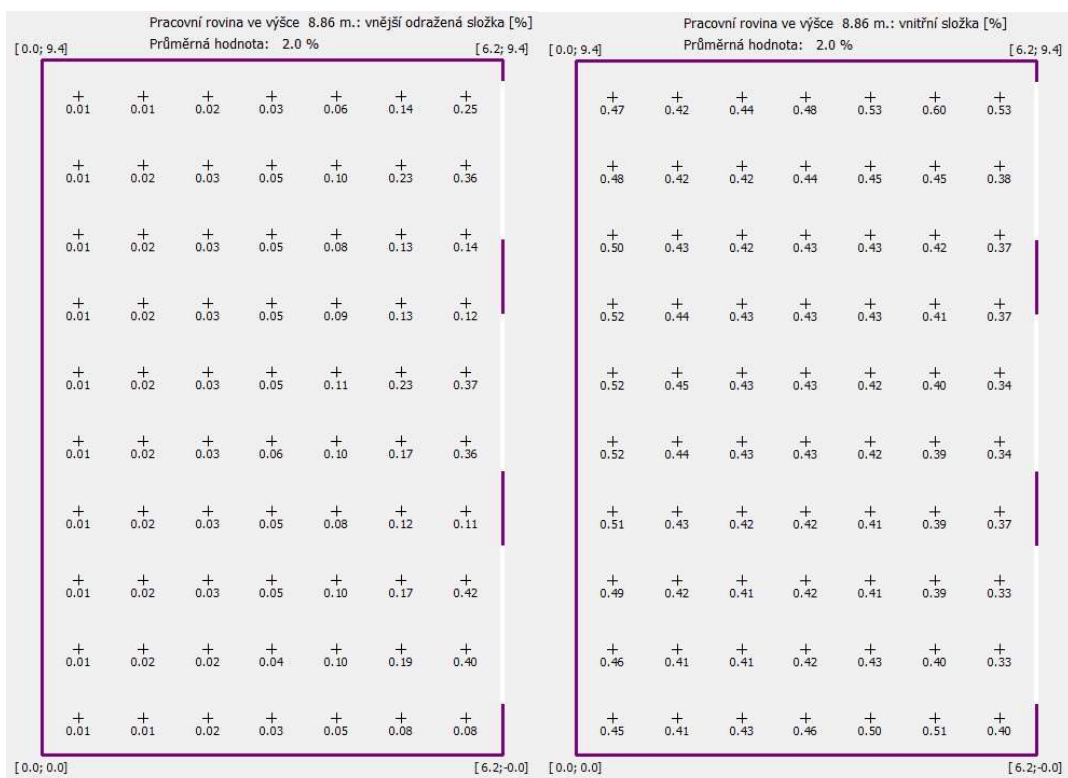
Obr. 92 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



Obr. 93 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



Obr. 94 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 95 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 96 – Kmenová učebna 6. třídy s vyznačenou izočarou pro hodnotu $D = 1,5 \%$, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



Obr. 97 – Kmenová učebna 6. třídy s vyznačenou izočarou pro hodnoty $D_{TM} = 0,7 \%$ a $D_T = 2,0 \%$, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Rovnoměrnost denního osvětlení:

a) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN 73 0580-1 [27]

$$D_{min} = 0,71 \%$$

$$D_{max} = 4,52 \%$$

$$U = 0,71 / 4,52 = 0,16 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

b) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN EN 17037 [34]

$$D_{min} = 0,66 \%$$

$$D_{max} = 6,51 \%$$

$$U = 0,66 / 6,51 = 0,10 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

VYHODNOCENÍ

Dle vykreslené izočáry pro hodnotu $D = 1,5 \%$ je zřejmé, že požadavek původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] je splněn pouze v necelé 1/2 plochy místnosti. Výpočty nám také ukázaly nevyhovující rovnoměrnost denního osvětlení, nesplněním normového požadavku $U \geq 0,20$. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

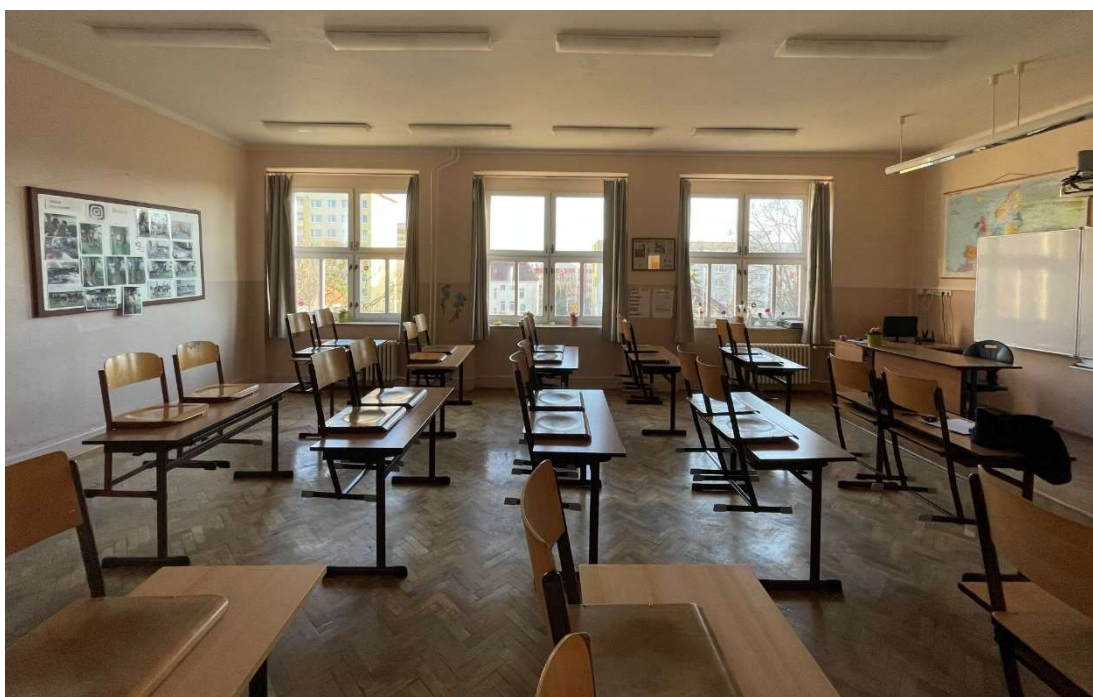
Vyhodnocení dle platné normy ČSN 17037 [34] dopadlo tak, že první podmínka $D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ byla splněna na 37,1 % plochy místnosti a druhá podmínka $D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$ byla splněna na 100 % plochy místnosti. Výsledek $D_{T,50\%}$ je nižší než požadavek normy ČSN EN 17037 [34]. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

5.1.4.5 Kmenová učebna 9. třídy

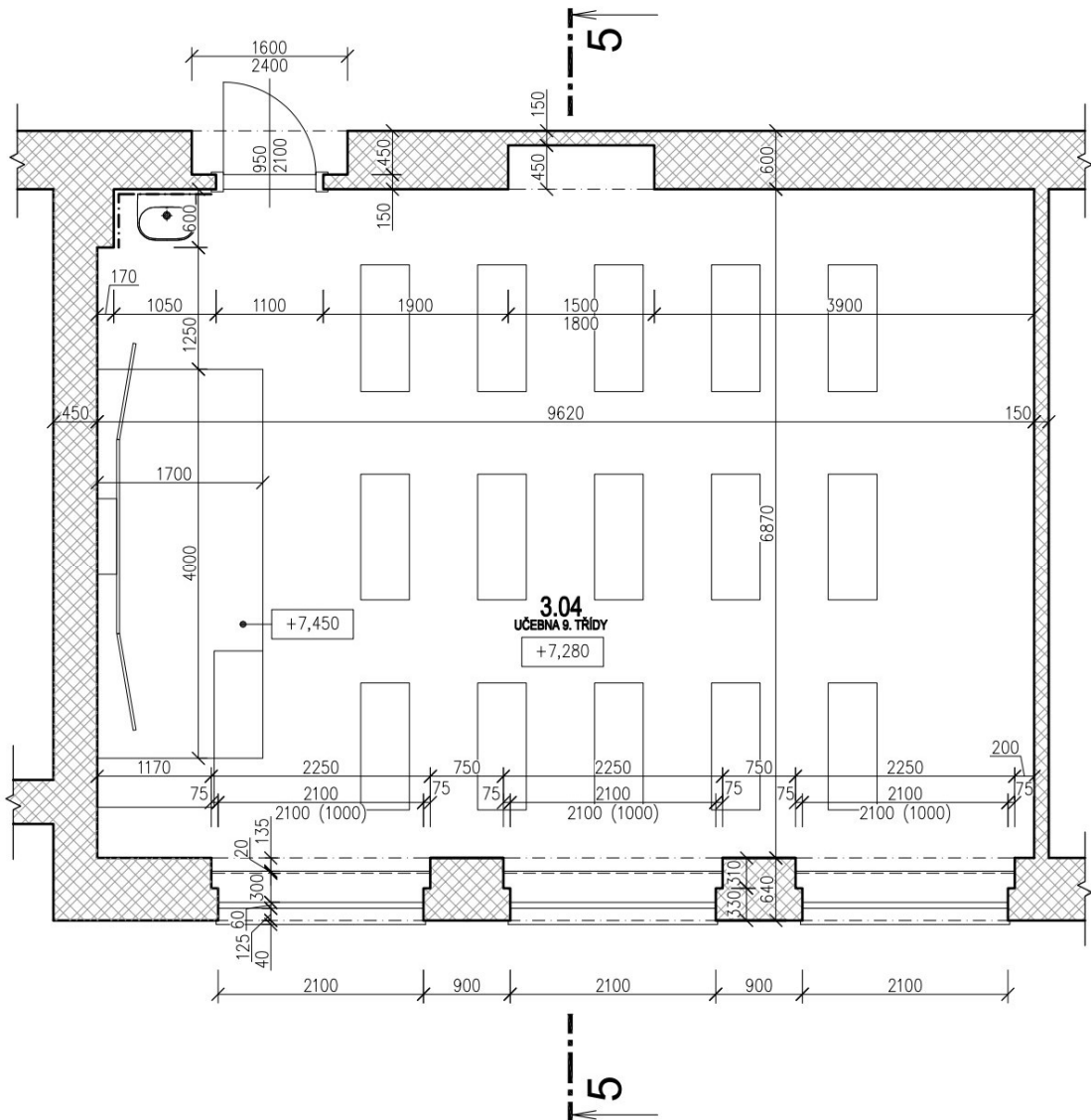
Pátým a zároveň posledním posuzovaným prostorem je kmenová učebna 9. třídy, která je alokována ve 3. NP. Místnost je přístupna dřevěnými dveřmi, v obvodové stěně jsou tři okenní otvory, osazené dřevěnými okny s izolačním dvojsklem.



Obr. 98 – Fotografie kmenové učebny 9. třídy (pohled směrem od vstupních dveří)

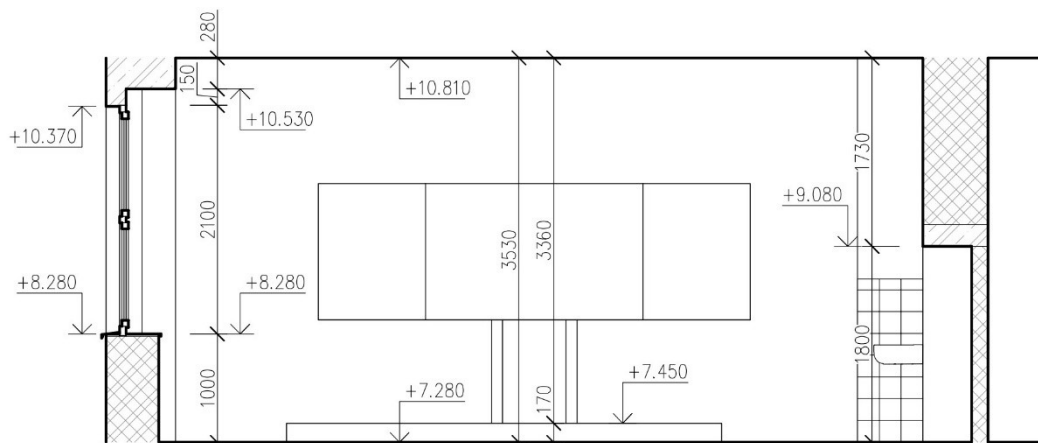


Obr. 99 – Fotografie kmenové učebny 9. třídy (pohled směrem na okna)



Obr. 100 – Půdorys kmenové učebny 9. třídy

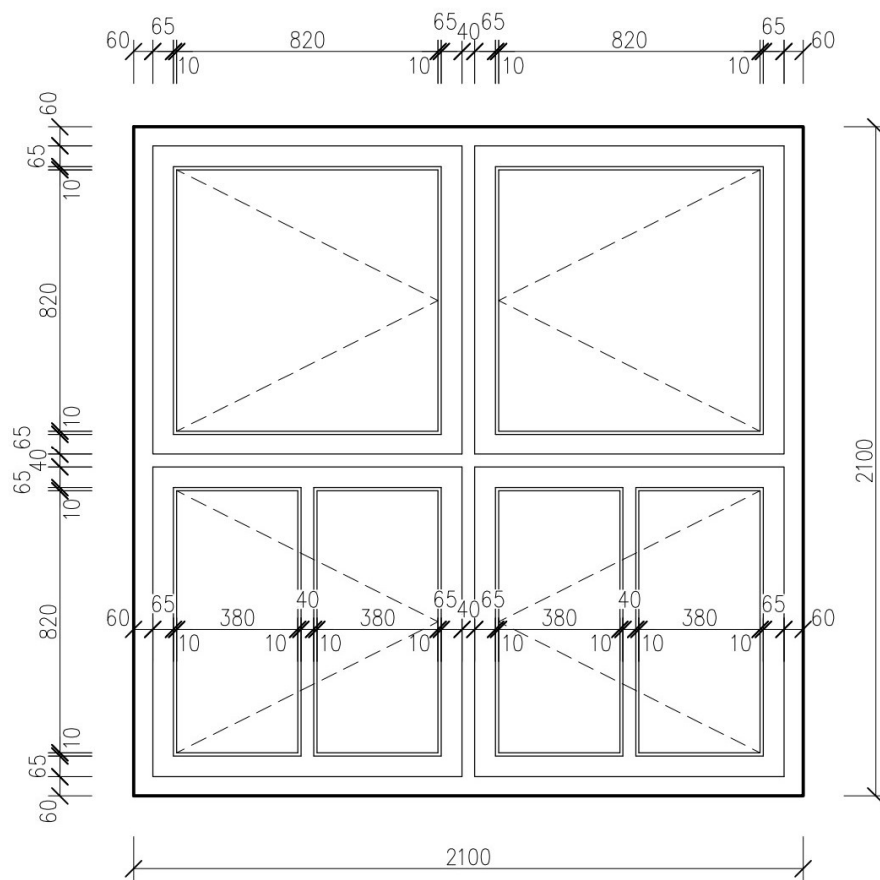
ŘEZ 5-5



Obr. 101 – Kombinovaný svislý řez a pohled kmenovou učebnou 9. třídy



Obr. 102 – Fotografie okna kmenové učebny 9. třídy (pohled z interiéru)

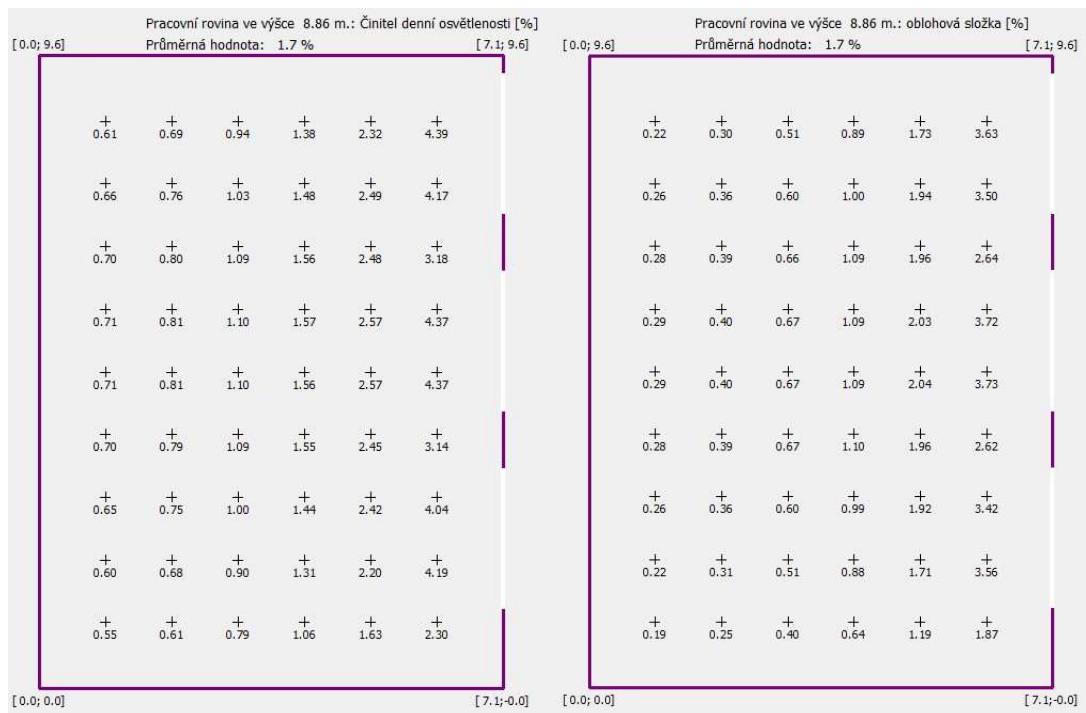


Obr. 103 – Pohled na okno kmenové učebny 9. třídy

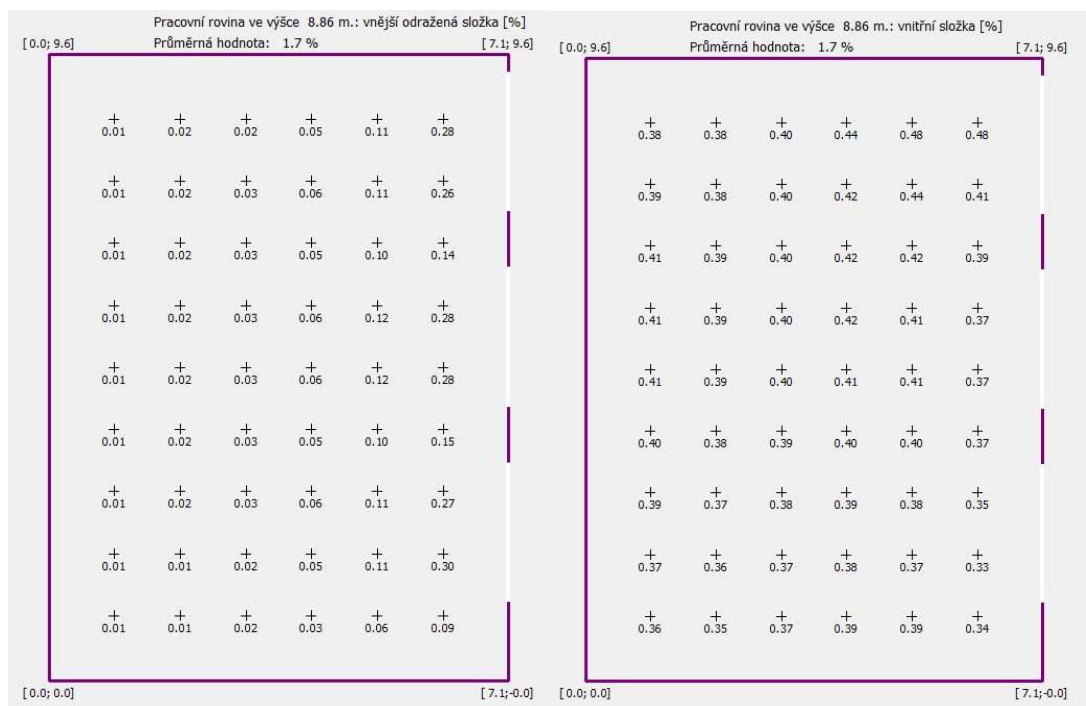
Všechna okna v kmenové učebně jsou orientovaná směrem na jihovýchod. Okno je složeno ze čtyř částí. Levá horní a pravá horní část je tvořena okenními křídly čtvercového tvaru. Levá spodní a pravá spodní část je tvořena okenními křídly čtvercového tvaru se svislým rozdělením v polovině šířky křídla. Všechna okenní křídla jsou otevíravá dovnitř, bez možnosti sklápění. Okenní rám i křídla jsou ze dřeva s bílým nátěrem, zasklení je provedeno izolačními dvojskly. Vnitřní parapet je z desky na bázi dřeva, vnější parapet je z pozinkovaného plechu s červeným nátěrem. Rozměr okenního otvoru a celkové rozčlenění je podrobně uvedeno na obr. č. 103. Celková plocha okna $A_c = 4,41 \text{ m}^2$, plocha zasklení $A_s = 2,591 \text{ m}^2$. Propustnost skla se nepodařilo nalézt, budeme tedy dle [25] počítat s propustností pro jednu skleněnou tabuli (izolační dvojsklo má dvě skleněné tabule) $\tau_{s,nor} = 0,92$, to je ale pouze hodnota daná normou, reálnou hodnotu udává výrobce oken (tu se bohužel nepodařilo nalézt, bude tedy počítáno s hodnotou normovou). Posledním krokem je výpočet činitele zasklení τ_k , ten se stanoví podle vztahu (27):

$$\tau_k = \frac{2,591}{4,41} = 0,588$$

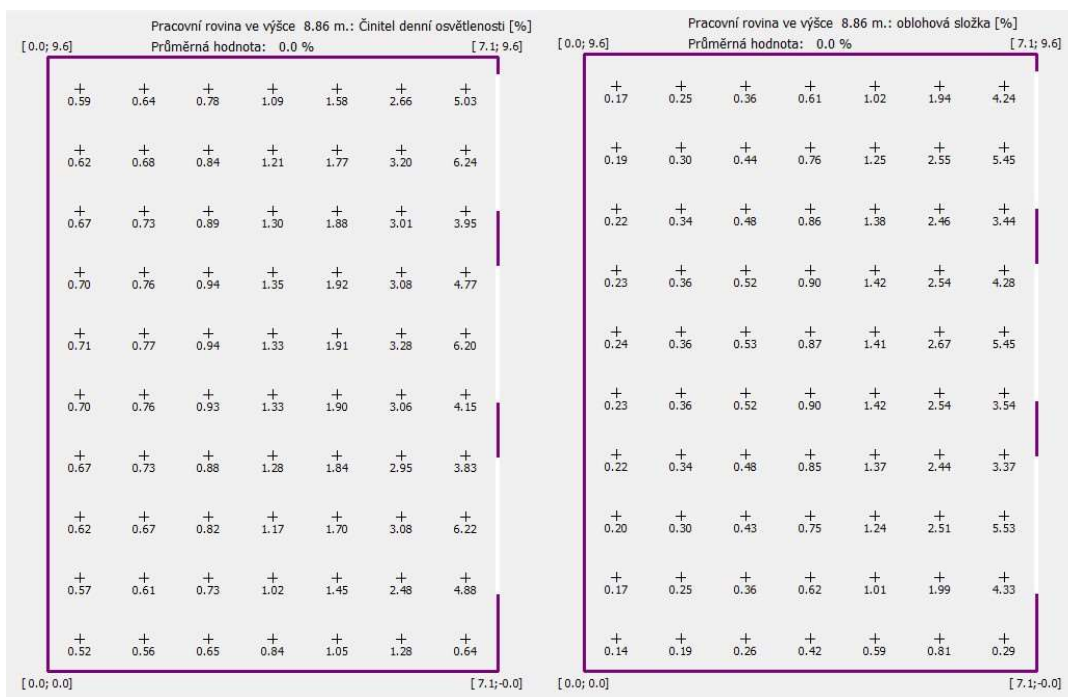
Pracovní rovina je umístěna 0,85 m nad podlahu, což je 8,86 m nad úroveň terénu. Při posuzování z hlediska původní ČSN 73 0580-1 [27] je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 1 m od svislých konstrukcí s krokem sítě 1 m, na rozdíl od aktuálně platné ČSN EN 17037 [34], kde je síť kontrolních bodů umístěna ve vzdálenosti 0,5 m od svislých konstrukcí s totožným krokem sítě 1 m. Dle ČSN 73 0580-1 [27] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 30 %. Dle ČSN EN 17037 [34] je doporučené rozložení odrazivosti povrchů: strop 70 %, stěny 50 % a podlaha 20 %. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Světlo+ [35].



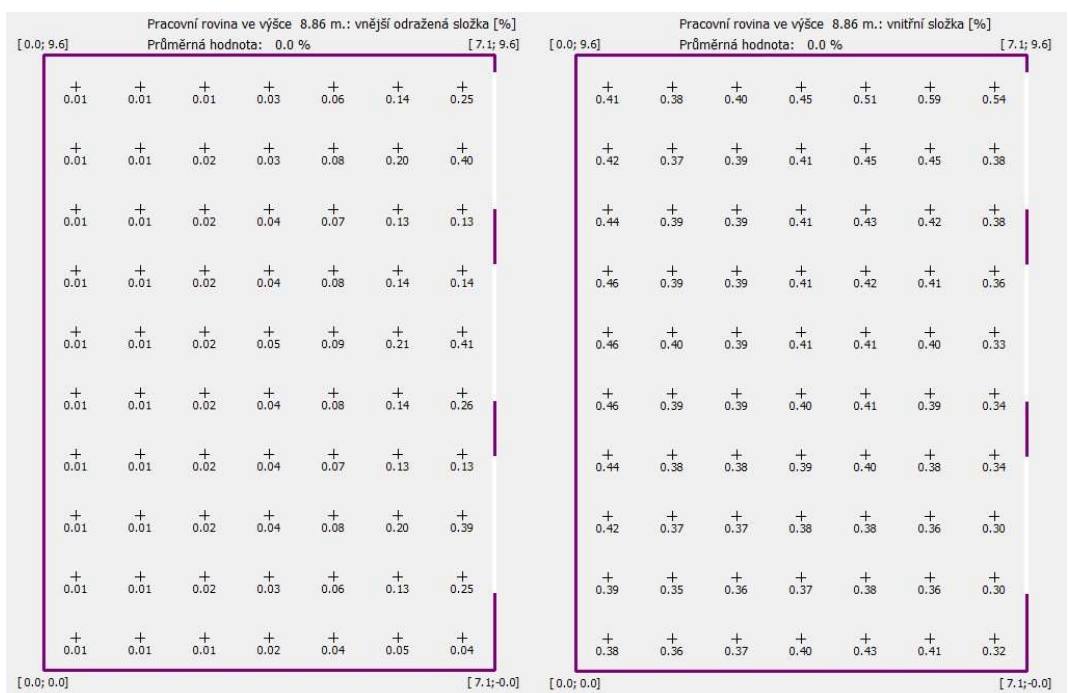
Obr. 104 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



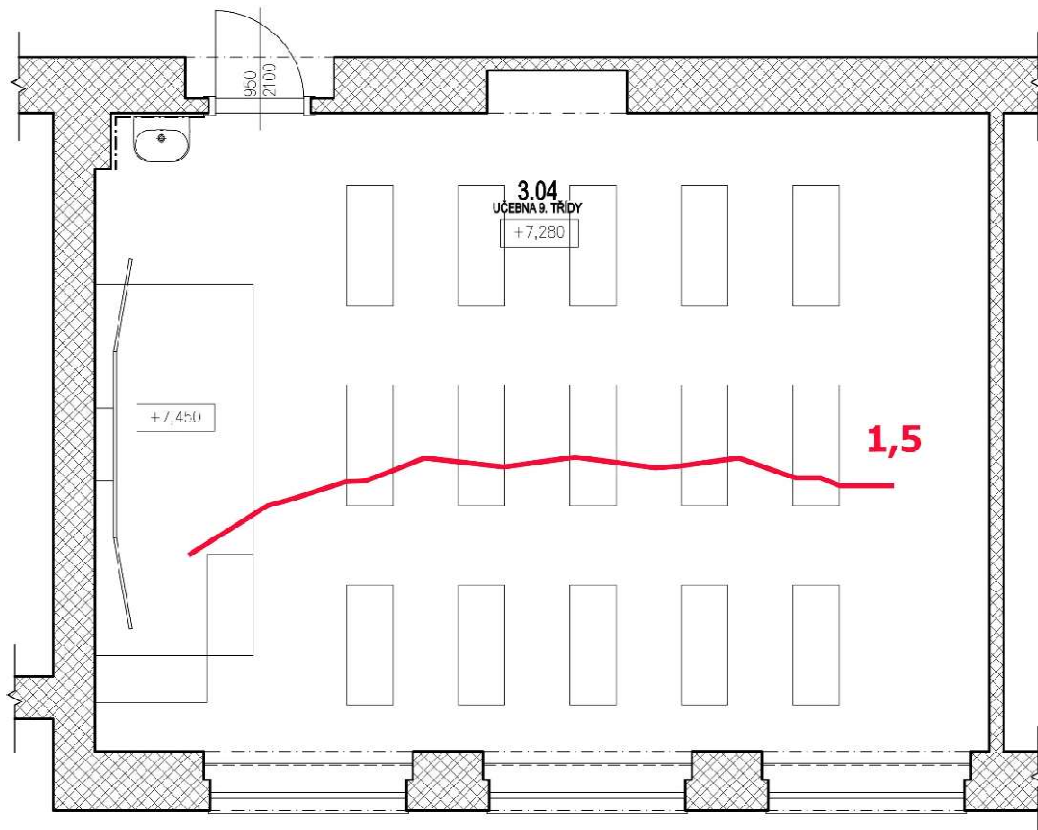
Obr. 105 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



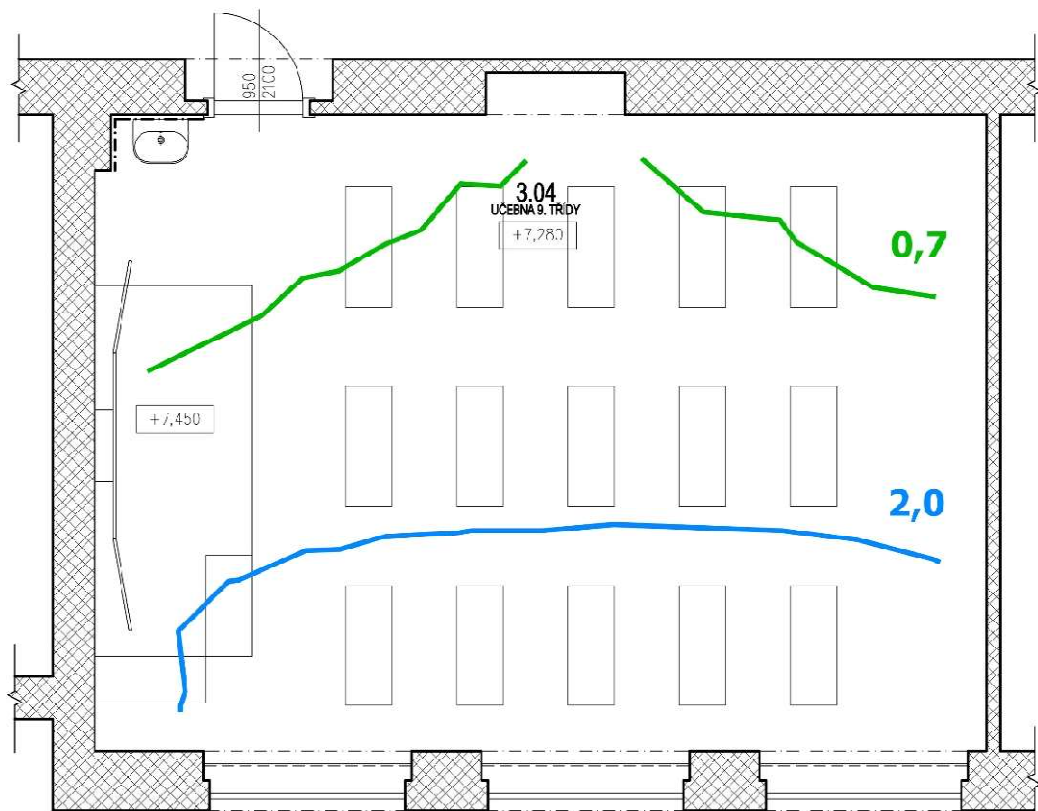
Obr. 106 – Vlevo D [%] a vpravo D_s [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 107 – Vlevo D_e [%] a vpravo D_i [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 108 – Kmenová učebna 9. třídy s vyznačenou izočárou pro hodnotu $D = 1,5 \%$, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



Obr. 109 – Kmenová učebna 9. třídy s vyznačenou izočárou pro hodnoty $D_{TM} = 0,7 \%$ a $D_T = 2,0 \%$, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Rovnoměrnost denního osvětlení:

a) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN 73 0580-1 [27]

$$D_{min} = 0,55 \%$$

$$D_{max} = 4,39 \%$$

$$U = 0,55 / 4,39 = 0,13 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

b) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN EN 17037 [34]

$$D_{min} = 0,52 \%$$

$$D_{max} = 6,24 \%$$

$$U = 0,52 / 6,24 = 0,08 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

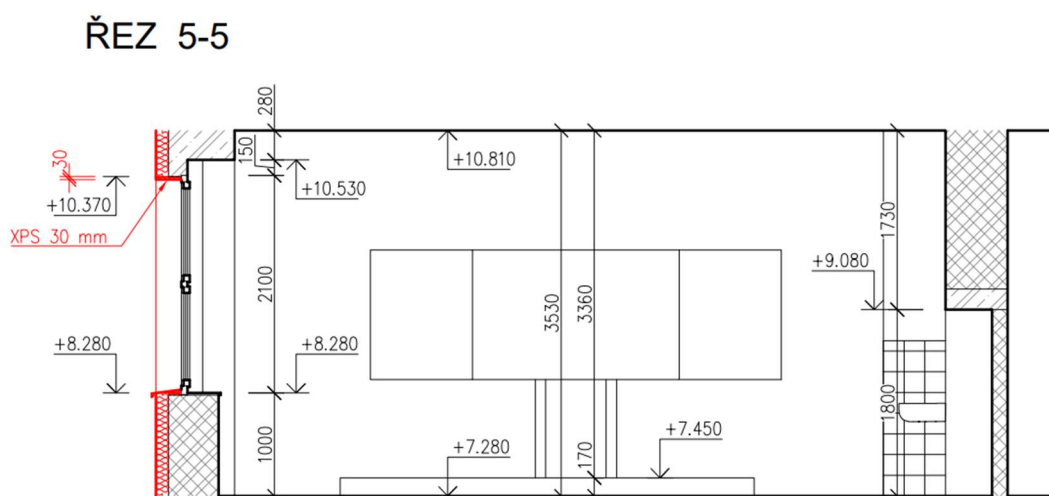
VYHODNOCENÍ

Dle vykreslené izočáry pro hodnotu $D = 1,5 \%$ je zřejmé, že požadavek původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] je splněn pouze v necelé 1/2 plochy místnosti. Výpočty nám také ukázaly nevyhovující rovnoměrnost denního osvětlení, nesplněním normového požadavku $U \geq 0,20$. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] a nespĺňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

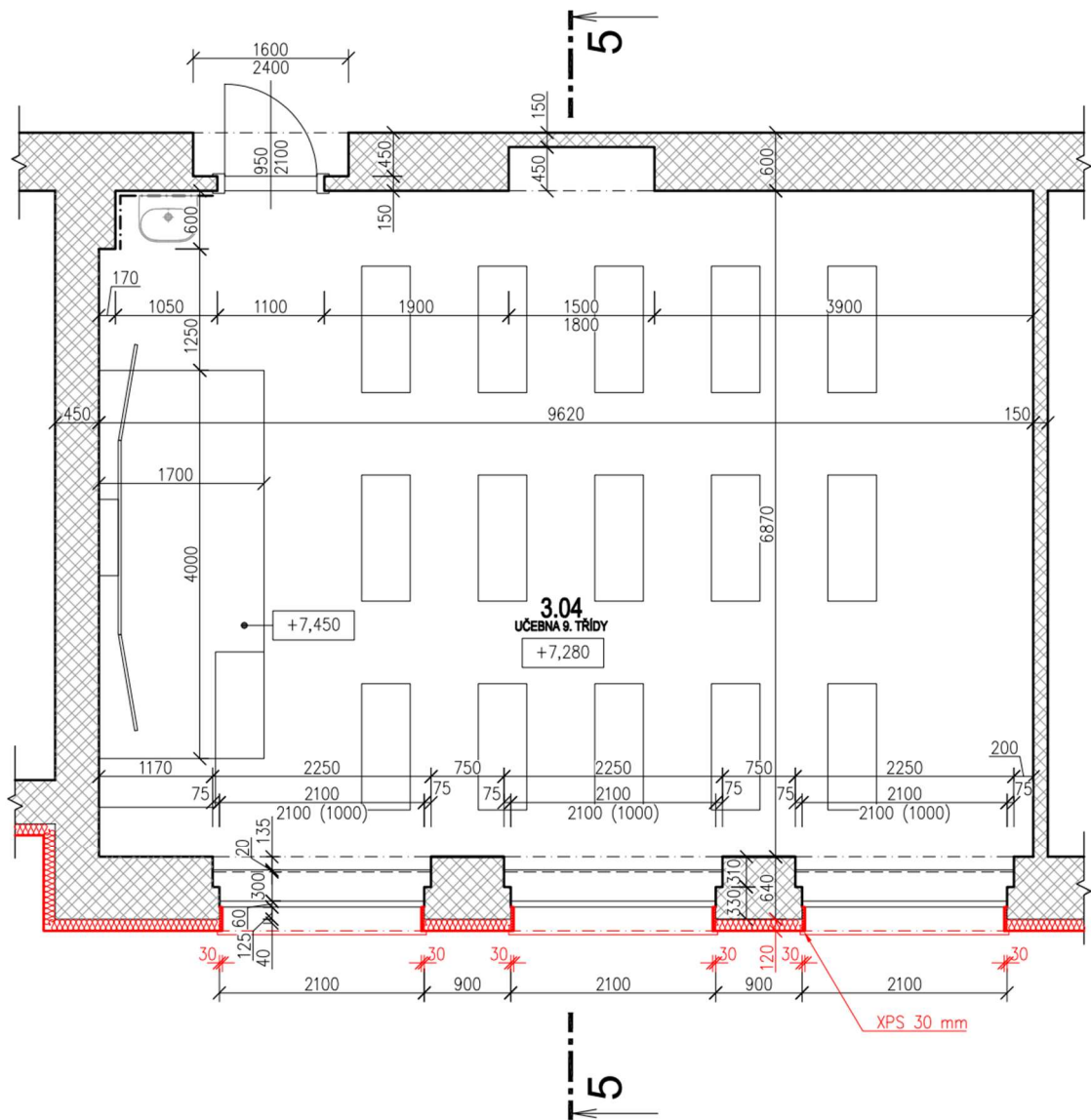
Vyhodnocení dle platné normy ČSN 17037 [34] dopadlo tak, že první podmínka $D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ byla splněna na 25,7 % plochy místnosti a druhá podmínka $D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$ byla splněna na 87,1 % plochy místnosti. Oba výsledky jsou nižší než požadavek normy ČSN EN 17037 [34]. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34] a nespĺňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

5.1.5 Komentář k výsledkům

Žádná z posuzovaných kmenových učeben a ani ředitelna nevyhovuje požadavkům původní normy ČSN 73 0580-3 [33] ($D_{min} \geq 1,5 \%$ a $U \geq 0,2$), a požadavkům platné normy ČSN EN 17037 [34] ($D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ a $D_{TM,95\%} = 0,7 \%$) na denní osvětlení. Posuzované místnosti tedy nesplňují požadavek vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která vyžaduje splnění normových požadavků. Posuzované místnosti mají nevyhovující denní osvětlení z důvodu velkých hloubek místnosti a malých okenních otvorů, které mají navíc nízký činitel τ_k (poměr plochy zasklení a celkové plochy okna). Na závěr je vhodné poznamenat, že veškeré výpočty byly provedeny pro stávající stav a nebylo započteno navržené kontaktní zateplení. Jelikož po zateplení objektu může dojít ke snížení množství dopadajícího světla do místností (množství dopadajícího světla může zůstat i nezměněné), lze s jistotou říct, že po provedení kontaktního zateplení by posuzované místnosti nevyhověly z hlediska denního osvětlení, což bude v následujícím kroku demonstrováno na kmenové učebně 9. třídy.

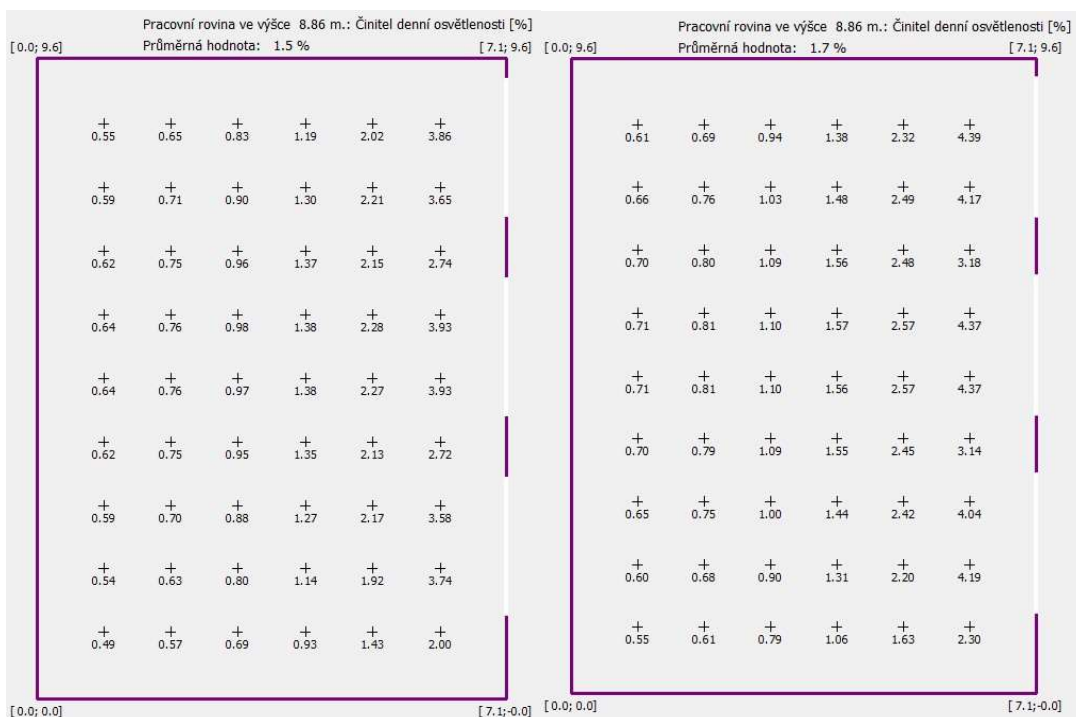


Obr. 110 – Kombinovaný svislý řez a pohled kmenovou učebnou 9. třídy po zhotovení kontaktního zateplení (červená barva)

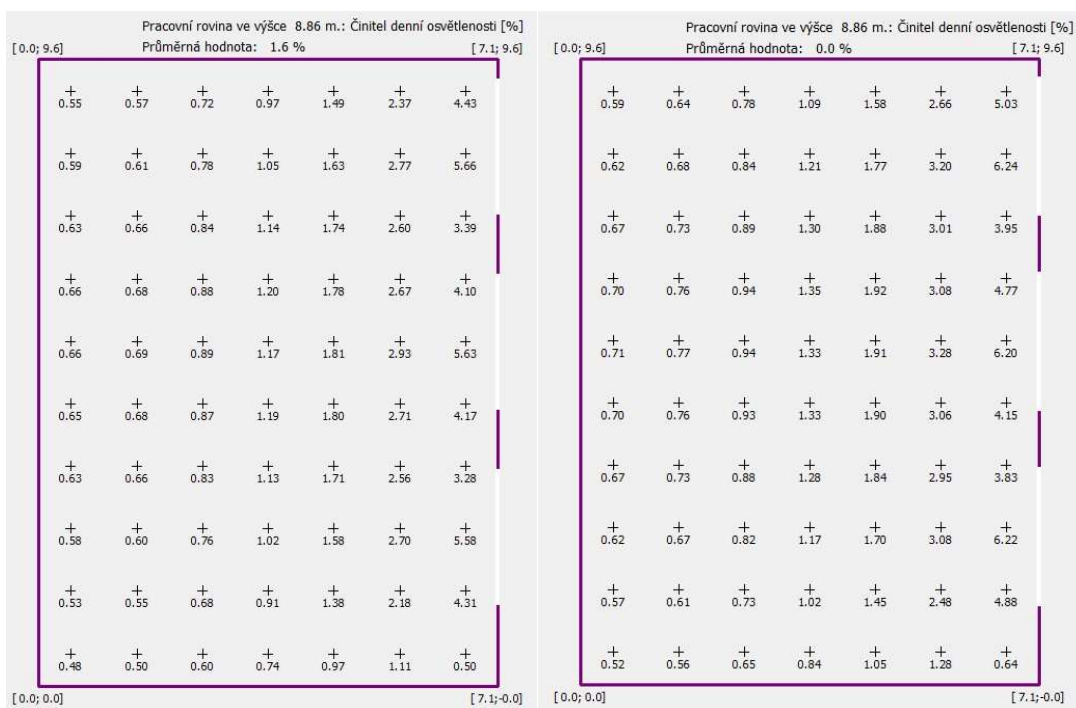


Obr. 111 – Půdorys kmenové učebny 9. třídy po zhotovení kontaktního zateplení (červená barva)

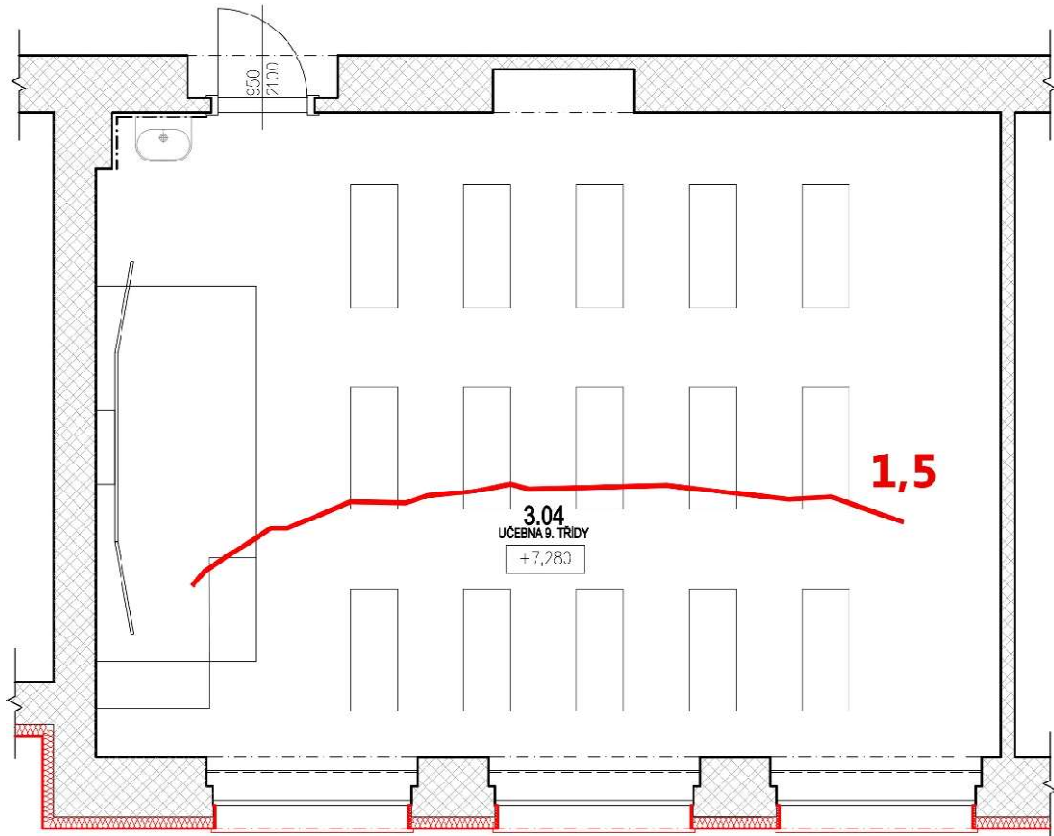
Výpočet proběhl obdobně s výpočtem pro kmenovou učebnu 9. třídy bez zateplení (viz. kapitola 5.1.4.5), uvedeny budou pouze výsledné hodnoty činitele denní osvětlenosti D [%].



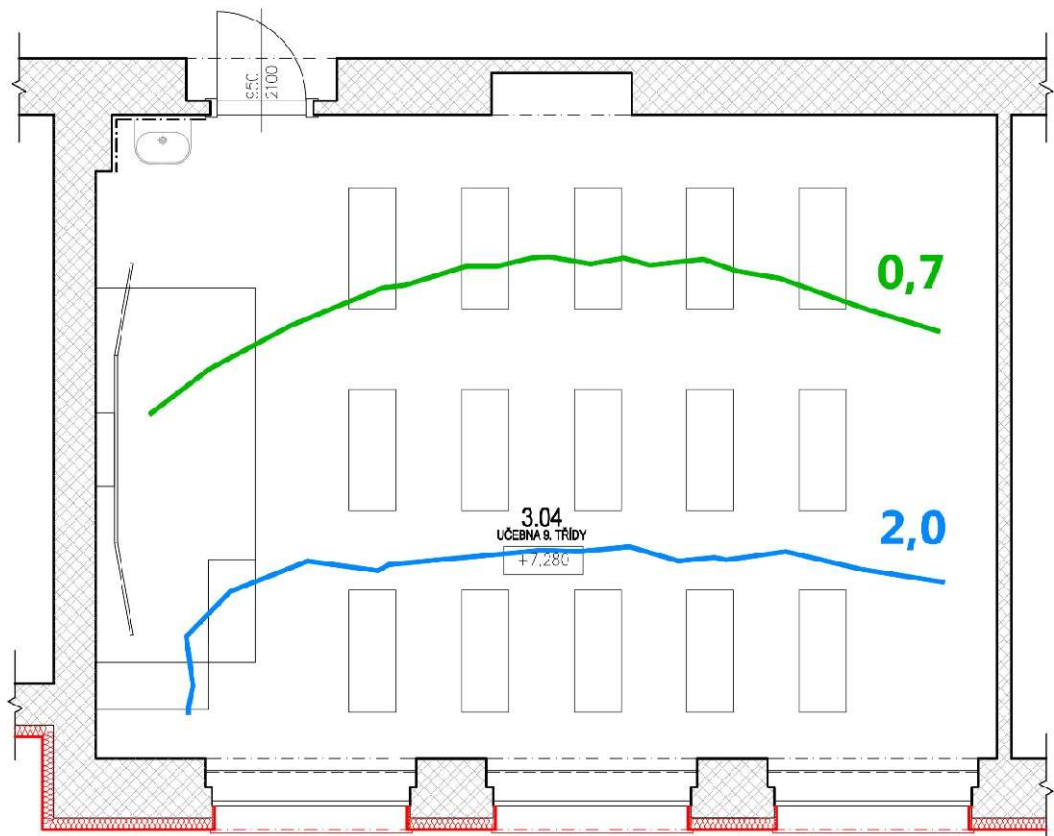
Obr. 112 – Činitel denní osvětlenosti D [%] vlevo po zateplení a vpravo před zateplením, výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



Obr. 113 – Činitel denní osvětlenosti D [%] vlevo po zateplení a vpravo před zateplením, výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 114 – Kmenová učebna 9. třídy po kontaktním zateplení s vyznačenou izočárou pro hodnotu $D = 1,5$ %, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



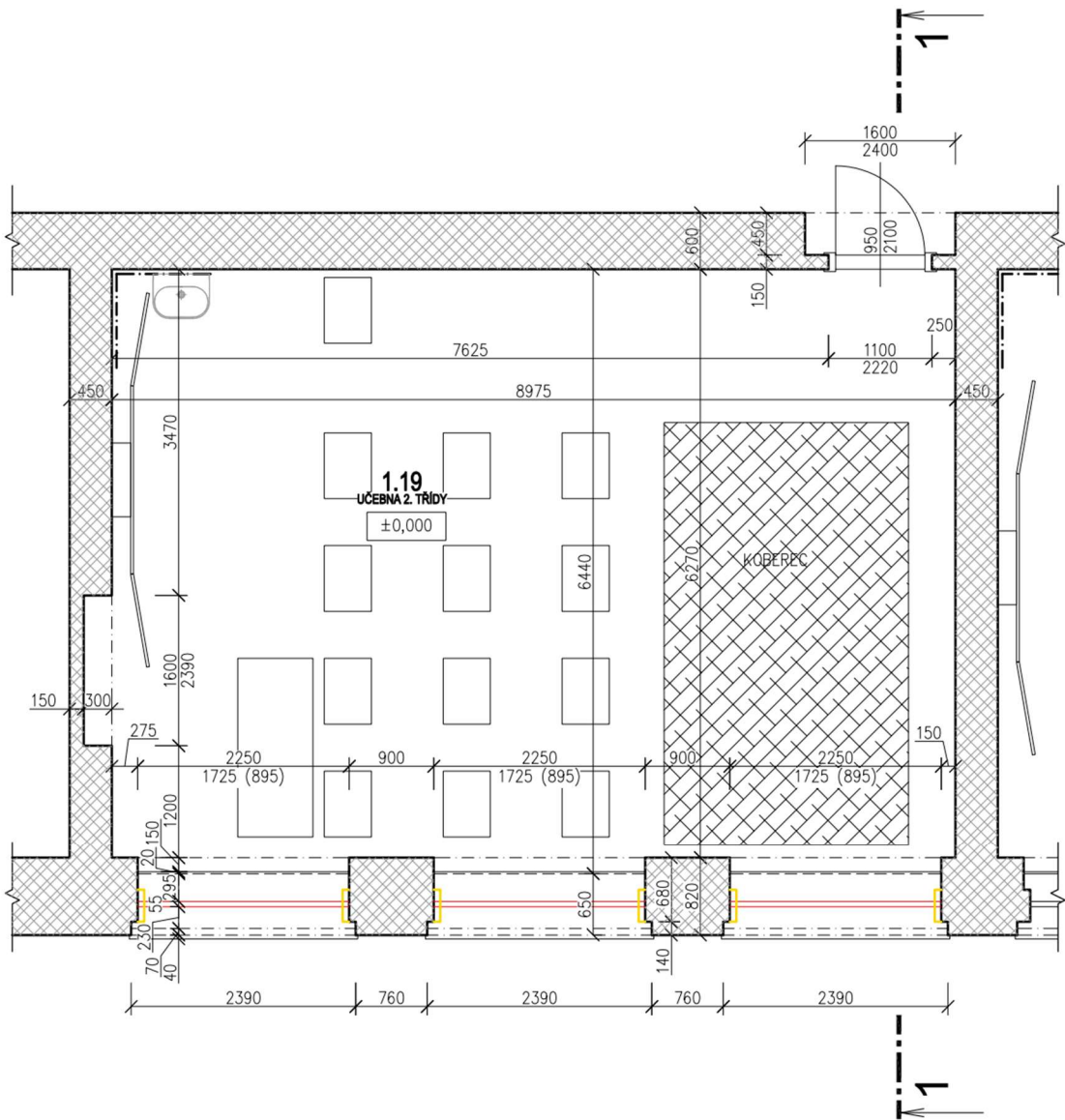
Obr. 115 – Kmenová učebna 9. třídy po kontaktním zateplení s vyznačenou izočárou pro hodnoty $D_{TM} = 0,7$ % a $D_T = 2,0$ %, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Z uvedených výsledků jasně vyplývá, že po provedení kontaktního zateplení (dle předchozího návrhu z části tepelné ochrany budov), dojde ke zhoršení denního osvětlení v kmenové učebně 9. třídy. Činitel denní osvětlenosti D [%] po zhotovení kontaktního zateplení vychází nižší oproti stavu před zateplením a to jak dle původně platné normy ČSN 73 0580-1 [35], tak i aktuální normy ČSN EN 17037 [35] (viz. obr. 112 a obr. 113). Dále můžeme pozorovat posun izočár (viz. obr. 114 a obr. 115) směrem k oknům, což vypovídá o zhoršení.

5.1.6 Návrh opatření

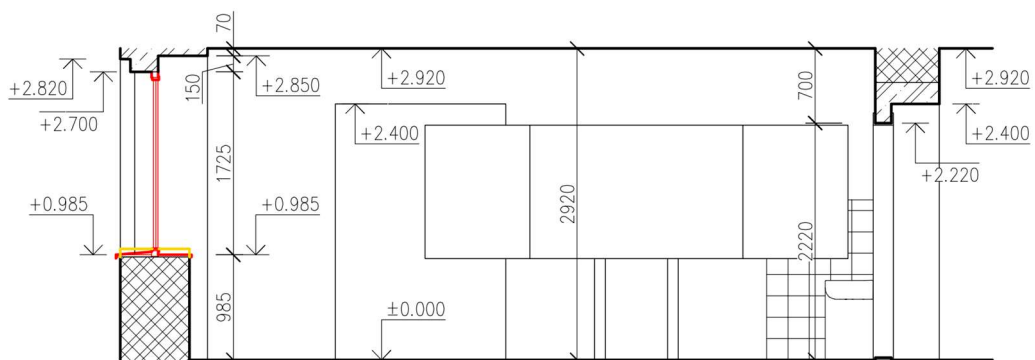
Nejprve by bylo vhodné přistoupit k výměně oken. Měli bychom upřednostnit okna, která mají co možná nejvyšší podíl zasklení, jsou to okna s úzkými okenními rámy a okenními křídly. Za dobrou volbu můžeme považovat okna Janisol Arte 2.0, která mají velmi úzké ocelové profily a také velmi dobré tepelně technické vlastnosti. Pokud by toto opatření nepomohlo, mohli bychom se přiklonit k zvětšení rozměrů okenních otvorů a to odebráním např. jedné či dvou řad cihel v místě parapetu, tím by došlo ke snížení parapetu a zvětšení otvoru. V kmenových učebnách by bylo vhodné přistoupit k rotaci žáků v rámci lavic, žáci by se v doporučených časových intervalech (např. interval 14 dní) přesouvali z řady lavic blíže ke dveřím do řady lavic blíže k oknu a naopak. Tímto opatřením přispějeme ke správné funkci a vývoji (u nižších ročníků) jejich zraku.

V dalším kroku si ukážeme dopady opatření na nejhůře hodnocené místnosti z hlediska denního osvětlení. Jedná se o kmenovou učebnu 2. třídy, ve které dojde k výměně oken, odstranění jedné řady cihel v oblasti parapetu z důvodu získání větší výšky okenního otvoru a osekání profilace ostění z důvodu rozšíření okenního otvoru.

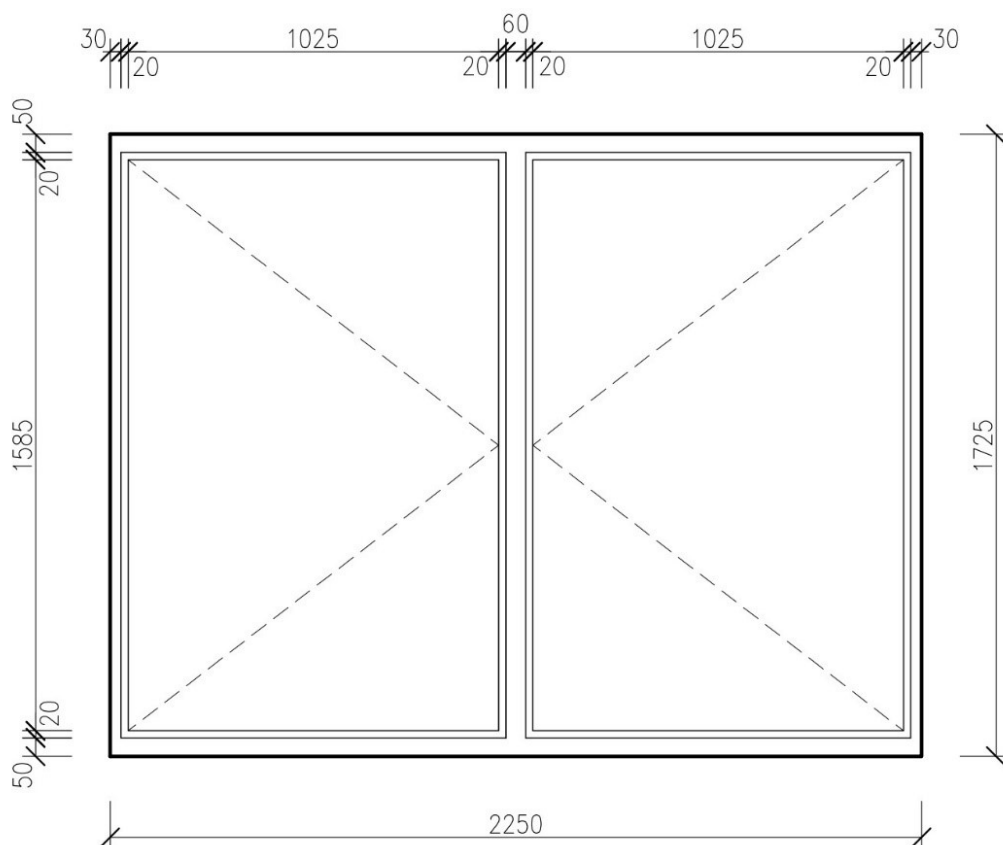


Obr. 116 – Půdorys kmenové učebny 2. třídy po úpravě okenních otvorů a výměně oken. Žlutá barva značí odstranění profilace ostění oken a červená barva značí nová okna.

ŘEZ 1-1



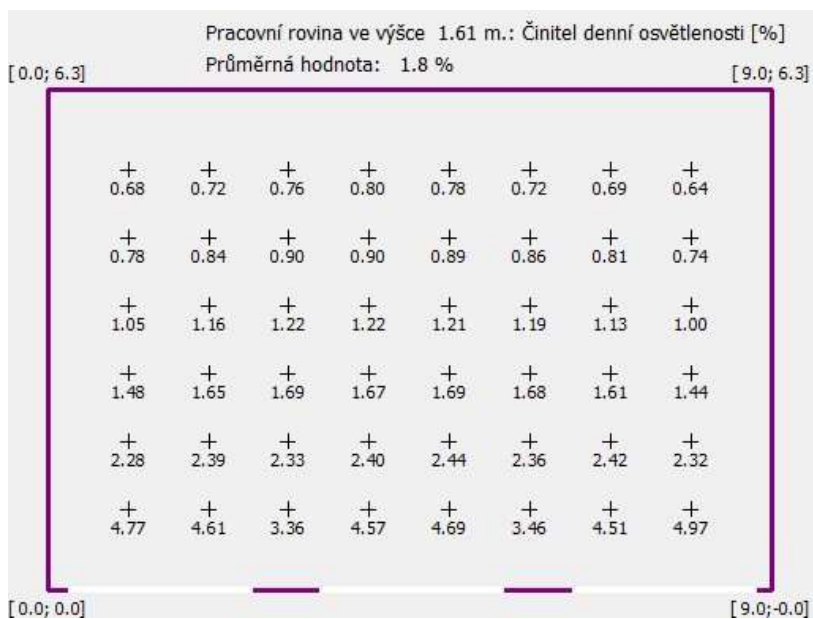
Obr. 117 – Kombinovaný svislý řez a pohled kmenovou učebnou 2. třídy po úpravě okenních otvorů a výměně oken. Žlutá barva značí odstranění jedné řady cihel u parapetu a červená barva značí nová okna.



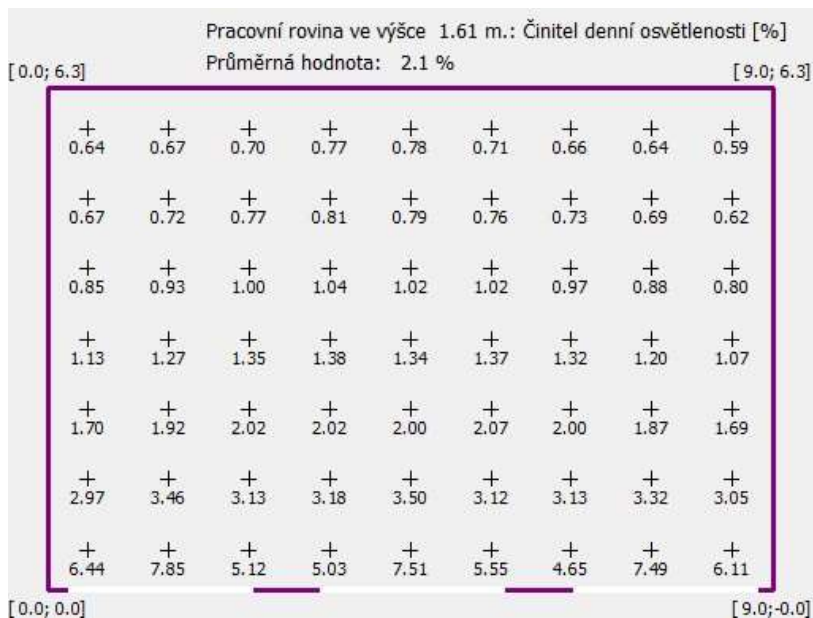
Obr. 118 – Pohled na navržené okno Janisol Arte 2.0 v kmenové učebně 2. třídy

Všechna okna v kmenové učebně jsou orientovaná směrem na jihovýchod. Okno je složeno ze dvou částí. Z levého a pravého křídla. Obě okenní křídla jsou otevíravá dovnitř, bez možnosti sklápění. Okenní rám i křídla jsou vyrobená z tenkých profilů z nerezové oceli, zasklení je provedeno izolačními dvojskly, tepelně izolační vlastnosti rámu a křídel zajišťuje vnitřní plastový profil. Vnitřní parapet je z desky na bázi dřeva, vnější parapet je z pozinkovaného plechu. Rozměr okenního otvoru a celkové rozčlenění je podrobně uvedeno na obr. č. 118. Celková plocha okna $A_c = 3,88 \text{ m}^2$, plocha zasklení $A_s = 3,24 \text{ m}^2$. Propustnost skla je dle výrobce 0,78 (78 %). Zbylé parametry jsou shodné s výpočtem před stavebními úpravami (viz. kapitola 5.1.4.1). Posledním krokem je výpočet činitele zasklení τ_k , ten se stanoví podle vztahu (27):

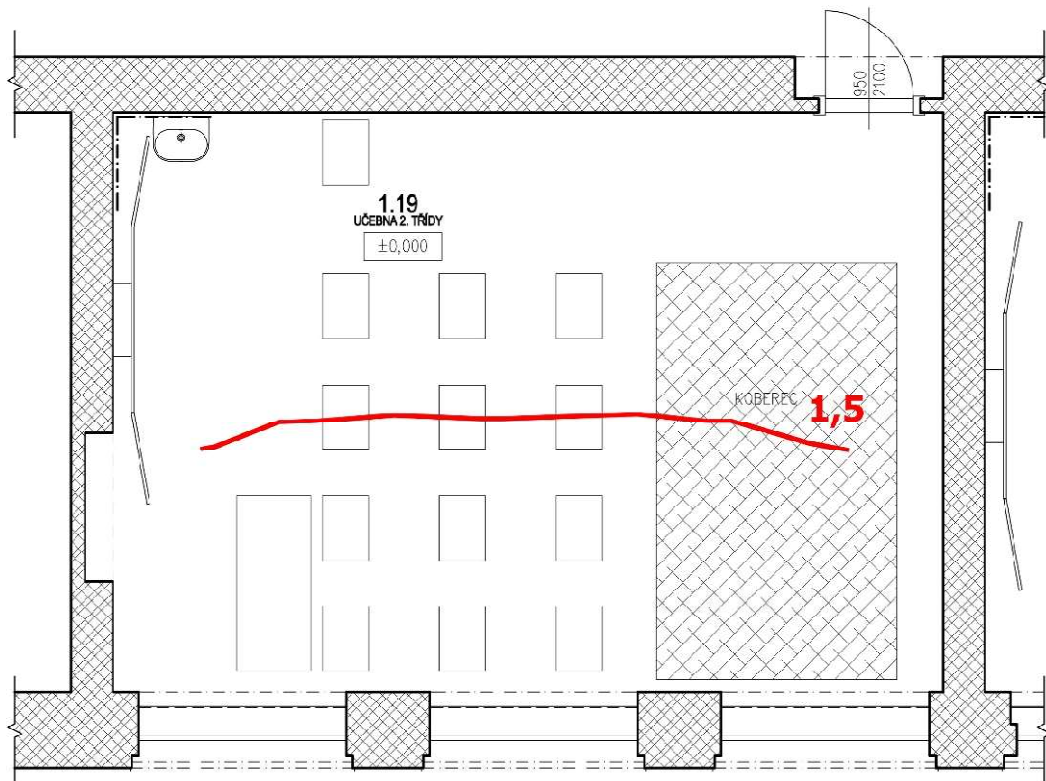
$$\tau_k = \frac{3,24}{3,88} = 0,835$$



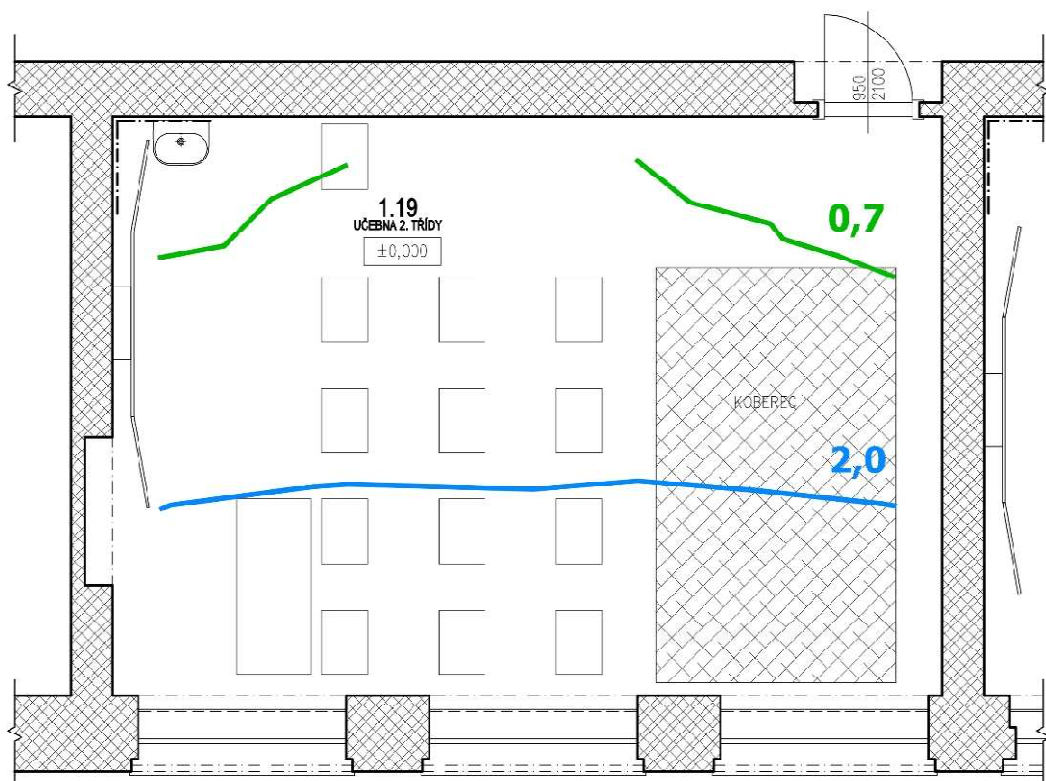
Obr. 119 – Činitel denní osvětlenosti D [%], výpočet dle ČSN 73 0580-1 [35]



Obr. 120 – Činitel denní osvětlenosti D [%], výpočet dle ČSN EN 17037 [35]



Obr. 121 – Kmenová učebna 2. třídy s vyznačenou izočárou pro hodnotu $D = 1,5 \%$, dle původně platné normy ČSN 73 0580-1



Obr. 122 – Kmenová učebna 2. třídy s vyznačenou izočárou pro hodnotu $D_{TM} = 0,7 \%$ a $D_T = 2,0 \%$, dle současně platné normy ČSN EN 17037

Rovnoměrnost denního osvětlení:

a) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN 73 0580-1 [27]

$$D_{min} = 0,64 \%$$

$$D_{max} = 4,97 \%$$

$$U = 0,64 / 4,97 = 0,13 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

b) Na základě výpočtu z programu Světlo+ [35] dle ČSN EN 17037 [34]

$$D_{min} = 0,62 \%$$

$$D_{max} = 7,85 \%$$

$$U = 0,62 / 7,85 = 0,08 < 0,20$$

NEVYHOVUJE

VYHODNOCENÍ

Dle vykreslené izočáry pro hodnotu $D = 1,5 \%$ je zřejmé, že požadavek původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] je splněn pouze v cca 1/2 plochy místnosti. Výpočty nám také ukázaly nevyhovující rovnoměrnost denního osvětlení, nesplněním normového požadavku $U \geq 0,20$. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle původně platné normy ČSN 73 0580-3 [33] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

Vyhodnocení dle platné normy ČSN 17037 [34] dopadlo tak, že první podmínka $D_{T,50\%} \geq 2,0 \%$ byla splněna na 36,5 % plochy místnosti a druhá podmínka $D_{TM,95\%} \geq 0,7 \%$ byla splněna na 93,7 % plochy místnosti. Oba výsledky jsou nižší než požadavek normy ČSN EN 17037 [34]. Řešená kmenová učebna tedy nevyhovuje z hlediska denního osvětlení podle aktuálně platné normy ČSN EN 17037 [34] a nesplňuje podmínku vyhlášky č. 410/2005 Sb. [31], která požaduje vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům.

Ačkoliv je dopad provedených úprav na výsledné hodnoty velmi dobrý, tak i přesto nedošlo ke splnění normových požadavků. Je tedy nutné zvážit přesun kmenové učebny 2. třídy do prostoru místnosti č. 1.11 (viz. výkres č. 1 půdorys 1. NP) určené pro volnočasové aktivity, ve které je vyšší světlá výška a nestíní zde tělocvična, i zde by bylo zřejmě nutné provést stavební úpravy ke splnění požadavků.

5.2 Proslunění

5.2.1 Úvod do problematiky proslunění

Proslunění je pojem, který označuje dopad slunečních paprsků do interiéru. Z hlediska proslunění se dříve posuzovaly především byty, rodinné domy a obytné místnosti. V dnešní době zohledňujeme proslunění i v místnostech mateřských škol v prostorech pro hry dětí, a dokonce i v místnostech nemocničních pokojů. Proslunění nám charakterizuje tzv. doba proslunění, jejíž výpočet je závislý na orientaci ke světovým stranám, poloze posuzovaného objektu/místnosti, času a na stínících překážkách.

„Doba proslunění je důležitým kritériem kvality vnitřního prostoru a může přispět k celkové pohodě lidí. Minimální doba proslunění má být zajištěna v nemocničních pokojích, v místnostech pro dětské hry v mateřských školách a alespoň v jedné obytné místnosti bytů. Minimální doba proslunění znamená minimální počet hodin, během kterých pro referenční den v roce při jasné obloze dopadá do prostoru přímé sluneční světlo.“ [34]

Proslunění se požaduje u těchto prostorů:

- Obytné místnosti v bytových, řadových a rodinných domech
- Denní místnosti v předškolních zařízeních
- Kmenové učebny škol
- Pokoje v nemocnicích a léčebnách
- Pěstitelské plochy ve sklenících a pařeništích [25]

Tato práce se zabývá prosluněním v prostoru tělocvičny.

5.2.2 Požadavky na proslunění tělocvičen

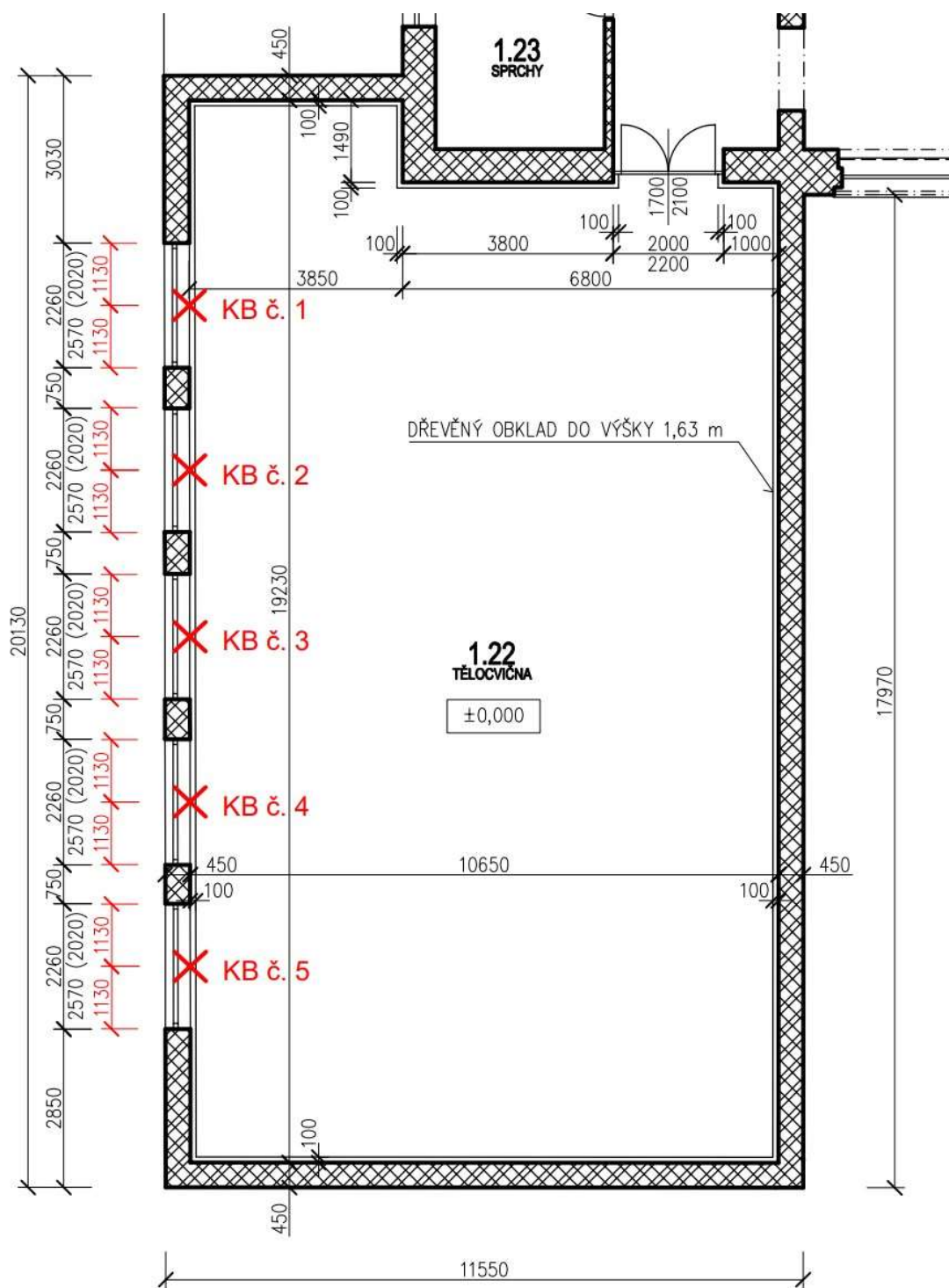
Požadovaná doba proslunění prostorů tělocvičen není specifikována v žádné normě, nicméně by dle [25] měla být nejméně 3 hodiny denně v době mimo výuku, kvůli působení UV složky slunečního záření.



Obr. 123 – Venkovní pohled na tělocvičnu

5.2.3 Výpočet doby proslunění v prostoru tělocvičny

Veškeré výpočty byly provedeny v programu Světlo+ [35] v souladu s aktuálně platnou normou ČSN EN 17037 [34]. Doby proslunění budeme určovat pro 5 kontrolních bodů umístěných v 5 oknech tělocvičny. Kontrolní bod bude umístěn vždy v polovině šířky okna a ve výšce 300 mm nad úrovní parapetu, zároveň ho budeme umísťovat dle ČSN EN 17037 [34] na vnitřní rovinu osvětlovacího otvoru viz. obr. 124 níže.



Obr. 124 – Výřez půdorysu tělocvičny s vyznačenými kontrolními body



Obr. 125 – Výřez ze situace stínících objektů pro výpočet doby proslunění (viz. Výkres č. 6)

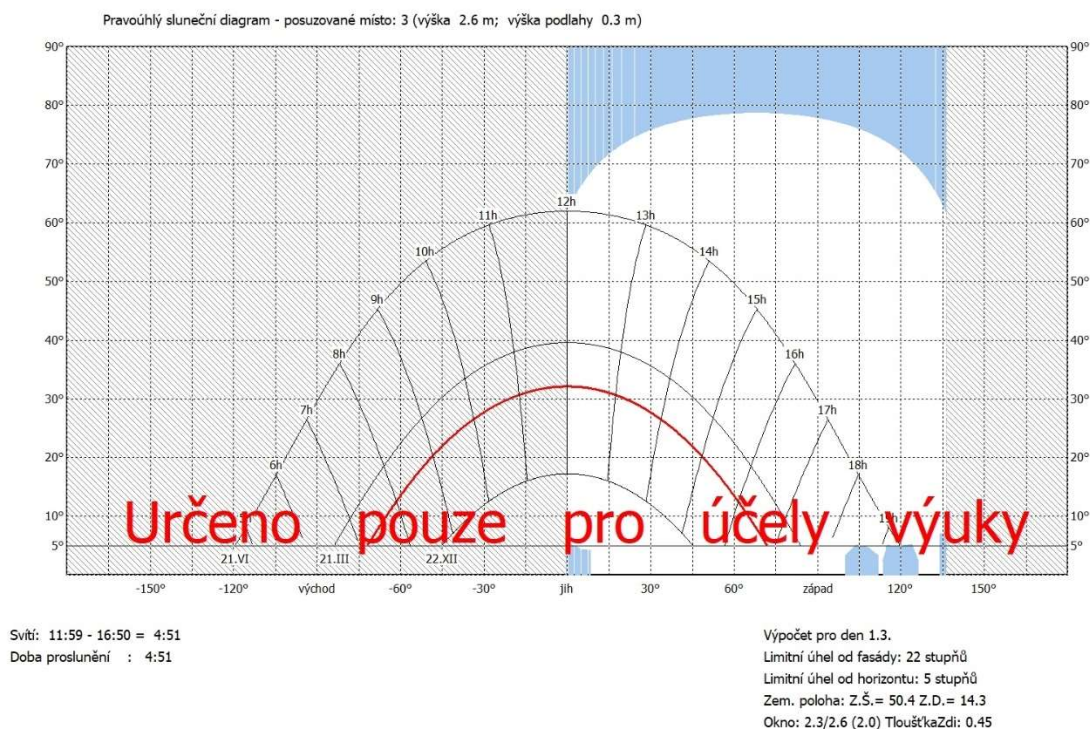


Obr. 126 – Situace s 3D modely z programu Světlo+ [35]

Kontrolní bod č. 3

Výška kontrolního bodu nad terénem: 2,58m

Vypočtená doba proslunění: 4 h 51 min



Obr. 127 – Pravouhý sluneční diagram pro kontrolní bod č. 3, výstup z programu Světlo+ [35]

Kontrolní bod č. 1, č. 2, č. 4 a č. 5

Doba proslunění vychází ve všech kontrolních bodech shodně včetně pravouhého slunečního diagramu (viz. obr. 127).

Výška kontrolních bodů nad terénem: 2,58m

Vypočtená doba proslunění: 4 h 51 min

5.2.4 Komentář k výsledkům

Na základě vypočtených hodnot doby proslunění můžeme prohlásit, že výsledné doby proslunění, v našem případě vychází doba proslunění shodně pro všech 5 kontrolních bodů a to 4 hodiny a 51 minut, vyhovují požadavkům.

4 h 51 min > 3 h ⇒ **VYHOVUJE**

Dále z pravouhého slunečního diagramu zjišťujeme, že sluneční paprsky začnou do interiéru tělocvičny dopadat v 11:59 a přestanou dopadat v 16:50. Doporučením tedy je navštěvovat tělocvičnu v tomto časovém intervalu, abychom zajistili doporučené působení UV složky slunečního záření.

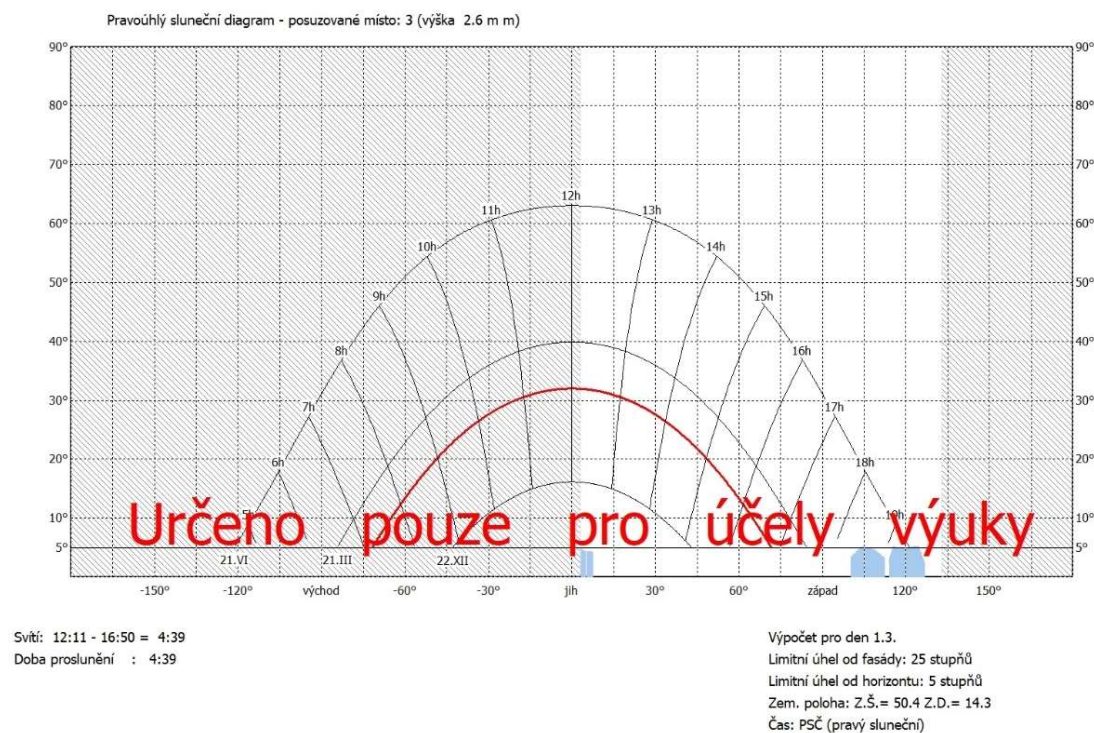
5.2.5 Výpočet doby proslunění dle normy ČSN 73 4301

Zavedením normy ČSN EN 17037 [34] došlo ke změně polohy kontrolního bodu, tudíž výpočet podle normy ČSN 73 4301 [36] již není platný. Pro možnost porovnání výpočtu podle obou norem bude na závěr proveden výpočet doby proslunění dle původního postupu dle normy ČSN 73 4301 [36]. Výpočet bude proveden pro KB č. 3.

Kontrolní bod č. 3

Výška kontrolního bodu nad terénem: 2,58m

Vypočtená doba proslunění: 4 h 39 min

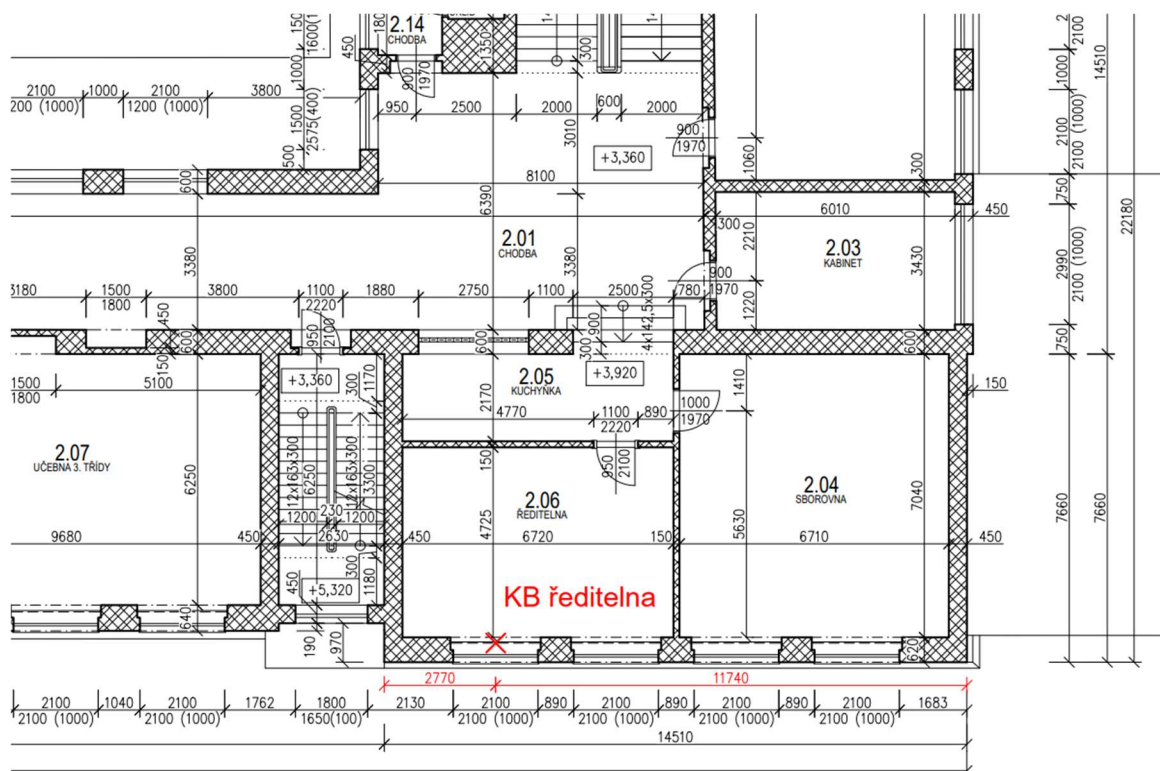


Obr. 128 – Pravoúhlý sluneční diagram pro kontrolní bod č. 3, dle původního postupu podle normy ČSN 73 4301 [36], výstup z programu Světlo+ [35]

Z výsledků je patrné, že při použití již neplatného postupu výpočtu dle normy ČSN 73 4301 [36], dosahujeme kratší doby proslunění, konkrétně v KB č. 3 o 12 minut. Změnil se také čas, při kterém začnou sluneční paprsky dopadat do interiéru, z původních 11:59 na současných 12:11, doba přerušení dopadu slunečních paprsků do interiéru se však nezměnila a zůstala na původních 16:50. Lze tedy říct, že původně platný postup je z hlediska výsledné doby proslunění kritičtější.

5.2.6 Výpočet doby proslunění v prostoru ředitelny

Proslunění bylo v minulosti požadováno i v místnostech pro vedení školy (v našem případě se jedná pouze o prostor ředitelny). Požadovaná doba proslunění byla alespoň 2 až 3 hodiny denně. Je tedy záhodno ověřit i tento prostor. [25]



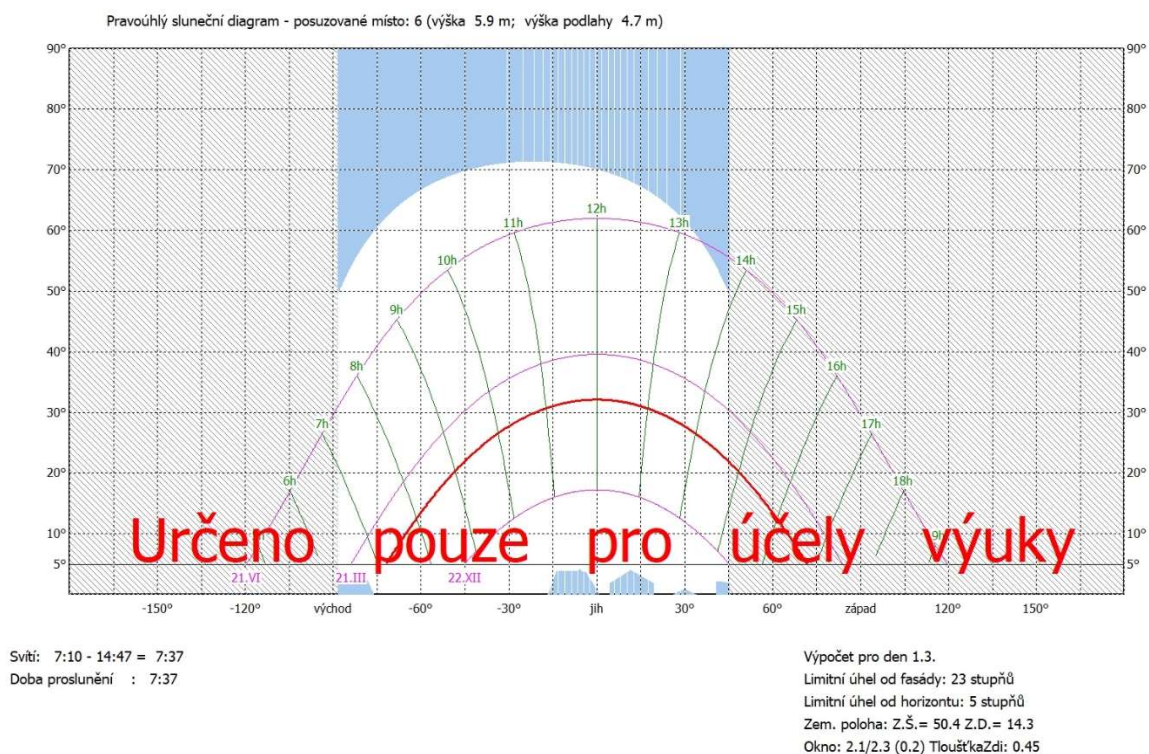
Obr. 129 – Výřez půdorysu 2. NP s vyznačeným kontrolním bodem prostoru ředitelny

Kontrolní bod prostoru ředitelny je umístěn v polovině šířky okna, které označuje posuzovanou místnost (PM) č. 5 a č. 3 v obr. 49 (viz. výkres č.6). Výpočet byl proveden v programu Světlo+ [35] v souladu s aktuálně platnou normou ČSN EN 17037 [34].

Kontrolní bod - ředitelna

Výška kontrolního bodu nad terénem: 5,88 m

Vypočtená doba proslunění: 7 h 37 min



Obr. 130 – Pravouhlý sluneční diagram pro kontrolní bod - ředitelna, výstup z programu Světlo+ [35]

Na základě vypočtené hodnoty doby proslunění můžeme prohlásit, že výsledná doba proslunění 7 hodiny a 37 minut, vyhovuje požadavkům.

7 h 37 min > 2 až 3 h => **VYHOVUJE**

Dále z pravouhlého slunečního diagramu zjišťujeme, že sluneční paprsky začnou do interiéru ředitelny dopadat v 7:10 a přestanou dopadat v 14:47.

Závěr

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vyhodnocení stávajícího stavu vybrané základní školy z hlediska stavební akustiky a stavební světelné techniky, okrajově i stavební tepelné techniky. Vždy nejprve proběhlo seznámení s danou problematikou, definování vybraných veličin, se kterými se následně pracovalo, stanovení legislativních požadavků, posouzení stávajícího stavu a nakonec návrh úprav nebo soupis doporučených opatření.

V první fázi práce proběhlo kompletní zaměření (pasportizace) objektu školy, jelikož se nedochovala žádná relevantní stavební dokumentace. Ve školním archivu byly nalezeny pouze výkresy jednotlivých profesí, které však neobsahovaly žádné údaje potřebné pro účely této práce. Archiv stavebního úřadu byl v minulosti vytopen a dokumentace zničena. Pro celý objekt školy byla zhotovena částečná dokumentace stávajícího stavu, která následně sloužila pro účely této bakalářské práce.

Nejprve byly řešeny vybrané prvky (obvodové stěny) z hlediska tepelné ochrany budov, kde došlo k navržení kontaktního zateplení z důvodu nesplnění normových požadavků. Návrh dbal na udržitelnost a tomu odpovídaly i požadované hodnoty, které byly přísnější, než je nutné. Návrh byl proveden tak, aby vyhovoval normou doporučeným hodnotám (ne normou požadovaným, které jsou méně přísné).

Dále se řešily vybrané stavební konstrukce z hlediska stavební akustiky, po dohodě s vedoucím práce se vybraly nejméně příznivé stavební konstrukce a ty se posuzovaly vzhledem k akusticky izolačním vlastnostem. Prostor tělocvičny byl posouzen na dobu dozvuku pro zajištění vhodného vnitřního prostředí. Po vyhodnocení byly navrženy stavební úpravy, které nevyhovující stav zvrátí a zajistí splnění legislativních požadavků.

Poté přišla na řadu stavební světelná technika, v rámci níž byly posouzeny vybrané kmenové učebny a ředitelna z hlediska denního osvětlení. Na základě výsledků se doporučila vhodná opatření a navrhly se stavební úpravy, které by přispěly ke zlepšení stávajícího stavu. Tělocvična byla vyhodnocena na proslunění, respektive zajištění dostatečného působení UV složky slunečního záření a následně byla stanovena doporučená doba, po kterou je vhodné navštěvovat tělocvičnu v době výuky. Z hlediska proslunění byla posouzena také ředitelna.

Veškeré výpočty byly zhotoveny ve specializovaných programech. Výpočty týkající se tepelné ochrany budov v programu Teplo 2017, výpočty týkající se stavební akustiky v programu NEPrůzvučnost 2010 a výpočty týkající se stavební světelné techniky v programu Světlo+.

Použitá literatura

- [1] GPS souřadnice - určení polohy (WGS-84). In: *ČÚZK: Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Česká Republika, 2022. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz>
- [2] Mapa České Republiky: Mapa krajů ČR. In: *Mapa České Republiky* [online]. Dostupné z: <http://www.mapaceskerepubliky.cz/img/kraje-cr.jpg>
- [3] Digitální mapa ČR: Výřez z digitálních mapových podkladů. In: *MAPY.CZ: Seznam.cz a. s.* [online]. Česká Republika, 2022. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3997776&y=50.2999151&z=11>
- [4] Katastrální mapa ČR: Výřez z katastrální mapy ČR s ortofoto podkladem. In: *ČÚZK: Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Česká Republika, 2022. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz>
- [5] Výpis z katastru nemovitostí: Informace. In: *ČÚZK: Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Česká Republika, 2022. Dostupné z: <https://nahliznidokn.cuzk.cz/>
- [6] NOVÁK, Miroslav., RYŠÁNEK, Tomáš., BÍLKOVÁ, Hana. Dobová pozvánka na slavnostní otevření školy z roku 1934. *Bulletin: Časopis Masarykovy školy*. Štětí: ZŠ T. G. Masaryka, 1994, 8. díl.
- [7] Historie školy. In: *Základní škola T. G. M. Štětí* [online]. Česká Republika: ZŠ T. G. M. Štětí, 2017. Dostupné z: <http://www.zstgm-steti.cz/rub-skola/rub-historie-skoly>
- [8] HRUŠKOVÁ, Gabriela. Výroční zpráva školy. In: *ZŠ T. G. M. Štětí* [online]. Štětí, 2021. Dostupné z: http://www.zstgm-steti.cz/uploads/dokumenty/vyrocní_zprava_2020_21.pdf
- [9] Digitálních 3D mapa ČR: Výřez z digitální 3D mapy ČR. In: *Mapy.cz* [online]. Česká Republika: Seznam.cz, a. s., 2022. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3752231&y=50.4544286&z=19&m3d=1&height=153&yaw=-172&pitch=-45&l=0&base=ophoto>
- [10] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov*. Změna Z1 z dubna 2012. Praha: ÚNMZ Praha, 2011.
- [11] Tepelný odpor: Výpočty. In: *IZOLACE-INFO: informační portál* [online]. Česká Republika: Izolace-info, 2017. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/>
- [12] SVOBODA, Zbyněk. *Program Teplo 2017 EDU*. Praha, 2017.
- [13] ČSN 73 0527 *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely*. Praha: ČNI, 2005.
- [14] ČSN 73 0532 *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků - Požadavky*. Praha: ÚNMZ Praha, 2020.
- [15] ČSN 01 1600 *Akustika - Terminologie*. Praha: ČNI, 2003.
- [16] NOVÁČEK, Jiří., KAŇKA, Jan. Akustika staveb - Doba dozvuku staveb pro sport a tělovýchovu. *Tzb-info* [online]. Praha, 2013. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/9450-doba-dozvuku-staveb-pro-sport-a-telovychovu>
- [17] NOVÁČEK, Jiří. Akustika staveb - Neprůzvučnost. *Tzb-info* [online]. Praha. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/179-nepruzvucnost>

- [18] NOVÁČEK, Jiří. Akustika staveb - Vážená neprůzvučnost. *Tzb-info* [online] Praha
Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/185-vazena-nepruzvucnost>
- [19] NOVÁČEK, Jiří. Akustika staveb - Stavební neprůzvučnost. *Tzb-info* [online].
Praha
Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/186-stavebni-nepruzvucnost>
- [20] ČSN EN ISO 717-2 (730531) *Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost: Příloha B (informativní)*. Praha: ÚNMZ, 2021.
- [21] SVOBODA, Zbyněk., PELECH, Marcel. *Program NEPrůzvučnost 2010*. Kladno, 2010.
- [22] ČECHURA, Jiří. *Stavební fyzika 10: Akustika stavebních konstrukcí*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01593-9.
- [23] TOMAŠOVIČ, Peter., RYCHTÁRIKOVÁ, Monika., DLHÝ, Dušan., GAŠPAROVIČOVÁ, Viera. *Akustika budov: Priestorová akustika*. Bratislava: STU, 2010. ISBN 978-80-227-3235-2.
- [24] KAŇKA, Jan., NOVÁČEK, Jiří. *Stavební fyzika 3 - Akustika pozemních staveb*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05674-5.
- [25] VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. *Stavební světelná technika - Přednášky*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [26] BOŠOVÁ, Daniela. *Denní osvětlení budov*. In: *PROFESIS - Profesionální informační systém ČKAIT* [online]. Česká Republika: ČKAIT, 2016.
Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-8/tp-1-8-8/>
- [27] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, 2007.
- [28] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: Cvičení*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05858-9.
- [29] Zákon č. 258/2000 Sb.: *Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*. In: . 2000, verze 61 z roku 2022.
- [30] Zákon č. 205/2020 Sb.: *Zákon, kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony*. In: . 2020, verze 4.
- [31] Vyhláška č. 410/2005 Sb.: *Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*. In: . 2017, verze 3.
- [32] Vyhláška č. 343/2009 Sb.: *Vyhláška, 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*. In: . 2009.
- [33] ČSN 73 0580-3 - *Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol*. Změna Z3 ze srpna 2019. Praha: ČNI, 1994.
- [34] ČSN EN 17037 - *Denní osvětlení budov*. Praha: ČAS, 2019.
- [35] JPSOFT S.R.O. *Program Světlo+*. Česká Republika, 2019.
- [36] ČSN 73 4301 – *Obytné budovy*. Praha: ČNI, 2004.

Seznam příloh

- Příloha č. 1* - Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v 1. NP
- Příloha č. 2* - Tepelně-technické posouzení obvodové stěny ve 2. NP, 3. NP, ředitelně a tělocvičně
- Příloha č. 3* - Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v podkroví
- Příloha č. 4* - Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v 1. NP - NÁVRH
- Příloha č. 5* - Tepelně-technické posouzení obvodové stěny ve 2. NP, 3. NP, ředitelně a tělocvičně - NÁVRH
- Příloha č. 6* - Tepelně-technické posouzení obvodové stěny v podkroví – NÁVRH
- Příloha č. 7* - Posouzení zděné stěny mezi učebnou a chodbou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti
- Příloha č. 8* - Posouzení zděné stěny mezi učebnami, mezi učebnami a schodištěm z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti
- Příloha č. 9* - Posouzení zděné stěny mezi ředitelnou a kuchyňkou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti
- Příloha č. 10* - Posouzení stropu mezi učebnami z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti
- Příloha č. 11* - Posouzení stropu mezi učebnami z hlediska vážené stavební normované hladiny kročejového zvuku
- Příloha č. 12* - Posouzení zděné stěny s akustickou předstěnou mezi ředitelnou a kuchyňkou z hlediska vážené stavební neprůzvučnosti

Výkresová část – v přiložených deskách

- Výkres č. 1* – Půdorys 1. NP
- Výkres č. 2* – Půdorys 2. NP
- Výkres č. 3* – Půdorys 3. NP
- Výkres č. 4* – Svislý řez A-A a B-B
- Výkres č. 5* – Technické pohledy (severozápadní a severovýchodní)
- Výkres č. 6* – Situace stínících objektů