



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Návrh obecního domu s ohledem na stavební fyziku

Design of a municipal house with regard to building physics

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

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

Linda Moravcová

Praha 2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Moravcová</u>	Jméno: <u>Linda</u>	Osobní číslo: <u>458 918</u>
Zadávací katedra: <u>K124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh obecního domu s ohledem na stavební fyziku</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of a municipal house with regard to building physics</u>	
Pokyny pro vypracování: Na základě dispozičního řešení návrh konstrukčního řešení. Předběžný statický návrh nosných konstrukcí. Tepelně technické posouzení zateplení objektu z hlediska jednorozměrného šíření tepla. Ověření proslunění bytů. Posouzení denního osvětlení ve vybraných obytných místnostech a v herně dětí. Návrh dělicích konstrukcí mezi byty a mezi bytem a posilovnou s ohledem na splnění požadavků kladených na váženou stavební neprůzvučnost. Posouzení doby dozvuku ve společenském sálu v závislosti na obsazenosti sálu a v závislosti na navržených povrchových úpravách tohoto prostoru. Součástí práce bude vybraná projektová dokumentace v rozsahu situace stínících objektů, půdorys, svislé řezy, výkres střechy a technické pohledy.	
Seznam doporučené literatury: ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ÚNMZ Praha, únor 2010. 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 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov, ČNI Praha, červen 2007. ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004. VYCHYTIL, Jaroslav., KANKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>18. 2. 2019</u> Termín odevzdání bakalářské práce: <u>26. 5. 2019</u>	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>18. 2. 2019</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

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

V dne

.....

podpis

Poděkování

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

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem obecního domu v obci Nesvačilka. Hlavním cílem je návrh a posouzení konstrukčního systému, obalových a dělicích konstrukcí se zřetelem na stavební fyziku.

Textová část je rozdělena do pěti hlavních kapitol. První kapitola se věnuje stručnému popisu konstrukce. Na tu následně navazuje další kapitola s popisem stavebně konstrukčního řešení. Poslední tři kapitoly jsou věnované oborům stavební fyziky. Prvním posuzovaným oborem je stavební tepelná technika, která řeší prostup tepla obalovými konstrukcemi. Druhým oborem, který sleduje šíření zvuku v prostoru je akustika a posledním posuzovaným oborem je světelná technika. V té je řešena problematika proslunění a denní osvětlenosti. V rámci posouzení jsou navrženy stavební úpravy, které jednotlivé obory splňují. Nedílnou součástí práce je vytvoření vybrané výkresové dokumentace.

Klíčová slova

obecní dům, konstrukční návrh, stavební fyzika, tepelná technika, vzduchová neprůzvučnost, doba dozvuku, proslunění, denní osvětlení

Annotation

The Bachelor thesis deals with the design of the municipal house in the village Nesvacilka. The main aims are the design of the construction system, insulation packing and partition constructions with the focus on building physics.

The text part of this thesis is divided into five main chapters. The first chapter briefly describes the construction. The following chapter is focused on the description of building/construction solution. The last three chapters deal with themes of building physics. The first evaluated field is civil heating technology, solving heat transmission through insulation packing technology. The second part of the building physics mentioned is acoustics, which deals with sound propagation in the space. The last topic mentioned is lighting technology. This chapter solves sunlight and daylight issues. Outlined in the evaluation part are the reconstruction changes corresponding to the mentioned fields of building physics. An integral part of the thesis is to also elaborate on the related drawing documentation.

Keywords

municipal house, structural design, building physics, thermal protection, airborne sound insulation, reverberation time, sunlight, daylight

Obsah

Úvod	10
1. Popis konstrukce	11
1.1 Lokalita	11
1.2 Architektonické, dispoziční a funkční řešení	12
1.2.1 Popis místností	12
1.3 Bezbariérové užívání stavby	14
2. Stavebně konstrukční řešení.....	15
2.1 Svislé nosné konstrukce	15
2.1.1 Objekt 1	15
2.1.2 Objekt 2	15
2.2 Vodorovné nosné konstrukce	15
2.2.1 Objekt 1	15
2.2.2 Objekt 2	16
2.2.3 Překlady.....	16
2.3 Střecha.....	16
2.4 Schody	17
2.4.1 Pódium	17
2.5 Dělicí konstrukce	18
2.6 Podhledy.....	18
2.7 Základové konstrukce.....	18
2.8 Hydroizolace spodní stavby, protiradonové opatření.....	19
2.9 Tepelné izolace	20
2.10 Výplně otvorů	20
2.11 Podlahy	21
2.12 Povrchové úpravy	22
2.12.1 Vnější.....	22
2.12.2 Vnitřní.....	22
2.13 Klempířské prvky.....	22
2.14 Loubí	23
2.15 Technická zařízení budov	23
3. Stavební tepelná technika	25
3.1 Požadavky	25
3.2 Okrajové podmínky	26
3.3 Posouzení	27

3.3.1	Obvodová stěna	27
3.3.2	Podlaha na terénu 1	28
3.3.3	Podlaha na terénu 2	30
3.3.4	Podlaha na terénu 3	32
3.3.5	Podlaha na terénu 4	33
3.3.6	Podlaha na terénu 5	35
3.3.7	Střešní konstrukce.....	37
3.3.8	Vnitřní stěna s rozdíly teplot do 10 °C včetně.....	39
3.3.9	Železobetonový obvodový sloup	40
3.4	Zhodnocení.....	41
4.	Stavební akustika	42
4.1	Vzduchová neprůzvučnost	42
4.1.1	Požadavky.....	43
4.1.2	Posouzení	44
4.1.3	Zhodnocení.....	44
4.2	Prostorová akustika	44
4.2.1	Požadavky.....	45
4.2.2	Výpočet	45
4.2.3	Zhodnocení.....	54
5.	Stavební světelná technika	55
5.1	Proslunění.....	55
5.1.1	Požadavky.....	56
5.1.2	Výpočet proslunění prvního bytu	57
5.1.3	Posouzení proslunění prvního bytu	58
5.1.4	Návrh stavebních úprav	58
5.1.5	Posouzení proslunění prvního bytu po úpravě.....	59
5.1.6	Výpočet proslunění druhého bytu	60
5.1.7	Posouzení proslunění druhého bytu	61
5.1.8	Zhodnocení proslunění	61
5.2	Denní osvětlení.....	62
5.2.1	Požadavky.....	62
5.2.2	Posouzení prvního bytu	63
5.2.3	Návrh stavebních úprav – 1. varianta	66
5.2.4	Návrh stavebních úprav – 2. varianta	69
5.2.5	Návrh stavebních úprav – 3. varianta	70

5.2.6	Zhodnocení prvního bytu	71
5.2.7	Posouzení druhého bytu	72
5.2.8	Návrh úpravy druhého bytu	73
5.2.9	Zhodnocení druhého bytu.....	74
5.2.10	Posouzení dětské herny	75
5.2.11	Zhodnocení dětské herny.....	77
Závěr	78
Seznam použitých informačních zdrojů	80
Přílohy		

Úvod

Ve své bakalářské práci se zabývám návrhem budovy obecního domu v obci Nesvačilka nedaleko Brna s ohledem na stavební fyziku. Obecní dům slouží k volnočasovým aktivitám. V současné době se obyvatelé musí dopravovat do většího města, aby mohli využívat tyto služby. Tím jsou vázáni na automobilovou nebo veřejnou dopravu. Návrh a následná realizace obecního domu řeší tyto nedostatky a zvyšuje kvalitu žití na maloměstě.

Je všeobecně známo, že lidé tráví až 90 % svého času uvnitř budov, a proto dnes neustále rostou požadavky na vnitřní prostředí budov s ohledem na stavební fyziku. Projektant se při návrhu projektové dokumentace co nejvíce snaží vyhovět požadavkům obyvatel na budoucí trávení času v příjemném prostředí. Usiluje o vytvoření takzvané tepelné, zvukové a zrakové pohody. Zpracovat projekt tak, aby byly všechny tyto předpoklady splněny, vyžaduje kvalitní znalosti a spoustu času. Z tohoto důvodu je stavební fyzika často opomíjena a v konečném výsledku má velký dopad na celkovou kvalitu a již zmíněnou pohodu při užívání stavby.

Cílem práce je navrhnout a předběžně posoudit nosné a nenosné konstrukce z hlediska statického, tepelně technického, akustického a světelného.

Důvodem výběru tématu mé bakalářské práce byly právě tyto narůstající požadavky na stavební fyziku a můj zájem o prohloubení znalostí v tomto oboru s návazností na příští studium.

1. Popis konstrukce

V návrhu obecního domu jsem se inspirovala architektonickou studií, kterou jsem měla k dispozici [1]. Studie obsahovala dva návrhy. V prvním návrhu se zabývala rekonstrukcí stávající budovy a zároveň přístavbou budovy nové. V druhém návrhu se uvažovalo o demolici stávající budovy a výstavbě novostavby. Po řešení výhod a nevýhod návrhů jsem se rozhodla pro první variantu, která měla výhodnější dispozici. I přes tuto skutečnost jsem se nevyhnula lehkým korekcím pro lepší využití vnitřních prostorů.

1.1 Lokalita

Obecní dům se nachází v obci Nesvačilka nedaleko Brna. Jedná se o pozemky č. 159 a č. 160, které můžeme vidět vyšrafované červenou barvou na Obrázku 1. Pozemky jsou situovány u hlavní silnice na okraji obce a směřují k vedlejší obci Těšany. Na obrázku si můžeme povšimnout, že parcely jsou již zastavěné. Pro účel bakalářské práce se uvažuje demolice objektů, které jsou ve špatném technické stavu. Konkrétně se jedná o budovu bývalé mateřské školy na p. č. 159 a stodoly na p. č. 160.



Obrázek 1 - Katastrální mapa + ortofoto [2]

1.2 Architektonické, dispoziční a funkční řešení

Obecní dům se skládá ze dvou samostatných jednopodlažních objektů situovaných do písmene L, ve kterém vytváří dvůr. S veškerou zelení tvoří menší areál určený k setkávání občanů.

V prvním objektu (dále objekt 1) se nacházejí dva menší byty, posilovna, UNI prostor/salonek, dětská herna, hygienické zázemí a technická místnost. Ve druhém objektu (dále objekt 2) najdeme sál s kapacitou 150 míst k sezení s pódium, zázemí účinkujících, předsálí, šatna s pokladnou, WC, garáž s dílnou, sklad, bar – výčep. Před tímto objektem je navrženo kryté loubí.

V letním období za příznivého počasí se v objektu počítá s konáním hudebních akcí pod širým nebem, kde je pro tyto účely navržena zatravnovací dlažba, která zabrání podmáčení půdy a letní pódium, které bude umístěno v prostorách loubí. Pro další využití venkovního prostranství je v zadní části pozemku situován obecní sad, který je určen k rekreaci. Vedle objektu 1 se nachází dětské hřiště. Zde můžeme najít skluzavku, houpačky, šplhací lana nebo lezeckou stěnu z kamenů. Pro větší bezpečnost dětí je hřiště ze strany silnice kryté stromy a keři.

Z hlediska komfortu návštěvníků je navrženo parkoviště na jihovýchodní straně pozemku a za zmínku stojí také parkovací stání pro invalidy. Množství parkovacích stání je omezeno, poněvadž se předpokládá, že občané, pro které jsou prostory navrženy, přijdou pěšky. Nechybí ani parkovací stání pro byty umístěné uvnitř areálů.

Hlavní vchod do areálu je na jihozápadní straně vedle objektu 1. Vedlejší vchod je umístěn vedle parkoviště. Třetí vchod do areálu je povolen pouze pro nájemníky bytů a pracovníky obecního domu. Pohyb kolem objektů bude ze zpevněné plochy, konkrétně šedé zámkové dlažby. S ohledem na soukromí nájemníka a vstup do bytu z vnitrobloku je mezi objekty navrženo živé oplocení.

1.2.1 Popis místností

Větší bytová jednotka, která má vstup z ulice, odpovídá dispoziční 2+kk a menší druhá jednotka 1+1. Vzhledem k takto malým dispozičním se předpokládá, že každý byt bude obydlen pouze jedním, maximálně dvěma nájemníky. Jednotky se budou

pronajímat nevybavené pouze se základním zařízením, tj. vestavěná skříň v ložnici, kuchyňský kout se spotřebiči a sanitární zařízení.

Vzhledem k velikosti a vybavenosti posilovny je doporučeno užívání pouze čtyřmi osobami současně. Hlavní předností, která má přilákat občany ke zpevnování těla a rýsování svalů, je šest posilovacích a kardio strojů na profesionální úrovni a stojan s činkami. Posilovna bude vhodná pro muže i ženy. Dalším místem k volnočasovým aktivitám je univerzální prostor. Je zařízen pro skupinové lekce jako je jóga, pilates, zumba nebo různá tvoření typu pletení košíků, tvorba adventních věnců a jiné. Bude obsazen s ohledem na danou aktivitu. Maximální obsazenost si zvolí lektor činnosti. Předpokládá se, že z této místnosti povede průchod přímo do dětské herny. Tento prostor nabízí společné aktivity rodičů s potomky. Herna bude vybavena pro děti od tří let věku a bude určena pro deset osob. Vzhledem k zajištění bezpečnosti budou v této místnosti okna uzamykatelná a zásuvky opatřeny dětskými pojistkami. Možnost převléknutí a odložení oděvů do uzamykatelných skříněk bude v šatnách po levé straně při vstupu do objektu. Přes šatnu je vstup do hygienického zázemí s WC kabinami a sprchami. Budova bude s omezeným volným vstupem do posilovny. Do ostatních místností bude vstup pouze s klíčem po předchozí domluvě na obecním úřadě.

Prostory druhého objektu budou zpřístupňovány pouze v době konání kulturních akcí. Sál umožňuje až 150 míst k sezení. Využití prostorů je multifunkční a sál bude uzpůsoben pro konání hudebních projekcí, divadelních akcí, zasedání obecního úřadu, konání plesů, konání soukromých a veřejných oslav a dalších událostí vyžadující tyto prostory.

Do místnosti garáže s dílnou budou mít přístup pouze zaměstnanci obecního úřadu. Prostor bude sloužit k uskladnění nářadí a náčiní pro údržbu budov a celého areálu.

Vstup do areálu bude omezen otevírací dobou dle provozovatele.

1.3 Bezbariérové užívání stavby

Objekt mohou využívat návštěvníci s omezenou schopností pohybu kromě posilovny s přilehlými šatnami se sprchami, kde se předpokládá užívání pouze osobami s neomezenou schopností pohybu. Byty součástí objektu 1 nejsou navrženy jako bezbariérové. Sklon plochy před vstupem do objektů je nejvýše 2 % a šířka vchodových dveří je minimálně 900 mm. Šířka interiérových dveří je minimálně 800 mm [3].

2. Stavebně konstrukční řešení

2.1 Svislé nosné konstrukce

2.1.1 Objekt 1

Konstrukční systém je stěnový. Svislé nosné konstrukce jsou navrženy z cihelných bloků Porotherm 30. Rozměry jsou vyprojektovány v modulovém systému. Svislou styčnou spáru ulehčuje spoj na pero a drážku. Ložná spára bude provedena na obyčejnou cementovou maltu tloušťky 12 mm. Předběžný návrh viz Příloha 1.

Pro výběr tohoto systému mi pomohl fakt, že se v obci Nesvačilka nacházejí stavebniny. Při realizaci se ušetří peníze za dopravu materiálu a zároveň dojde k podpoře místních podnikatelů. Vzhledem k rozměrům objektu je stěnový systém nejekonomičtější variantou.

2.1.2 Objekt 2

Konstrukční systém je kombinovaný. Jihovýchodní strana je navržena z železobetonových prefabrikovaných sloupů a zbylý obvod z cihelných bloků Porotherm 30 jako v objektu 1. Předběžný návrh viz Příloha 1.

Pro prefabrikované prvky jsem se rozhodla proto, že se v blízké vzdálenosti nachází společnost Prefa Brno a použitím již hotových výrobků se ušetří čas a pracnost mokrého procesu. V podrobnější projektové dokumentaci by bylo nutné navrhnout a staticky posoudit spoje prefa dílců.

2.2 Vodorovné nosné konstrukce

2.2.1 Objekt 1

Vodorovné nosné konstrukce se v tomto objektu objevují pouze v podobě ztužujícího železobetonového věnce, který bude proveden na každé stěně tloušťky 300 mm. Spolupůsobením betonu a ocelové výztuže dosáhneme ztužení budovy ve vodorovném směru. Výztuž je tvořena podélnými pruty a třmínky. Přesné rozměry a vyztužení věnce by bylo navrženo v podrobném statickém výpočtu.

2.2.2 Objekt 2

V objektu 2 tvoří vodorovné nosné konstrukce prefabrikované železobetonové průvlaky uložené na sloupy nebo stěny tak, aby navazovaly na ztužující železobetonový věnec, který bude proveden na všech stěnách tloušťky 300 mm. Spolupůsobením průvlaků a věnce se docílí vodorovné tuhosti konstrukce. Předběžný návrh průvlaku viz Příloha 1. Přesné rozměry a vyztužení věnce by bylo navrženo v podrobném statickém výpočtu.

2.2.3 Překlady

V nosných a vnitřních stěnách o tloušťce 300 mm je k přenesení zatížení nad okenními a dveřními otvory navržen keramický překlad. Ten je podobně jako cihly ze systému Porotherm. Výrobek KP7 je široký 70 mm, vysoký 238 mm a ukládá se do lože z cementové malty o tloušťce 12 mm. Pro obvodové zdivo se použije kombinace tří překladů a tepelného izolantu o tloušťce 90 mm, který má za úkol eliminovat tepelné mosty. Jeden překlad se osadí z exteriéru a dva z interiéru. U vnitřních stěn se použijí čtyři kusy překladů [6].

2.3 Střecha

Budovy jsou ukončeny šikmou střechou o přibližném sklonu 35°. Základ tvoří sedlové příhradové vazníky tvořené dřevěnými fošny z jehličnanů spojované styčnickovými deskami s prolisovanými trny. Výhodou vazníkové soustavy je menší spotřeba dřeva a s tím spojená nižší cena než u krovu klasického. Další předností je snížení pracnosti montáže, neboť vazníky budou na stavbu dodány již před připravené. Protipožární ochrana je zajištěna zavěšeným protipožárním podhledem. Předběžný návrh rozměrů viz Příloha 1, podrobný návrh by byl zpracován dodavatelem ve specializovaném softwaru. Vazníky jsou k věnci připevněny pomocí ocelových úhelníků.

Střešní plášť je tvořen keramickými pálenými taškami měděné barvy s glazovanou povrchovou úpravou. Ty jsou pokládány na latě o průřezu 40/60 mm ve vzdálenosti 330–360 mm dle výrobce a sklonu střechy. Pokládka je zde

zjednodušena posuvností střešních tašek. Hřeben je drážkový a je pokládán nasucho na hřebenovou lať ve směru dominantnějšího větru. K zajištění provětrávání střechy je navržena každých 500 mm odvětrávací taška umístěná do druhé řady pod hřebenem. Její funkcí je umožnit odvětrávání případné vlhkosti střešního pláště a snížit teplotní rozdíly na různých místech střechy. Proti sklouzávání sněhu po taškách budou použity protisněhové háky. Ochrana před pronikáním vody do konstrukce je zajištěna kontaktní difúzní fólií, která se pokládá přímo na celoplošné bednění tvořené OSB deskami tloušťky 15 mm, které současně zajišťují prostorové ztužení střechy. To je zabezpečeno i podbitím vazníků rovněž OSB deskami stejné tloušťky, na kterých je připevněna parotěsná fólie zajišťující nepropustnost vodní páry do střešní konstrukce.

Všechny dřevěné prvky použité na střešní konstrukci jsou ošetřeny impregnací proti dřevokazným houbám, plísním a hmyzu.

2.4 Schody

Schody se v objektu nacházejí pouze jako vstup na pódium. Jsou navrženy stejně jako podesta z demontovatelného systému hliníkových profilů a bukových laťovek. Výška jednoho stupně je 250 mm a šířka 230 mm [4].

2.4.1 Pódium

Pódium nacházející se v sále je navrženo z elementů od firmy Tuchler [4]. Nosná konstrukce je tvořena hliníkovými rámovými profily, nohami z dutinových trubek a rohovými výztuhami. Rám je vyplněn bukovými laťovkami tloušťky 21 mm s povrchovou úpravou za mokra stíratelnou lazurou s PU lakem. Rám čelního zákrytu je tvořen ze stejného materiálu. Spojování elementů je zajištěno vysoce pevnostními PE závěsnými háky.

2.5 Dělicí konstrukce

Bytové a ostatní jednotky jsou odděleny akustickými tvarovkami Porotherm 30 AKU SYM na obyčejnou cementovou maltu. Tyto příčky musí zajistit komfort osob, užívajících jednotlivé místnosti a odhlučnění sousedních místností.

Ostatní místnosti jsou odděleny tvarovkami Porotherm 11,5 o tloušťce příčky 115 mm vyzděné na obyčejnou cementovou maltu.

Hygienické zázemí je tvořeno montovanými WC kabinami a sprchovými příčkami z vysokotlakého laminátu LTD tloušťky 28 mm a výšky 2030 mm v kombinaci s nerezovými prvky. Kabiny umožňují uzavírání dveří západkou se signalizací obsazení a možností nouzového otevření. Barevné provedení je šedé.

Rozvodové instalace jsou vedeny v sádkartonových předstěnách tloušťky 150 mm a výšky 1500 mm.

2.6 Podhledy

V obou objektech jsou navrženy protipožární sádkartonové podhledy. Ty mají za úkol snížit světlou výšku místností a zvýšit požární odolnost, která je snížena použitím dřevěných příhradových vazníků. Sádkartonové desky jsou připevněny na zavěšené ocelové profily. Závěsy jsou kotveny do OSB desek, které tvoří podbití vazníků. V místech, kde by byly délky závěsů příliš dlouhé a nevyhovovaly by požadavkům dodavatele, je možné provést samonosné podhledy až do maximální šířky místnosti 5500 mm.

2.7 Základové konstrukce

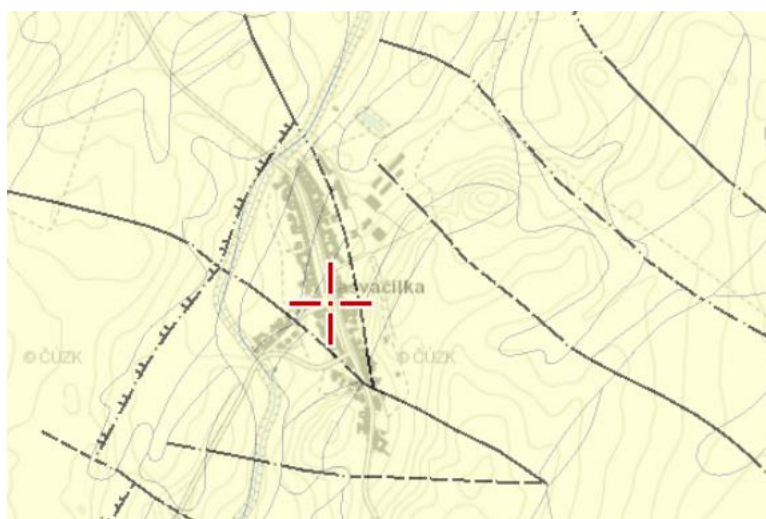
Základy jsou navrženy pouze předběžně viz Příloha 1 dle geologické mapy, ze které se dá vyčíst, že se na území obce Nesvačilka nacházejí jílovcové vrstvy s polohami rohovců. Zeminu jsem klasifikovala jako jemnozrnný jíl písčité s tabulkovou únosností 250 kPa. Podrobný návrh by byl proveden po geologickém průzkumu na zastavovaném pozemku.

Objekty jsou založeny na plošných základech. Budou provedeny monoliticky z prostého betonu C25/30. Pod stěnami tloušťky 300 mm je navržen základový pás šířky 500 mm a výšce 800 mm, který sahá až do nezámrazné hloubky. V objektu 2 je pod sloupy navržena základová patka o půdorysných rozměrech 500 x 500 mm a výšky 800 mm do nezámrazné hloubky. Na základy je následně navržena podkladní deska tloušťky 150 mm vyztužená KARI sítí.

2.8 Hydroizolace spodní stavby, protiradonové opatření

Proti působení zemní vlhkosti je ve skladbě podlahy navržen modifikovaný asfaltový pás (ELASTODEK 40 SPECIAL MINERAL nebo ekvivalentní), který má zároveň funkci radonové ochrany. V lokalitě Nesvačilka je výskyt radonu nízký (viz Obrázek 2), a tudíž nám postačí pouze toto opatření.

Hydroizolace se nataví plamenem hořáku na podkladní desku, čemuž bude předcházet provedení penetrace asfaltovým nátěrem. Ten zaručí lepší přilnavost pásu k betonu. Správné provedení hydroizolace je klíčovým faktem pro vodotěsnost staveb. Důležitým faktorem je dodržení všech požadavků, přesahy minimálně 100 mm a napojení na svislou konstrukci s překrytím minimálně 300 mm pomocí zpětného spoje. Množství pásů by bylo navrženo dle geologického průzkumu.



Legenda:

Radonový index 1 : 50 000

- vysoký
- střední
- nízký

Obrázek 2 - Orientální mapa radonového indexu podloží [5]

2.9 Tepelné izolace

Za účelem snížení energetické náročnosti budovy a zlepšení tepelné pohody v interiéru je navržen kontaktní zateplovací systém. Ten bude proveden z desek z čedičové minerální vlny tloušťky 150 mm. Výhodou tohoto izolantu je dobrá paropropustnost. Budova zůstane difúzně otevřená, nedochází ke kondenzaci vlhkosti a vytvoří zdravé prostředí pro obyvatele. Dalšími výhodami materiálu je nehořlavost, dobré akustické vlastnosti, ekologická a hygienická nezávadnost a dlouhá životnost.

K ochranně proti promrzání základů je navrženo zateplení deskami z extrudovaného polystyrenu (XPS) tloušťky 80 mm.

Ke snížení tepelných ztrát je důležité navrhnout i tepelnou izolaci v podlahách. Pro tento účel poslouží desky z expandovaného polystyrenu navržené podle nároku na zatížení. V navrhovaných objektech se však nevyhneme izolaci z čedičové vlny, která zmírní přenos mechanické síly vyvolané například dupáním na podlaze.

Zateplení střechy je provedeno čedičovou vlnou. První vrstva izolace je vkládána mezi vazníky v tloušťce vazníků. Na tu je následně nanášena druhá vrstva tloušťky 160 mm v celé ploše.

2.10 Výplně otvorů

Okna v objektech jsou navržena z hliníku v RAL barvě 9023 perleťově tmavě šedé. Zasklení bude provedeno z tepelně izolačního trojskla. Součinitel prostupu tepla zasklení bude odpovídat hodnotě $U_g = 0,5 W/(m^2 K)$ a celého okna $U_w = 0,94 W/(m^2 K)$.

Vchodové dveře budou ze stejného materiálu jako okna. Zasklení bude provedeno z tepelně izolačního trojskla s využitím ornamentálního skla, které znemožňuje viditelnost skrz sklo. Dveře do garáže a skladu budou bez zasklení. Součinitel prostupu tepla zasklením bude odpovídat hodnotě $U_g = 0,5 W/(m^2 K)$ a okna $U_d = 1,1 W/(m^2 K)$. K zajištění pohodlného odemykání a zamykání vstupních dveří za jakéhokoli počasí zajistí zavěšená vchodová stříška ze skla.

V objektu 2, převážně na straně s hlavním vstupem, se nachází fasádní systém tvořený hliníkovými rámy se skleněnými výplněmi ve stejné barvě jako okna a dveře. Součinitel prostupu tepla rámové konstrukce je $U_f = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

Interiérové dveřní otvory jsou lemovány ocelovými zárubněmi, do kterých jsou osazeny dřevěné dveře.

2.11 Podlahy

Nášlapná vrstva je navržena dle aktuálního využití místnosti a s ohledem na její snadnou údržbu. Dřevěné parkety jsem navrhla do místností, kde se dají skvěle využít jejich přednosti. Za zmínku stojí odolnost proti mechanickému poškození a při správné údržbě dlouhá životnost. V mokřích prozorech obtojí keramická dlažba. Pro zvýšenou bezpečnost je vhodné použít protiskluzovou dlažbu. V ložnici a dětské herně, kde si děti budou hrát na podlaze, je vhodné použít koberce. Zabezpečení proti uklouznutí bude provedeno přilepením koberce k podkladu. V kuchyních a v posilovně je nášlapná vrstva z PVC, která zaručí snadnou údržbou. Přejchod mezi dvěma místnostmi je řešen přechodovou lištou a napojení na stěnu pomocí soklové lišty.

Roznášecí vrstva je navržena z betonové mazaniny vyztužené KARI sítí o minimální tloušťce 50 mm tak, aby zajistila roznášení zatížení do izolační vrstvy. Vyztužení má za úkol snížit smršťování a následný vznik trhlin na horním povrchu. Z tohoto důvodu musí být KARI síť správně zajištěna v horní třetině tak, aby při betonáži neklesla. V prostorech, kde je čttná plocha, musí být provedena dilatace po 6 m. Při nedodržení dilatace dojde k popraskání betonu vlivem jeho dotvarování. Izolační vrstvy viz kapitola 2.9. Podlaha musí být pružně oddělena od svislých konstrukcí, aby umožnila tepelnou roztažnost desky a zamezila přenosu hluku. Pro tyto účely poslouží dilatační páska s nakaširovanou PE fólií o tloušťce 10 mm.

Podkladní vrstvu tvoří betonová deska tloušťky 150 mm vyztužená KARI sítí. Betonové konstrukce jsou navrženy z betonu třídy C25/30.

Podrobný popis skladeb podlah viz kapitola 3.

2.12 Povrchové úpravy

2.12.1 Vnější

Fasáda je tvořena kontaktním zateplovacím systémem. Nejpozději třetí den od lepení bude provedena stěrka se zatlačenou výztužnou síťovinou. K dosažení maximální kvality omítky je nutné dodržovat předepsané přesahy síťoviny a dokonalé vyschnutí stěrky. Po dodržení předpisů se může provést penetrace, která sjednotí savost podkladu a tenkovrstvé probarvení omítky.

Soklová omítka bude provedena společně s fasádní omítkou. Liší se pouze v povrchové úpravě. Na tu se použije dekorativní omítka marmolit, která vyniká svými mechanickými vlastnostmi a odolností vůči povětrnostem.

2.12.2 Vnitřní

Ve všech místnostech bude provedena vápenocementová omítka celkové tloušťky 15 mm. Nejdříve se provede jádrová vrstva. Po vyschnutí a vytvrdnutí vrstva štuková. Omítka bude nanášena omítacím strojem.

V místnostech s vlhkým provozem a v šatnách je navržen stěnový obklad sahající do výšky 2000 mm.

2.13 Klempířské prvky

Pro zajištění odvodu dešťové vody ze střechy jsou navrženy okapové žlaby a svody s ohledem na odváděnou plochu. Poslední střešní taška musí být umístěna s dostatečným přesahem, aby byl zajištěn plynulý odvod vody. Okapové svody jsou do objektů upevněny pomocí objímky do zateplovacích systémů. Žlaby jsou kotveny ke konstrukci pomocí háků a musí být vyspádované v minimálním sklonu 0,5 % směrem ke svodu. Z důvodu osazování okapových svodů a žlabů do ulice je okapový systém navržen z ocelového žárově pozinkovaného plechu s ochrannou barevnou vrstvou, který není atraktivní pro zloděje.

Vnější parapet a ostatní klempířské prvky jsou navrženy z žárově pozinkovaného ocelového plechu v šedých odstínech, které budou v souladu s barvou oken a dveří.

Klempířské prvky budou osazeny až po dokončení kontaktního zateplovacího systému.

2.14 Loubí

Loubí sloužící jako spojovací můstek mezi objekty a zároveň jako letní pódium je navrženo z moderní hliníkové pergoly, která je tvořena ze sloupů 120 x 120 mm a příčných a podélných nosníků velikosti 225 x 50 x 120 mm. Ty jsou vyplněny hliníkovými lamelami 200 x 47 mm. Lamely vynikají svojí schopností naklápění, a tak si uživatel sám může regulovat pronikání slunečních paprsků. Zavřené lamely slouží nejen jako ochrana před sluncem, ale i před deštěm a sněhem.

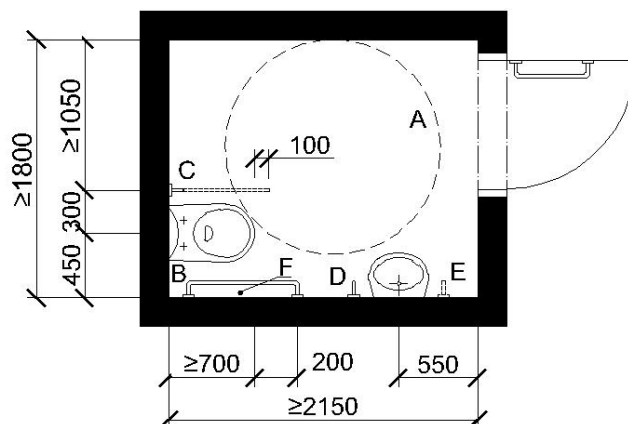
Alternativou tohoto řešení může být dřevěná pergola s palubkovým záklopem s šindelem nebo polykarbonátové desky.

2.15 Technická zařízení budov

Objekty jsou napojeny na jednotnou veřejnou kanalizaci vedoucí do ČOV v obci. Sítě se nacházejí pod silnicí. Aktuální problém nedostatku vody je zajištěn pomocí retenčních nádrží v zemi, kam je dešťová voda ze střech sváděna pomocí okapových žlabů a svodů. Ta se následně může využívat na zalévání a údržbu areálu. Zásobování pitnou vodou je zajištěno veřejnou vodovodní sítí situovanou podél kanalizace.

V objektech je navrženo oddělené hygienické zázemí s ohledem na maximální obsazenost žen a mužů. V každém objektu se nachází jedna toaleta pro tělesně postižené. Vzhledem k dispozici je navrženo hygienické zázemí se vstupem na delší straně. Kabina musí splňovat minimální rozměry – šířka 1800 mm a délka 2150 mm. Dveře musí mít šířku minimálně 900 mm, musí se otevírat směrem ven a je nutné, aby byly opatřeny z vnitřní části vodorovným madlem ve výšce 800–900 mm. V poslední řadě je třeba zajistit, aby byl zámek odjistitelný i zvenku. Podrobný popis zařízení viz Obrázek 3 [3] .

Bezbariérová kabina - vstup na delší straně



Legenda

- A - manipulační plocha - $d = 1500$ mm
- B - nástěnné vodorovné madlo
- C - sklopné madlo
- D - nástěnné svislé madlo
- E - doporučené druhé nástěnné svislé madlo u umyvadla
- F - ovladač signalizačního systému nouzového volání

Obrázek 3 – Hygienické zařízení [3]

Vytápění a větrání ve druhém objektu je zajištěno teplovzdušným cirkulačním vytápěním, které je připojeno na zdroj tepla a chladu (např. tepelné čerpadlo vzduchu – vzduch). Potrubí vzduchotechniky je rozvedeno ve vzduchové mezeře podhledu. Přívodní a odvodní otvory vzduchu musí být rozmístěny tak, aby bylo odvedeno co největší množství škodlivin.

V prvním objektu, kde je zajištěno přirozené větrání okny, je pro vytápění navrženo tepelné čerpadlo vzduchu – vzduch. Vnitřní jednotka umístěná v každé místnosti bude obsahovat mechanismus, který zajistí čištění vzduchu a v letních měsících funkci klimatizace. V koupelnách a kuchyni je navrženo podtlakové nucené větrání digestoří. Potrubí je rozvedeno ve vzduchové mezeře podhledu.

Návrh technického zařízení staveb by byl proveden v další fázi projektové dokumentace.

3. Stavební tepelná technika

Prvním odvětvím stavební fyziky, kterým se zabývám v bakalářské práci, je tepelná technika. Tento obor je důležitý při návrhu obalových konstrukcí budov. Snažíme se o snížení energetické náročnosti, vysoké životnosti staveb a vytvoření tepelné pohody. Hodnocení zahrne tři základní aspekty: tepelně izolační vlastnosti, nejnižší vnitřní povrchovou teplotu a riziko kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce.

Tepelně izolační vlastnosti jsou vyjádřeny součinitelem prostupu tepla U [W/m^2K], který stanovuje, kolik tepla projde skrz 1 m^2 dané konstrukce. Nejnižší vnitřní povrchová teplota je vyjádřena teplotním faktorem vnitřního povrchu f_{Rsi} [–], která je definována poměrem rozdílu mezi vnitřní povrchovou teplotou a teplotou venkovního vzduchu a rozdílu mezi teplotou vnitřního vzduchu a teplotou venkovního vzduchu [26]. Poslední parametr hodnotí množství zkondenzované vodní páry a její vliv na konstrukci.

3.1 Požadavky

Pro dodržení tepelné ochrany budov musí být splněny požadavky na konstrukce podle normy ČSN 73 0540-2 [8]. První kritérium, součinitel prostupu tepla, má vliv na energetickou náročnost budovy. Musí se vyhodnotit pro jednotlivé konstrukce. Navržená skladba musí mít hodnotu součinitele prostupu tepla U menší, než je požadovaná hodnota $U_{N,20}$ stanovena pro interiérovou teplo v rozmezí $18\text{ }^\circ\text{C}$ až $22\text{ }^\circ\text{C}$ a s relativní vlhkostí do 60 %. Závisí na tloušťce materiálů a návrhové hodnotě součinitele tepelné vodivosti. Při návrhu se snažíme, aby se hodnota U co nejvíce přiblížila doporučené hodnotě $U_{rec,20}$, čímž snížíme energetickou náročnost budovy a s tím spojené nižší náklady na vytápění.

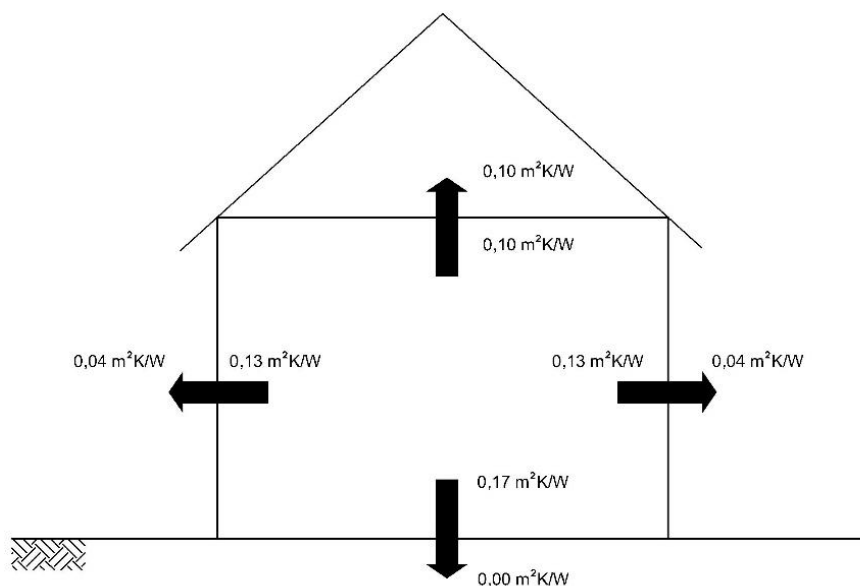
Druhé a třetí kritérium souvisí s hygienickým požadavkem na budovu. Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} musí být větší než nejmenší požadovaný faktor $f_{Rsi,N}$. Splněním tohoto kritéria můžeme předejít povrchové kondenzaci a růstu plísní. Posledním předpokladem je, že množství zkondenzované vodní páry neohrozí funkci konstrukce. Pokud vodní pára v konstrukci zkondenzuje, musí se v průběhu jednoho roku vypařit. Zároveň množství zkondenzované vodní páry M_c musí být menší než

maximální množství kondenzátu $M_{c,N}$ (0,1 kg/m².rok, nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálu pro jednovrstvé konstrukce (nižší z hodnot)) [26].

3.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky pro vnější prostředí jsem vložila z nabídky programu Teplo 2017, který jsem použila k posouzení konstrukcí a který zároveň nabízí standardní podmínky dané oblasti. Pro lokalitu obce Nesvačilka byly nejbližše dostupné hodnoty z města Brna. Návrhová teplota pro exteriér je -15 °C a vlhkost 84 %. Pro interiér jsem zvolila nejběžnější hodnoty. Teplota 20 °C je v místnostech s trvalým pobytem, 10 °C v garáži a v technické místnosti a vlhkost 55 %. Teplota zeminy je uvažována 5 °C a vlhkost 100 %.

U nehomogenních vrstev, kde se střídá více materiálů (izolace mezi vazníky) nebo jsou použity bodové kotvy (kontaktní zateplovací systém fasády), které způsobují tepelné mosty, se započítává korekce součinitele prostupu tepla. Uvažované odpory při přestupu tepla na vnitřní R_{si} a vnější R_{se} konstrukci viz Obrázek 4.



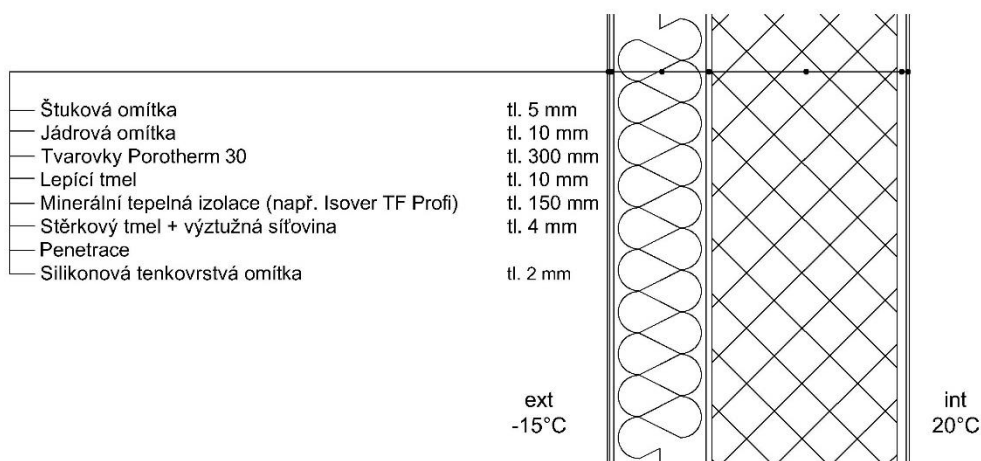
Obrázek 4 – Odpor tepla při přestupu konstrukcí [26]

3.3 Posouzení

Jednotlivě navržené skladby jsem posoudila z hlediska tří zmiňovaných požadavků podle normy ČSN 73 0540-2 [8]. K zhodnocení jsem použila program Teplo 2017 [9].

3.3.1 Obvodová stěna

První posuzovanou skladbou je obvodová stěna tvořená cihelnými tvarovkami s kontaktním zateplovacím systémem a povrchovými úpravami, které jsou popsány na Obrázku 5. Protokol z programu viz Příloha B.1.



Obrázek 5 – Skladba obvodové stěny

- I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,191 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,250 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ **Požadavek splňuje.**

- II. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,953 \geq 0,744$

→ **Požadavek splňuje.**

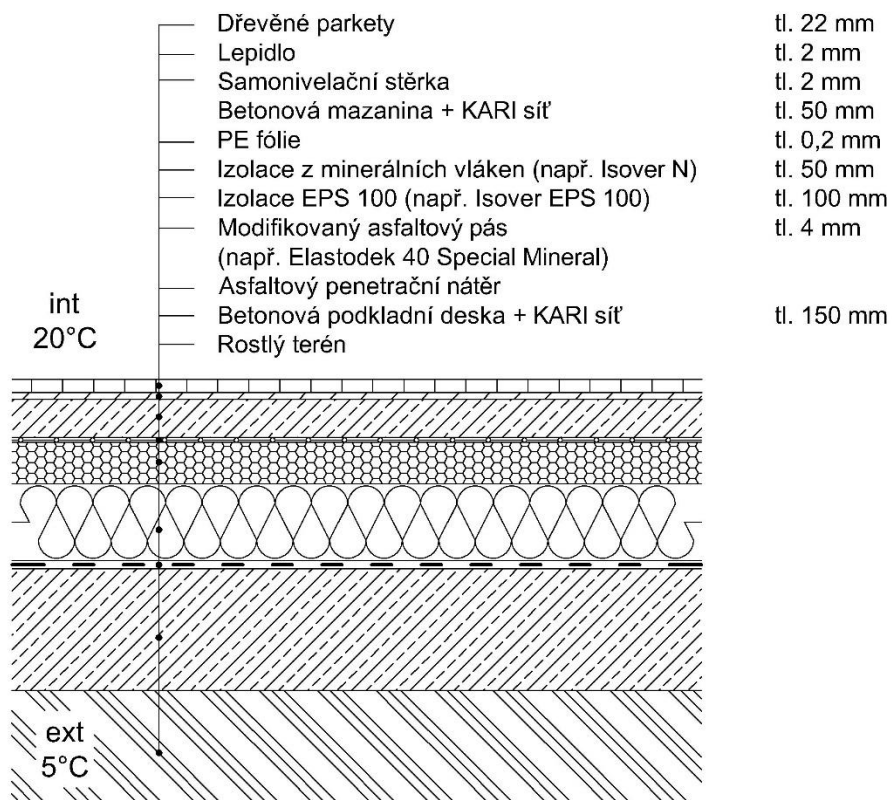
- III. Kondenzace uvnitř skladby:

V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

→ **Požadavek splňuje.**

3.3.2 Podlaha na terénu 1

První posuzovaná podlaha je tvořena nášlapnou vrstvou z dřevěných parket ležící přímo na zemině. Podlaha bude použita v místnosti sálu, předsálí, UNI prostoru a baru s výčepem. Konkrétní skladbu podlahy lze vidět na Obrázku 6. Protokol z programu viz Příloha B.2.



Obrázek 6 – Skladba podlahy na terénu 1

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,221 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq 0,450 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

→ Požadavek splňuje

II. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,946 \geq 0,402$

→ Požadavek splňuje

III. Kondenzace uvnitř skladby:

- i. Maximální množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

$M_{c,N} = 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ → dále se počítá s touto hodnotou,
protože je menší

$M_{c,N} = 0,126 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ (plošná hmotnost materiálu v kondenzační zóně)

$$0,0048 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

- ii. Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce:

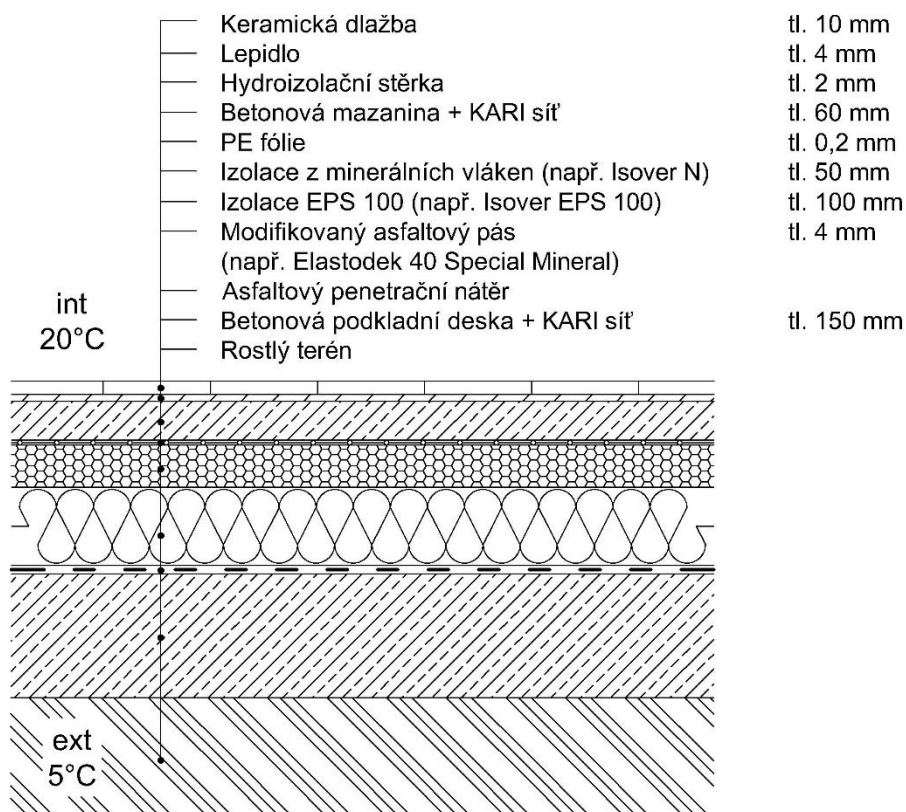
$$M_c \leq M_{e,v}$$

$$0,0048 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,0561 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

→ **Požadavek splňuje.**

3.3.3 Podlaha na terénu 2

Druhá posuzovaná podlaha je tvořena nášlapnou vrstvou z keramické dlažby ležící přímo na zemině. Podlaha bude použita v místnosti hygienického zázemí, na chodbě, v zádveři bytů a ve skladu. Konkrétní skladbu podlahy lze vidět na Obrázku 7. Protokol z programu viz Příloha B.3.



Obrázek 7 – Skladba podlahy na terénu 2

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,227 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,450 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ Požadavek splňuje.

II. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,944 \geq 0,402$

→ Požadavek splňuje.

III. Kondenzace uvnitř skladby:

- i. Maximální množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

$M_{c,N} = 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ → dále se počítá s touto hodnotou,
protože je menší

$M_{c,N} = 0,126 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ (plošná hmotnost materiálu v kondenzační zóně)

$$0,0050 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

- ii. Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce:

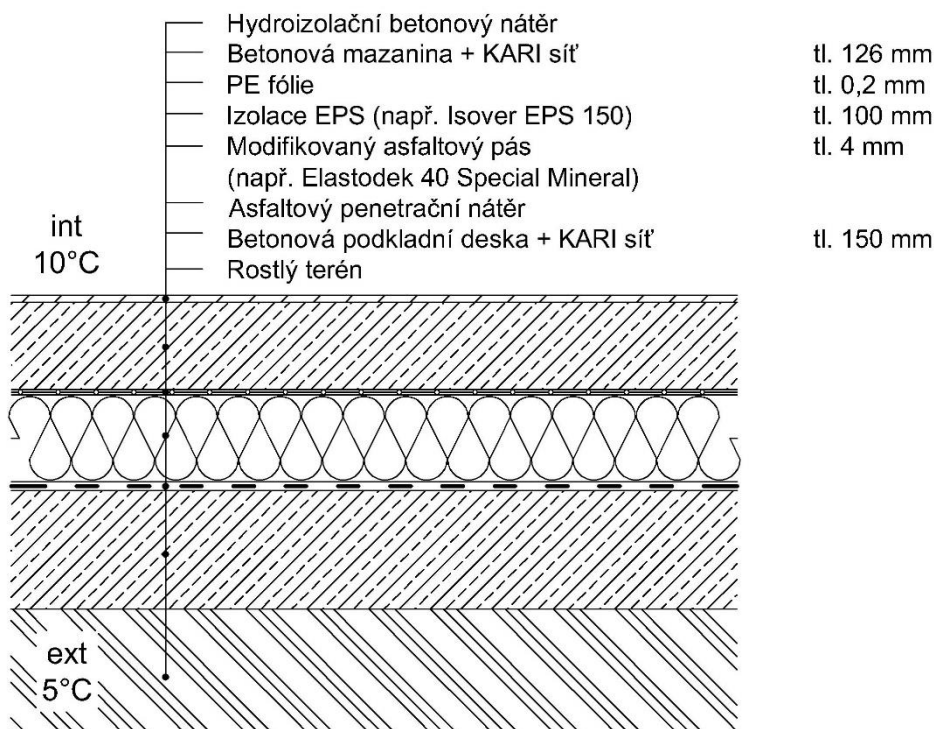
$$M_c \leq M_{e,v}$$

$$0,0050 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,0580 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

→ **Požadavek splňuje.**

3.3.4 Podlaha na terénu 3

Třetí posuzovaná podlaha je použita v garáži a technické místnosti. Na betonové mazanině je nanesen pouze hydroizolační nátěr. Ten má za úkol ochránit beton před nepříznivými vlivy a zvýšit jeho životnost. Konkrétní skladbu podlahy lze vidět na Obrázku 8. Protokol z programu viz Příloha B.4.



Obrázek 8 – Skladba podlahy na terénu 3

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{N,10}$
 $0,308 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 2,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ Požadavek splňuje.

II. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,925 \geq -0,365$

Požadavek splňuje.

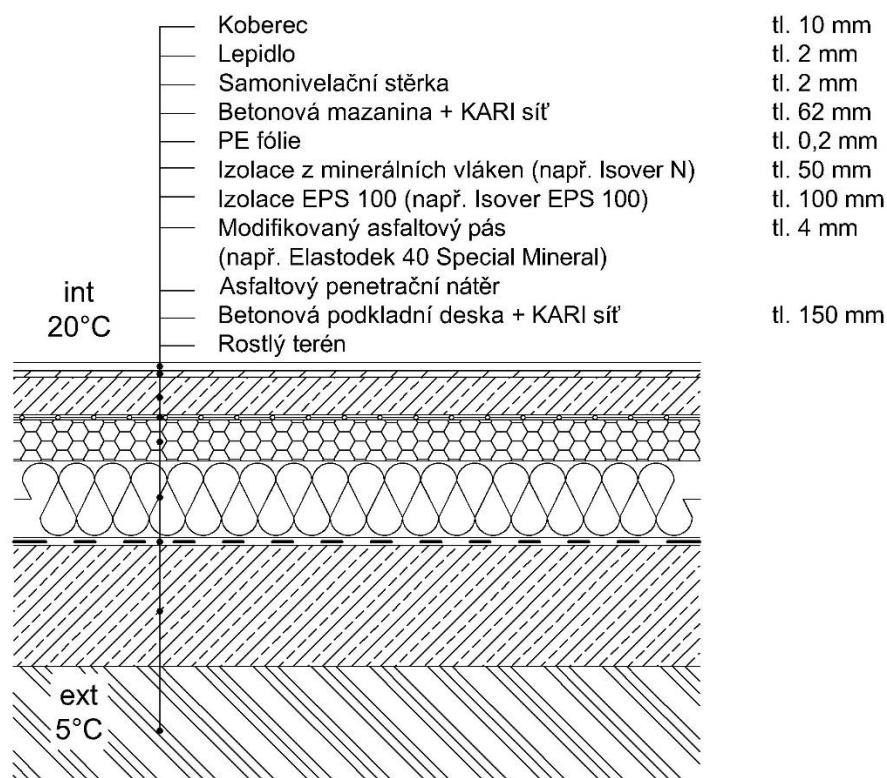
III. Kondenzace uvnitř skladby:

V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

→ Požadavek splňuje.

3.3.5 Podlaha na terénu 4

Čtvrtá posuzovaná podlaha je tvořena nášlapnou vrstvou z koberce ležící přímo na zemině. Podlaha bude použita v místnosti dětské herny a ložnici. Konkrétní skladbu podlahy lze vidět na Obrázku 9. Protokol z programu viz Příloha B.5.



Obrázek 9 – Skladba podlahy na terénu 4

- I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,219 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,450 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
 → Požadavek splňuje.

- II. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,946 \geq 0,402$
 → Požadavek splňuje.

III. Kondenzace uvnitř skladby:

- i. Maximální množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

$M_{c,N} = 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ → dále se počítá s touto hodnotou,
protože je menší

$M_{c,N} = 0,126 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ (plošná hmotnost materiálu v kondenzační zóně)

$$0,0055 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

- ii. Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce:

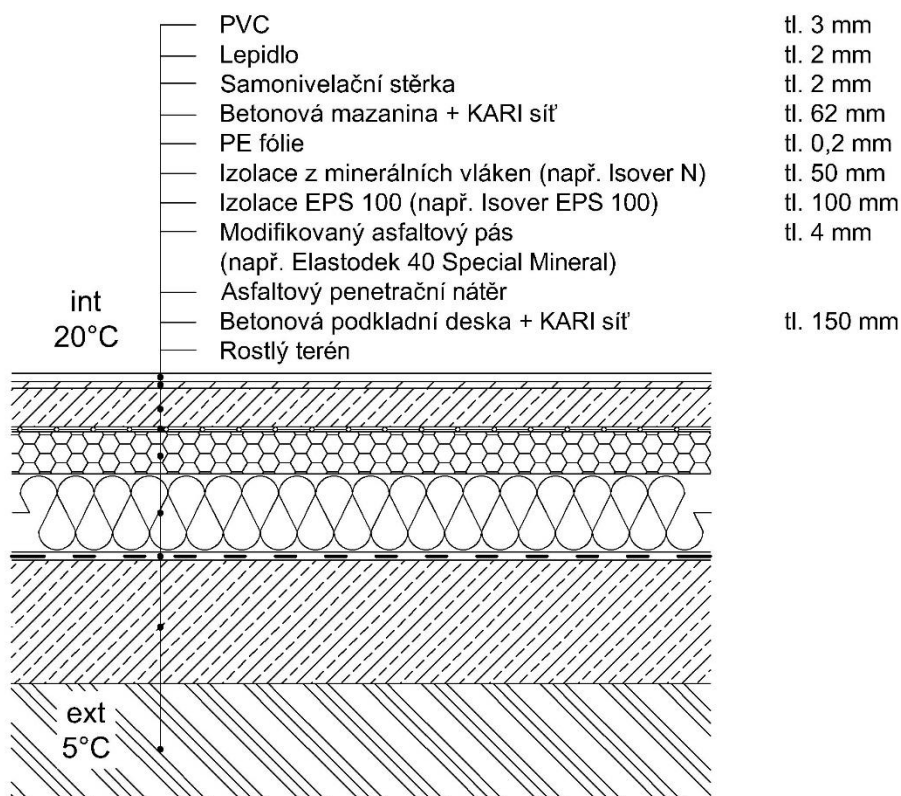
$$M_c \leq M_{e,v}$$

$$0,0055 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,0597 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

→ **Požadavek splňuje.**

3.3.6 Podlaha na terénu 5

Pátá a zároveň poslední posuzovaná podlaha je tvořena nášlapnou vrstvou z PVC ležící přímo na zemině. Podlaha bude použita v posilovně a kuchyní. Konkrétní skladbu podlahy lze vidět na Obrázku 10. Protokol z programu viz Příloha B.6.



Obrázek 10 – Skladba podlahy na terénu 5

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,226 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,450 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ Požadavek splňuje.

II. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,944 \geq 0,402$

→ Požadavek splňuje.

III. Kondenzace uvnitř skladby:

- i. Maximální množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

$M_{c,N} = 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ → dále se počítá s touto hodnotou,
protože je menší

$M_{c,N} = 0,126 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ (plošná hmotnost materiálu v kondenzační zóně)

$$0,0047 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

- ii. Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce:

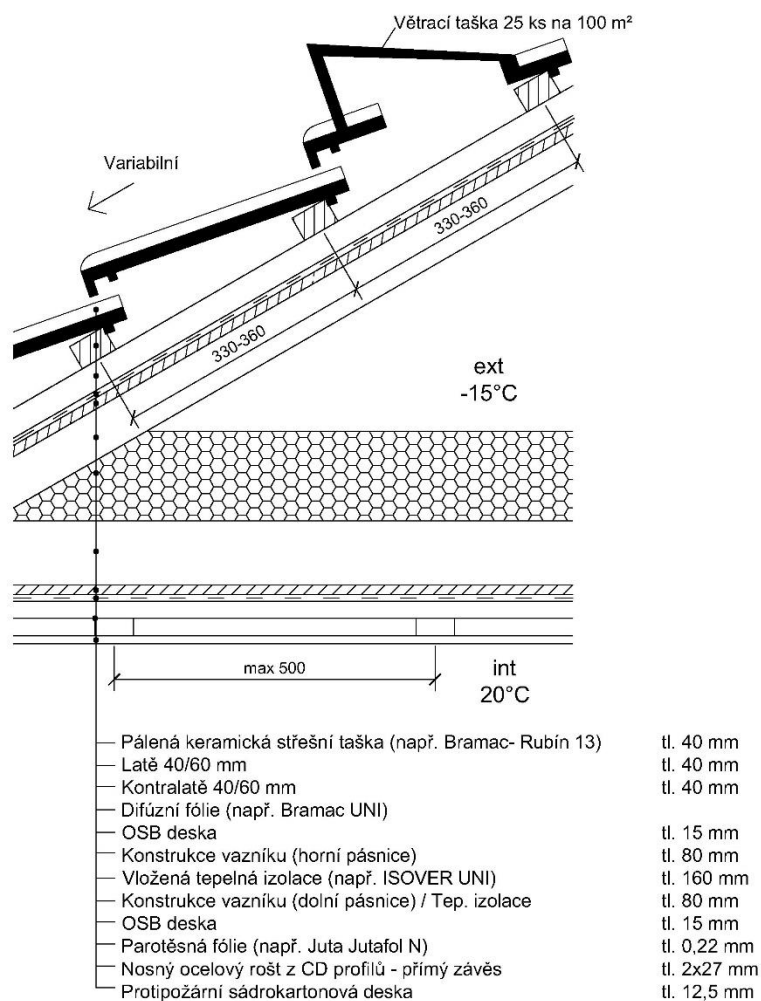
$$M_c \leq M_{e,v}$$

$$0,0047 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok} \leq 0,0565 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$$

→ **Požadavek splňuje.**

3.3.7 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je navržena jako dvouplášťová. Posouzení je od interiéru do volného prostoru vazníku, kde se předpokládá venkovní teplota. Konkrétní skladbu konstrukce lze vidět na Obrázku 11. Protokol z programu viz Příloha B.7.



Obrázek 11 – Skladba střešní konstrukce

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,160 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,200 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ **Požadavek splňuje.**

II. Teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,961 \geq 0,744$

→ **Požadavek splňuje.**

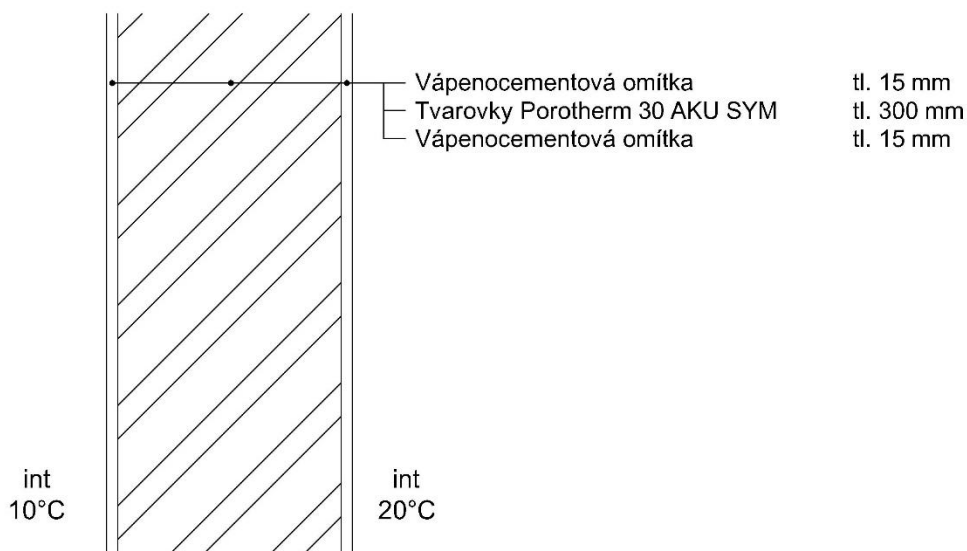
III. Kondenzace uvnitř skladby

V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

→ **Požadavek splňuje.**

3.3.8 Vnitřní stěna s rozdíly teplot do 10 °C včetně

Poslední posuzovanou skladbou je stěna tloušťky minimálně 115 mm mezi vytápěným a nevytápěným prostorem s povrchovou úpravou. Ve vytápěné místnosti se předpokládá teplota 20 °C a v nevytápěné místnosti teplota 10 °C. Konkrétní skladbu konstrukce lze vidět na Obrázku 12. Protokol z programu viz Příloha B.8.



Obrázek 12 – Skladba vnitřní stěny

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,131 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,900 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 1,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ Požadavek splňuje.

I. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,718 \geq 0,102$

→ Požadavek splňuje.

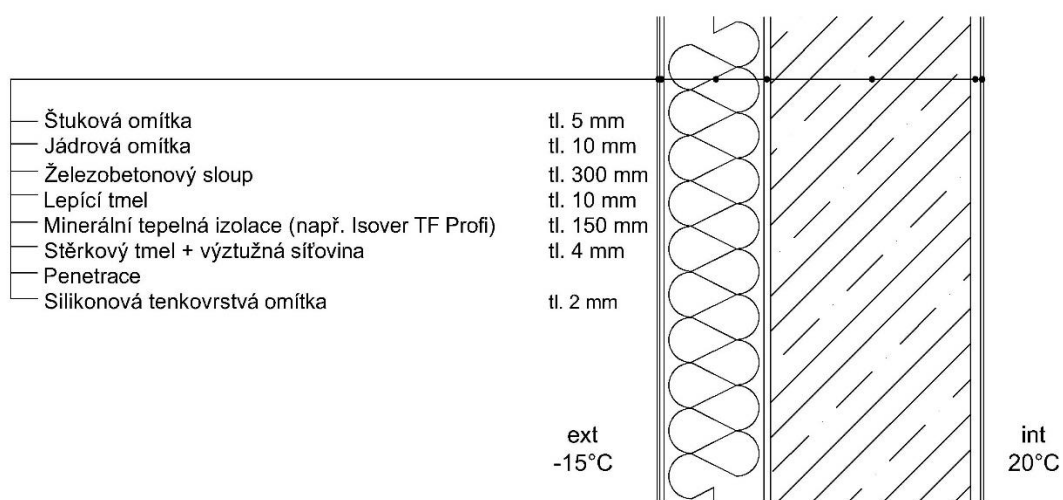
II. Kondenzace uvnitř skladby:

V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

→ Požadavek splňuje.

3.3.9 Železobetonový obvodový sloup

První posuzovanou skladbou je obvodový železobetonový sloup s kontaktním zateplovacím systémem a povrchovými úpravami, které jsou popsány na Obrázku 13. Protokol z programu viz Příloha B.9.



Obrázek 13 – Skladba obvodového sloupu

I. Součinitel prostupu tepla: $U \leq U_{rec,20} \leq U_{N,20}$
 $0,241 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,250 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \leq 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

→ **Požadavek splňuje.**

III. Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$
 $0,941 \geq 0,744$

→ **Požadavek splňuje.**

IV. Kondenzace uvnitř skladby:

V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

→ **Požadavek splňuje.**

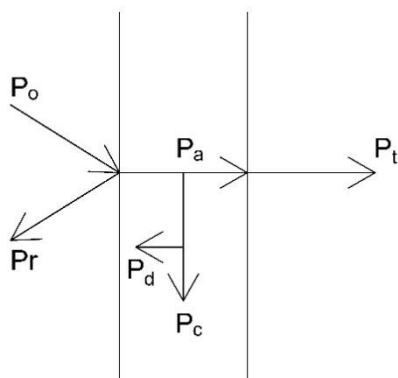
3.4 Zhodnocení

Posuzované skladby vyhověly dle normy ČSN 73 0542-2 [8] na součinitele prostupu tepla, teplotní faktor vnitřního povrchu a na kondenzaci vodních par. Správným provedením konstrukcí a vhodného užívání lze dosáhnout snížení energetické náročnosti a vytvoření tepelné pohody.

4. Stavební akustika

Druhým odvětvím stavební fyziky, kterým se zabývám při návrhu budov je stavební akustika. Stejně jako u tepelné techniky i u oboru zabývajícího se studiem zvuku vznikly požadavky, které musí splňovat každý objekt.

První požadavek je zaměřen na vzduchovou neprůzvučnost. Zvukové vlny o akustickém výkonu P_o [W] vyvolané zdrojem v jedné místnosti je při dopadu na konstrukci částečně odražen P_r [W], zčásti pohlcen P_a [W] a zčásti prostoupí P_t [W] do druhé místnosti. Pohlcená vlna se dělí na složku šířící zvuk dále konstrukcí P_c [W] a složku, která promění výkon v jinou energii P_d [W] (viz Obrázek 14). Z tohoto důvodu musí být dělicí konstrukce navrženy tak, aby se zvuk nepřenášel s takovou intenzitou, jakou byl vyvolán, do místnosti druhé. U vzduchové neprůzvučnosti může být zdrojem zvuku například hlasité mluvení nebo nahlas puštěná televize.



Obrázek 14 – Šíření zvuku skrz dělicí konstrukcí [15]

Druhý požadavek je zaměřen na šíření zvuku v uzavřené místnosti s ohledem na srozumitelnost řeči.

4.1 Vzduchová neprůzvučnost

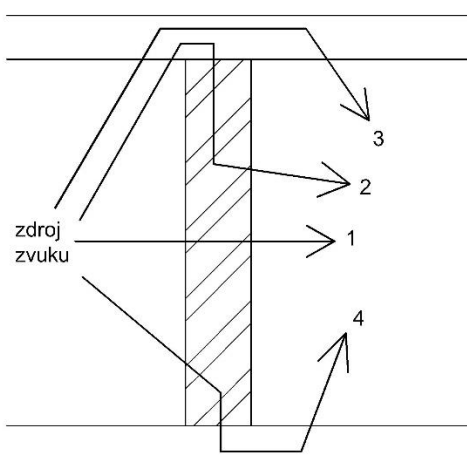
Vzduchová neprůzvučnost se zabývá vznikem zvuku v místnosti a jejím šířením skrz dělicí konstrukci. V našem návrhu se jedná o stěnu mezi byty a mezi bytem a posilovnou. Dělicí konstrukce musí zaručit, aby se zvuk nepřenášel v takové

vydatnosti, jakou byl vyvolán a zajistil tak dostatečnou akustickou pohodu obou sousedících místností. To lze ovlivnit objemovou hmotností stavebních prvků. Vzduchová neprůzvučnost závisí na kmitočtu a s jejím růstem se zvyšuje.

Určuje se rozdílem vážené laboratorní neprůzvučnosti R_w a korekcí k_1 dle vztahu:

$$R'_w = R_w - k_1 \text{ [dB]}. \quad (4.1)$$

Oprava je nutná z důvodu, že neprůzvučnost měřená v laboratoři při ideálních podmínkách vychází větší než neprůzvučnost změřená přímo na stavbě. Důvodem je, že v laboratoři se vzduch šíří pouze jedním směrem přímo přes stěnu. Na stavbě se vzduch navíc šíří bočními cestami skrz navazující konstrukce podlah a stropů. Šíření zvuku můžeme vidět na Obrázku 15. V případě zájmu o skutečné akustické schopnosti konstrukce může být po dokončení stavby provedeno měření.



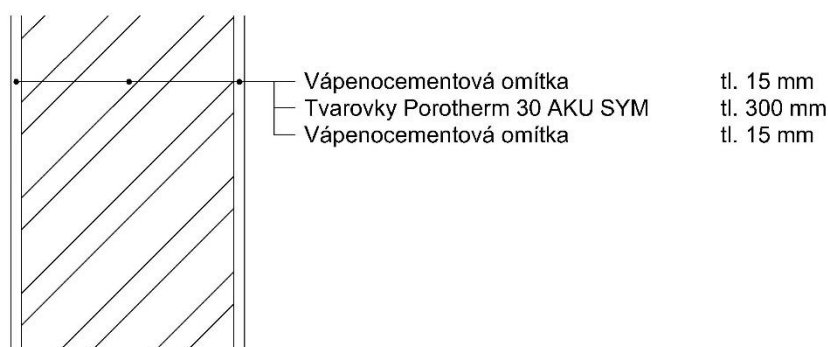
Obrázek 15 – Přenos zvuku přímými (1) a bočními (2,3,4) cestami [15]

4.1.1 Požadavky

Požadované hodnoty vymezuje norma ČSN 73 0532 [10]. Závaznost této normy udává vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby [11].

Důraz je kladen na dělicí konstrukce mezi byty, kde stěna nesmí propustit hluk o intenzitě 53 dB. Stejný požadavek použijeme i u stěny dělicí chodbu bytu a posilovny, kde se předpokládá větší zdroj zvuku.

4.1.2 Posouzení



Obrázek 16 – Posuzovaná dělicí stěna

- Použití cihelných tvarovek Porotherm 30 AKU SYM
- Vážená laboratorní neprůzvučnost změřená včetně omítek tloušťky 15 mm:
 $R_w = 58 (-2; -7) \text{ dB}$ dle [6]
- Korekce na boční cesty: $k_1 = 4$
- Vážená stavební neprůzvučnost dle (4.1): $R'_w = 58 - 4 = 54 \text{ dB}$
- Požadovaná hodnota stavební neprůzvučnosti: $R'_{w,pož} = 53 \text{ dB}$

$$R'_w \geq R'_{w,pož}$$

$$54 \text{ dB} \geq 53 \text{ dB}$$

→ **Požadavek splňuje.**

4.1.3 Zhodnocení

Navržená dělicí konstrukce Porotherm 30 AKU SYM tloušťky 300 mm včetně oboustranné vápenocementové omítky tloušťky 15 mm splňuje limitní hodnotu 53 dB pro dělicí konstrukce mezi byty a mezi bytem a posilovnou v souladu s normou ČSN 73 0532 [10]. Skutečné hodnoty však mohou být odlišné. Záleží na správnosti provedení detailů napojení konstrukcí na stavbě.

4.2 Prostorová akustika

Šířením zvuku v uzavřeném prostoru se zabývá prostorová akustika. Lidé navštěvující kulturní akce očekávají kvalitní výkon vystupujících, jehož předpokladem je srozumitelnost řeči. Pro zajištění tohoto požadavku se navrhuje doba dozvuku.

Doba dozvuku T [s] je charakterizována jako doba, za kterou poklesne hladina akustického tlaku o 60 dB po ukončení aktivity zdroje. Základními veličinami pro výpočet je činitel pohltivosti α [–], který udává schopnost materiálu pohltit část akustického výkonu. Součinem činitele pohltivosti α [–] a plochy S [m^2] počítané konstrukce získáme zvukovou pohltivost A [m^2], která vystihuje způsobilost konstrukce absorbovat akustický výkon dopadající vlny. Závisí na materiálu a jeho tloušťce, popřípadě vzduchové mezeře. Celkovou zvukovou pohltivost získáme součtem zvukové pohltivosti všech ploch nacházejících se ve vyšetřované místnosti včetně všech předmětů a v závislosti na obsazenosti osobami. Dobu dozvuku T [s] spočítáme podle Eyringova vztahu, který je přesnější než Sabinova metoda.

Spočítané hodnoty mohou sloužit jako předběžný odhad, skutečné hodnoty by byly změřeny metodou přerušovaného šumu nebo impulzního buzení přímo v prostorách budovy.

V dalších kapitolách se budu zabývat šířením zvuku v sále spojeném s předsálím a pódium. Nejprve provedu výpočet s navrženými povrchy v místnosti a při jejich nevyhovující době dozvuku provedu následnou korekci pomocí pohltivých materiálů.

4.2.1 Požadavky

Požadavek na optimální dobu dozvuku T_{opt} [s] je dán normou ČSN 73 0527 [12]. Určí se dle grafu v normě v závislosti na objemu a účelu místnosti. Normou ČSN 73 0525 [13] se určují přípustné tolerance doby dozvuku podle účelu místnosti. Aby místnost vyhověla na dobu dozvuku, musí vyjít vypočítané hodnoty v rozmezí horní a dolní meze.

4.2.2 Výpočet

Optimální doba dozvuku je určena dle grafu z normy, kde účel místnosti je stanoven jako víceúčelový sál, kterému odpovídá křivka č. 2 a objem $V = 880,915 m^3$. Do objemu je započítaný rozsah místností sálu, pódia a předsálí. Vztah je dán následujícím vzorcem:

$$T_o = 0,3582 \cdot \log V - 0,061 [s], \quad (4.2)$$

kde po dosazení do (4.2) získáme:

$$T_o = 0,3582 \cdot \log 880,915 - 0,061 = 0,994 \text{ s.}$$

Pro výpočet je důležité znát hodnotu činitele pohltivosti α [-] každého použitého materiálu, která udává schopnost materiálu propouštět zvuk a jejich plochu. Hodnoty činitele pohltivosti jsou pouze orientační hodnoty z dostupných zdrojů. Doba dozvuku je vypočítaná podle Eyringa v závislosti na obsazenosti osobami v oktávových pásmech od 125 do 4000 Hz. Dále budou použity následující vzorce [15].

Zvuková pohltivost A_i [m^2] je dána součinem činitele pohltivosti a plochou použitého i – tého povrchu dle vztahu:

$$A_i = \alpha_i S_i [m^2]. \quad (4.3)$$

Celková zvuková pohltivost místnosti A [m^2] je dána součtem zvukové pohltivosti všech použitých povrchů včetně předmětů a osob dle vztahu:

$$A = \sum_i^n A_i [m^2]. \quad (4.4)$$

Střední čísel pohltivosti $\bar{\alpha}$ [s] se určí jako průměrná hodnota ze všech povrchů v místnosti dle vztahu:

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{\sum S} [-]. \quad (4.5)$$

A doba dozvuku T_{Eyring} [s] se vypočítá dle Eyringova následujícího vzorce:

$$T = 0,163 \frac{V}{-\sum S \ln(1 - \bar{\alpha})} [s]. \quad (4.6)$$

4.2.2.1 Plná obsazenost 150 osobami

Výpočet doby dozvuku sálu při uvažování plné obsazenosti, tj. 150 osobami viz následující Tabulka 1 a následné zhodnocení výsledků v Grafu 1.

Tabulka 1 – Vypočítané hodnoty doby dozvuku při plné obsazenosti dle kap. 4. 2. 2

	f_i [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Strop - sádkarton. podhled $S_1 = 205,1 \text{ m}^2$	$\alpha_1 [-]^1$	0,110	0,130	0,050	0,020	0,020	0,030
	$A_1 [\text{m}^2]$	22,561	26,663	10,255	4,102	4,102	6,153
Podlaha - dřevěné vlysy $S_2 = 176,4 \text{ m}^2$	$\alpha_2 [-]^1$	0,030	0,040	0,060	0,120	0,100	0,170
	$A_2 [\text{m}^2]$	5,292	7,056	10,584	21,168	17,640	29,988
Cihelné stěny - omítka $S_3 = 112,95 \text{ m}^2$	$\alpha_3 [-]^1$	0,020	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040
	$A_3 [\text{m}^2]$	2,259	2,259	2,259	3,389	4,518	4,518
ŽB sloup - omítka $S_4 = 12,08 \text{ m}^2$	$\alpha_4 [-]^1$	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,040
	$A_4 [\text{m}^2]$	0,242	0,242	0,242	0,362	0,362	0,483
Jeviště $S_5 = 26,25 \text{ m}^2$	$\alpha_5 [-]^2$	0,200	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
	$A_5 [\text{m}^2]$	5,250	7,875	7,875	7,875	7,875	7,875
Čelní výkryt - dřevěný obklad $S_6 = 7,01 \text{ m}^2$	$\alpha_6 [-]^2$	0,100	0,110	0,100	0,080	0,080	0,110
	$A_6 [\text{m}^2]$	0,701	0,771	0,701	0,561	0,561	0,771
Dveře - dřevotříška $S_7 = 3,35 \text{ m}^2$	$\alpha_7 [-]^1$	0,080	0,080	0,090	0,100	0,100	0,100
	$A_7 [\text{m}^2]$	0,268	0,268	0,302	0,335	0,335	0,335
Okno - zasklené $S_8 = 71,06 \text{ m}^2$	$\alpha_8 [-]^1$	0,300	0,200	0,150	0,100	0,060	0,040
	$A_8 [\text{m}^2]$	21,318	14,212	10,659	7,106	4,264	2,842
Židle - dřevěné, obsazené $n = 150 \text{ ks}$	$A [\text{m}^2]^1$	0,200	0,230	0,300	0,350	0,350	0,350
	$A_9 [\text{m}^2]$	30,000	34,500	45,000	52,500	52,500	52,500
Celkem							
$S = 614,2 \text{ m}^2$	$\alpha_m [-]$	0,143	0,153	0,143	0,159	0,150	0,172
$V = 880,915 \text{ m}^3$	$A [\text{m}^2]$	87,891	93,846	87,876	97,398	92,157	105,466
$T_{\text{Eyring}} [\text{s}]$		1,514	1,410	1,514	1,354	1,438	1,241

Povolené horní a dolní meze dle normy jsou na naše zadání následovně upraveny:

- dolní meze: $0,8 \cdot T_0 = 0,8 \cdot 0,994 = 0,795 \text{ s}$ pro $f = 125 \text{ Hz} - 2000 \text{ Hz}$
 $0,65 \cdot T_0 = 0,65 \cdot 0,994 = 0,646 \text{ s}$ pro $f = 4000 \text{ Hz}$
- horní meze: $1,45 \cdot T_0 = 1,45 \cdot 0,994 = 1,441 \text{ s}$ $f = 125 \text{ Hz}$
 $1,2 \cdot T_0 = 1,2 \cdot 0,994 = 1,193 \text{ s}$ $f = 250 \text{ Hz} - 4000 \text{ Hz}$

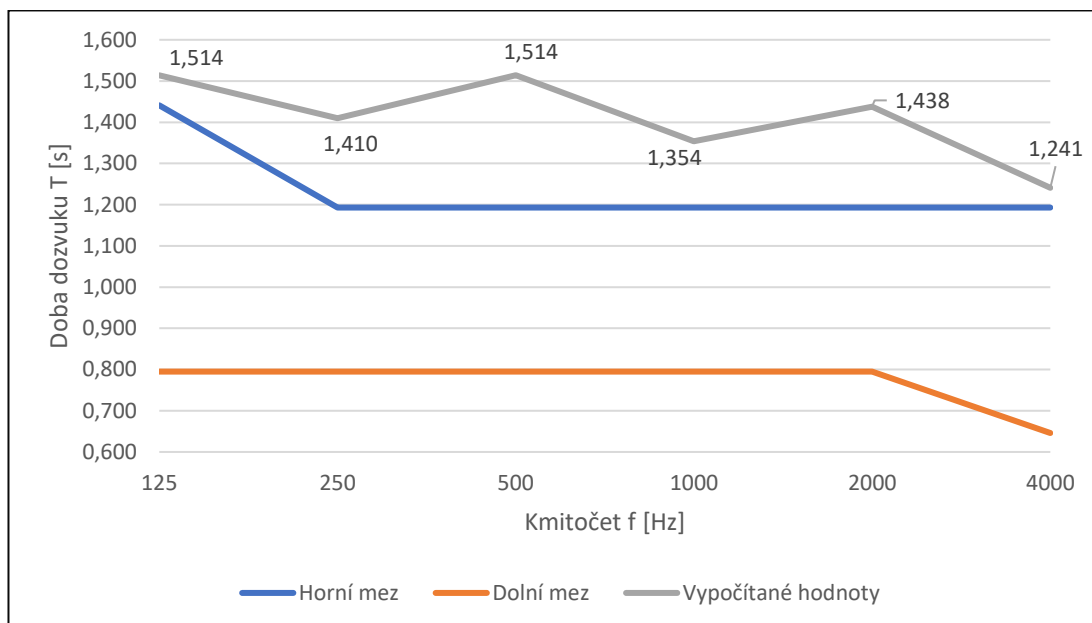
¹ Hodnoty činitele a zvukové pohltivost [15]

² Hodnoty činitele pohltivosti [16]

³ Hodnoty činitele pohltivosti [17]

Tabulka 2 – Přehled vypočítaných mezí

Účel prostoru	Meze	f_i [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Víceúčelový sál	Horní [s]	1,441	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193
	Dolní [s]	0,795	0,795	0,795	0,795	0,795	0,646



Graf 1 – Hodnoty doby dozvuku při plné obsazenosti

Z grafu je patrné, že aktuálně navržené konstrukce s plnou obsazeností sálu nevyhoví na dobu dozvuku podle normy ČSN 73 0527 [12] a bude nutné provést úpravy v návrhu materiálů.

4.2.2.2 Návrh úpravy víceúčelového sálu pro plnou obsazenost

Pro zlepšení doby dozvuku v sále byla navržena stavební úprava, při které se 50 % podhledu tvořeného sádkokartonovými deskami nahradí sádkokartonovými děrovanými deskami velikosti 1200 x 2400 mm s podílem děrování 8,7 %, které mají větší schopnost pohlcovat zvuk. Nově vypočítané hodnoty můžeme vidět v Tabulce 3. Rozmístění nových desek můžeme vidět na Obrázku 17.

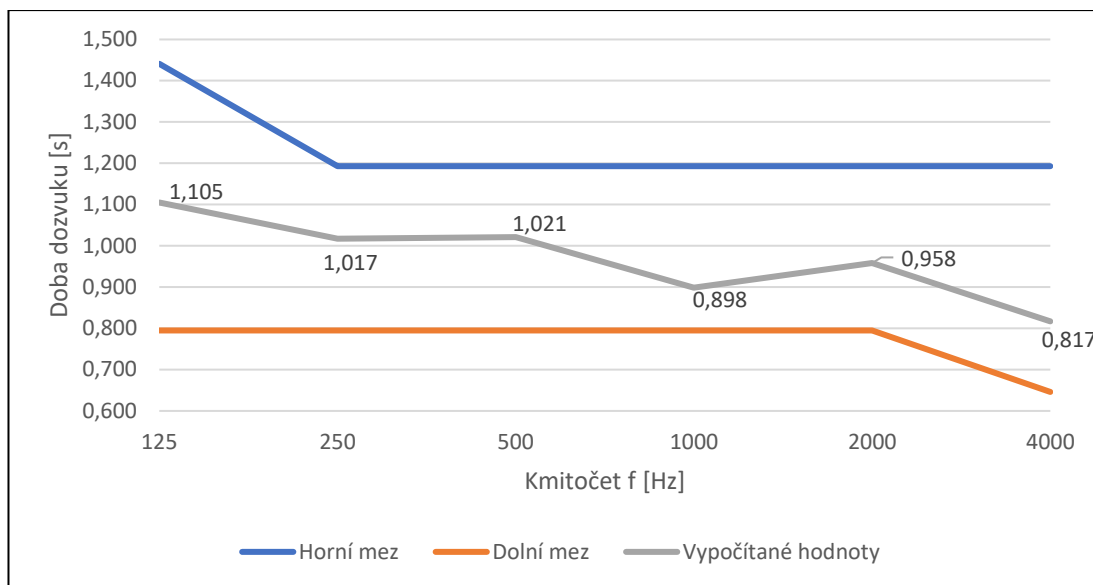
Tabulka 3 - Vypočítané hodnoty doby dozvuku při plné obsazenosti s navrhovanou úpravou dle kap. 4. 2. 2

	f_i [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Strop - sádrokarton. podhled $S_1 = 104,3 \text{ m}^2$	α_1 [-] ¹	0,110	0,130	0,050	0,020	0,020	0,030
	A_1 [m ²]	11,473	13,559	5,215	2,086	2,086	3,129
Podlaha - dřevěné vlasy $S_2 = 176,4 \text{ m}^2$	α_2 [-] ¹	0,030	0,040	0,060	0,120	0,100	0,170
	A_2 [m ²]	5,292	7,056	10,584	21,168	17,640	29,988
Cihelné stěny - omítka $S_3 = 112,95 \text{ m}^2$	α_3 [-] ¹	0,020	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040
	A_3 [m ²]	2,259	2,259	2,259	3,389	4,518	4,518
ŽB sloup - omítka $S_4 = 12,08 \text{ m}^2$	α_4 [-] ¹	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,040
	A_4 [m ²]	0,242	0,242	0,242	0,362	0,362	0,483
Jeviště $S_5 = 26,25 \text{ m}^2$	α_5 [-] ²	0,200	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
	A_5 [m ²]	5,250	7,875	7,875	7,875	7,875	7,875
Čelní výkryt - dřevěný obklad $S_6 = 7,01 \text{ m}^2$	α_6 [-] ²	0,100	0,110	0,100	0,080	0,080	0,110
	A_6 [m ²]	0,701	0,771	0,701	0,561	0,561	0,771
Dveře - dřevotříska $S_7 = 3,35 \text{ m}^2$	α_7 [-] ¹	0,080	0,080	0,090	0,100	0,100	0,100
	A_7 [m ²]	0,268	0,268	0,302	0,335	0,335	0,335
Okno - zasklené $S_8 = 71,06 \text{ m}^2$	α_8 [-] ¹	0,300	0,200	0,150	0,100	0,060	0,040
	A_8 [m ²]	21,318	14,212	10,659	7,106	4,264	2,842
Židle - dřevěné, obsazené $n = 150 \text{ ks}$	A [m ²] ¹	0,200	0,230	0,300	0,350	0,350	0,350
	A_9 [m ²]	30,000	34,500	45,000	52,500	52,500	52,500
Strop - sádrokarton. děrovaný podhled $S_{10} = 100,8 \text{ m}^2$	α_{10} [-] ³	0,4	0,450	0,425	0,450	0,425	0,500
	A_{10} [m ²]	40,32	45,36	42,84	45,36	42,84	50,4
Celkem							
$S = 614,2 \text{ m}^2$	α_m [-]	0,191	0,205	0,205	0,229	0,217	0,249
$V = 880,915 \text{ m}^3$	A [m ²]	117,123	126,102	125,676	140,742	132,981	152,842
T_{Eyring} [s]		1,105	1,017	1,021	0,898	0,958	0,817

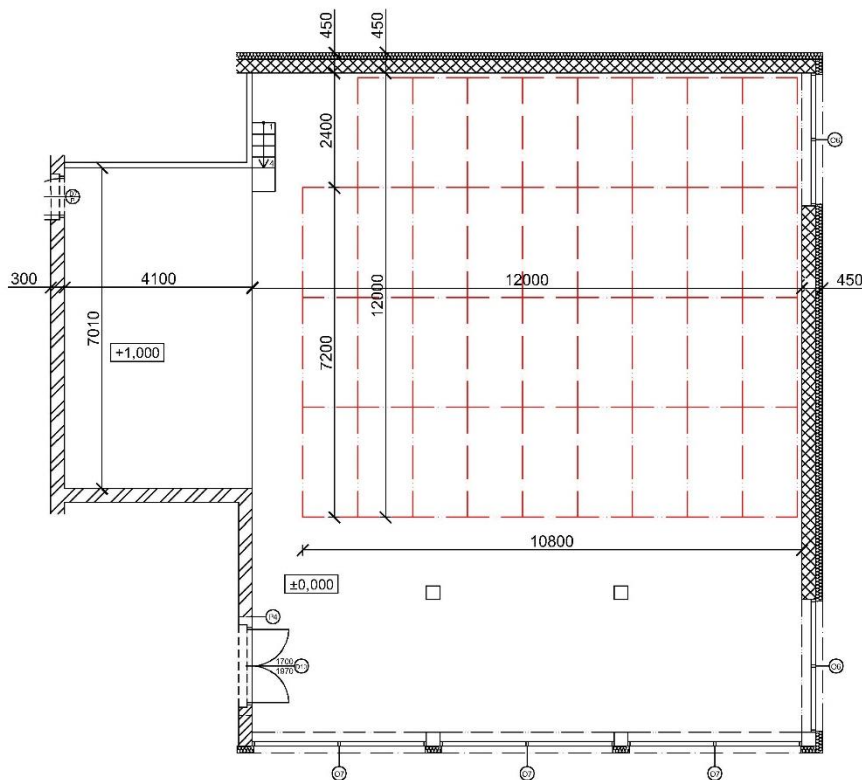
¹ Hodnoty činitele a zvukové pohltivosti [15]

² Hodnoty činitele pohltivosti [16]

³ Hodnoty činitele pohltivosti [17]



Graf 2 – Hodnoty doby dozvuku při plné obsazenosti po úpravě



Obrázek 17 - Přibližné rozmístění děrovaných sádkartonových desek

Na grafu můžeme vidět, že navržená úprava je efektivní a konstrukce s plnou obsazeností sálu vyhoví na dobu dozvuku dle normy ČSN 73 0527 [12].

4.2.2.3 70 % obsazenost sálu

Výpočet doby dozvuku bude proveden i pro variantu, kdy sál bude obsazen osobami pouze ze 70 %. Výsledky viz následující Tabulka 4 budou porovnány bude s přípustnými hranicemi dolní a horní meze viz Graf 3. Výpočet mezí viz předchozí kapitola Tabulka 2.

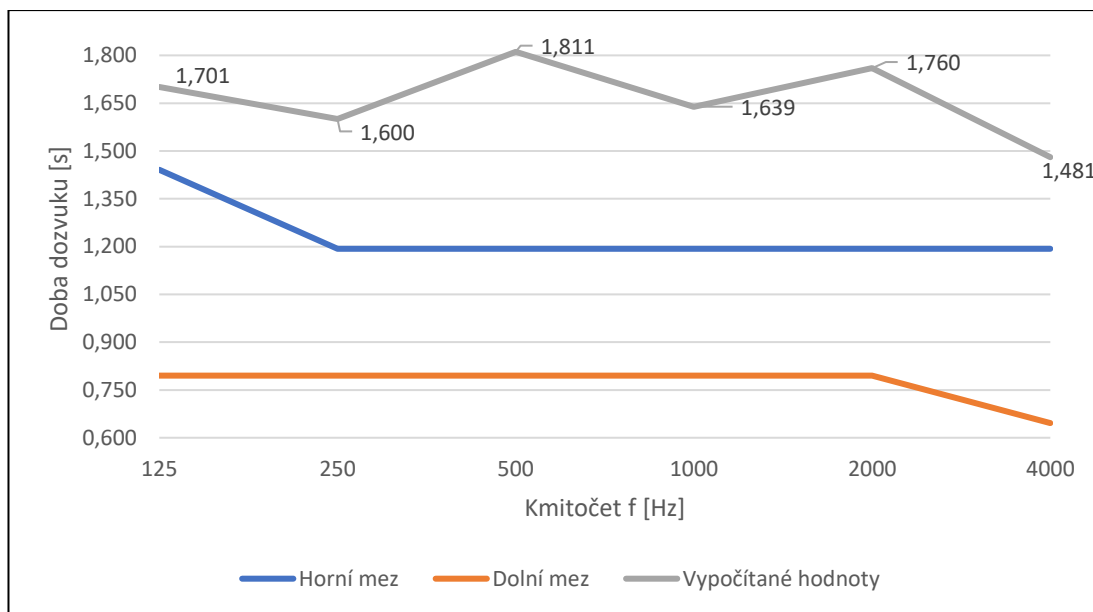
Tabulka 4 - Vypočítané hodnoty doby dozvuku při 70 % obsazenosti dle kap. 4. 2. 2

	f_i [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Strop – sádkarton. podhled $S_1 = 205,1 \text{ m}^2$	$\alpha_1 [-]^1$	0,110	0,130	0,050	0,020	0,020	0,030
	$A_1 [\text{m}^2]$	22,561	26,663	10,255	4,102	4,102	6,153
Podlaha – dřevěné vlasy $S_2 = 176,4 \text{ m}^2$	$\alpha_2 [-]^1$	0,030	0,040	0,060	0,120	0,100	0,170
	$A_2 [\text{m}^2]$	5,292	7,056	10,584	21,168	17,640	29,988
Cihelné stěny – omítka $S_3 = 112,95 \text{ m}^2$	$\alpha_3 [-]^1$	0,020	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040
	$A_3 [\text{m}^2]$	2,259	2,259	2,259	3,389	4,518	4,518
ŽB sloup – omítka $S_4 = 12,08 \text{ m}^2$	$\alpha_4 [-]^1$	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,040
	$A_4 [\text{m}^2]$	0,242	0,242	0,242	0,362	0,362	0,483
Jeviště $S_5 = 26,25 \text{ m}^2$	$\alpha_5 [-]^2$	0,200	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
	$A_5 [\text{m}^2]$	5,250	7,875	7,875	7,875	7,875	7,875
Čelní výkryt – dřevěný obklad $S_6 = 7,01 \text{ m}^2$	$\alpha_6 [-]^2$	0,100	0,110	0,100	0,080	0,080	0,110
	$A_6 [\text{m}^2]$	0,701	0,771	0,701	0,561	0,561	0,771
Dveře – dřevotříška $S_7 = 3,35 \text{ m}^2$	$\alpha_7 [-]^1$	0,080	0,080	0,090	0,100	0,100	0,100
	$A_7 [\text{m}^2]$	0,268	0,268	0,302	0,335	0,335	0,335
Okno – zasklené $S_8 = 71,06 \text{ m}^2$	$\alpha_8 [-]^1$	0,300	0,200	0,150	0,100	0,060	0,040
	$A_8 [\text{m}^2]$	21,318	14,212	10,659	7,106	4,264	2,842
Židle – dřevěné, obsazené $n = 105 \text{ ks}$	$A [\text{m}^2]^1$	0,200	0,230	0,300	0,350	0,350	0,350
	$A_9 [\text{m}^2]$	21,000	24,150	31,500	36,750	36,750	36,750
Židle – dřevěné, neobsazené $n = 45 \text{ ks}$	$A [\text{m}^2]^1$	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040	0,050
	$A_{10} [\text{m}^2]$	0,900	0,900	1,350	1,800	1,800	2,250
Celkem							
$S = 614,2 \text{ m}^2$	$\alpha_m [-]$	0,128	0,136	0,121	0,133	0,124	0,146
$V = 880,915 \text{ m}^3$	$A [\text{m}^2]$	78,891	83,496	74,376	81,648	76,407	89,716
$T_{\text{Eyring}} [\text{s}]$		1,701	1,600	1,811	1,639	1,760	1,481

¹ Hodnoty činitele a zvukové pohltivost [15]

² Hodnoty činitele pohltivosti [16]

³ Hodnoty činitele pohltivosti [17]



Graf 3 - Hodnoty doby dozvuku při 70 % obsazenosti

Z grafu je vidět, že i při 70 % obsazenosti sál nevyhoví na dobu dozvuku a bude nutné navrhnout stavební úpravu.

4.2.2.4 Návrh úpravy víceúčelového sálu pro 70 % obsazenosti

V této kapitole dojde k ověření doby dozvuku při 70 % obsazenosti při stejném návrhu opatření jako u plné obsazenosti. Tj. výměnou přibližně 50 % sádkartonových desek za děrované desky, které mají lepší pohltivost zvuku. Výsledky viz následující Tabulka 5 a ověření viz Graf 4.

Tabulka 5 - Vypočítané hodnoty doby dozvuku při 70 % obsazenosti s navrhovanou úpravou dle kap. 4. 2. 2

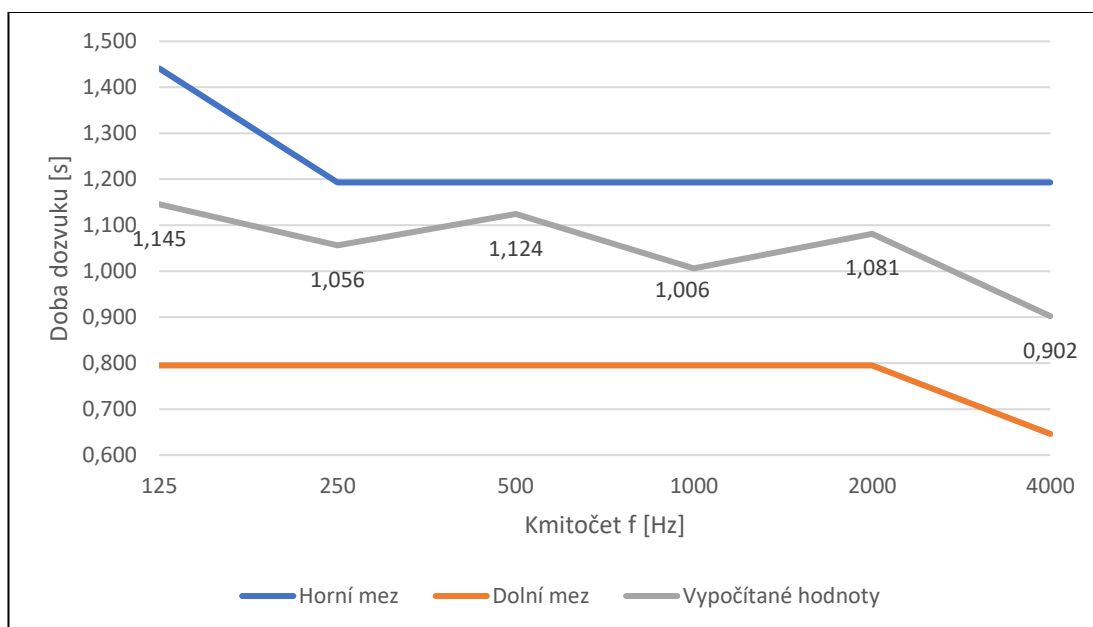
	f_i [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Strop – sádkarton. podhled $S_1 = 104,3 \text{ m}^2$	$\alpha_1 [-]^1$	0,110	0,130	0,050	0,020	0,020	0,030
	$A_1 [\text{m}^2]$	11,473	13,559	5,215	2,086	2,086	3,129
Podlaha – dřevěné vlasy $S_2 = 176,4 \text{ m}^2$	$\alpha_2 [-]^1$	0,030	0,040	0,060	0,120	0,100	0,170
	$A_2 [\text{m}^2]$	5,292	7,056	10,584	21,168	17,640	29,988
Cihelné stěny – omítka $S_3 = 112,95 \text{ m}^2$	$\alpha_3 [-]^1$	0,020	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040
	$A_3 [\text{m}^2]$	2,259	2,259	2,259	3,389	4,518	4,518
ŽB sloup – omítka	$\alpha_4 [-]^1$	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,040

¹ Hodnoty činitele a zvukové pohltivosti [15]

² Hodnoty činitele pohltivosti [16]

³ Hodnoty činitele pohltivosti [17]

$S_4 = 12,08 \text{ m}^2$	$A_4 [\text{m}^2]$	0,242	0,242	0,242	0,362	0,362	0,483
Jevišťe $S_5 = 26,25 \text{ m}^2$	$\alpha_5 [-]^2$	0,200	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
	$A_5 [\text{m}^2]$	5,250	7,875	7,875	7,875	7,875	7,875
Čelní výkryt – dřevěný obklad $S_6 = 7,01 \text{ m}^2$	$\alpha_6 [-]^2$	0,100	0,110	0,100	0,080	0,080	0,110
	$A_6 [\text{m}^2]$	0,701	0,771	0,701	0,561	0,561	0,771
Dveře – dřevotříska $S_7 = 3,35 \text{ m}^2$	$\alpha_7 [-]^1$	0,080	0,080	0,090	0,100	0,100	0,100
	$A_7 [\text{m}^2]$	0,268	0,268	0,302	0,335	0,335	0,335
Okno – zasklené $S_8 = 71,06 \text{ m}^2$	$\alpha_8 [-]^1$	0,300	0,200	0,150	0,100	0,060	0,040
	$A_8 [\text{m}^2]$	21,318	14,212	10,659	7,106	4,264	2,842
Židle – dřevěné, obsazené $n = 105 \text{ ks}$	$A [\text{m}^2]^1$	0,200	0,230	0,300	0,350	0,350	0,350
	$A_9 [\text{m}^2]$	21,000	24,150	31,500	36,750	36,750	36,750
Židle – dřevěné, neobsazené $n = 45 \text{ ks}$	$A [\text{m}^2]^1$	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040	0,050
	$A_{10} [\text{m}^2]$	0,900	0,900	1,350	1,800	1,800	2,250
Strop – sádkarton. děrovaný podhled $S_9 = 100,8 \text{ m}^2$	$\alpha_{11} [-]^3$	0,4	0,450	0,425	0,450	0,425	0,500
	$A_{11} [\text{m}^2]$	40,32	45,36	42,84	45,36	42,84	50,4
Celkem							
$S = 614,2 \text{ m}^2$	$\alpha_m [-]$	0,204	0,219	0,207	0,229	0,215	0,251
$V = 880,915 \text{ m}^3$	$A [\text{m}^2]$	112,083	120,432	113,976	125,712	117,951	138,172
$T_{\text{Eyring}} [\text{s}]$		1,145	1,056	1,124	1,006	1,081	0,902



Graf 4 - Hodnoty doby dozvuku při 70 % obsazenosti po úpravě

¹ Hodnoty činitele a zvukové pohltivost [15]

² Hodnoty činitele pohltivosti [16]

³ Hodnoty činitele pohltivosti [17]

Z grafu můžeme vyčíst, že i při 70 % obsazenosti vyhoví doba dozvuku sálu při návrhu nového opatření.

4.2.3 Zhodnocení

Při počátečním návrhu nebyla splněna doba dozvuku dle normy ČSN 73 0527 [12]. Bylo zapotřebí navrhnout stavební úpravu, která tyto požadavky splní. Jako optimální řešení se jeví návrh sádrokartonové pohltivé desky podhledu s podílem děrování 8,6 % a tloušťce 12,5 mm, která bude rozmístěna na 50 % místnosti a nahradí tak původní plné sádrokartonové desky. Splněním těchto požadavků zvýšíme kvalitu prožitku návštěvníkům sálu, jimž bude dopřána příjemná atmosféra za doprovodu srozumitelné řeči.

5. Stavební světelná technika

Třetím odvětvím stavební fyziky, kterým se zabývám při návrhu budov je stavební světelná technika. Toto odvětví se věnuje přirozenému osvětlení budov. Stavby se posuzují na denní osvětlení a proslunění.

Denní osvětlení je pojem, při kterém dochází k osvětlení interiéru nejen přímým slunečním zářením, ale i slunečním světlem rozptýleným v atmosféře. O proslunění se jedná tehdy, když přímé sluneční paprsky dopadají do interiéru budovy.

Zdrojem světla je Slunce. Na zemský povrch dopadá elektromagnetické záření, které Slunce vyzařuje v rozsahu 100–1400 nm vlnové délky. To je ovšem pouze zlomek toho, co Slunce vysílá. Většinu záření pohltí atmosféra. Světlo, které je pro člověka okem viditelné a vnímá ho jako spektrum barev od fialové po červenou je v rozmezí vlnových délek 380–770 nm. Záření s menší vlnovou délkou 100–380 nm, které je okem neviditelné, se nazývá ultrafialové. To má pozitivní vliv na interiér budov, kde svojí přítomností zneškodňuje choroboplodné zárodky. A třetí část záření, infračervené, které má vlnovou délku 770–1400 nm, lze vnímat jako zdroj tepla [20].

5.1 Proslunění

Proslunění se hodnotí v obytných místnostech s trvalým pobytem. Při návrhu umístění budov do krajiny je nutné zohlednit orientaci ke světovým stranám a následné umístění okenních otvorů vzhledem k případnému zastínění od přilehlých stávajících, ale i potenciálních objektů.

Skutečný směr S_p poledníku se liší od mapového S_m o úhel, který se nazývá meridiánová konvergence C [°]. Vynáší se ve směru hodinových ručiček od mapového severu a závisí na zeměpisné délce dané lokality. Vypočítá se podle následujícího vzorce:

$$C = \frac{24^{\circ}50' - \lambda}{1,34} [^{\circ}], \quad (5.1)$$

kde λ je zeměpisná délka posuzované lokality. Zeměpisná šířka se pro účely proslunění uvažuje na celém území ČR $\varphi = 50^\circ$.

V následujících kapitolách budu posuzovat proslunění obou bytů umístěných v objektu 1.

5.1.1 Požadavky

Aby byl byt prosluněn, musí splňovat požadavky dané normou ČSN 73 4301 [18]. Prvním požadavkem je, aby se součet ploch prosluněných místností bytu rovnal alespoň jedné třetině součtu všech ploch obytných místností.

Omezení součtu ploch je nutné respektovat a započítává se pouze plocha ve vzdálenosti 2,3násobku světlé výšky místnosti od okna u jedné strany osvětlovací místnosti. Obytná místnost je charakterizována jako prostor, který je vytápěn, přirozeně větrán, osvětlen denním světlem a má plochu nejméně 8 m² (u kuchyně nejméně 12 m²). Za neobytnou místnost jsou pokládány všechny ostatní místnosti typu chodba, koupelna, WC, spíže a jiné.

Považovat obytnou místnost za prosluněnou můžeme tehdy, splňuje-li požadavky na dopadání slunečních paprsků do kontrolního bodu alespoň 90 minut 1. března při zanedbání oblačnosti. Den 1. března můžeme nahradit čtyřicetidenní bilancí s průměrnou dobou proslunění 90 minut (souhrnná doba proslunění v období od 10. února do 21. března je 3600 minut vyjma přestupného roku). Dodržení alespoň 90 minut se doporučuje také dne 21. června.

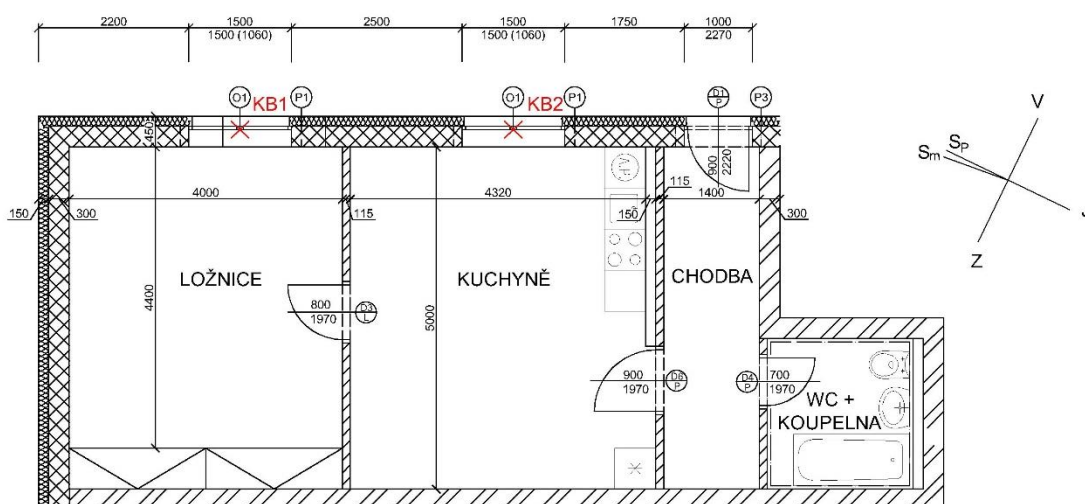
Sluneční paprsky musí dopadat na kontrolní bod v rovině vnitřního zasklení, který je umístěn 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale minimálně 1200 mm nad podlahou. Osvětlovací otvor musí mít minimální plochu jedné desetiny plochy místnosti, ve které se nachází a zároveň musí mít délkový a výškový rozměr nejméně 900 mm. Paprsky dopadající na osvětlovací otvor musí s jeho rovinou svírat půdorysný úhel o minimální velikost 25°. Posledním požadavkem je, aby slunce bylo ve výšce přinejmenším 5° [20].

5.1.2 Výpočet proslunění prvního bytu

První posuzovaný byt menších rozměrů je orientovaný severovýchodně. Skládá se z ložnice, kuchyně, koupelny s WC a chodby (viz Obrázek 18). Z hlediska proslunění se za obytnou místnost považuje pouze ložnice a kuchyně. V obou místnostech se nachází jedno okno o šířce a výšce 1500 mm, které vyhovuje požadavku na minimální rozměr 900 mm.

Tabulka 6 – Posouzení kontrolních bodů prvního bytu

Místnost	Plocha (m ²)	Obytná m.	Velikost osvětlovacích otvorů	Kontrolní bod (KB)
Ložnice	17,6	ano ≥ 8 m ²	šířka i výška ≥ 900 mm $1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \geq 0,1 \cdot 17,6 = 1,76 \text{ m}^2$	ano KB1
Kuchyně	21,9	ano ≥ 12 m ²	šířka i výška ≥ 900 mm $1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \geq 0,1 \cdot 21,9 = 2,19 \text{ m}^2$	ano KB2
Σ obytný ploch = 39,5 m ²				
1/3 obytných ploch = 13,16 m ²				



Obrázek 18 – Půdorys posuzovaného prvního bytu s umístěním kontrolních bodů

Prosluněny mohou být pouze ložnice a kuchyně. Stačí, aby byla prosluněna pouze jedna z nich, protože obě místnosti vyhovují požadavku minimální 1/3 obytné plochy:

- ložnice: $17,60 \text{ m}^2 \geq 13,16 \text{ m}^2$
- kuchyně: $21,90 \text{ m}^2 \geq 13,16 \text{ m}^2$.

Pro výpočet proslunění bude dále počítáno s kontrolním bodem KB1, který se nachází v ložnici ve výšce 1360 mm. Půdorysnou polohu bodu můžeme vidět na Obrázku 18. S ohledem na polohu okna ke světovým stranám lze předpokládat, že byt nebude prosluněn. Výpočet bude proveden pomocí studentské verze programu SVĚTLO+ [22], který počítá s podkladem stínících objektů z programu AutoCAD. Před samotným zahájením posuzování je důležité zadat vstupní údaje:

- zeměpisná délka obce Nesvačilka: $\lambda = 16,7^\circ$
- zeměpisná šířka obce Nesvačilka: $\varphi = 50^\circ$
- meridiánová konvergence dle (5.1): $C = \frac{24^\circ 50' - 16,7}{1,34} = 6,1^\circ$.

5.1.3 Posouzení proslunění prvního bytu

K posouzení proslunění dojde na základě grafické metody pomocí pravoúhlého slunečního diagramu, který získáme z programu po zadání kontrolních bodů (viz Příloha C.1).

Ložnice:	kontrolní bod KB1
Slunce svítí:	8:36 – 8:50
Doba proslunění:	14 minut ne \geq 90 minut

→ **Požadavek není splněn. Byt není prosluněn**, protože obdobný výsledek lze předpokládat i v KB2.

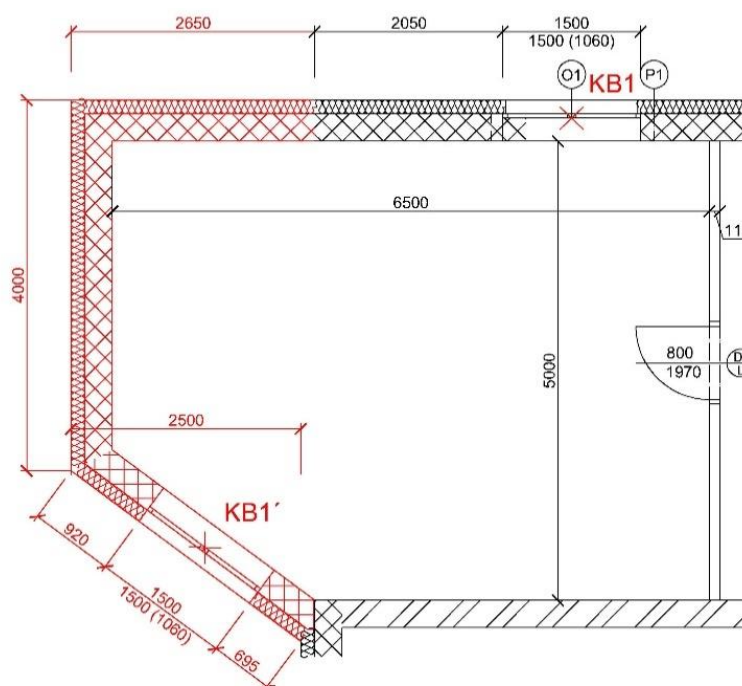
5.1.4 Návrh stavebních úprav

Aby byt vyhověl na proslunění, je nutné provést stavební úpravy. Jediným řešením je přidat okenní otvor na jinou světovou stranu, než je sever nebo zajistit, aby nebyl celý den ve stínu. Tomuto požadavku vyhoví pouze místnost ložnice. V navrhované stavební úpravě jsem uvažovala o předsazení severozápadní stěny o 2500 mm s výřezem v levém rohu s dostatečně velkým oknem šířky 1500 mm a výšky 1500 mm, jehož plocha je větší než jedna desetina místnosti. Vestavěné skříně umístěné v ložnici jsou pro tuto variantu odstraněny. Okno směřuje na západ a není ničím stíněné, proto lze předpokládat, že kontrolní bod na proslunění vyhoví. Pro lepší představu navržených stavebních úprav a umístění kontrolního bodu je

možné vidět na Obrázku 19, kde je červeně znázorněn nově navržený stav a původní stav černě.

Tabulka 7 – Posouzení nového kontrolního bodu

Místnost	Plocha (m ²)	Obytná m.	Velikost osvětlovacích otvorů	Kontrolní bod (KB)
Ložnice	20	ano ≥ 8 m ²	šířka i výška ≥ 900 mm $1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ m}^2 \geq 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ m}^2$	ano KB1'



Obrázek 19 – Půdorys posuzovaného prvního bytu s navrženými úpravami a umístěním nového kontrolního bodu

5.1.5 Posouzení proslunění prvního bytu po úpravě

K posouzení proslunění dojde na základě grafické metody pomocí pravoúhlého slunečního diagramu, který získáme z programu po zadání kontrolních bodů (viz Příloha C.2).

Ložnice: kontrolní bod KB1'

Slunce svítí: 15:11 – 16:42

Doba proslunění: 91 minut ≥ 90 minut

→ **Požadavek je splněn.**

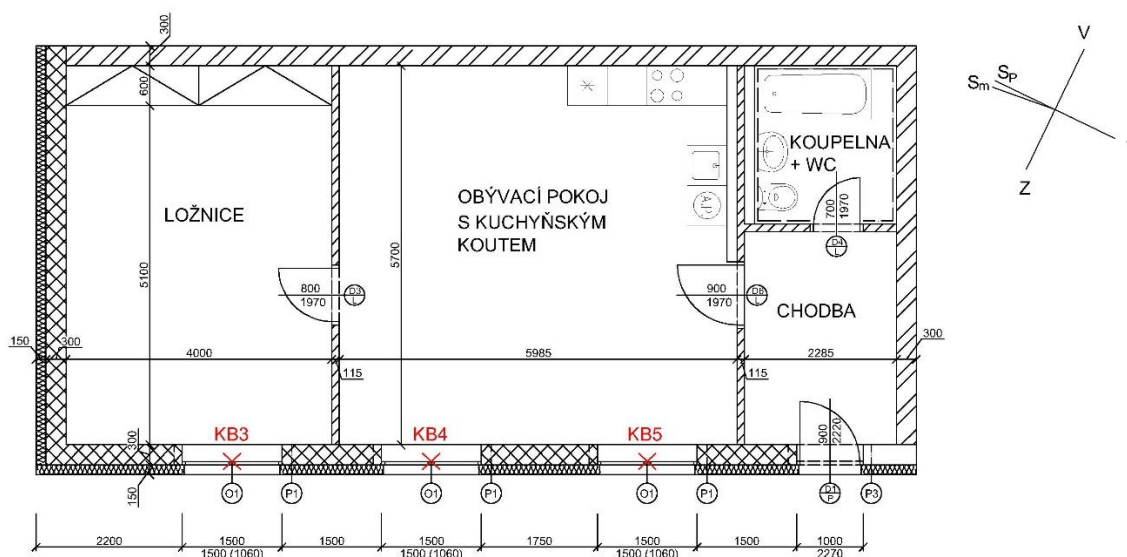
→ **Byt je prosluněn.**

5.1.6 Výpočet proslunění druhého bytu

Druhý posuzovaný byt je větších rozměrů než byt první a je orientovaný na jihozápad. Skládá se z ložnice, obývacího pokoje s kuchyňským koutem, koupelny s WC a chodby (viz Obrázek 20). Z hlediska proslunění se za obytnou místnost považuje pouze ložnice a obývací pokoj s kuchyňským koutem. V obou místnostech se nachází jedno nebo dvě okna o šířce a výšce 1500 mm, která vyhovují požadavku na minimální rozměr 900 mm.

Tabulka 8 – Posouzení kontrolních bodů druhého bytu

Místnost	Plocha (m ²)	Obytná m.	Velikost osvětlovacích otvorů	Kontrolní bod (KB)
Ložnice	20,4	ano ≥ 8 m ²	šířka i výška ≥ 900 mm $1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ ne } \geq 0,1 \cdot 20,4 = 2,04 \text{ m}^2$	ano KB3
Obývací pokoj s kuchyňským koutem	33,7	ano ≥ 8 m ²	šířka i výška ≥ 900 mm 1 x okno: $1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ ne } \geq 0,1 \cdot 33,7 = 3,37 \text{ m}^2$ 2 x okno: $2,25 \cdot 2 = 4,5 \geq 3,37 \text{ m}^2$	ano KB4 + KB5
Σ obytných ploch = 54,1 m ²				
1/3 obytných ploch = 18,03 m ²				



Obrázek 20 – Půdorys posuzovaného druhého bytu s umístěním kontrolních bodů

Prosluněn může být pouze obývací pokoj s kuchyňským koutem a ložnice. Obě místnosti svojí plochou vyhovují požadavku na minimální 1/3 obytných ploch a tudíž stačí, aby byla prosluněna pouze jedna z nich.

- obývací pokoj s kuchyňským koutem: $33,70 \text{ m}^2 \geq 18,03 \text{ m}^2$
- ložnice: $20,40 \text{ m}^2 \geq 18,03 \text{ m}^2$.

Pro výpočet proslunění bude dále počítáno s kontrolními body KB4 a KB5. Místnost nevyhovuje na proslunění s jedním oknem, ale pouze s oběma. To znamená, že každý osvětlovací otvor musí splňovat požadavky na proslunění nezávisle na sobě. Polohu bodů můžeme vidět na Obrázku 20. Výpočet bude proveden pomocí studentské verze programu SVĚTLO+ [22] obdobně jako u předchozího kontrolního bodu KB1.

5.1.7 Posouzení proslunění druhého bytu

K posouzení proslunění dojde na základě grafické metody pomocí pravoúhlého slunečního diagramu, který získáme z programu po zadání kontrolních bodů (viz Příloha C.3, C.4).

Obývací pokoj s kuchyňským koutem:	kontrolní bod KB4
Slunce svítí:	11:58 – 16:30
Doba proslunění:	272 minut \geq 90 minut

→ Požadavek je splněn.

Obývací pokoj s kuchyňským koutem:	kontrolní bod KB5
Slunce svítí:	11:58 – 16:50
Doba proslunění:	292 minut \geq 90 minut

→ **Požadavek je splněn.**

→ **Byt je prosluněn.**

5.1.8 Zhodnocení proslunění

První, menší byt nebude 1. března prosluněn 90 minut slunečními paprsky. Tím pádem není schopen splnit požadavky dle normy ČSN 73 4301 [18]. Byt nelze zkolaudovat pod názvem byt, ale může být veden jako ateliér. Navržené stavební úpravy požadavky na proslunění již splňují. Rozhodující otázkou je, jestli navrhovaná úprava bude vypadat esteticky.

Druhý byt již požadavky na prostup slunečních paprsků splňuje. Obě okna jsou 1. března prosluněna po dobu minimálně 90 minut sluncem.

5.2 Denní osvětlení

Lidé potřebují při konání práce nebo relaxace optimální vnitřní podmínky a právě jednou z nich je i zraková pohoda. Té docílíme především vhodným návrhem osvětlovacího otvoru. Vystihujeme ho veličinou zvanou činitel denní osvětlenosti D [%]. Výhodou denního osvětlení oproti umělému osvětlení je, že je zdravější, levnější, jelikož za něj nic neplatíme a především ekologičtější. Zraková pohoda musí být zajištěna za jakéhokoli počasí, a proto se při výpočtu uvažuje s rovnoměrně zataženou oblohou. To má za následek, že nebereme v potaz přímé sluneční paprsky, ale pouze světlo rozptýlené v atmosféře. Poloha okna vzhledem ke světovým stranám nemá v tomto případě takový vliv [20].

V další kapitole budu ověřovat denní osvětlení u obytných místností bytu a v místnosti s trvalým pobytem osob, kterou je dětská herna.

5.2.1 Požadavky

Dle normy ČSN 73 0580-1 [23] musí být denní osvětlení zajištěno v prostorech s trvalým pobytem osob. To jsou místnosti, kde osoby stráví při opakované činnosti více než 4 hodiny denně a současně více než 1 den v týdnu. Dále pak v obytných místnostech v bytech či rodinných domech.

Obytné místnosti musí splňovat požadavky ve dvou kontrolních bodech, které jsou umístěny do poloviny hloubky místnosti, maximálně však 3,0 m a 1,0 m od postranních stěn. Jejich výšková poloha se nachází nejčastěji 0,85 m od podlahy a řídí se hygienickými předpisy. Výška kontrolních bodů představuje srovnávací rovinu, ve které se předpokládá zraková činnost, a proto se výška určuje dle účelu místnosti. V kontrolních bodech v úrovni srovnávací roviny se určuje hodnota činitele denní osvětlenosti D [%], která musí mít hodnotu minimálně 0,7 % v každém bodě a průměr z obou bodů hodnotu minimálně 0,9 %.

Místnosti určené k trvalému pobytu se určují odlišněji než místnosti obytné. Vymezí se pouze funkční prostor vhodný k tvoření aktivit. Ten se vyznačí pomocí křivky označované izočára, která propojí místa se stejnou hodnotou činitele denní osvětlenosti. Minimální hodnota činitele pro místnost s trvalým pobytem pro zřakovou třídu IV., do které byla zařazena dětská herna, je $D_{min} = 1,5 \%$. Tímto způsobem nám vznikne prostor mezi osvětlovacím otvorem a izočárou, který je vhodný k trvalému pobytu osob. K ověření rovnoměrného rozprostření jasu se počítá rovnoměrnost osvětlení $U [-]$ daná vzorcem:

$$U = \frac{D_{min}}{D_{max}} [-], \quad (5.2)$$

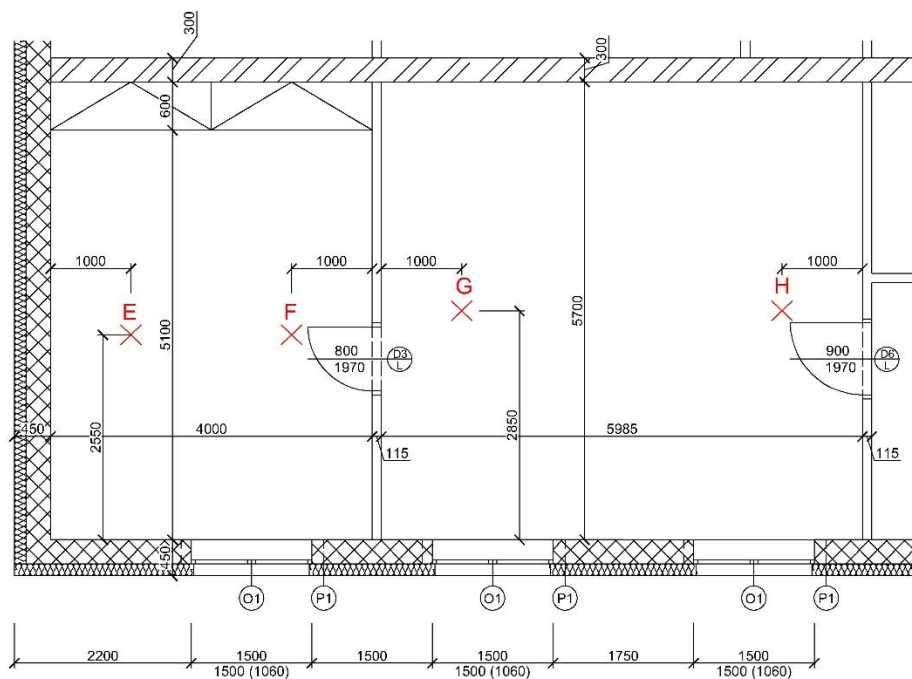
kde $D_{min} [\%]$ je minimální hodnota činitele denní osvětlenosti stanovenou ve funkčně vymezeném prostoru v kontrolních bodech na srovnávací rovině a $D_{max} [\%]$ je maximální hodnota činitele denní osvětlenosti stanovenou ve funkčně vymezeném prostoru v kontrolních bodech na srovnávací rovině. Hodnota $U [-]$ musí být větší nebo rovna hodnotě 0,20 [23].

5.2.2 Posouzení prvního bytu

První výpočet bude proveden v místnosti ložnice, která má rozměry 4,00 x 4,40 m a světlou výšku 2,70 m. Délka místnosti je zmenšena o šířku vestavěných skříní, které jsou navrženy až ke stropu a nepředstavují prostor k pobytu. Kontrolní body A a B jsou umístěny do poloviny místnosti, tj. 2,20 m a 1,00 m od postranních stěn. Srovnávací rovina se nachází ve výšce 0,85 m.

Druhá posuzovaná místnost je kuchyně o rozměrech 4,32 x 5,00 m a světlé výšce 2,70 m. Kontrolní body C a D jsou umístěny do poloviny místnosti, tj. 2,50 m a 1,00 m od postranních stěn. Srovnávací rovina se nachází ve výšce 0,85 m.

Pro lepší představu můžeme vidět rozmístění bodů na Obrázku 21.



Obrázek 21 – Půdorys umístění kontrolních bodů v obytných místnostech prvního bytu

Posouzení denního osvětlení je provedeno pomocí programu SVĚTLO+ [22], kam se nakreslí posuzovaná místnost a vloží se vstupní údaje:

Parametry skla okna

- činitel znečištění vnitřní strany (malé znečištění): $\tau_{z,i} = 0,95$
- činitel znečištění vnější strany (střední znečištění): $\tau_{z,e} = 0,90$
- činitel prostupu světla sklem: $\tau_s = 0,75$
(viz Příloha C.16)
- poměr čisté plochy zasklení:

$$\tau_k = \frac{A_c}{A_s} [-],$$

(5.3)

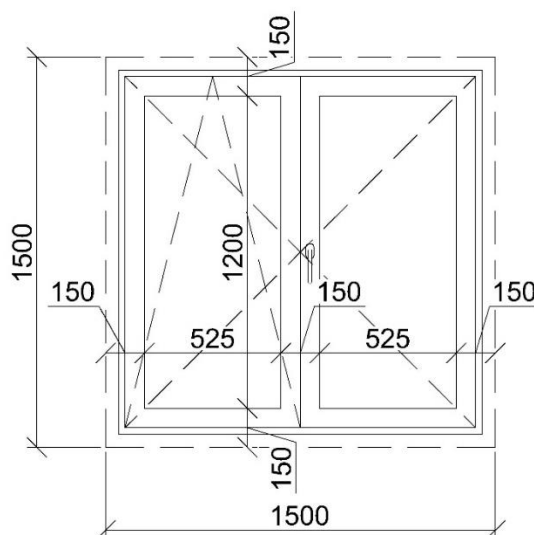
kde $A_s [m^2]$ je celková plocha zasklení a $A_c [m^2]$ je plocha zasklení

okno O1 (1500 x 1500 mm)

$$A_s = 2,25 \text{ m}^2$$

$$A_c = 1,26 \text{ m}^2$$

$$\tau_k = \frac{1,26}{2,25} = 0,56$$



Obrázek 22 – Schéma okna O1 (1500 x 1500 mm)

Činitel odrazu

Vzhledem k neznalosti barevného řešení vnitřních ploch jsou použity doporučené hodnoty pro [23]:

- podlahy: $\rho_m = 0,30$
- stěny: $\rho_m = 0,50$
- strop: $\rho_m = 0,70$

Posouzení činitele denní osvětlenosti jsou dle normy ČSN 73 0580-2 [24] získané z programu. Výsledky z programu viz Příloha C.5, C.6.

I. První místnost – ložnice

Kontrolní bod A: $D_A = 0,2 \% ne \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod B: $D_B = 0,4 \% ne \geq 0,7 \%$

Průměr A a B: $\phi D_{AB} = 0,3 \% ne \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek nesplňuje.**

II. Druhá místnost – kuchyně

Kontrolní bod C: $D_C = 0,2 \% ne \geq 0,7 \%$

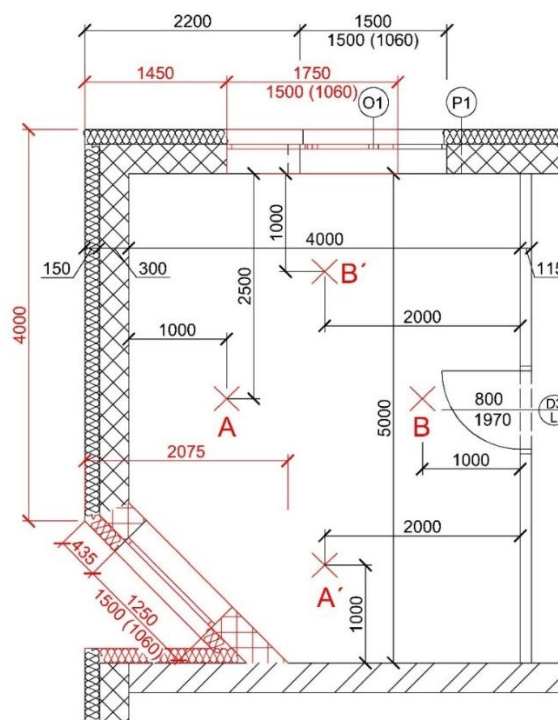
Kontrolní bod D: $D_D = 0,2 \% ne \geq 0,7 \%$

Průměr C a D: $\emptyset D_{CD} = 0,2 \% ne \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek nesplňuje.**

5.2.3 Návrh stavebních úprav – 1. varianta

Aby obytná místnost vyhověla požadavkům denního osvětlení, je nutné provést opravy v projekčním návrhu. U kuchyně, která je příliš zastíněna budovou naproti nelze dosáhnout požadavků na denní místnost a tím pádem se nedá považovat za obytnou místnost. V ložnici lze provést stavební úpravy tak, že v levém rohu vznikne šikmá stěna, kde bude umístěno okno 1250 x 1500 mm s výškou parapetu 1060 mm a budou zrušeny vestavěné skříně, které by se tam nevešly. Aby vyšel činitel denního osvětlení alespoň 0,7 % u všech kontrolních bodů, je nutné změnit i původně navržené okno. Šířka okna se zvětší na 1750 mm a vzdálenost od vnitřního pravého rohu bude 1250 mm. Dále je nutné, aby minimální hodnotu splňovala alespoň jedna dvojice bodů. Rozložení nových kontrolních bodů A' a B' a navrhované stavební úpravy viz Obrázek 23 červenou barvou.



Obrázek 23 – Stavební úpravy – varianta 1

Činitelé odrazu jsou uvažovány stejné doporučené hodnoty jako u předchozího výpočtu. Parametry skla jsou uvažovány taktéž stejné až na poměry čisté plochy zasklení u nových typů oken. Posouzení činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN 73 0580-2 [24] získaného z programu. Výsledky z programu viz Příloha C.7. Nové vstupní údaje:

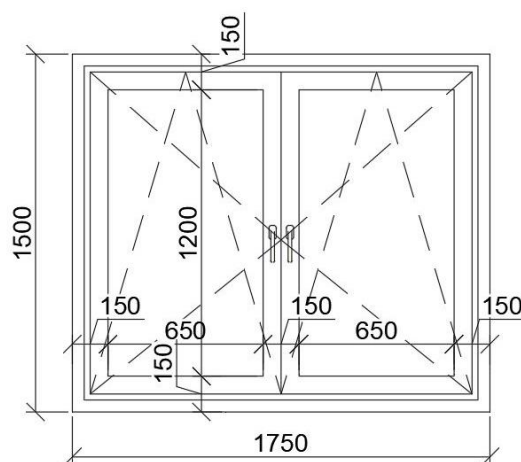
- poměr čisté plochy zasklení dle (5.3):

$$\tau_k = \frac{1,56}{2,63} = 0,59$$

nové okno (1750 x 1500 mm)

$$A_s = 2,62 \text{ m}^2$$

$$A_c = 1,56 \text{ m}^2$$



Obrázek 24 – Schéma nového okna 1750 x 1500 mm

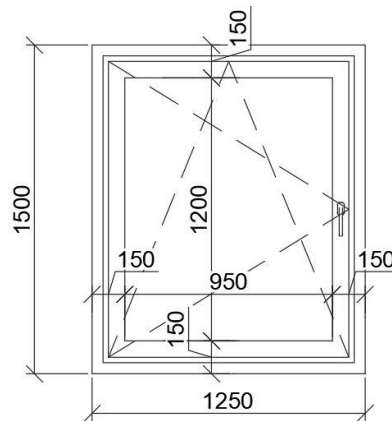
- poměr čisté plochy zasklení dle (5.3):

$$\tau_k = \frac{1,56}{2,63} = 0,59$$

nové okno (1250 x 1500 mm)

$$A_s = 1,88m^2$$

$$A_c = 1,14 m^2$$



Obrázek 25 – Schéma nového okna 1250 x 1500 mm

I. První místnost – ložnice

Kontrolní bod A: $D_A = 1,5 \% \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod B: $D_B = 0,7 \% \geq 0,7 \%$

Průměr A a B: $\emptyset D_{AB} = 1,1 \% \geq 0,9 \%$

Kontrolní bod A': $D_{A'} = 0,8 \% \geq 0,7 \%$

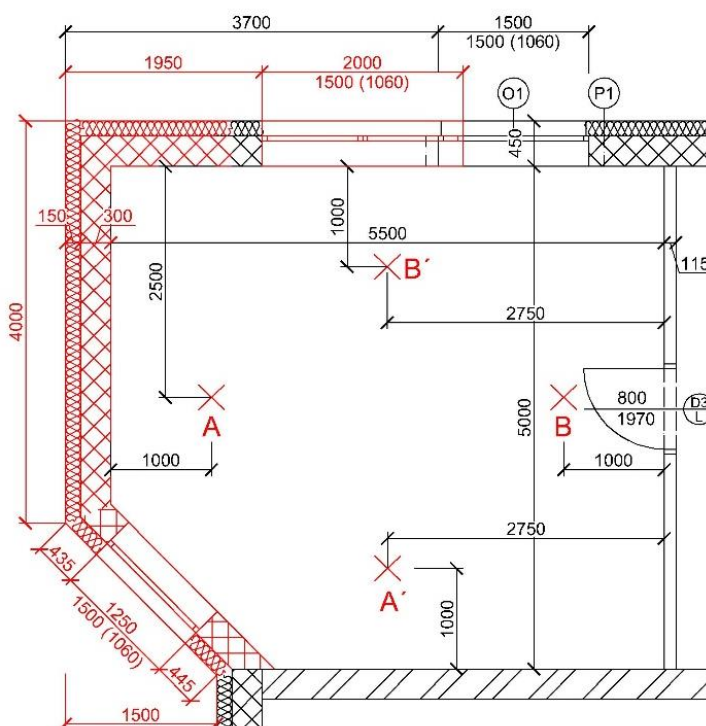
Kontrolní bod B': $D_{B'} = 2,6 \% \geq 0,7 \%$

Průměr A' a B': $\emptyset D_{AB'} = 1,7 \% \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek splňuje.**

5.2.4 Návrh stavebních úprav – 2. varianta

Druhým návrhem je předsadit severozápadní stěnu o 1500 mm s výřezem v levém rohu s oknem o šířce 1250 mm. Dále zvětšit původní okno na šířku 2000 mm a odsazení od vnitřního pravého rohu na 2000 mm. Rozložení nových kontrolních bodů a navrhované stavební úpravy viz Obrázek 26 červenou barvou.



Obrázek 26 - Stavební úpravy – varianta 2

Činitelé odrazu jsou uvažovány stejné doporučené hodnoty jako u předchozího výpočtu. Parametry skla jsou uvažovány taktéž stejné až na poměry čisté plochy zasklení u nových typů oken. Posouzení činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN 73 0580-2 [24] získaného z programu. Výsledky z programu viz Příloha C.8. Nové vstupní údaje:

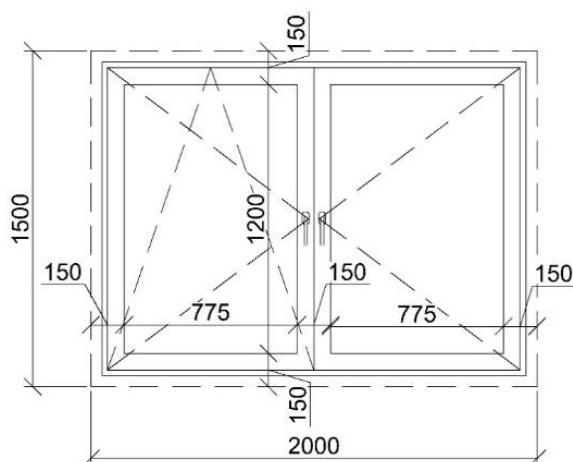
- poměr čisté plochy zasklení (dle 5.3):

$$\tau_k = \frac{1,86}{3,00} = 0,62$$

nové okno O2 (2000 x 1500 mm)

$$A_s = 3,00 \text{ m}^2$$

$$A_c = 1,86 \text{ m}^2$$



Obrázek 27 - Schéma nového okna 2000 x 1500 mm

I. První místnost – ložnice

Kontrolní bod A: $D_A = 1,4 \% \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod B: $D_B = 0,6 \% \text{ ne } \geq 0,7 \%$

Průměr A a B: $\emptyset D_{AB} = 1,0 \% \geq 0,9 \%$

Kontrolní bod A': $D_{A'} = 0,4 \% \text{ ne } \geq 0,7 \%$

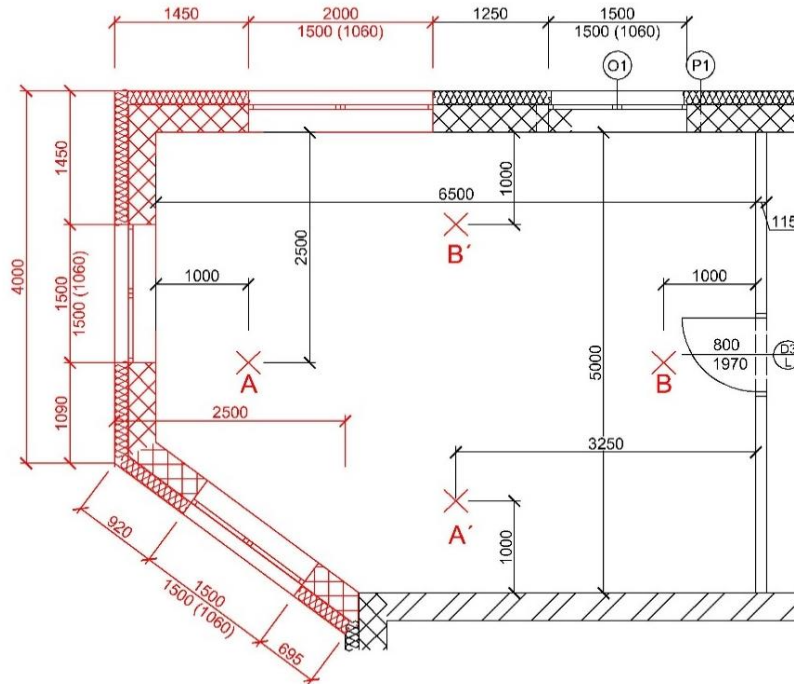
Kontrolní bod B': $D_{B'} = 3,1 \% \geq 0,7 \%$

Průměr A' a B': $\emptyset D_{A'B'} = 1,75 \% \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek nesplňuje.**

5.2.5 Návrh stavebních úprav – 3. varianta

Třetí variantou je předsazení stěny o 2500 mm s přidáním okna na severozápadní straně. Okno na šikmé stěně nám již zajistilo splnění požadavku na proslunění a nové okno nám zajistí i denní osvětlení. Dále se zvětší a posune původní okno široké 1500 mm. Stavební úpravy můžeme vidět na Obrázku 28. Výsledky z programu viz Příloha C.9.



Obrázek 28 – Stavební úpravy – varianta 3

I. První místnost – ložnice

Kontrolní bod A: $D_A = 2,9 \% \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod B: $D_B = 0,4 \% \neq \geq 0,7 \%$

Průměr A a B: $\emptyset D_{AB} = 1,65 \% \geq 0,9 \%$

Kontrolní bod A': $D_{A'} = 0,7 \% \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod B': $D_{B'} = 2,1 \% \geq 0,7 \%$

Průměr A' a B': $\emptyset D_{AB'} = 1,4 \% \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek splňuje.** Stačí, když požadavku vyhoví alespoň jedna dvojice bodů.

5.2.6 Zhodnocení prvního bytu

První místnost bytu po provedení úprav popsaná ve variantě 1 a 3 splňuje požadavky dle normy ČSN 73 0580-2 [24] na denní osvětlení obytné místnosti. Druhá místnost ani po možných úpravách nedokáže splnit požadavky na zrakovou pohodu a místnost se nedá považovat za obytnou z hlediska denní osvětlenosti. Jedním řešením by bylo zmenšit plochu místnosti pod 12 m^2 , která je limitní pro hodnocení kuchyně z hlediska obytné místnosti. Kuchyně by se nedala považovat za obytnou a nemusela by plnit požadavky na denní osvětlení. Druhým řešením by bylo

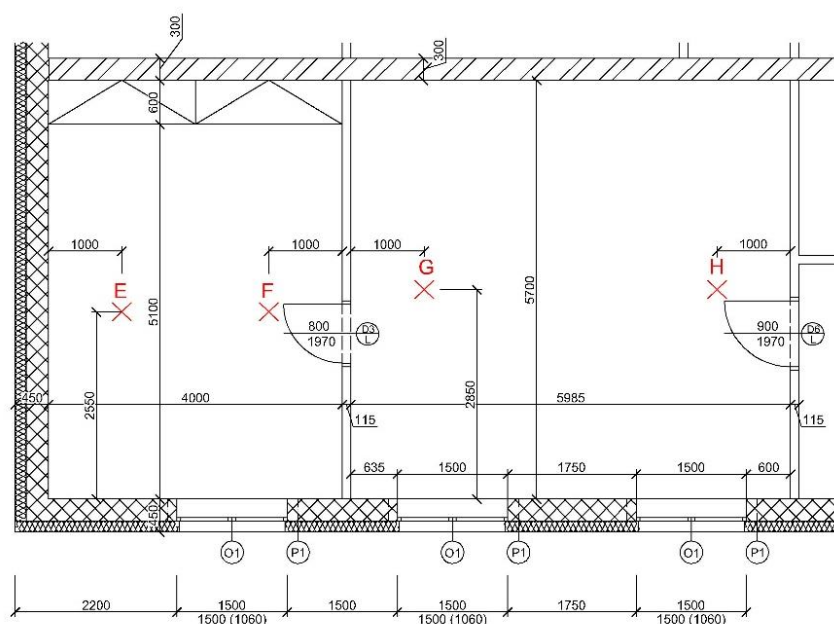
považovat místnosti za obytnou tak, jak je navržena, pod podmínkou získání povolení od hygieny.

5.2.7 Posouzení druhého bytu

První výpočet bude proveden v místnosti ložnice, která má rozměry 4,00 x 5,10 m taktéž zmenšené o vestavěné skříně a světlou výšku 2,70 m. Kontrolní body E a F jsou umístěny do poloviny místnosti, tj. 2,55 m a 1,00 m od postranních stěn. Srovnávací rovina se nachází ve výšce 0,85 m.

Druhá posuzovaná místnost je obývací pokoj s kuchyňským koutem o rozměrech 5,07 x 5,99 m a světlé výšce 2,70 m. Kontrolní body G a H jsou umístěny do poloviny místnosti, tj. 2,85 m a 1,00 m od postranních stěn. Srovnávací rovina se nachází ve výšce 0,85 m.

Pro lepší představu můžeme vidět rozmístění bodů na Obrázku 29.



Obrázek 29 - Půdorys umístění kontrolních bodů v obytných místnostech druhého bytu

Posouzení denního osvětlení bude provedeno pomocí programu SVĚTLO+ [22], podobně jako u prvního bytu bude nakreslena posuzovaná místnost a vloží se vstupní údaje:

Parametry skla okna

- činitel znečištění vnitřní strany (malé znečištění): $\tau_{z,i} = 0,95$
- činitel znečištění vnější strany (střední znečištění): $\tau_{z,e} = 0,90$
- činitel prostupu světla sklem:
(viz Příloha C.16) $\tau_s = 0,75$
- poměr čisté plochy zasklení (okno O1): $\tau_k = 0,56$
(viz posouzení prvního bytu)

U činitelů odrazu jsou uvažovány stejné doporučené hodnoty jako u výpočtu prvního bytu. Posouzení činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN 73 0580-2 [24] získaného z programu. Výsledky z programu viz Příloha C.10, C.11.

I. První místnost – ložnice

Kontrolní bod E: $D_E = 0,5 \% ne \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod F: $D_F = 0,6 \% ne \geq 0,7 \%$

Průměr E a F: $\emptyset D_{EF} = 0,55 \% ne \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek nesplňuje.**

II. Druhá místnost – obývací pokoj s kuchyňským koutem

Kontrolní bod G: $D_G = 0,7 \% \geq 0,7 \%$

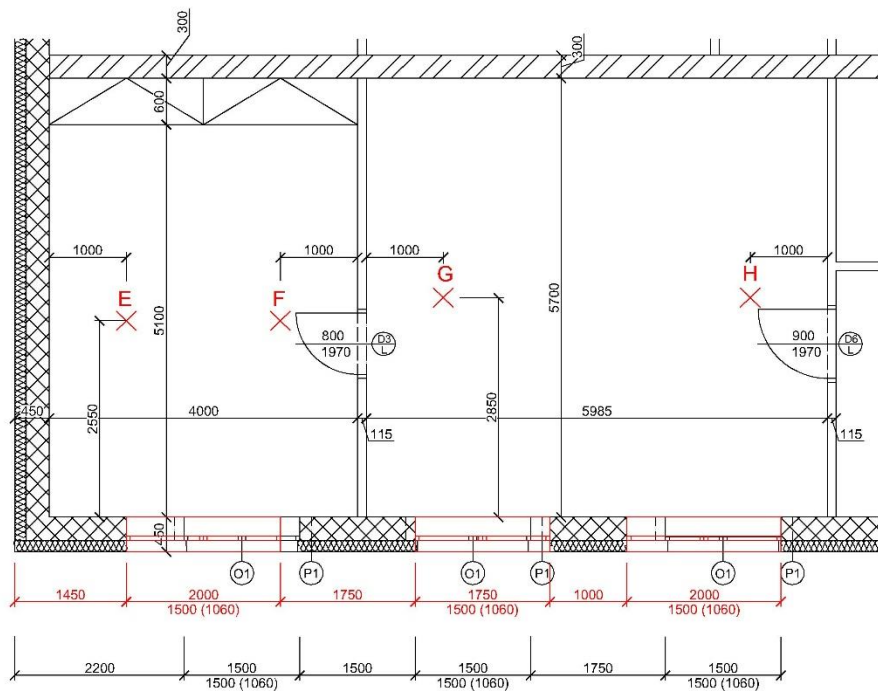
Kontrolní bod H: $D_H = 0,7 \% \geq 0,7 \%$

Průměr G a H: $\emptyset D_{GH} = 0,7 ne \% \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek nesplňuje.**

5.2.8 Návrh úpravy druhého bytu

Na Obrázku 30 můžeme vidět červenou barvou změny šířek a posunutí oken tak, aby byt vyhověl na denní osvětlení. Parametry skla jsou již vypočítané v předchozích kapitolách. Posouzení činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN 73 0580-2 [24] získaného z programu. Výsledky z programu viz Příloha C.12, C.13.



Obrázek 30 – Stavební úpravy druhého bytu

I. První místnost – ložnice

Kontrolní bod E: $D_E = 0,9 \% \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod F: $D_F = 0,9 \% \geq 0,7 \%$

Průměr E a F: $\varnothing D_{EF} = 0,9 \% \geq 0,9 \%$

→ **Požadavek splňuje.**

I. Druhá místnost – obývací pokoj s kuchyňským koutem

Kontrolní bod G: $D_G = 1 \% \geq 0,7 \%$

Kontrolní bod H: $D_H = 0,9 \% \geq 0,7 \%$

Průměr G a H: $\varnothing D_{GH} = 0,95 \% \geq 0,9 \%$

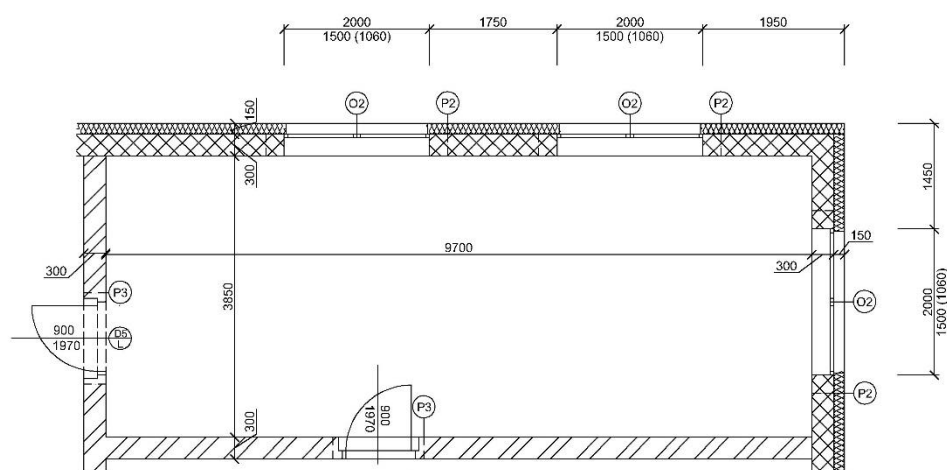
→ **Požadavek splňuje.**

5.2.9 Zhodnocení druhého bytu

Obě místnosti bytu po stavební úpravě oken splňují požadavky dle normy ČSN 73 0580-2 [24] na denní osvětlení obytné místnosti.

5.2.10 Posouzení dětské herny

Jedinou ověřovanou místností pro trvalý pobyt osob je dětská herna, kde je důležité vytvořit dětem zrakovou pohodu. Dětská herna má půdorysné rozměry 9,70 x 3,85 m a světlou výšku 2,70 m viz Obrázek 31. Srovnávací rovina se nachází ve výšce 0,45 m a 0,00 m. V místnosti se vytvoří síť kontrolních bodů v rastru 1,00 x 1,00 m a zároveň 1,00 m od postranních stran. Posouzení denního osvětlení bude provedeno pomocí programu SVĚTLO+ [22] podobně jako u bytů. Nakreslí se posuzovaná místnost a vloží se vstupní údaje. Funkční prostor určen k trvalému pobytu je ohraničen křivkou izočárou, která má hodnotu 1,5 %, protože je místnost zařazena do IV. středně přesné třídy zrakové činnosti.



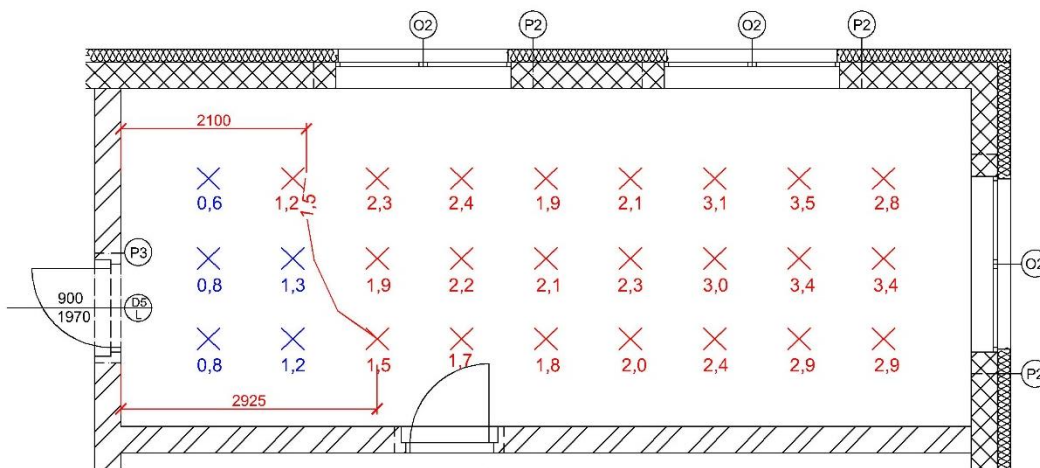
Obrázek 18 – Půdorys zadání dětské herny

Parametry skla okna

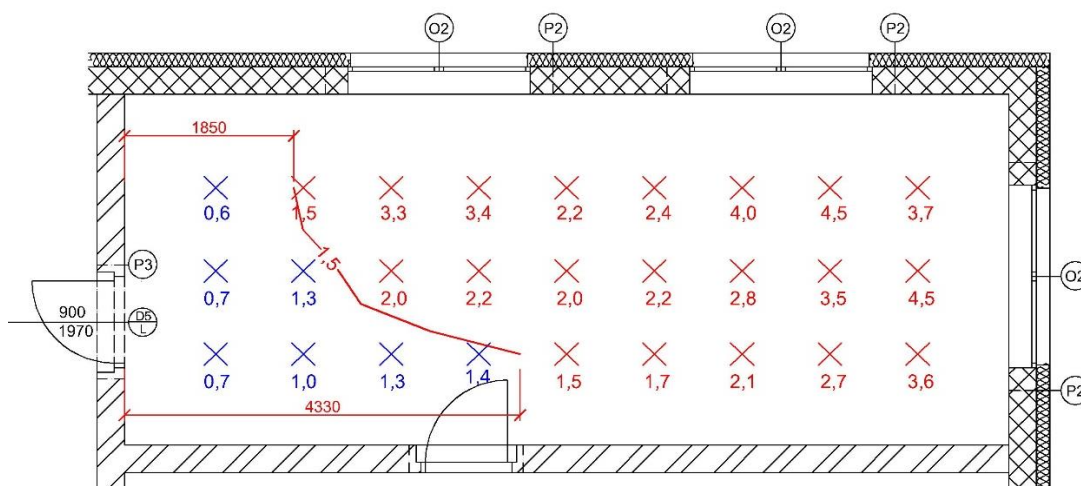
- činitel znečištění vnitřní strany (malé znečištění): $\tau_{z,i} = 0,95$
- činitel znečištění vnější strany (střední znečištění): $\tau_{z,e} = 0,90$
- činitel prostupu světla sklem: $\tau_s = 0,75$
(viz Příloha C.16)
- poměr čisté plochy zasklení (okno O2): $\tau_k = 0,56$
(viz návrh stavebních úprav – 2.varianta)

U činitelů odrazu jsou uvažovány stejné doporučené hodnoty jako u výpočtu prvního bytu. Posouzení činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN 73 0580-1 [23].

Na Obrázku 32 a 33 můžeme vidět rozmístění kontrolních bodů. Červeně vyhovující body a modře nevyhovující body s vykreslenou a zakótovanou izočárou 1,5 %, která vymezuje funkční prostor určený k umístění stolů ve výšce 0,45 m nebo k hraní na zemi. Protokol z programu můžeme najít v Příloze C.14, C.15. Nevyhovující prostor může být využit k uskladnění hracích pomůcek.



Obrázek 32 – Rozmístění kontrolních bodů v % s izočárou 1,5 % ve srovnávací hladině 0,00 m



Obrázek 33 – Rozmístění kontrolních bodů v % s izočárou 1,5 % ve srovnávací hladině 0,45 m

5.2.10.1 Posouzení rovnoměrnosti osvětlení

Výpočet a splnění rovnoměrnosti osvětlení $U [-]$ dle (5.2) nám zaručí vhodné rozprostření jasu v místnosti. Pro výpočet v celé místnosti jsou použity tyto vstupní údaje:

- minimální hodnota činitele denní osvětlenosti
pro celý prostor: $D_{\min} = 0,6 \%$
- maximální hodnota činitele denní osvětlenosti
z kontrolních bodů ve srovnávací rovině 0,45 m: $D_{\max,1} = 4,5\%$
- maximální hodnota činitele denní osvětlenosti
z kontrolních bodů ve srovnávací rovině 0,00 m: $D_{\max,2} = 3,5\%$

$$U_1 = \frac{0,6}{4,5} = 0,13 \geq 0,20$$

$$U_2 = \frac{0,6}{3,5} = 0,17 \geq 0,20$$

→ **Požadavek** v celé místnosti **nesplňuje**. Je nutné navrhnout funkčně vymezený prostor.

Výpočet rovnoměrnosti osvětlení ve funkčně vymezeném prostoru:

- minimální hodnota činitele denní osvětlenosti
stanovenou ve funkčně vymezeném prostoru v kontrolních
bodech na srovnávací rovině: $D_{\min} = 1,5 \%$

$$U_1 = \frac{1,5}{4,5} = 0,33 \geq 0,20$$

$$U_2 = \frac{1,5}{3,5} = 0,43 \geq 0,20$$

→ **Požadavek splňuje**.

5.2.11 Zhodnocení dětské herny

Místnost dětské herny byla posouzena dle minimálního činitele denní osvětlenosti, který je vymezen hodnotu 1,5 %. Z výstupu programu můžeme vidět, že tomuto požadavku vyhovuje většinová část herny. Herna zároveň splňuje požadavky na rovnoměrnost osvětlení ve funkčním prostoru.

Závěr

Cílem mé bakalářské práce byl kompletní návrh obecního domu s ohledem na stavební fyziku. Prvním úkolem bylo navrhnout a předběžně posoudit nosné a nenosné prvky budovy, která je složena ze dvou samostatných jednotek.

Dalším úkolem bylo posoudit a případně navrhnout řešení pro jednotlivé komponenty s ohledem na stavební fyziku. K tomuto zhodnocení byly využity odborné programy. Prvním posuzovaným oborem stavební fyziky byla tepelná technika. Ověřila jsem si, že navržené materiály byly již v počátečním návrhu vhodně zvoleny tak, aby vyhověly požadavkům na součinitele prostupu tepla, teplotní faktor vnitřního povrchu a kondenzaci vodní páry v konstrukci. Tudíž nebylo nutné provádět žádné stavební úpravy.

Druhým oborem byla stavební akustika, která se zaměřovala na vzduchovou neprůzvučnost dělicích stěn a prostorovou akustikou v sále. Stěny byly navrženy s ohledem na šíření zvuku vzduchem skrz konstrukce již v počátečním návrhu, tudíž došlo pouze k jejich ověření. Kvalita srozumitelnosti řeči v sále byla docílena úpravou původního návrhu v podobě zvukově pohltivých desek, které splňují požadavky na dobu dozvuku.

A posledním důležitým faktorem chybějícím k vytvoření interiérové pohody byla světelná technika. Tento obor se ukázal jako nejvíce problémový. Návrh projektové dokumentace dle studie by na požadavky proslunění a denního osvětlení nevyhověl. Bylo nutné navrhnout stavební úpravy. První variantou u prvního bytu na proslunění bylo navrženo předsazení stěny o 2,5 m s výřezem v levém vnějším rohu s novým oknem. Tento návrh požadavky proslunění již splnil. U vyhodnocování denního osvětlení u prvního bytu byly navrženy tři varianty. První variantou bylo zešíkmení části vnější stěny, kde bylo navrženo nové okno. Tato stavební úprava by požadavky na denní osvětlení splnila, ale z důvodu zastínění okna celý den by nevyhověla i požadavkům na proslunění. Druhým návrhem tedy bylo předsazení stěny o 1,5 m s výřezem v levém vnějším rohu s novým oknem. Ten požadavky na denní osvětlení bohužel nesplnil. Poslední, třetí variantou byla snaha o skloubení požadavků na proslunění a denní osvětlení. Tomuto stanovisku vyhověla pouze jediná možnost, a to předsazení stěny o 2,5 m s výřezem v levém vnějším rohu

s novým oknem, zvětšením okna na severovýchodní straně a přidáním třetího okna na severozápadní straně. Tato stavební úprava by musela být prokonzultována s investorem a architektem, kteří by návrh schválili. V mé bakalářské práci jsem zamýšlela pracovat s původní studií bez stavebních úprav a první byt jsem nazvala ateliérem. Druhý byt vyhověl na proslunění bez změn. Na denní osvětlení vyhověl s úpravou zvětšené šířky okna.

Součástí bakalářské práce bylo vypracování vybraných částí projektové dokumentace, které jsou přiložené k práci.

Závěrem bych chtěla poukázat na nové poznatky získané při zpracování bakalářské práce. Uvědomila jsem si, jak je velmi důležité přemýšlet při dispozičním návrhu a umístění stavby do terénu na jeho poloze vzhledem k Slunci a možnému zastínění objekty okolo stavb. Dále bych kladně hodnotila novou zkušenost s programem SVĚTLO+ [22], který byl pro mě doposud neznámým a pokládám ho jako přínos do dalšího studia.

Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] Stavební úpravy obecní budovy s areálem .In: Stavební úpravy obecní budovy s areálem [online]. 2018 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z :http://www.nesvacilka.cz/resources/upload/data/516_studie%20obecn%ED%20d%F9m%20nesva%E8ilka%202018.pdf
- [2] Nahlížení do katastru nemovitostí. *Katastrální mapa + ortofoto* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>
- [3] REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů. 2.*, aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.
- [4] Jevištní podesty. *Jevištní podesty* [online]. Újezd u Brna: Tuchler jevištní a textilní technika, 2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.tuchler.net/cz/buhnentechnik/buhnenpodeste/handy-buhnenpodeste/buehnenpodest-handy-standard-pro.html>
- [5] Česká geologická služba: Mapová aplikace. *Orientační mapa radonového indexu podloží* [online]. Česká geologická služba, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Český úřad zeměměřický a katastrální [cit. 2019-04-23]. Dostupné z [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php p?mapa=rado n&y=589100&x=1176400&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?p?mapa=rado n&y=589100&x=1176400&s=1)
- [6] HORSKÝ, Antonín a Ivo PETRÁŠEK. *Podklad pro navrhování. 15. vydání.* České Budějovice: Wienerberger cihlářský průmysl, 2017.
- [7] Hliníkové pergoly. *Hliníkové pergoly* [online]. Praha: Stínící technika Praha, výroba a montáž, 2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.invence.net/lamelove-pergoly.html>
- [8] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011 (Změna Z1 2012).
- [9] K-CAD spol. s r. o., Stavební fyzika, Svoboda software. Teplo 2015 [software].

- [10] ČSN 73 0532. *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [11] Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů 268/2009*. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2009, částka 81. Dostupné také z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2009-268/zneni20171019#cast1>
- [12] ČSN 73 0527. *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [13] ČSN 73 0525. *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [14] VLČEK, Petr. *Akustika staveb: Vzduchová neprůzvučnost aneb proč slyšíme hovor od sousedů* [online]. 11. 10. 2016 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4012.akustika-staveb-vzduchova-nepruzvucnost-aneb-proc-slysime-hovor-od-sousedu>
- [15] KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1: akustika budov*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-800-1036-648.
- [16] Tomašovič, Peter., Rychtáriková, Monika., Dlhý, Dušan., Gašparovičová Viera. *Akustika budov. Priestorová akustika*. Bratislava : STU v Bratislave, 288 s. ISBN 978-80-227-3235-2.
- [17] Knauf Praha, s. r. o. *Děrované desky Knauf* [online]. 2015 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: https://www.knauf.cz/derovane-desky-knauf#showtab-tab_47_1
- [18] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004 (Změna Z1 2005, Z2 2009, Z3 2012).
- [19] BOŠOVÁ, Daniela a Lenka PROKOPOVÁ. *Stavební fyzika I: osvětlení, oslunění, akustika budov*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-800-1061-305.
- [20] VYCHYTIL, Jaroslav a Jan KAŇKA. *Stavební světelná technika: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-800-1060-605.

- [21] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: cvičení*. České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001058589.
- [22] JpSoft s.r. o. *SVĚTLO+*. *Software pro denní osvětlení a oslunění budov*. Verze 1.98c. [software]
- [23] ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [24] ČSN 73 0580-2. *Denní osvětlení budov. Část 2: Denní osvětlení obytných budov*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [25] Vekra: Futura standard. : *Technické dokumenty* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/produkt/okna-futura-standard/>
- [26] www.stavebni-fyzika.cz. *Školení DEKSOFT: Tepelná technika 1D* [online]. 2014 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://deksoft.eu/download/index?file=prezentace_skoleni_teptech1d_jaro2014.pdf