ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022 **Valenkevych Artur**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Projekt bytového domu v Chrastavě se zaměřením na stavební fyziku

Project of a residential building in Chrastava with the focus on building physics

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

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

Vypracoval: Valenkevych Artur

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Valenkevych Jméno: Artur Osobní číslo: 485985

Zadávající katedra: K124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Projekt bytového domu v Chrastavě se zaměřením na stavební fyziku

Název bakalářské práce anglicky: Project of a residential building in Chrastava with the focus on building physics

Pokyny pro vypracování:
Na základě architektonické studie konstrukční návrh budovy. Předběžný statický návrh nosných konstrukcí. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí z hlediska jednorozměrného šíření tepla. Návrh a posouzení dělicích konstrukcí s ohledem na zajištění jejich zvukové izolace. Popis opatření pro eliminaci šíření kročejového zvuku z prostoru schodiště. Posouzení proslunění vybraných bytů a hodnocení denního osvětlení ve vybraných obytných místnostech. V případě nevyhovujících podmínek návrh vhodných stavebních úprav. Vybrané části projektové dokumentace pro stavební povolení v rozsahu půdorysy, svislé řezy, technické pohledy, situace.

Seznam doporučené literatury:
ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb - Kreslení výkresů stavební části, ČNI Praha, červenec 2004.
ČSN 73 0532 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků - Požadavky, ČAS Praha, prosinec 2020.
ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012.
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.
ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov, ČNI Praha, červen 2007.
ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky, ÚNMZ Praha, březen 2010.
ČSN 73 6058 Jednotlivé, řadové a hromadné garáže, ÚNMZ Praha, září 2011.
ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. ČAS Praha, červen 2019.
Vyhláška č. 268/2009 Sb.Vyhláška o technických požadavcích na stavby.

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

Datum zadání bakalářské práce: 15. 2. 2022 Termín odevzdání bakalářské práce: 15. 5. 2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

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

V Praze dne 15.05.2022 ……

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi Ph.D. za veškerou pomoc, kterou jsem získával od něho během zpracování této práce. Taky bych rád poděkoval své rodině za jejich podporu během mého života.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá projektem bytového domu se zaměřením na stavební fyziku. Nejprve, po uvedení stručných známých informací o budově, následuje výběr konstrukčně statického řešení. Součástí této kapitoly je také výpočet zatížení vybraných konstrukčních skladeb a předběžný návrh nosných konstrukcí. Materiály jsou vybírány tak, aby dům splňoval podmínky pro pasivní domy a byl energeticky úsporný. Následně se práce věnuje hodnocení obalových konstrukcí z hlediska jednosměrného šíření tepla. V části Akustika budov dělicí konstrukce jsou posouzené na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnosti. Součástí práce je popis způsobu eliminace kročejového hluku z prostoru schodiště. Konečně v části Světelná technika se zkoumá proslunění bytů a denní osvětlení obytných místností. V posledních třech kapitolách práce jsou kromě ručních výpočtů rozsáhle využívány počítačové programy. K bakalářské práci je přiložená vybraná projektová dokumentace.

Klíčová slova

bytový dům, stavební fyzika, denní osvětlení, proslunění, tepelná ochrana budov, neprůzvučnost, kročejový hluk

Annotation

This bachelor thesis deals with the design of the residential house with a focus on building physics. Firstly, after giving some brief known information about the building, the selection of a structural-static solution follows. This chapter also includes the calculation of the loads of the selected structural components and the preliminary design of the supporting structures. The materials are selected to ensure that the building meets the requirements for passive houses and is energy efficient. Subsequently, the thesis deals with the evaluation of the envelope structures in terms of unidirectional heat propagation. In the Building Acoustics section, the partitioning structures are assessed for airborne and airborne impermeability. The thesis includes a description of the method of elimination of step noise from the staircase area. Finally, in the Lighting section, the insolation of residences and the daylighting of living rooms are examined. In the last three chapters of the thesis, computer programs are used extensively in addition to manual calculations. Selected project documentation is attached to the bachelor thesis.

Keywords

residential house, building physics, daylighting, insolation, thermal protection of buildings, soundproofing, impact noise

OBSAH

Úvod 10

1. Popis objektu 11

1.1. Základní údaje 11

1.2. Architektonicko-stavební řešení 11

2. Konstrukčně statické řešení 12

2.1. Konstrukční systém 12
2.1.1. Volba konstrukčního systému 12
2.1.2. Konečná varianta 13

2.2. Svisle vnitřní a vnější konstrukce 14

2.3. Příčky 15

2.4. Stropní konstrukce 15
2.4.1. Stručný popis stropní konstrukce 15
2.4.2. Návrh stropní konstrukce 15

2.5. Schodiště 17
2.5.1. Stručný popis schodiště 17
2.5.2. Návrh schodiště 17
2.5.3. Návrh akustických prvků v schodišti 18

2.6. Střecha 19

2.7. Podlahy 19

2.8. Výplně otvorů 22
2.8.1. Okna 22
2.8.2. Dveře 22

2.9. Výtah 22

2.10. Lodžie 22

2.11. Zatížení 22
2.11.1. Stálé zatížení 22
2.11.2. Proměnné zatížení 26
2.11.3. Užitné zatížení 26

2.12. Základy 27

3. Tepelná ochrana budov 32

3.1. Teorie 32

3.2. Posouzení konstrukcí z hlediska jednorozměrného šíření tepla 33
3.2.1. Monolitická ŽB stěna v 1. PP 33
3.2.2. Monolitická ŽB stěna v 1. NP - 4. NP 33
3.2.3. Podlaha nad nevytápěným prostorem 34
3.2.4. Podlaha nad zeminou 35
3.2.5. Střecha 35

4. Akustika budov 36

4.1. Teorie 36
4.1.1. Vzduchová neprůzvučnost 36

4.1.2. Kročejová neprůzvučnost 36
4.2. Posouzení konstrukcí z hlediska akustiky 37
4.2.1. Mezibytová vnitřní ŽB stěna v 1. PP - 4. NP 37
4.2.2. Příčka SILKA HM v 1. PP - 4. NP 38
4.2.3. Mezibytový strop v 1. PP - 4. NP 38
5. Světelná technika 39
5.1. Proslunění 39
5.2. Posouzení proslunění 39
5.2.1. Místnost P1.13 41
5.2.2. Místnost 1.04 43
5.2.3. Místnost 1.12 45
5.3. Denní osvětlení 47
5.4. Posouzení denního osvětlení 47
5.4.1. Místnost P1.13 47
5.4.2. Místnost P1.12 50
5.4.3. Místnost 1.12 53
5.4.4. Místnost 1.02 56
Závěr 59
Seznam použitých zdrojů 60

Úvod

V rámci své bakalářské práce řeším návrh obytného domu, který se nachází v Chrastavě - malým a příjemným městečkem v Libereckém kraji. Proto je mým cílem při tvorbě projektu zajistit, aby dům, který navrhuji, zachoval ducha a pozitivní rysy tohoto krásného města.

Můj projekt je z tohoto důvodu zaměřen na stavební fyziku, protože, aby byl dům útulný, musí být teplý, tichý a světlý. Proto je každá jednotlivá kapitola této práce věnována konkrétní oblasti posuzování stavební fyziky: Tepelná ochrana budov, Akustika budov a Světelná technika.

Prvotní informace o objektu byly získány z architektonické studie a na jejich základě byla vypracována projektová dokumentace, která je součástí Přílohy 3 této práce. Projektová dokumentace obsahuje výkres konstrukčního systému, situační výkres, půdorysy jednotlivých podlaží, řez objektem a pohledy technické.

Pro zpřesnění návrhu se v bakalářské práci kromě ručních výpočtů aktivně využívají prostředky různých specializovaných počítačových programů.

Konečným výsledkem všech těchto prací bude projekt domu, který bude splňovat podmínky příjemného a pohodlného bydlení.

1. Popis objektu

1.1. Základní údaje

- Stavba: Bytový dům Chrastava
- Místo stavby: Sídliště Střelecký vrch, Chrastava
- Okres: Liberec
- Kraj: Liberecký
- Katastrální území: Chrastava I. [653845]
- Parcelní číslo: 771/1
- Charakter stavby: Pozemní stavba

1.2. Architektonicko-stavební řešení

Navrhovaný bytový dům obsahuje 16 bytových jednotek, přičemž jeden byt je řešen jako bezbariérový. Byty jsou rozmístěné ve všech patřech, dohromady dům má jedno podzemní a čtyři nadzemní podlaží. V podzemním podlaží, kromě jednoho bytu, taky se nachází sklepní koje, určené pro skladování věcí vlastníků a technická místnost.

Hlavními principy budovy jsou jednoduchost a racionalita. Přístup do přízemí je řešen rampou a venkovním schodištěm, vstup do domu je uprostřed severovýchodní fasády. V budově je navržen výtah, který spolu ze schodištěm zajišťuje vertikální komunikace.

Podkladem pro zpracování této bakalářské práce je architektonická studie, kterou vypracoval CS architects s.r.o. [1].

2. Konstrukčně statické řešení

2.1. Konstrukční systém

2.1.1. Volba konstrukčního systému

Jsou navrženy tři materialové varianty - v rámci této bakalářské práce je důležité zvolit konstrukční systém z větším počtem výhod oproti jiným variantám.

- **Varianta 1**

1. Svislé vnitřní a vnější konstrukce

Železobetonové stěny tl. 200 mm (1. PP)

(beton C 30/37, ocel B500B)

Porotherm 30 AKU SYM (Rw = 58 dB) (1. NP - 4. NP)

2. Příčky

Porotherm 11,5 AKU (Rw = 47 dB)

3. Stropní konstrukce

Porotherm stropní nosníky POT+vložka MIAKO tl. 290 mm (z důvodu omezení výrobce na světlost rozpětí 6750 mm)

4. Schodiště

Železobetonové prefabrikované deskové

- **Varianta 2**

1. Svislé vnitřní a vnější nosné konstrukce

Železobetonové stěny tl. 200 mm (1. PP)

(beton C 30/37, ocel B500B)

Heluz UNI 30 (Rw = 52 dB) (1. NP – 4. NP)

Heluz AKU 25 (Rw = 55 dB)

2. Příčky

Heluz AKU 11,5 (Rw = 47 dB)

3. Stropní konstrukce

Stropní panely Spiroll

Empirický návrh – jednostranně pnutá deska

(1/30 až 1/35) · 6750 = 193 až 225 ... NÁVRH 200 mm

4. Schodiště

Železobetonové monolitické deskové

- **Varianta 3**

1. Svislé vnitřní a vnější nosné konstrukce

Železobetonové stěny tl. 200 mm (1. PP - 4. NP)

(beton C 30/37, ocel B500B)

2. Příčky

Ytong Klasik tl. 150 mm (Rw = 41 dB)

Silka HM 150 tl. 150 mm (Rw = 50 dB)

3. Stropní konstrukce

Železobetonové monolitické tl. 250 mm

(beton C 30/37, ocel B500B)

Empirický návrh – oboustranně pnutá deska

(1/40 až 1/45) · 6750 = 150 až 169 ... NÁVRH 250 mm

4. Schodiště

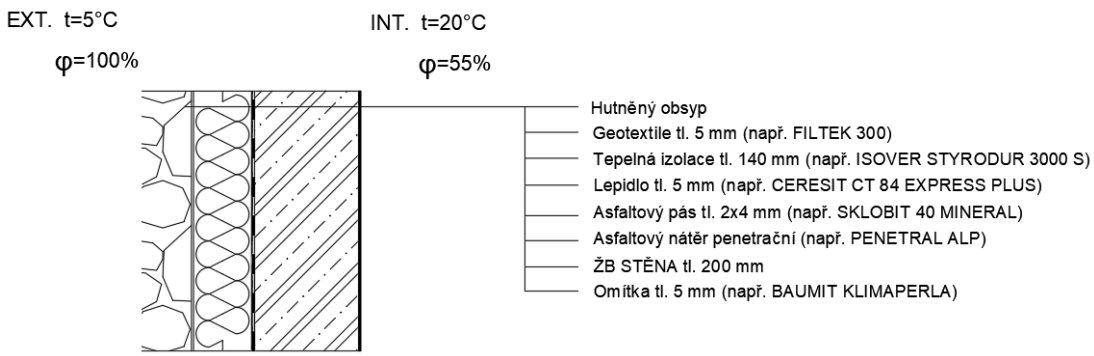
Železobetonové monolitické deskové

2.1.2. Konečná varianta

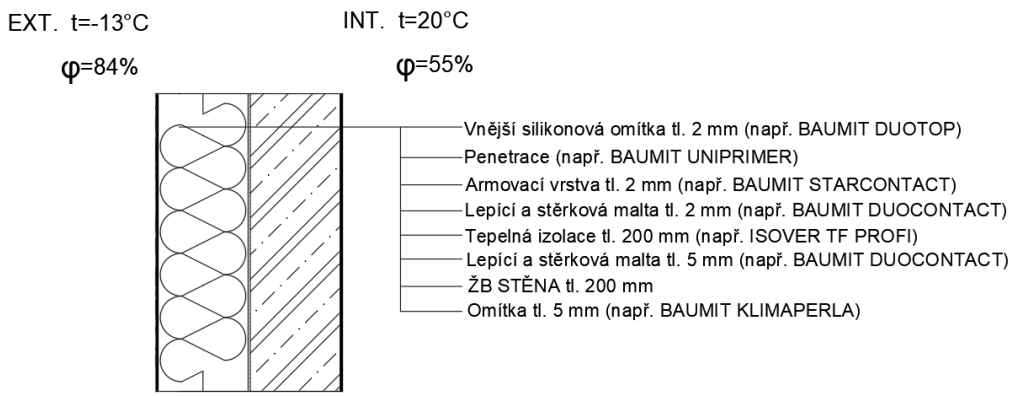
Pro další řešení je navržena varianta č. 3. Nevýhodou této varianty je fakt, že není odstraněn mokrý proces a fakt, že budova bude mít velkou hmotnost. Jinak ale tato varianta je nejlepší ze třech z hlediska tepelne-izolačních i akustických požadavků, a stability. Vzhledem k tomu se další obsah bakalářské práce týká pouze varianty č.3. Výkresy konstrukčního systému jsou součástí Přílohy 3.

2.2. Svisle vnitřní a vnější konstrukce

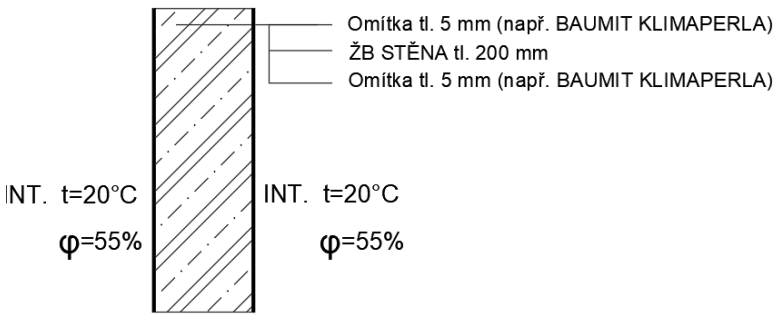
Veškeré obvodové a vnitřní nosné stěny jsou tvořene ze železobetonu C 30/37 tloušťky 200 mm. Na povrchovou úpravu železobetonu je použita omítka BAUMIT KLIMAPERLA.



Obr. 1: Skladba monolitické ŽB stěny v 1. PP



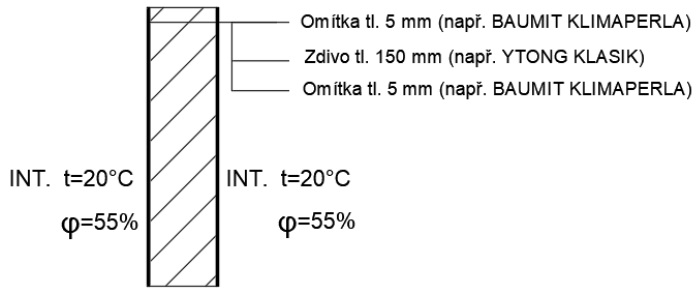
Obr. 2: Skladba monolitické ŽB stěny v 1. NP - 4. NP



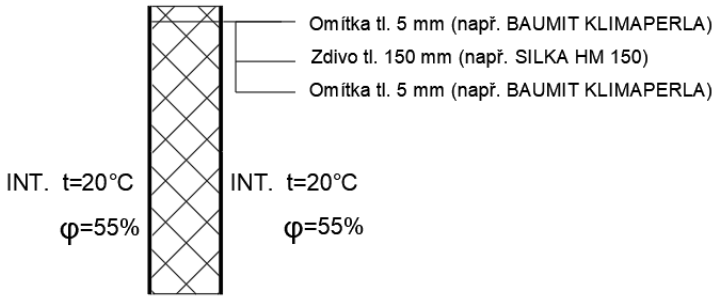
Obr. 3: Skladba monolitické vnitřní ŽB stěny v 1. PP - 4. NP

2.3. Příčky

Příčky v objektu jsou dvou druhů: z keramických tvárnic YTONG KLASIK a z vápenopískových tvárnic SILKA HM, tloušťky 150 mm v obou případech. Rozdíl je vyvolan rozdilnými akustickými požadávky v různých částech objektu. Na povrchovou úpravu příček stejně je použita omítka BAUMIT KLIMAPERLA. Vzhledem k univerzálnosti této omítky ona je použita i na úpravu dalších povrchů.



Obr. 4: Skladba příčky YTONG KLASIK v 1. PP - 4. NP



Obr. 5: Skladba příčky SILKA HM v 1. PP - 4. NP

2.4. Stropní konstrukce

2.4.1. Stručný popis stropní konstrukce

Veškeré stropní konstrukce jsou tvořene z křížem pnutých železobetonových desek tloušťky 250 mm z betonu C 30/37. Výjimkou je konstrukce deskového schodiště, kde je zvolena tloušťka desek 150 mm. Výztužení je zajištěno pomocí výztuže B500B.

2.4.2. Návrh stropní konstrukce

Stručný návrh desky pomocí empirického vzorce je součástí popisu varianty 3. Tento empirický vzorec je používán pro stanovení tloušťky po obvodě nepoddajně

podepřené desky (varianta vetknutí nebo spojitost) h_d, což platí pro řešený konstrukční systém. Detalněji:

a) $h_d = (1/40 \div 1/45) \cdot L_x$ (1)

kde h_d je navrhovaná tloušťka desky [mm]

L_x je kratší rozpětí pole [mm]

Po dosazení hodnoty L_x = 6750 mm do vzorce (1) vychází:

$h_d = (1/40 \div 1/45) \cdot 6750 = 150 \text{ mm} \div 169 \text{ mm}$

Návrh: stropní železobetonová deska tl. 250 mm

Dál je stanovena tloušťka desky podle vymezující ohybové štihlosti λ_d:

b) $\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$ (2)

kde κ_{c1} součinitel tvaru průřezu [-]

κ_{c2} součinitel rozpětí [-]

κ_{c3} součinitel napětí v tahové výztuži [-]

$\lambda_{d,tab}$ tabulková hodnota vymezující ohybové štíhlosti [-]

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

$\kappa_{c1} = 1$ (obdélník)

$\kappa_{c2} = 1$ ($\kappa_{c2} = \min(7/L_d; 1) = \min(7/6{,}75; 1) = \min(1{,}037; 1) = 1$)

$\kappa_{c2} = 1{,}2$ (běžný odhad)

$\lambda_{d,tab} = 26{,}7$ (z tabulky pro krajní pole spojitého nosníku)

Po dosazení do vzorce (2) vychází:

$\lambda_d = 1 \cdot 1 \cdot 1{,}2 \cdot 26{,}7 = 32{,}04$

Dál je potřeba zkontrolovat údaje podle dalšího vzorce:

$$h_d \geq \frac{L_d}{\lambda_d} + c + \frac{\varnothing_s}{2} \quad (3)$$

kde L_d teoretický rozpon desky [mm]

λ_d vymezující ohybová štíhlost [-]

c krycí vrstva výztuže [mm]

$\varnothing_s$ průměr výztuže [mm]

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

$\varnothing_s$ = 12 mm (odhad)

C = 25 mm (odhad)

Po dosazení do vzorce (3) vychází:

$$h_d \geq \frac{6750}{32{,}04} + 25 + \frac{12}{2} = 241{,}67 \text{ mm}$$

Návrh: stropní železobetonová deska tl. 250 mm

2.5. Schodiště

2.5.1. Stručný popis schodiště

Schodiště je umištěno uprostřed objektu a zajišťuje vertikální komunikaci. Jedná se o železobetonové monolitické dvouramenné deskové schodiště. Mezipodesty a podesty mají tloušťku desky 150 mm, konstrukční výška schodiště je 3200 mm.

2.5.2. Návrh schodiště

Veškeré parametry schodiště jsou navržené podle normy ČSN 73 4130 [2] s ohledem na známé rozměry budovy a klasické vzorce pro stanovení schodišť.

Konstrukční výška schodiště	3200 mm
Šířka podesty	1550 mm
Šířka ramene	1200 mm
Šířka zrcadla	600 mm
Délka podesty	3000 mm
Půdorysná délka ramene	3100 mm
Celkový počet stupnů	20
Počet stupnů v rameni	10
Výška schodišťového stupně	160 mm
Šířka schodišťového stupně	b = 630 - 2·h = 630 - 2·160 = 310 mm
Tloušťka desky	150 mm
Tloušťka podlahy	105 mm
Sklon schodišťových ramen α	27,3°

Průchodná výška schodiště h_{pr}:

$h_{pr} = 750 + 1500 \cdot \cos\alpha = 750 + 1500 \cdot \cos 27{,}3 = 2083$ mm

Průchodná výška schodiště h_{pr} splňuje minimální průchodnou výšku, což je 1950 mm.

Podchodná výška schodiště h_p:

$h_p = 1500 + 750/\cos\alpha = 1500 + 750/\cos 27{,}3 = 2344$ mm

Podchodná výška schodiště h_p splňuje minimální podchodnou výšku, což je 2100 mm.

Návrh: dvouramenné schodiště, v každém rameni je 10 stupňů výšky 160 mm x šířky 310 mm

2.5.3. Návrh akustických prvků v schodišti

Mezipodesty a podesty jsou uloženy do podélných stěn pomocí izolačních boxů HBB-FQ, spoj je kloubový. Ramena a ostatní části jsou oddilatovány sparovými deskami Schöck PL. K napojení schodišťových ramen a podesty jsou navrženy prvky Schöck Tronsole Typ T. Tyto prvky se používají k řešení problému kročejového hluku, který se často vyskytuje na schodištích.

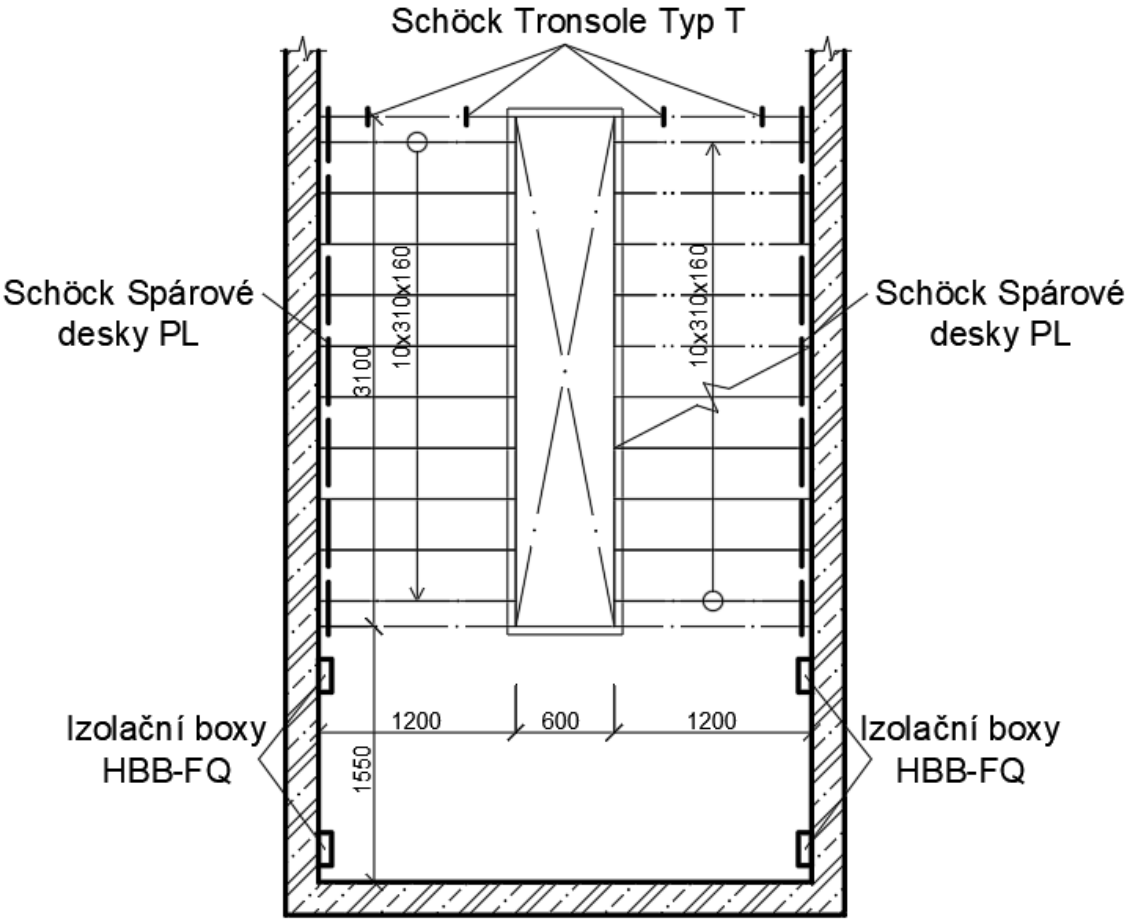
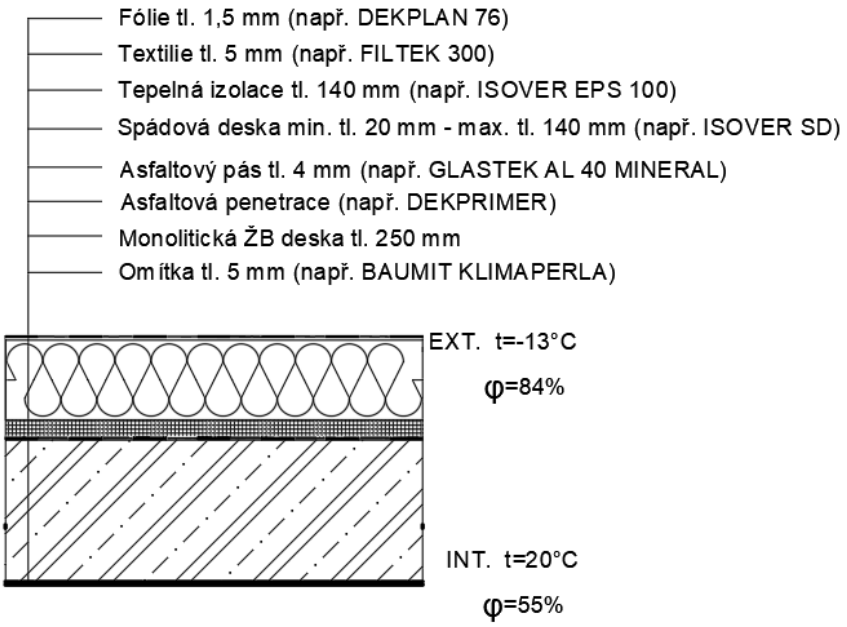


Schéma. 1: Schéma schodiště včetně akustických prvků

2.6. Střecha

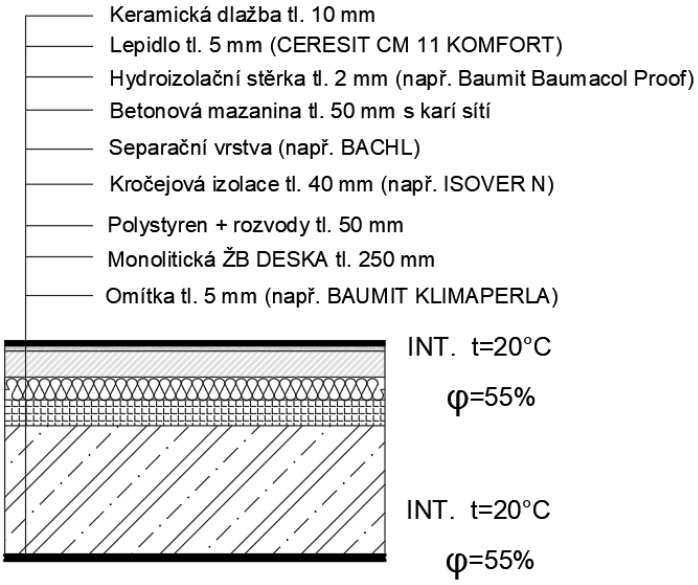
Budova má plochou střechu s klasickým pořadím vrstev. Celková skladba střešního pláště leží na monolitické železobetonové desce tl. 250 mm. Střecha je nepochozí a jednoplášťová. Spádová vrstva je tvořena z desek ISOVER SD, jako asfaltový pas je použit GLASTEK AL 40 MINERAL. Vrchní vrstva střechy je opatřena fólií DEKPLAN 76, která je určena k mechanickému kotvení.



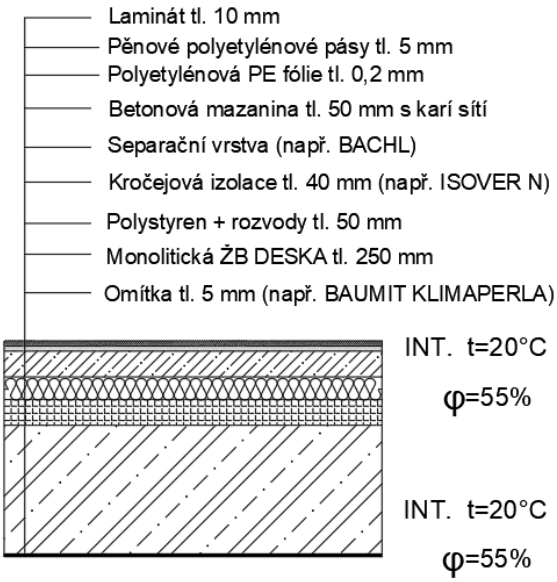
Obr. 6: Skladba střechy

2.7. Podlahy

V interéru je navrženo dva druhy podlah – s laminátem tl. 10 mm a keramickou dlažbou tl. 10 mm. Rozdíl v nášlapných vrstvách je vyvolan účelem použití konkretní místnosti. Keramická dlažba je v místnostech, kde je vlhké prostředí. V podlahách je vrstva polysterenu tl. 50 mm, ve které lze vést vybrané rozvody – tato vrstva se nebude součástí podlah na stropních deskách tl. 150 mm v prostoru schodiště.

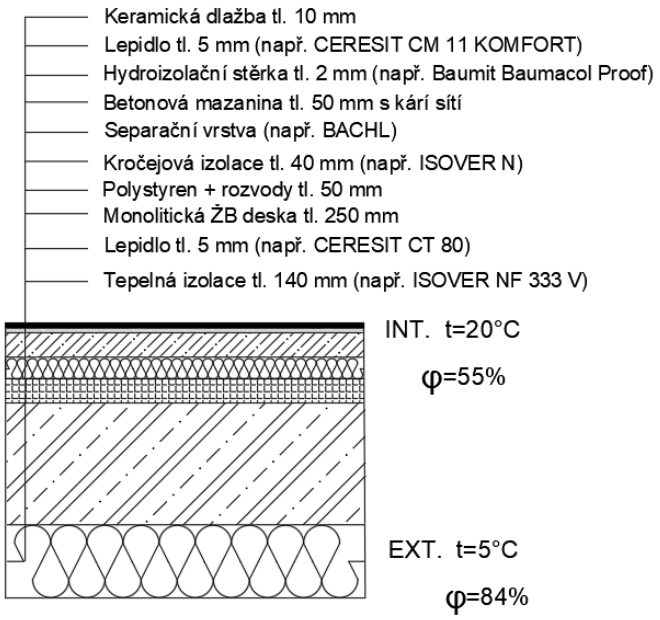


Obr. 7: Skladba podlahy v interiéru – dlažba



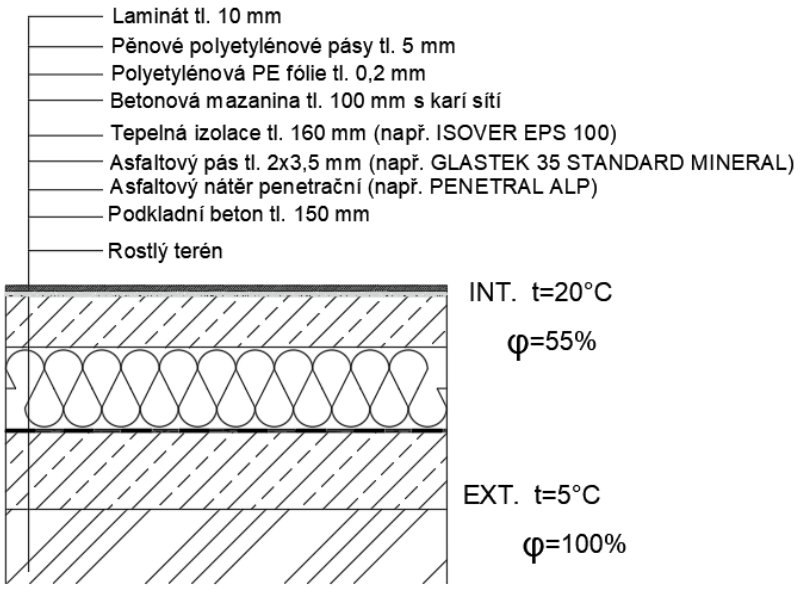
Obr. 8: Skladba podlahy v interiéru - laminát

Nad nevytápěným prostorem je podlaha, která ma doplňkovou izolace, přilepenou k monolitické železobetonové desce. Skladba nášlapné vrstvy a tloušťka monolitické železobetonové desky se v různých místech budovy liší a podrobněji to lze zjistit z řezu, který je součástí Přílohy 3.



Obr. 9: Skladba podlahy nad nevytápěným prostorem

V podlaze na terénu je speciální vrstva podkladního betonu. Taky podlaha na terénu je podlahou bytové jednotky, která se nachází v 1. PP. Jako asfaltový pás jsou použity dvě vrstvy GLASTEK 35 STANDARD MINERAL. Tento materiál se používá jako součást izolace spodní stavby proti zemní vlhkosti, gravitační i tlakové vodě a radonu. Pás svými parametry odpovídá vysokým nárokům na spolehlivost hydroizolace spodní stavby [3].



Obr. 10: Skladba podlahy nad zeminou

2.8. Výplně otvorů

2.8.1. Okna

Okna jsou navržena s hliníkovým rámečkem od firmy SKLENÁŘSTVÍ NONSTOP s.r.o. Rozměry oken se liší v závislosti na konkrétním podlaží a konkrétním bytě, ale to není pro danou firmu při výrobě oken překážkou.

2.8.2. Dveře

Dveře jsou navrženy v různých provedeních dle požadavků investora od firmy MONTKOV, spol. s.r.o. Tato společnost vyrábí dveře v různých materiálových variantách a proto je univerzálním výrobcem, což je dobrá varianta pro tuto stavbu.

2.9. Výtah

V objektu je výtah, který zajišťuje vertikální komunikace. On se nachází v ŽB jádru objektu, půdorysné rozměry výtahu jsou 1800 mm x 1800 mm. Tloušťka stěny šachty je 200 mm, výtah je navržen od firmy Schindler a má typ T2/C2/C4 [4].

2.10. Lodžie

V domě se nachází několik lodžií, kde může vzniknout problém s tepelnými mosty. K řešení tohoto problému je navržen prvek pro přerušení tepelného mostu přenášející posouvající síly - Schöck Isokorb XT typ Q s tlakovým ložiskem HTE a tloušťkou izolantu 120 mm. Tento prvek je nosný tepelně-izolační, který je určen pro podepřené balkóny a lodžie přenášející posouvající síly resp. velké posouvající síly působící lokálně [5].

2.11. Zatížení

2.11.1. Stálé zatížení

Stálé zatížení je počitano pro skladby budovy, které už byly oznamené výš, jako např. skladba podlahy nad nevytápěným prostorem, skladba podlahy nad zeminou atd. Podrobný výpočet je v tabulkách níž.

Nejprve se vypočítá zatížení pro dvě nestandardní skladby podlah, a to pro podlahu nad nevytápěným prostorem a pro podlahu nad zeminou.

Tabulka 1: Skladba podlahy nad nevytápěným prostorem

Popis zatížení		Charakteristické [kN/m²]	γ_F	Návrhové [kN/m²]
Keramická dlažba tl. 10 mm	= 20 · 0,01	0,2	1,35	0,27
Lepidlo tl. 5 mm	= 20 · 0,005	0,1		0,135
Betonová mazanina tl. 50 mm	= 21 · 0,05	1,05		1,418
BAUMIT BAUMACOL PROOF tl. 2 mm	= 1,6 · 0,002	0,003		0,004
ISOVER N tl. 40 mm	= 1,1 · 0,04	0,044		0,059
Lepidlo tl. 5 mm	= 20 · 0,005	0,1		0,135
ISOVER NF 333 V tl. 140 mm	= 0,8 · 0,14	0,112		0,151
Celkem		**2,617**		**3,533**

Tabulka 2: Skladba podlahy nad zeminou

Popis zatížení		Charakteristické [kN/m²]	γ_F	Návrhové [kN/m²]
Laminát tl. 10 mm	= 16 · 0,01	0,16	1,35	0,216
Pěnové polyetylénové pásy tl. 5 mm	= 0,7 · 0,005	0,004		0,005
Betonová mazanina tl. 100 mm	= 21 · 0,1	2,1		2,835
ISOVER EPS 100 tl. 160 mm	= 0,21 · 0,16	0,034		0,046
GLASTEK 2x35 STANDARD MINERAL tl. 2x3,5 mm	= 41 · 2 · 0,0035	0,288		0,389
Podkladní beton tl. 150 mm	= 22 · 0,15	3,3		4,459
Celkem		**5,886**		**7,95**

Pak následuje výpočet zatížení pro typické skladby podlah ve dvou variantách: podlahu s laminátem a podlahu s keramickou dlažbou.

Tabulka 3: Skladba podlahy v interiéru – laminát

Popis zatížení		Charakteristické [kN/m²]	γ_F	Návrhové [kN/m²]
Laminát tl. 10 mm	= 16 · 0,01	0,16	1,35	0,27
Pěnové polyetylénové pásy tl. 5 mm	= 0,7 · 0,005	0,004		0,005
Betonová mazanina tl. 50 mm	= 21 · 0,05	1,05		1,418
BAUMIT BAUMACOL PROOF tl. 2 mm	= 1,6 · 0,002	0,003		0,004

ISOVER N tl. 40 mm	= 1,1 · 0,04	0,044		0,059
Polysteren tl. 50 mm	= 0,3 · 0,05	0,015		0,02
BAUMIT KLIMAPERLA tl. 5 mm	= 12 · 0,005	0,06		0,081
Celkem		**1,336**		**1,857**

Tabulka 4: Skladba podlahy v interiéru - dlažba

Popis zatížení		**Charakteristické [kN/m²]**	**γ_F**	**Návrhové [kN/m²]**
Keramická dlažba tl. 10 mm	= 20 · 0,01	0,2		0,27
Lepidlo tl. 5 mm	= 20 · 0,005	0,1		0,135
Betonová mazanina tl. 50 mm	= 21 · 0,05	1,05		1,418
BAUMIT BAUMACOL PROOF tl. 2 mm	= 1,6 · 0,002	0,003	1,35	0,004
ISOVER N tl. 40 mm	= 1,1 · 0,04	0,044		0,059
Polysteren tl. 50 mm	= 0,3 · 0,05	0,015		0,02
BAUMIT KLIMAPERLA tl. 5 mm	= 12 · 0,005	0,06		0,081
Celkem		**1,472**		**1,987**

Hned poté se vypočítá zatížení všech stěn, které jsou v budově.

Tabulka 5: Skladba monolitické nosné ŽB stěny v 1. PP

Popis zatížení		**Charakteristické [kN/m²]**	**γ_F**	**Návrhové [kN/m²]**
Geotextile tl. 5 mm	= 3 · 0,005	0,015		0,02
ISOVER STYRODUR 3000 S tl. 140 mm	= 0,3 · 0,14	0,042		0,057
Lepidlo tl. 5 mm	= 20 · 0,005	0,1		0,135
SKLOBIT 40 MINERAL tl. 2x4 mm	= 12 · 2 · 0,004	0,096	1,35	0,123
ŽB stěna tl. 200 mm	= 24 · 0,2	4,8		6,48
BAUMIT KLIMAPERLA tl. 5 mm	= 12 · 0,005	0,06		0,081
Celkem		**5,113**		**6,896**

Tabulka 6: Skladba monolitické obvodové ŽB stěny v 1. NP - 4. NP

Popis zatížení		**Charakteristické [kN/m²]**	**γ_F**	**Návrhové [kN/m²]**
BAUMIT DUOTOP tl. 2 mm	= 18 · 0,002	0,036		0,049
BAUMIT STARCONTACT tl. 2 mm	= 14 · 0,002	0,028		0,038

BAUMIT DUOCONTACT tl. 2 mm	= 14 · 0,002	0,028	1,35	0,038
ISOVER TF PROFI tl. 200 mm	= 0,14 · 0,2	0,028		0,038
BAUMIT DUOCONTACT tl. 5 mm	= 14 · 0,002	0,028		0,038
ŽB stěna tl. 200 mm	= 24 · 0,2	4,8		6,48
BAUMIT KLIMAPERLA tl. 5 mm	= 12 · 0,005	0,06		0,081
Celkem		**5,008**		**6,762**

Tabulka 7: Skladba monolitické vnitřní ŽB stěny v 1. PP - 4. NP

Popis zatížení		**Charakteristické [kN/m²]**	**γ_F**	**Návrhové [kN/m²]**
BAUMIT KLIMAPERLA tl. 5 mm	= 12 · 0,005	0,06	1,35	0,081
ŽB stěna tl. 200 mm	= 24 · 0,2	4,8		6,48
BAUMIT KLIMAPERLA tl. 5 mm	= 12 · 0,005	0,06		0,081
Celkem		**4,92**		**6,642**

Celkový výpočet zatížení končí zatížením střechy.

Tabulka 8: Skladba střechy

Popis zatížení		**Charakteristické [kN/m²]**	**γ_F**	**Návrhové [kN/m²]**
DEKPLAN 76 tl. 1,5 mm	= 18,5 · 0,0015	0,028	1,35	0,037
FILTEK 300 tl. 5 mm	= 3 · 0,005	0,015		0,2
ISOVER EPS 100 tl. 140 mm	= 0,21 · 0,14	0,029		0,04
ISOVER SD min. tl. 20 mm – max tl. 140 mm	0,059*	0,059		0,079
GLASTEK AL MINERAL tl. 4 mm	= 23 · 0,004	0,092		0,124
Celkem		**0,22**		**0,48**

* vypočítáno pomocí programu Teplo 2017 EDU [6]

Kvůli tomu, že veškeré příčky jsou nenosné, udělené se zdiva a jejich přesné rozmístění se může měnit, jejich zatížení lze započítat pomocí náhradního rovnoměrného q_k = 1,2 kN/m^2 (s ohledem na normu ČSN EN 1991) [7].

2.11.2. Proměnné zatížení

Proměnné zatížení je ovlivněno sněhem, informace níž je zjištěna ze sněhové mapy, celkový výpočet je udělen s ohledem na normu ČSN EN 1991-1-3 [8], hodnoty jsou taky stanovené z mapy nebo norem.

Budova se nachází v Chrastavě, kde je sněhová oblast V.

Proměnné zatížení sněhem se stanoví pomocí vzorce:

$$s = s_k \cdot \mu_i \cdot C_t \cdot C_e \tag{4}$$

kde s_k charakteristická hodnota zatížením sněhem [kN/m^2]

μ_i tvarové součinitele zatížení sněhem [-]

C_t tepelný součinitel [-]

C_e součinitel expozice [-]

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

s_k = 2,5 kN/m^2

μ_i = 0,8

C_t = 1,0

C_e = 1,0

Po dosazení do vzorce (4) vychází:

$s = 2{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 2$ kN/m^2

2.11.3. Užitné zatížení

Informace o užizných zatížení je zjištěna z normy ČSN EN 1991-1-1 [7].

Celková budova bez střechy se vztahuje k kategorii A: obytné plochy a plochy pro domácí činnosti:

- Stropní konstrukce: q_k = 2,0 kN/m^2
- Balkóny: q_k = 2,5 kN/m^2

- Schodiště: q_k = 2,0 kN/m^2

Střecha se vztahuje k kategorii H: střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav:

- q_k = 0,75 kN/m^2

2.12. Základy

Objekt je založen na základových pasech, před jejich provedením je nutné udělat podkladní vrstvu tloušťky 150 mm z prostého betonu třídy C 16/20. Pasy budou centricky zatíženy.

- **Základní geologické údaje**

Podle geologických mapových podkladů města Chrastava**:**

1) 0,0 – 4,0 m – Třída F5 (hlína se střední plasticitou)
2) 4,0 – 6,0 m – Třída F4 (jíl písčitý)
3) 6,0 m – Třída R5 (horninový materiál)

Zatížení, které je nutné pro výpočet základového pasu, je spočítáno v tabulkách níž. V případě zatížení od stropní desky nad interiérem Z3 stálé zatížení od podlahy je zvoleno jako nejtěžší ze dvou dostupných, a to s keramickou dlažbou. Tím je zajištěno, že výpočet je na straně bezpečnosti.

Pro přehlednost výpočtů se vypočítá celkové zatížení od jednotlivých podlahových konstrukcí, viz následující tabulky.

Tabulka 9: Zatížení od střechy - Z1

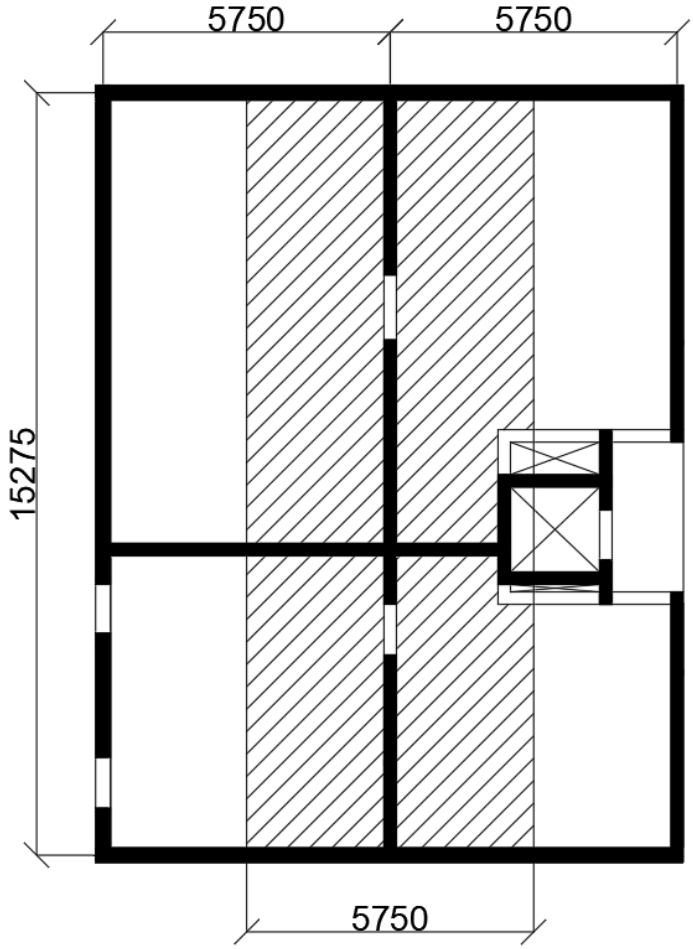
Popis zatížení		**Charakteristické [kN/m^2]**	**γ_F**	**Návrhové [kN/m^2]**
Stálé	Střecha	0,22 (viz tab. 8)	1,35	0,48
	Deska	0,25 · 24 = 6		8,1
Celkem		**6,22**		**8,58**
Proměnné	Užitné	0,75	1,5	1,13
	Příčky	1,2		1,8
Celkem		**1,95**		**2,93**
Stálé + Proměnné celkem		**8,17**		**11,51**

Tabulka 10: Zatížení od stropní desky nad nevytápěným prostorem – Z2

Popis zatížení		Charakteristické [kN/m²]	γ_F	Návrhové [kN/m²]
Stálé	Podlaha	2,617 (viz tab. 1)	1,35	3,533
	Deska	0,25 · 24 = 6		8,1
Celkem		**8,217**		**11,633**
Proměnné	Užitné	2	1,5	3
	Příčky	1,2		1,8
Celkem		**3,2**		**4,8**
Stálé + Proměnné celkem		**11,417**		**16,433**

Tabulka 11: Zatížení od stropní desky nad interiérem – Z3

Popis zatížení		Charakteristické [kN/m²]	γ_F	Návrhové [kN/m²]
Stálé	Podlaha	1,472 (viz tab. 4)	1,35	1,987
	Deska	0,25 · 24 = 6		8,1
Celkem		**7,472**		**10,087**
Proměnné	Užitné	2	1,5	3
	Příčky	1,2		1,8
Celkem		**3,2**		**4,8**
Stálé + Proměnné celkem		**10,672**		**14,887**



Obr. 11: Výkres zatěžovací plochy pro výpočet zatížení na pas

- Základní informace:

Rozměry pasu: 1200x800 mm

Zatěžovací šířka: 5,75 m

Následně se vypočítá celkové zatížení na základový pas.

Tabulka 12: Celkové zatížení na základový pas.

Popis zatížení		Počet	Charakteristické [kN/m²]	γ_F	Návrhové [kN/m]
Stálé	Z1	1	1 · 6,22 ·5,75 = 35,765	1,35	48,283
	Z2	1	1 · 8,217 ·5,75 = 47,248		63,784
	Z3	3	3 · 7,472 ·5,75 = 128,892		174,004
	Vlastní tíha stěny nad pasem	5	5 · 4,8* ·3,2** = 76,8		103,68
Celkem			**288,705**		**389,75**
Proměnné	Z1	1	1 · 1,95 ·5,75 = 11,213	1,5	16,82
	Z2	1	1 · 3,2 ·5,75 = 18,4		27,6
	Z3	3	3· 3,2 ·5,75 = 55,2		82,8
Celkem			**84,813**		**127,22**
Stálé + Proměnné celkem			**373,518**		**516,97**

* vlastní tíha stěny: $g_p = tl \cdot \rho_{žb}$ (5)

kde g_p plošná tíha železobetonu [kN/m²]

" tl tloušťka železobetonu [mm]

$\rho_{žb}$ objemová hmotnost želetobetonu [kg/m³]

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

$g_p = 0{,}2$ kN/m²

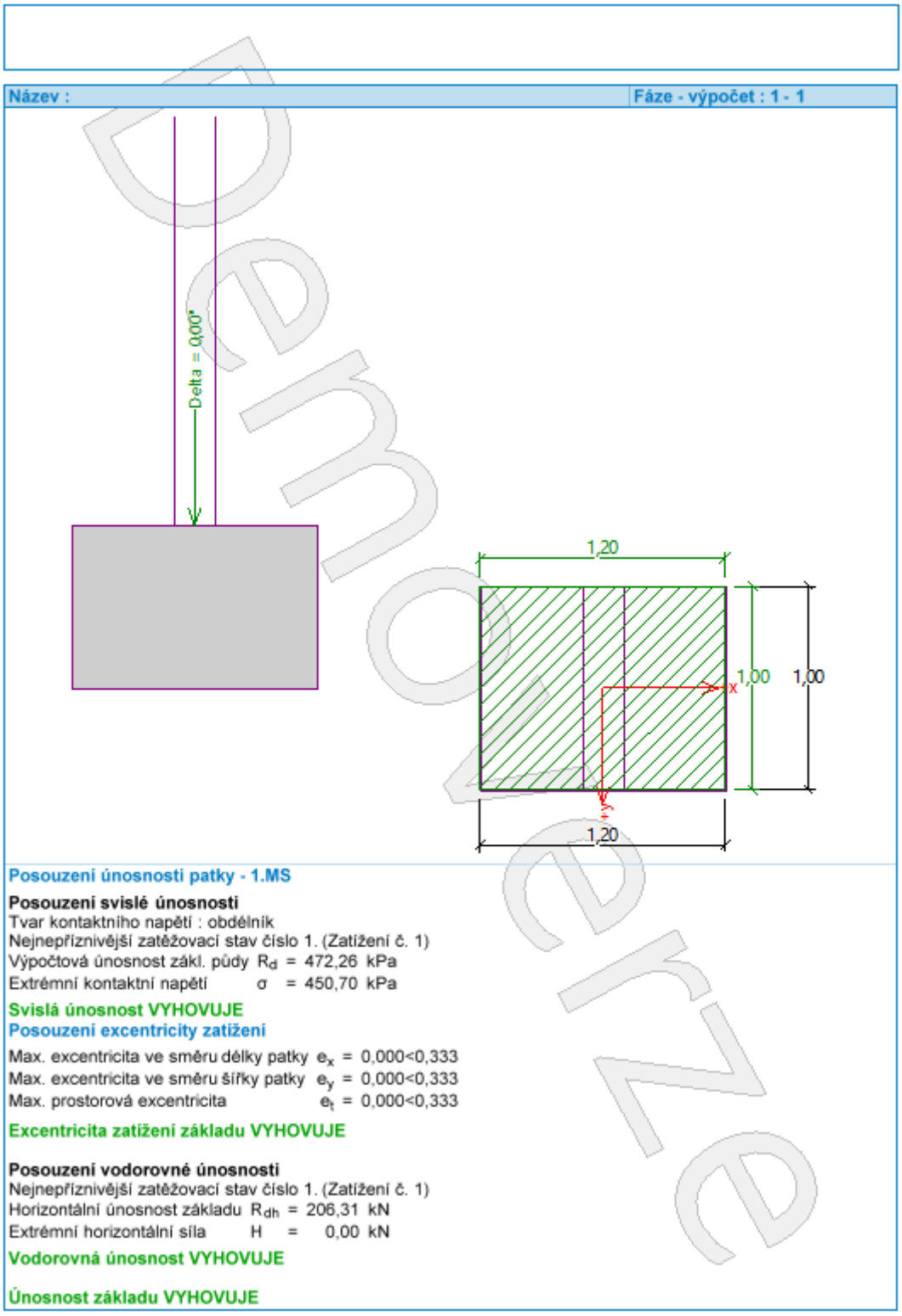
tl = 0,2 m

$\rho_{žb} = 2400$ kg/m³

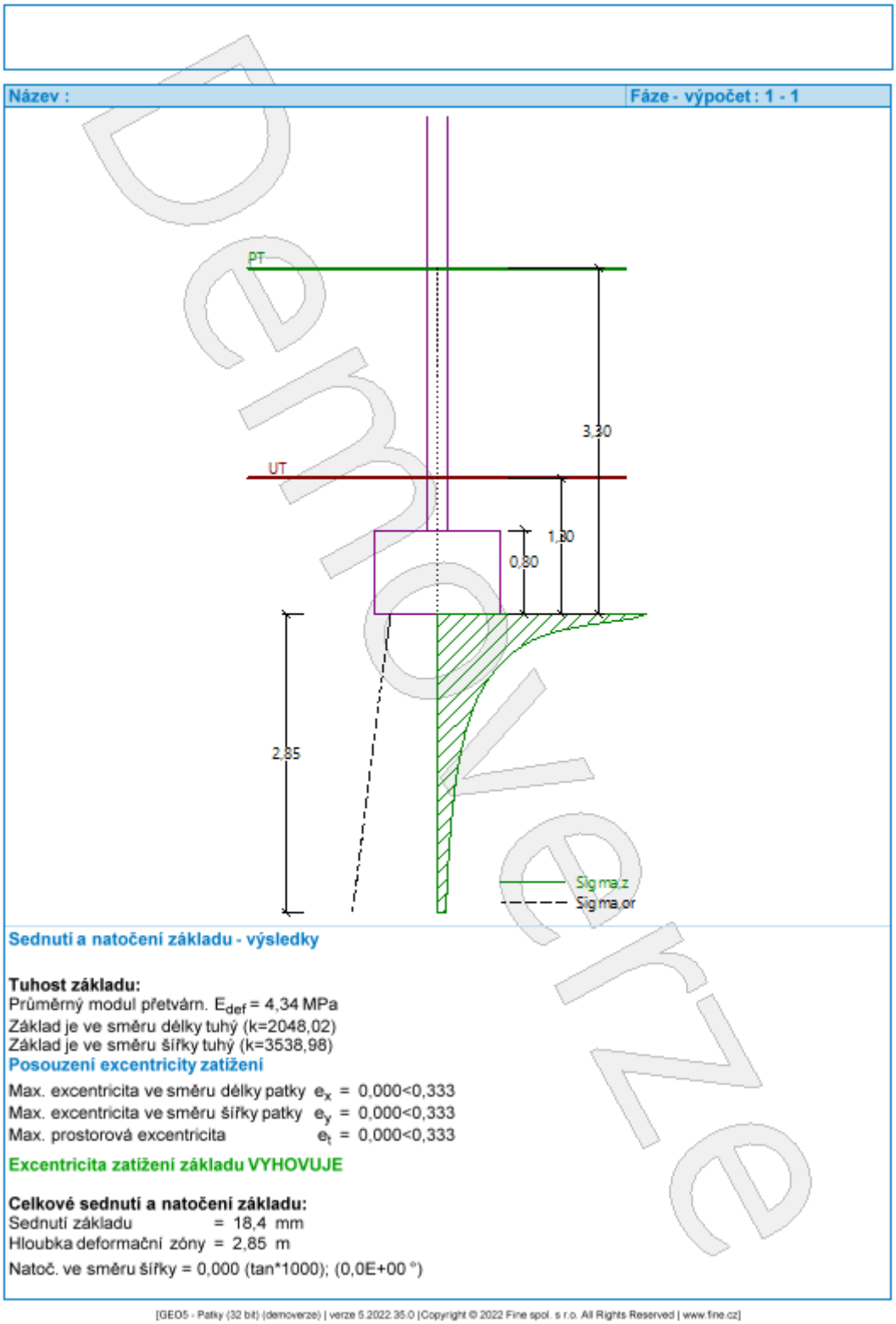
Po dosazení do vzorce (5) vychází:
$g_p = 0{,}2 \cdot (2400/100) = 4{,}8$ kN/m²

** je výška železobetonové stěny

Výpočet je proveden pomocí demoverze programu GEO5 [9].



Obr. 12: Výsledek z programu GE0 5 [9], 1.MS



Obr. 13: Výsledek z programu GE0 5 [9], 2.MS

Návrh základového pasu rozměrů 1200 mm x 800 mm vyhovuje.

3. Tepelná ochrana budov

3.1. Teorie

a) Součinitel prostupu tepla je základní veličina v tepelné technice, která charakterizuje tepelně izolační schopnosti stavební konstrukce. Jinak lze taky říct, že součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla projde konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot povrchů v 1 K. Tento součinitel lze spočítat pomocí následujícího vzorce:

$$U = \frac{1}{R_{si}+R+R_{se}} \tag{5}$$

kde U součinitel prostupu tepla $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$

R_{si} tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu $[\frac{m^2 \cdot K}{W}]$

R tepelný odpor konstrukce $[\frac{m^2 \cdot K}{W}]$

R_{se} tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu $[\frac{m^2 \cdot K}{W}]$

b) Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} je veličina, která nepřímo souvisí s teplotami na různých povrchů budovy. f_{Rsi} musí být větší, než $f_{Rsi,cr}$, což je kritický teplotní faktor. Pokud tato podmínka nebude splněna, na povrchu konstrukce může vzniknout plíseň. U vnitřního povcrhu hranice kritické relativní vlhkosti je 80%, pokud relativní vlhkost je menší, než 80%, riziko vzniku plísně nebude.

c) Šíření vlhkosti v konstrukci je stanoveno pomocí třech požadavků, a oni všechny musí byt splněny, aby konstukce byla správně provedena. Tyto požadavky jsou jasně popsané v programu Teplo 2017 EDU [6], kde je odkaz na čl. 6.1 a 6.2 ČSN 73 0540-2 [10].

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší, než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší, než 0,1 kg/(m^2, rok) nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

   Je důležité říct, že pro další výpočet je použita hodnota 0,1 kg/(m^2, rok), protože ona platí pro jednoplášťové střechy a pro konstrukce s kontaktním zateplením, což je aktuální pro danou bakalářkou práce. Pokud by se jednalo o

konstrukcích s málo propustnými vnějšími vrstvami, byla by použita hodnota 0,50 kg/(m^2, rok) nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

3.2. Posouzení konstrukcí z hlediska jednorozměrného šíření tepla

Posouzení konstrukce je provedeno pomocí programu Teplo 2017 EDU [6]. V případě součinitele prostupu tepla je uděleno porovnání s pasivními hodnotami $U_{pas,20}$ z normy ČSN 73 0540-2 [10]. V ostatních případech hodnoty, s kterými se porovnávají výstupy z programu, jsou popsané níž.

3.2.1. Monolitická ŽB stěna v 1. PP

Podrobný výstup z programu Teplo 2017 EDU [6] pro danou konstrukci je v Příloze 1.

1. Požadavek na součinitel prostupu tepla:
   $U \leq U_{pas,20}$
   0,201 W/(m^2·K) ≤ 0,22 až 0,15 W/(m^2·K)
   Splněno.
2. Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce:
   $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$
   0,951 ≥ 0,402
   Splněno.
3. Požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci:
   $M_{c,a} \leq M_{c,N}$
   0 kg/(m^2, rok) ≤ 0,1 kg/(m^2, rok)
   Splněno.
   Navržená konstrukce vyhoví v označených požadavcích.

3.2.2. Monolitická ŽB stěna v 1. NP - 4. NP

Podrobný výstup z programu Teplo 2017 EDU [6] pro danou konstrukci je v Příloze 1.

1. Požadavek na součinitel prostupu tepla:

   $U \leq U_{pas,20}$

   0,179 W/(m^2·K) ≤ 0,18 až 0,12 W/(m^2·K)

   Splněno.

2. Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce:

   $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$

   0,956 ≥ 0,402

   Splněno.

3. Požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci:

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

   0,0491 kg/(m^2, rok) ≤ 0,1 kg/(m^2, rok)

   Splněno.

   Navržená konstrukce vyhoví v označených požadavcích.

3.2.3. Podlaha nad nevytápěným prostorem

Podrobný výstup z programu Teplo 2017 EDU [6] pro danou konstrukci je v Příloze 1.

1. Požadavek na součinitel prostupu tepla:

   $U \leq U_{pas,20}$

   0,204 W/(m^2·K) ≤ 0,3 až 0,2 W/(m^2·K)

   Splněno.

2. Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce:

   $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$

   0,950 ≥ 0,402

   Splněno.

3. Požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci:

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

   0 kg/(m^2, rok) ≤ 0,1 kg/(m^2, rok)

   Splněno.

   Navržená konstrukce vyhoví v označených požadavcích.

3.2.4. Podlaha nad zeminou

Podrobný výstup z programu Teplo 2017 EDU [6] pro danou konstrukci je v Příloze 1.

1. Požadavek na součinitel prostupu tepla:

   $U \leq U_{pas,20}$

   $0{,}205\ W/(m^2 \cdot K) \leq 0{,}21$ až $0{,}15\ W/(m^2 \cdot K)$

   Splněno.
2. Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce:

   $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$

   $0{,}950 \geq 0{,}402$

   Splněno.
3. U podlah na terénu se riziko kondenzace vodní pary nehodnotí.

   Splněno.

   Navržená konstrukce vyhoví v označených požadavcích.

3.2.5. Střecha

Podrobný výstup z programu Teplo 2017 EDU [6] pro danou konstrukci je v Příloze 1.

1. Požadavek na součinitel prostupu tepla:

   $U \leq U_{pas,20}$

   $0{,}14\ W/(m^2 \cdot K) \leq 0{,}15$ až $0{,}1\ W/(m^2 \cdot K)$

   Splněno.
2. Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce:

   $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$

   $0{,}966 \geq 0{,}748$

   Splněno.
3. Požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci:

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

   $0{,}0033\ kg/(m^2, rok) \leq 0{,}1\ kg/(m^2, rok)$

   Splněno.

   Navržená konstrukce vyhoví v označených požadavcích.

4. Akustika budov

4.1. Teorie

Příjemná hladina zvuku v domácnosti je jedním z hlavních požadavků lidí. Pokud je potřeba postavit dům a splnit v něm základní akustické požadavky, je nutné pamatovat na vzduchovou neprůzvučnost a kročejovou neprůzvučnost.

Všechny níže uvedené základní požadavky, omezení a informace jsou převzaty z normy ČSN 73 0532 [11].

4.1.1. Vzduchová neprůzvučnost

Vzduchová neprůzvučnost je vlastnost konstrukce, která se projevuje ztrátou akustického výkonu zvuku při přenosu vzduchem prostřednictvím konstrukce. Vzduchová neprůzvučnost se posuzuje pomocí jednočíselných údajů hodnotících kritérií – vážená vzduchová neprůzvučnost laboratorní R_W [dB] nebo stavební R'_W [dB] [12]. V případě této bakalářské prací posouzení je uděleno pomocí hodnoty vážené stavební neprůzvučnosti konstrukci.

$$R'_W \geq R'_{W,pož} \tag{6}$$

kde R'_W je vážená stavební neprůzvučnost konstrukce [dB],

$R'_{W,pož}$ požadovaná hodnota stavební neprůzvučnosti konstrukce [dB].

Váženou stavební neprůzvučnost konstrukce před výpočtem je možné stanovit ze vzorce:

$$R'_W = R_W - k_1 \tag{7}$$

kde R_W vážená laboratorní neprůzvučnost konstrukce [dB]

k_1 korekce, která zohledňuje vedlejší cesty šíření zvuku [dB]

4.1.2. Kročejová neprůzvučnost

Kročejová neprůzvučnost je vlastnost konstrukce odolávat přenosu kročejového hluku do chráněných místností. Kročejový zvuk na stropní konstrukci v budově vzniká v důsledku dynamického zatížení podlahy při chůzi, pádu předmětů na podlahu nebo při manipulaci např. s nábytkem. Pro kročejovou neprůzvučnost je charakteristické, že zdroj hluku (na rozdíl od vzduchové neprůzvučnosti) je v přímém

kontaktu s dělící konstrukcí [12].

Další posouzení je uděleno dle vážené normalizované hladiny kročejového hluku: $L'_{n,W} \leq L'_{n,W,pož}$ - podrobnosti jsou níže.

$$L'_{n,W} \leq L'_{n,W,pož} \tag{8}$$

kde $L'_{n,W}$ vážená normová hladina akustického tlaku kročejového zvuku [dB]

$L'_{n,W,pož}$ požadovaná normová hladina akustického tlaku kročejového zvuku [dB]

Váženou normovou hladinu akustického tlaku kročejového zvuku před výpočtem je nutné stanovit ze vzorce:

$$L'_{n,W} = L_{n,W} + k_2 \tag{9}$$

kde $L_{n,W}$ výpočtená laboratorní hodnota hladiny akustického tlaku kročejového zvuku [dB]

k_2 korekce závislá na vedlejších cestách šíření zvuku (0 až 2 dB)

4.2. Posouzení konstrukcí z hlediska akustiky

Pro posouzení konstrukcí z hlediska akustiky jsou vybrány tři konstrukce: mezibytová vnitřní ŽB stěna v 1. PP - 4. NP, příčka SILKA HM v 1. PP - 4. NP a mezibytový strop v 1. PP - 4. NP. Pro první a třetí konstukci výpočet hodnot je udělen pomocí programu Neprůzvučnost 2010 [13].

4.2.1. Mezibytová vnitřní ŽB stěna v 1. PP - 4. NP

Podrobný výstup z programu Neprůzvučnost 2010 [13] pro danou konstrukci je v Příloze 2.

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

R_W = 56 dB (z programu Neprůzvučnost 2010) [13]

k = 2 dB (z normy ČSN 73 0532) [11]

$R'_{W,pož}$ = 53 dB (z normy ČSN 73 0532) [11]

Po dosazení do vzorců (6) a (7) vychází:

$R'_W = 56 – 2 = 54$ dB

Tím je splněná podmínka (6):

54 dB > 53 dB

Navržená konstrukce vyhovuje z hlediska vzduchové neprůzvučnosti.

4.2.2. Příčka SILKA HM v 1. PP - 4. NP

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

$R_W = 50$ dB (z technických listů SILKA) [14]

k = 4 dB (z normy ČSN 73 0532) [11]

$R'_{W,pož} = 40$ dB (z normy ČSN 73 0532) [11]

Po dosazení do vzorce (7) vychází:

$R'_W = 50 – 4 = 46$ dB

Tím je splněná podmínka (6):

46 dB > 40 dB

Navržená konstrukce vyhovuje z hlediska vzduchové neprůzvučnosti.

4.2.3. Mezibytový strop v 1. PP - 4. NP

Podrobný výstup z programu Neprůzvučnost 2010 [13] pro danou konstrukci je v Příloze 2.

Je uvažovano s následujícími hodnotami:

$L_{n,W} = 29$ dB (z programu Neprůzvučnost 2010) [13]

k = 2 dB (z normy ČSN 73 0532) [11]

$L'_{n,W,pož} = 53$ dB (z normy ČSN 73 0532) [11]

Po dosazení do vzorců (8) a (9) vychází:

$L_{n,W} = 29 + 2 = 31$ dB

Tím je splněná podmínka (6):

31 dB < 53 dB

Navržená konstrukce vyhovuje z hlediska ochrany před kročejovým hlukem.

5. Světelná technika

Denní světlo je jedním ze základů lidského života. Je zdrojem vitaminu D, tepla a pozitivních lidských emocí. Z tohoto důvodu by do budovy mělo vždy pronikat dostatečné množství světla. V osvětlovací technice se touto problematikou zabývají zejména dvě odvětví: proslunění a denní osvětlení. V následujícím textu se bude každá z těchto oblastí probírat samostatně.

5.1. Proslunění

Proslunění ukazuje, kolik přímého slunečního světla proniká do interiéru. Posouzení se provádí v kontrolním bodě, který je umístěn v polovině šířky osvětlovacího otvoru. Osvětlovací otvor musí mít plochu, která je rovná nejméně 1/10 plochy místnosti. Kontrolní bod se nachází na vnitřní hraně stěny, minimálně 300 mm nad spodním okrajem okna, ale také minimálně 1200 mm nad podlahou. Za dobu proslunění je považována doba 1. března. Požadavek bude považován za splněný, pokud bude místnost ve výše uvedený jarní den osvětlena alespoň 90 minut dle ČSN EN 17037 [15]. Velikost okna musí být nejméně 900 mm x 900 mm.

5.2. Posouzení proslunění

Pro posouzení proslunění jsou vybrány tři místnosti: ložnice v 1. PP (dál P1.13), ložnice v 1. NP (dál 1.04) a pokoj v 1. NP (dál 1.12). Výpočet doby proslunění je udělen pomocí programu Světlo+ [16]. V tabulkách níž je udělen přehled kritických bodů v bytech P1A, 1A, 1B.

Tab. 1: Tabulka kritických bodů v bytě P1A - 1. PP

Místnost	Plocha [m^2]	Obytná m.	Velikost osvětlovacích otvorů	Kritický bod (KB)
P1.10 – Obývací pokoj + kuchyně	42,6	42,6 m^2 ≥ 8 m^2	3500 mm x 2500 mm Šířka a výška > 900 mm 3,5 · 2,5 = 8,75 m^2 ≥ 0,1 · 42,6 = 4,26 m^2	ANO
P1.11 – Pokoj	11,2	11,2 m^2 ≥ 8 m^2	1600 mm x 2500 mm Šířka a výška > 900 mm 1,6 · 2,5 = 4 m^2 ≥ 0,1 · 11,2 = 1,1 m^2	ANO
P1.12 – Pokoj	8,9	8,9 m^2 ≥ 8 m^2	1000 mm x 2500 mm Šířka a výška > 900 mm	ANO

			Plocha: 1 · 2,5 = 2,5 m^2 ≥ 0,1 · 8,9 = 0,89 m^2	
P1.13 – Ložnice	13,9	13,9 m^2 ≥ 8 m^2	1600 mm x 2500 mm Šířka a výška > 900 mm 1,6 · 2,5 = 4 m^2 ≥ 0,1 · 13,9 = 1,4 m^2	ANO

Tab. 14: Tabulka kritických bodů v bytě 1A - 1. NP

Místnost	Plocha [m^2]	Obytná m.	Velikost osvětlovacích otvorů	Kritický bod (KB)
1.12 – Ložnice	10,6	10,6 m^2 ≥ 8 m^2	1600 mm x 1500 mm Šířka a výška > 900 mm 1,6 · 1,5 = 2,4 m^2 ≥ 0,1 · 10,6 = 1,1 m^2	ANO
1.13 – Obývací pokoj + kuchyně	32,2	32,2 m^2 ≥ 8 m^2	1 okno: 1600 mm x 1500 mm 2 okno: 2000 mm x 1500 mm Šířka a výška > 900 mm u obou oken 1 okno: 1,6 · 1,5 = 2,4 m^2 ≥ 0,1 · 32,2 = 3,2 m^2 – NE 2 okno: 2 · 1,5 = 3 m^2 ≥ 0,1 · 32,2 = 3,2 m^2 – ANO Obě okna: 2,4 + 3 = 5,4 m^2 ≥ 0,1 · 32,2 = 3,2 m^2 – ANO	ANO, ale nutné KB v obou otvorech

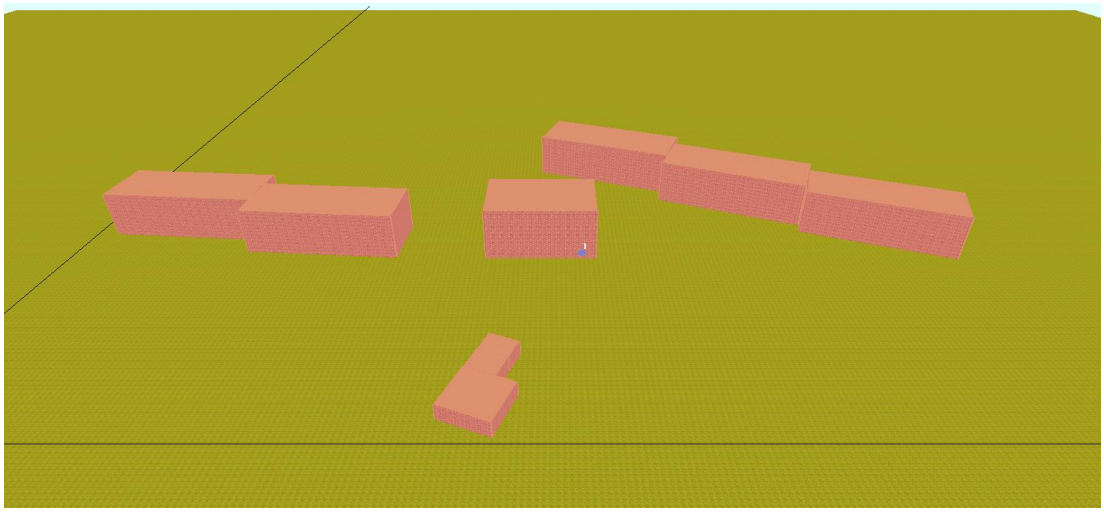
Tab. 15: Tabulka kritických bodů v bytě 1B - 1. NP

Místnost	Plocha [m^2]	Obytná m.	Velikost osvětlovacích otvorů	Kritický bod (KB)
1.01 – Obývací pokoj + kuchyně	38,5	38,5 m^2 ≥ 8 m^2	1600 mm x 1500 mm Šířka a výška > 900 mm 1,6 · 1,5 = 2,4 m^2 ≥ 0,1 · 38,5 = 3,9 m^2 – NE	NE
1.02 – Ložnice	8,5	8,5 m^2 ≥ 8 m^2	1000 mm x 1500 mm Šířka a výška > 900 mm 1 · 1,5 = 1,5 m^2 ≥ 0,1 · 8,5 = 0,8 m^2	ANO
1.04 – Pokoj	10,5	10,5 m^2 ≥ 8 m^2	900 mm x 2500 mm Šířka a výška > 900 mm 0,9 · 2,5 = 2,25 m^2 ≥ 0,1 · 10,5 = 1,1 m^2	ANO
1.07 – Pokoj	10,5	10,5 m^2 ≥ 8 m^2	900 mm x 2500 mm Šířka a výška > 900 mm 0,9 · 2,5 = 2,25 m^2 ≥ 0,1 · 10,5 = 1,1 m^2	ANO

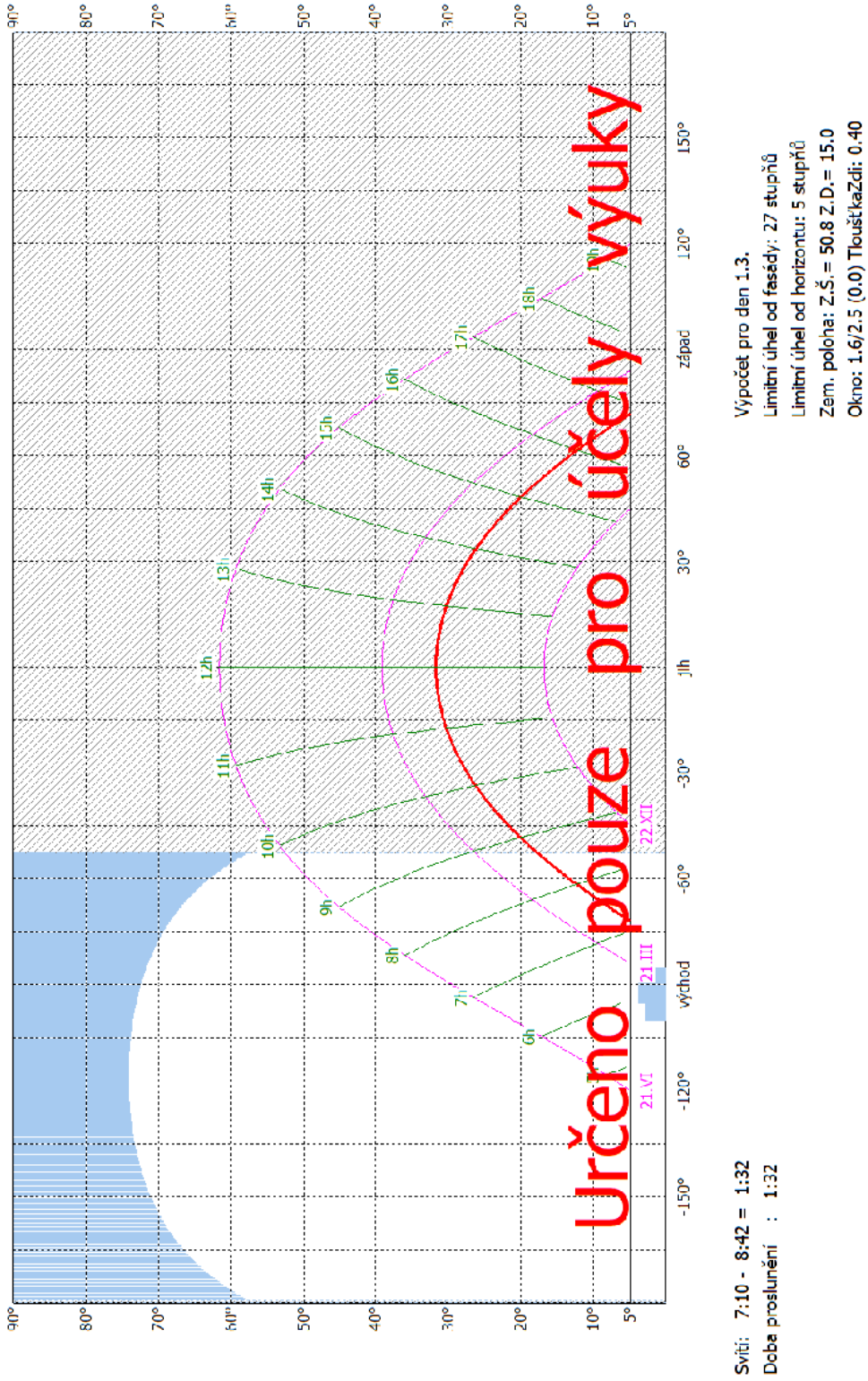
5.2.1. Místnost P1.13

Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje místnosti jsou převzaté z výkresů, které jsou součástí Přílohy 3.

- Podlahová plocha místnosti: 13,9 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 1600x2500 mm, plocha 4 m^2
- Výška kontrolního bodu č.1 nad podlahou: 1,25 m



Obr. 14: 3D náhled na kontrolní bod č.1, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 15: Výpočet doby proslunění pro místnost P1.13, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

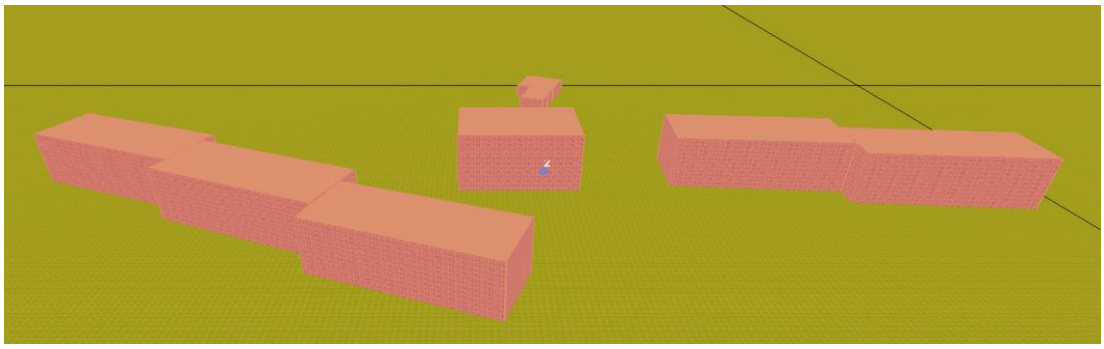
Doba proslunění v KB č.1: 92 min > 90 min

Místnost vyhovuje na proslunění.

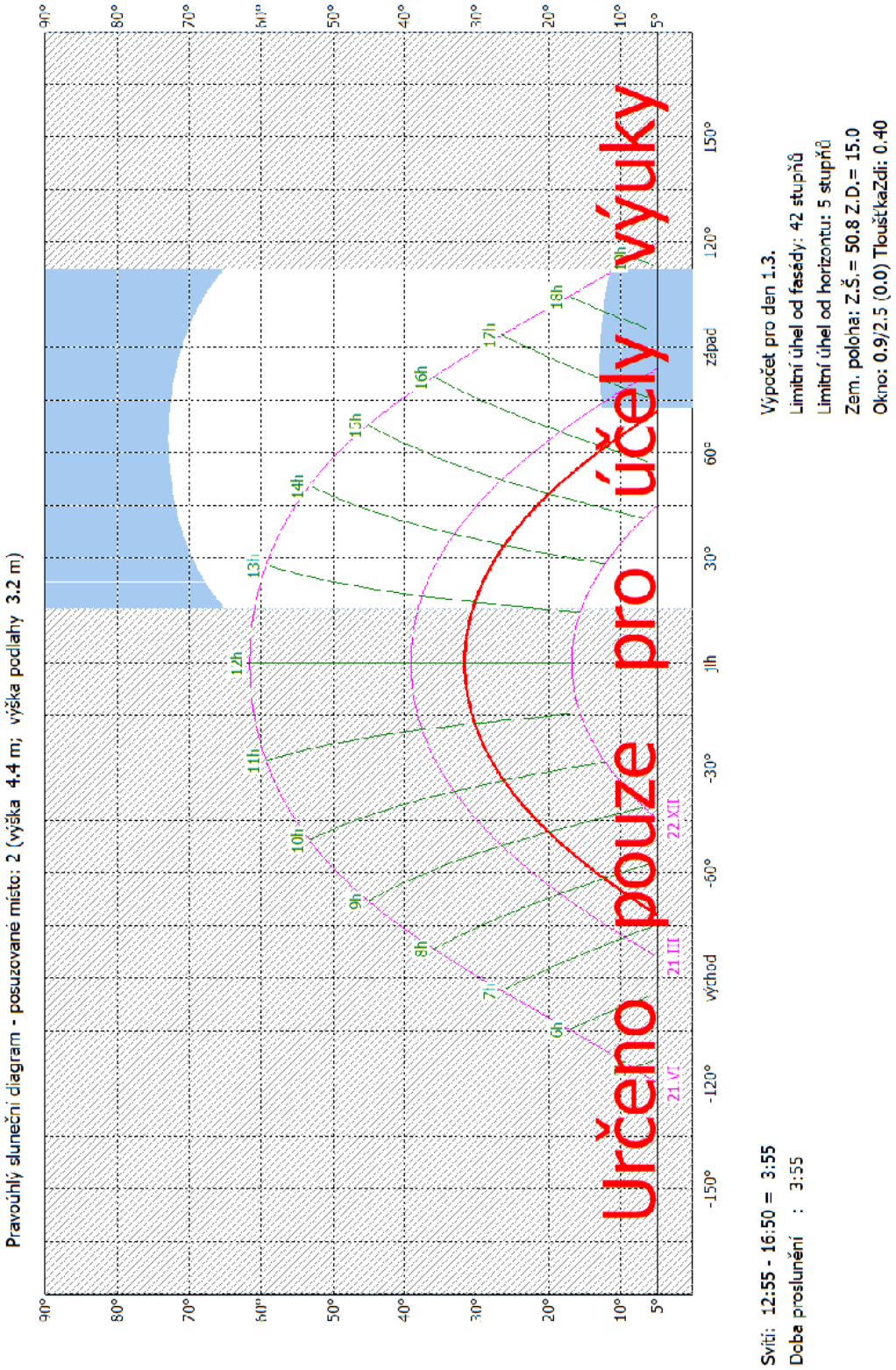
5.2.2. Místnost 1.04

Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje místnosti jsou převzaté z výkresů, které jsou součástí Přílohy 3.

- Podlahová plocha místnosti: 10,5 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 900x2500 mm, plocha 2,25 m^2
- Výška kontrolního bodu č.2 nad podlahou: 1,25 m



Obr. 16: 3D náhled na kontrolní bod č.2, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 17: Výpočet doby proslunění pro místnost 1.04, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

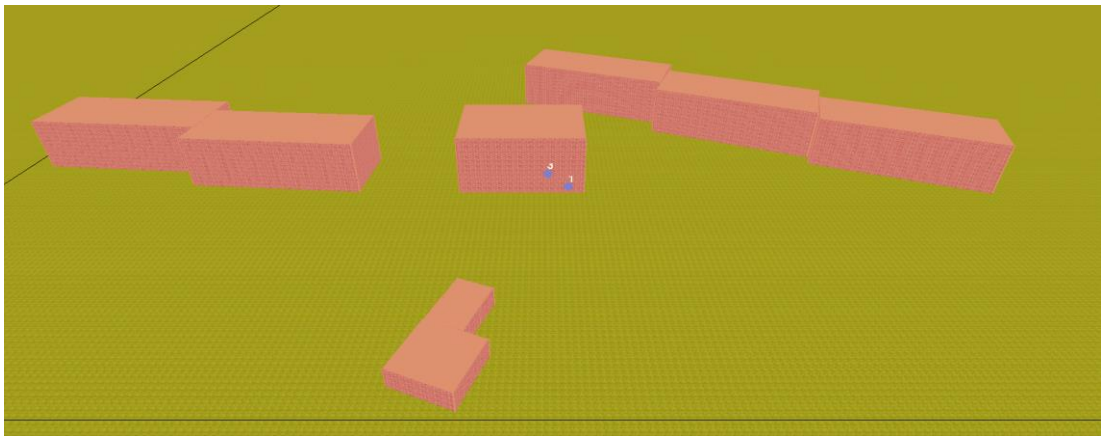
Doba proslunění v KB č.2: 235 min > 90 min

Místnost vyhovuje na proslunění.

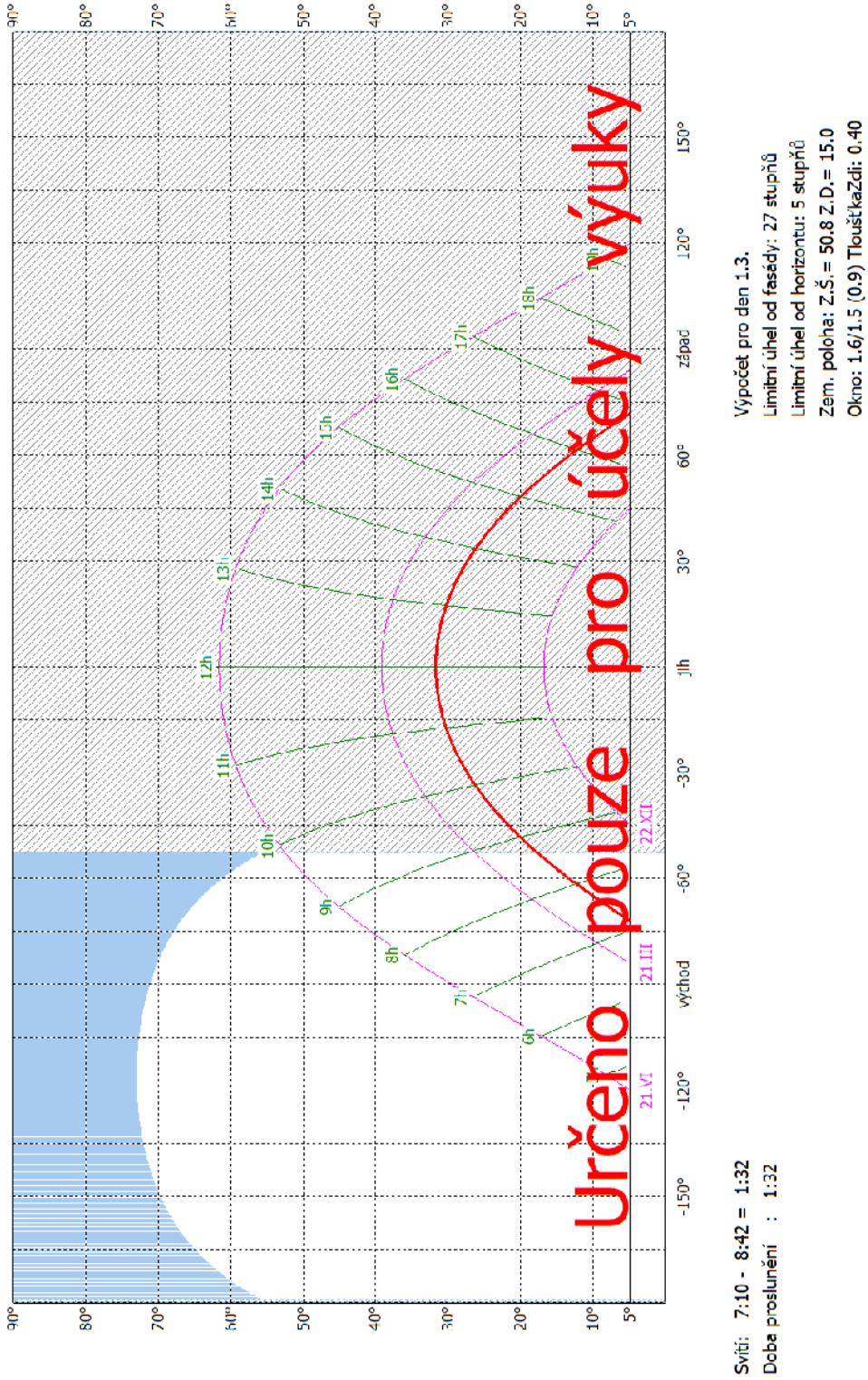
5.2.3. Místnost 1.12

Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje místnosti jsou převzaté z výkresů, které jsou součástí Přílohy 3.

- Podlahová plocha místnosti: 10,6 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 1600x1500 mm, plocha 2,4 m^2
- Výška kontrolního bodu č. 3 nad podlahou: 1,65 m



Obr. 18: 3D náhled na kontrolní bod č.3, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 19: Výpočet doby proslunění pro místnost 1.12, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

Doba proslunění v KB č.3: 92 min > 90 min

Místnost vyhovuje na proslunění.

5.3. Denní osvětlení

Činitel denní osvětlenosti *D* (%) je zakládní hodnota, která se používá pro posuzování denního osvětlení. Dle ČSN EN 17037 [15] činitel denní osvětlenosti je podíl osvětlenosti v bodě dané roviny vyvolané světlem dopadajícím přímo nebo nepřímo z oblohy se známým nebo předpokládaným rozložením jasu a osvětlenosti vodorovné roviny od nezastíněné oblohy stejných vlastností, přímé sluneční světlo je z obou osvětleností vyloučeno. Činitel denní osvětlenosti se stanovuje ve dvou kontrolních bodech. Ty body jsou umistěné v polovině hloubky místnosti, ale ne dál, než 3 metry a ve vzdálenosti 1 metr od povrchu stěn. pro každý bod by neměla hodnota činitele denního osvětlenosti být míň, než 0,7%, a průměrný činitel denní osvětlenosti ze dvou bodů by neměl být mín, než 0,9%.

5.4. Posouzení denního osvětlení

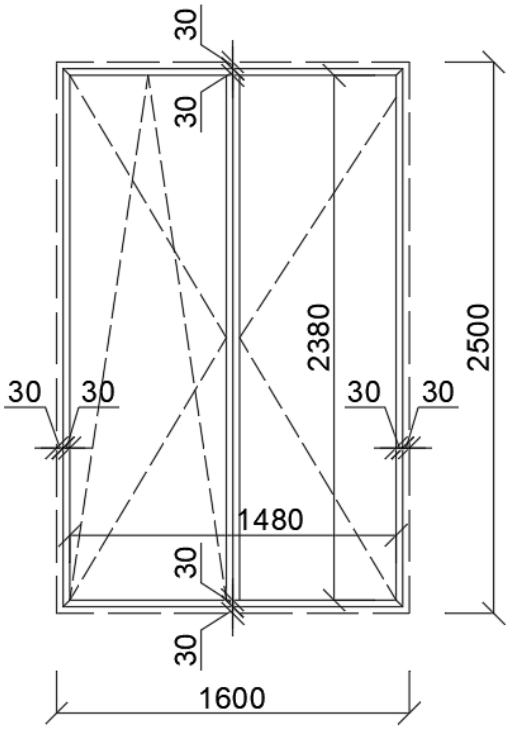
Pro posouzení denního osvětlení jsou vybrány pět místností: už uvedené výše P1.13 a 1.12, pokoj v 1. PP (dál P1.12) a ložnice v 1. NP (dál 1.02). Výpočet činitele denní osvětlenosti je udělen pomocí programu Světlo+ [16].

5.4.1. Místnost P1.13

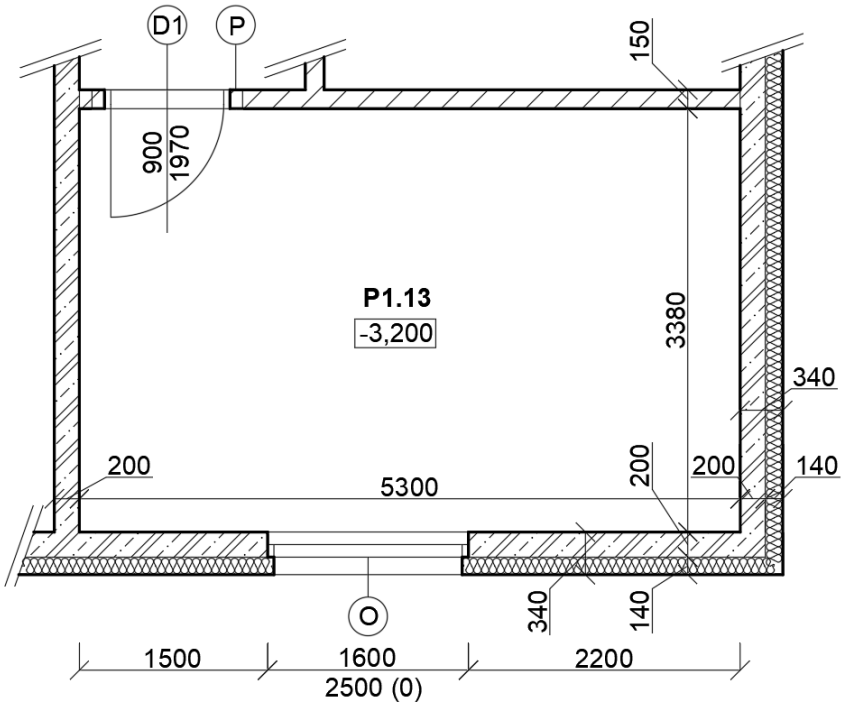
Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje jsou převzaté z půdorysu, který je na obrázku 21, výkresu okna na obrázku 20, normy ČSN EN 17037 [15] a podkladu výrobce SKLENÁŘSTVÍ NONSTOP s.r.o. [17].

- Podlahová plocha místnosti: 13,9 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 1600x2500 mm, plocha A_w = 4 m^2
- Čistá plocha okna: A_g = 3,52 m^2
- Poměr čisté plochy zasklení: $\frac{Ag}{Aw} = \frac{3,52}{4}$ = 0,88 (10)
- Činitel vnitřního odrazu: 0,1
- Počet skel: 1
- Druh skla: 0,74
- Činitel vnějšího znečištění: 0,9
- Činitel vnitřního znečištění: 0,95

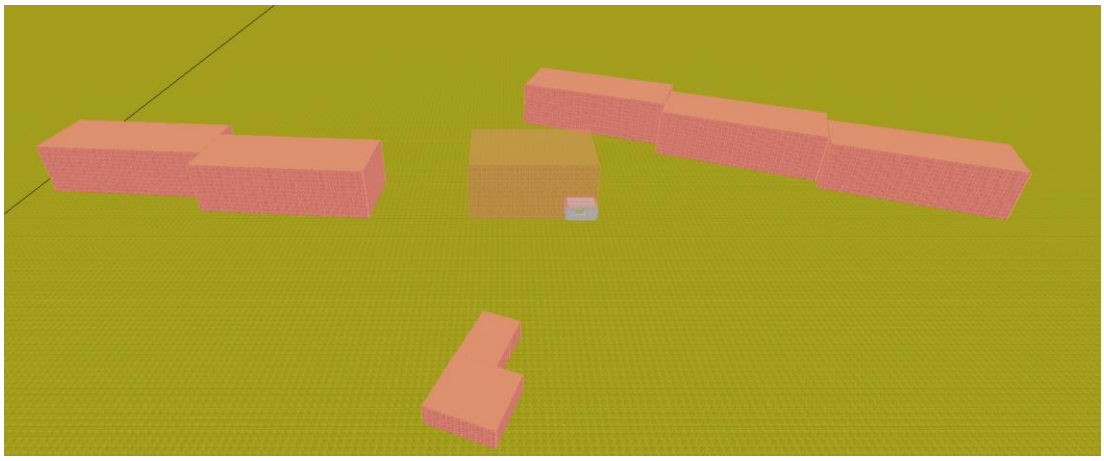
- Ostatní: 1
- Směrová propustnost: ano



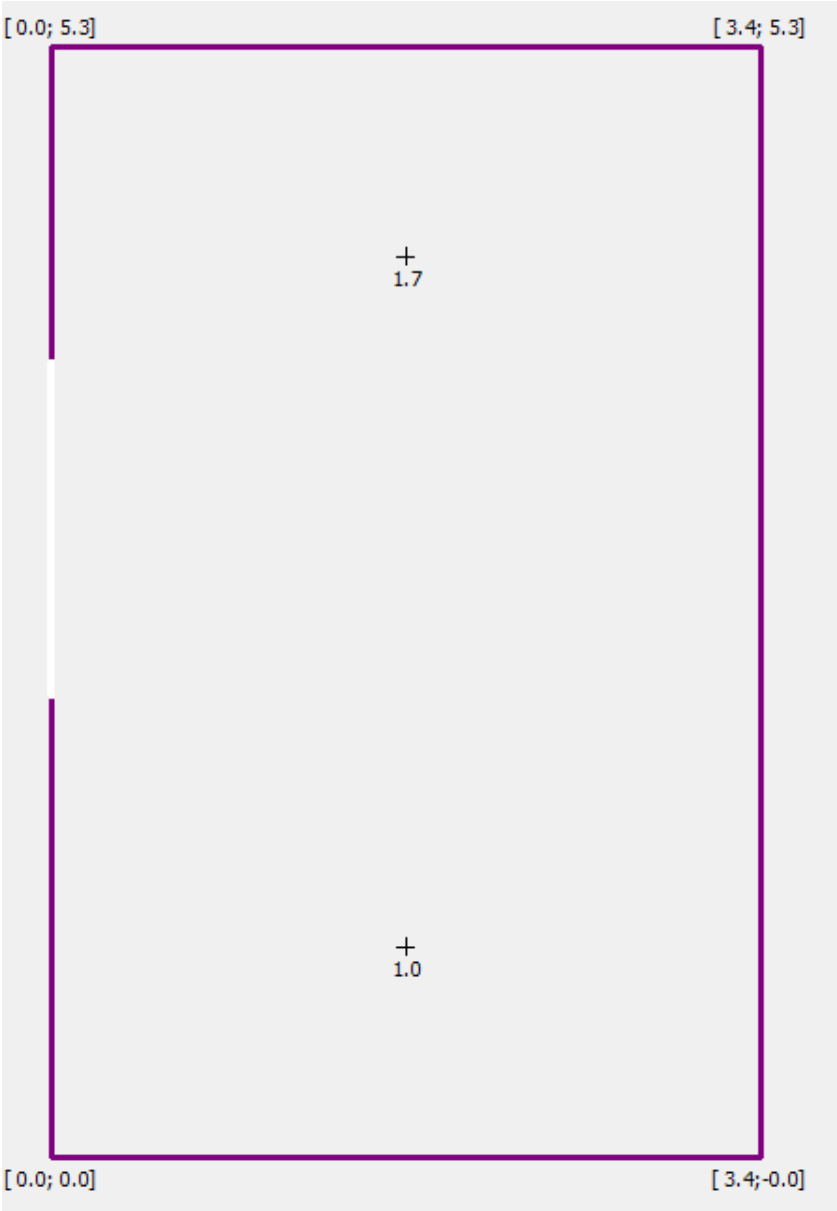
Obr. 20: Výkres okna 1600x2500 mm



Obr. 21: Půdorys místnosti P1.13



Obr. 22: 3D náhled na umístění místnosti P1.13, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 23: Výpočet činitele denní osvětlenosti pro místnost P1.13, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

Činitel denní osvětlenosti pro první bod: $D_1 = 1{,}7\% > 0{,}7\%$

Činitel denní osvětlenosti pro druhý bod: $D_2 = 1\% > 0{,}7\%$

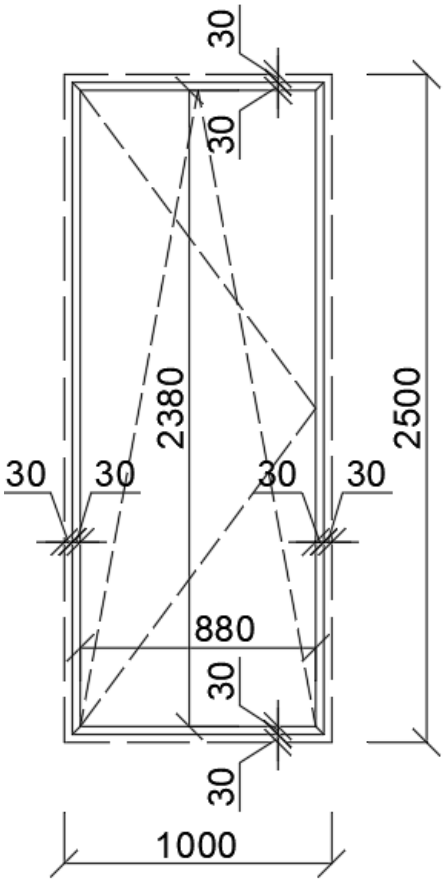
Činitel denní osvětlenosti průměrný ze dvou bodů: $D = 1{,}4\% > 0{,}9\%$

Místnost vyhovuje na denní osvětlení.

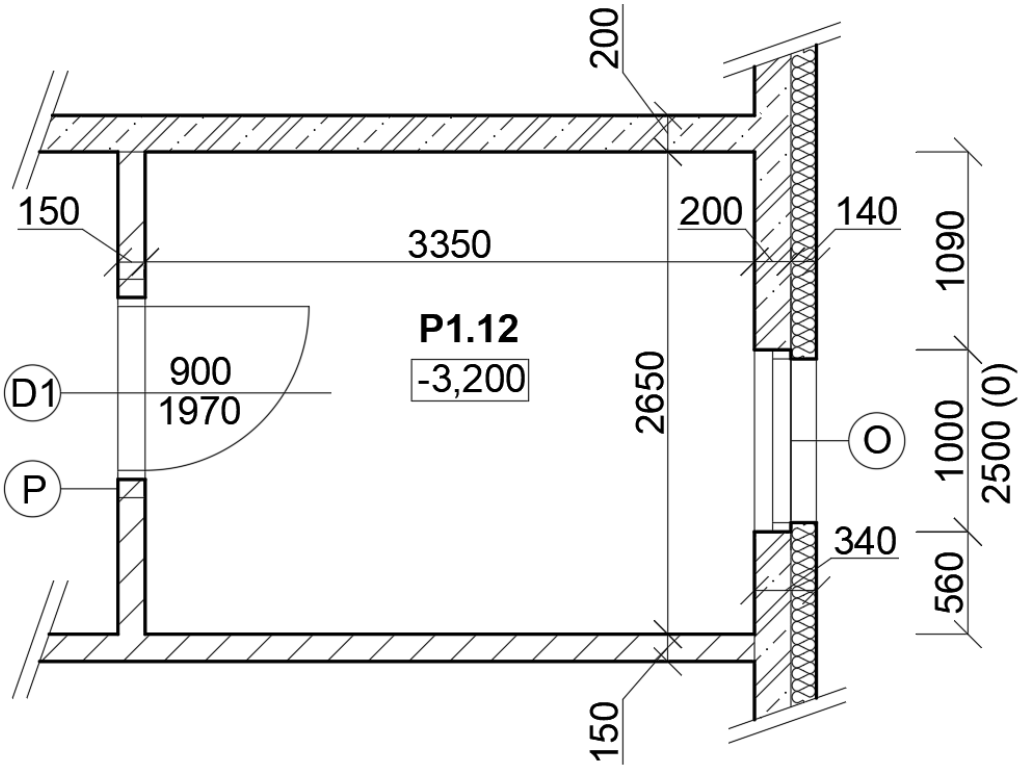
5.4.2. Místnost P1.12

Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje jsou převzaté z půdorysu, který je na obrázku 25, výkresu okna na obrázku 24, normy ČSN EN 17037 [15] a podkladu výrobce SKLENÁŘSTVÍ NONSTOP s.r.o. [17].

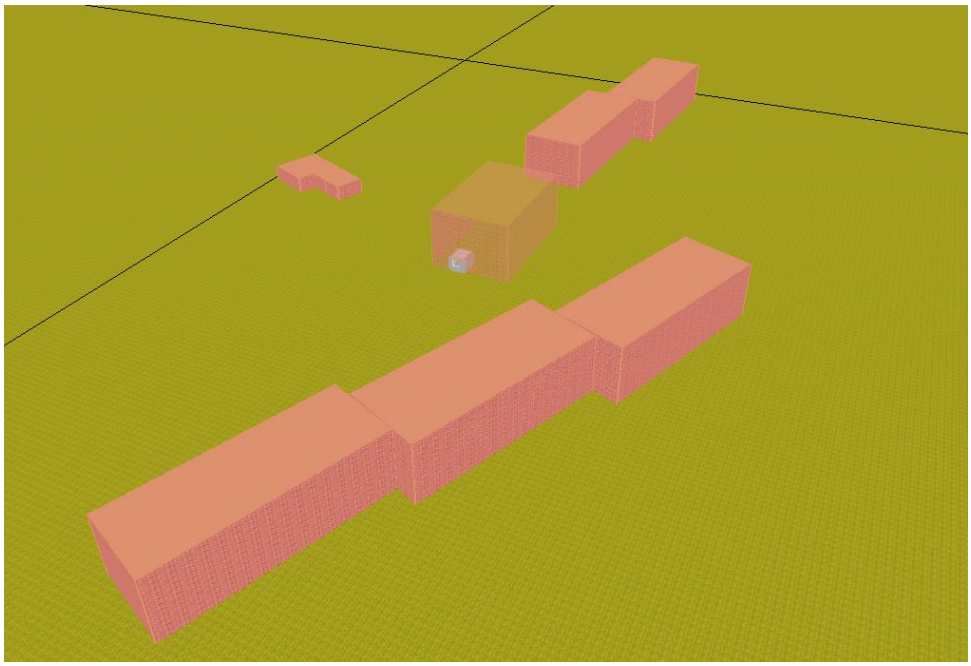
- Podlahová plocha místnosti: 8,9 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 1000x2500 mm, plocha $A_w = 2{,}5\ m^2$
- Čistá plocha okna: $A_g = 2{,}09\ m^2$
- Poměr čisté plochy zasklení: $\frac{Ag}{Aw} = \frac{2{,}09}{2{,}5} = 0{,}84$ (10)
- Činitel vnitřního odrazu: 0,1
- Počet skel: 1
- Druh skla: 0,74
- Činitel vnějšího znečištění: 0,9
- Činitel vnitřního znečištění: 0,95
- Ostatní: 1
- Směrová propustnost: ano



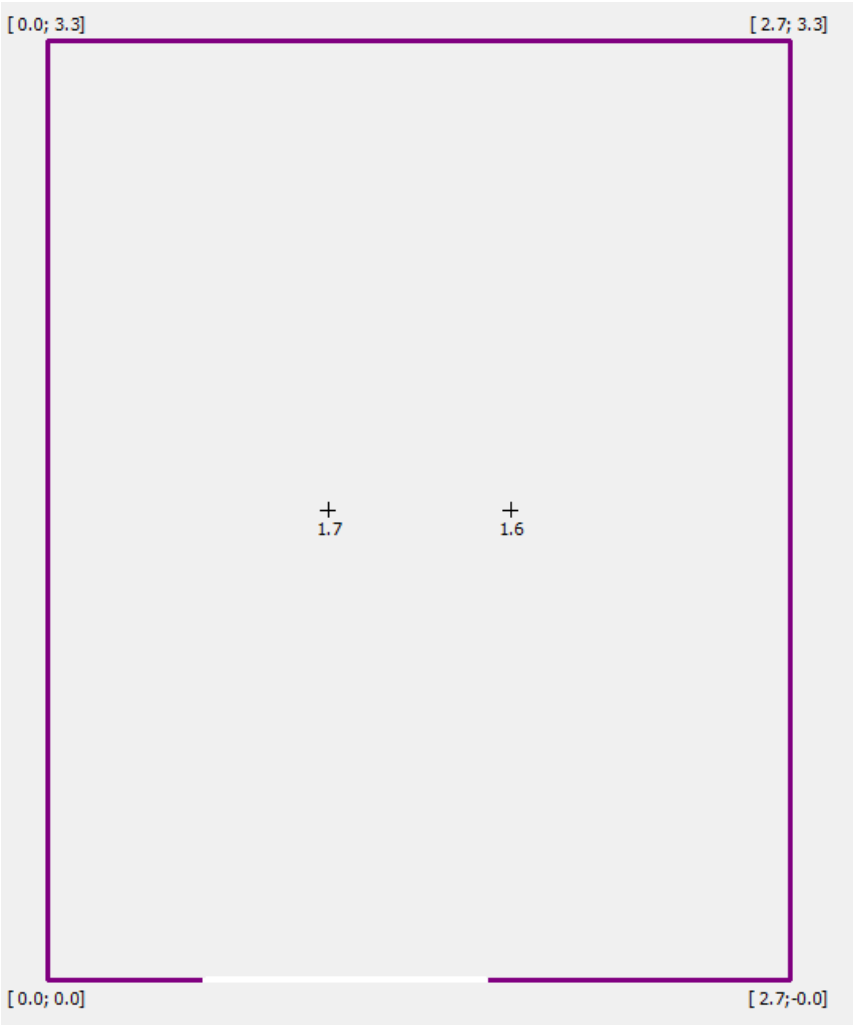
Obr. 24: Výkres okna 1000x2500 mm



Obr. 25: Půdorys místnosti P1.12



Obr. 26: 3D náhled na umístění místnosti P1.12, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 27: Výpočet činitele denní osvětlenosti pro místnost P1.12, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

Činitel denní osvětlenosti pro první bod: D_1 = 1,7% > 0,7%

Činitel denní osvětlenosti pro druhý bod: D_2 = 1,6% > 0,7%

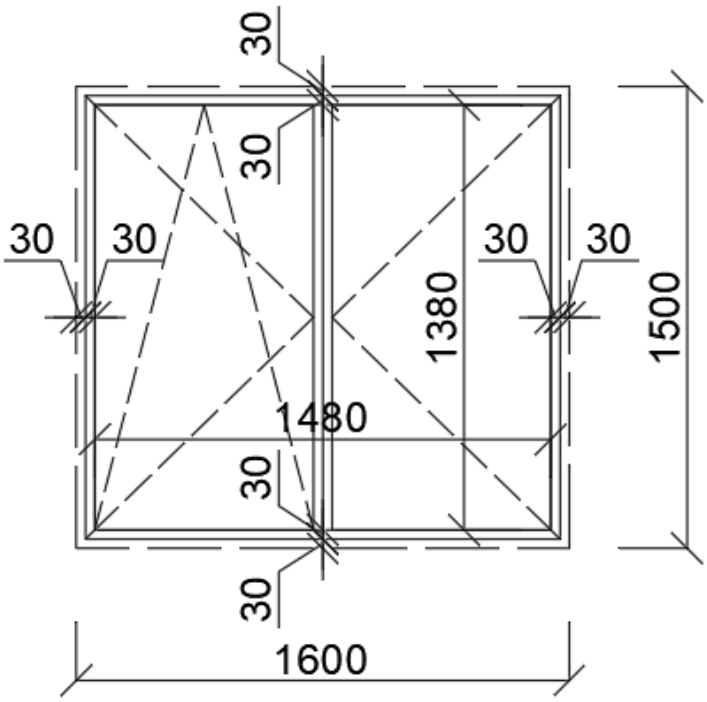
Činitel denní osvětlenosti průměrný ze dvou bodů: D = 1,7% > 0,9%

Místnost vyhovuje na denní osvětlení.

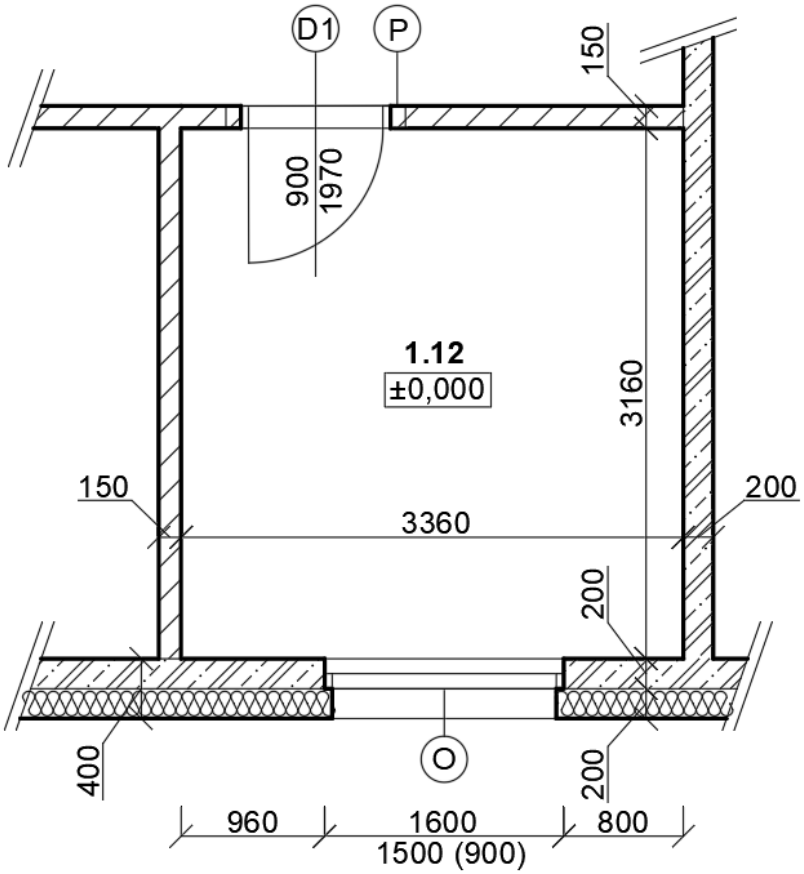
5.4.3. Místnost 1.12

Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje jsou převzaté z půdorysu, který je na obrázku 29, výkresu okna na obrázku 28, normy ČSN EN 17037 [15] a podkladu výrobce SKLENÁŘSTVÍ NONSTOP s.r.o. [17].

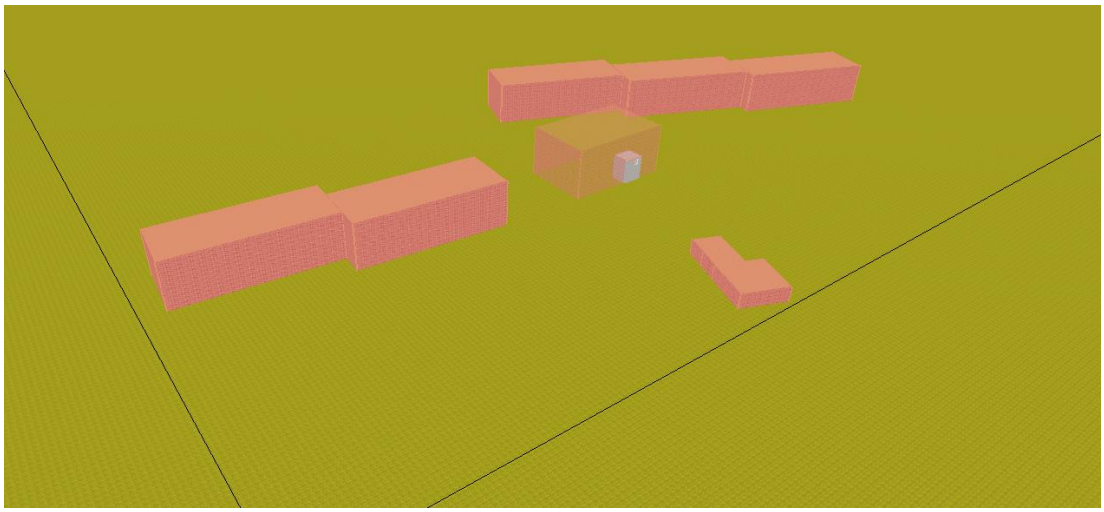
- Podlahová plocha místnosti: 10,6 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 1600x1500 mm, plocha A_w = 2,4 m^2
- Čistá plocha okna: A_g = 2,04 m^2
- Poměr čisté plochy zasklení: $\frac{Ag}{Aw} = \frac{2,04}{2.4}$ = 0,85 (10)
- Činitel vnitřního odrazu: 0,1
- Počet skel: 1
- Druh skla: 0,74
- Činitel vnějšího znečištění: 0,9
- Činitel vnitřního znečištění: 0,95
- Ostatní: 1
- Směrová propustnost: ano



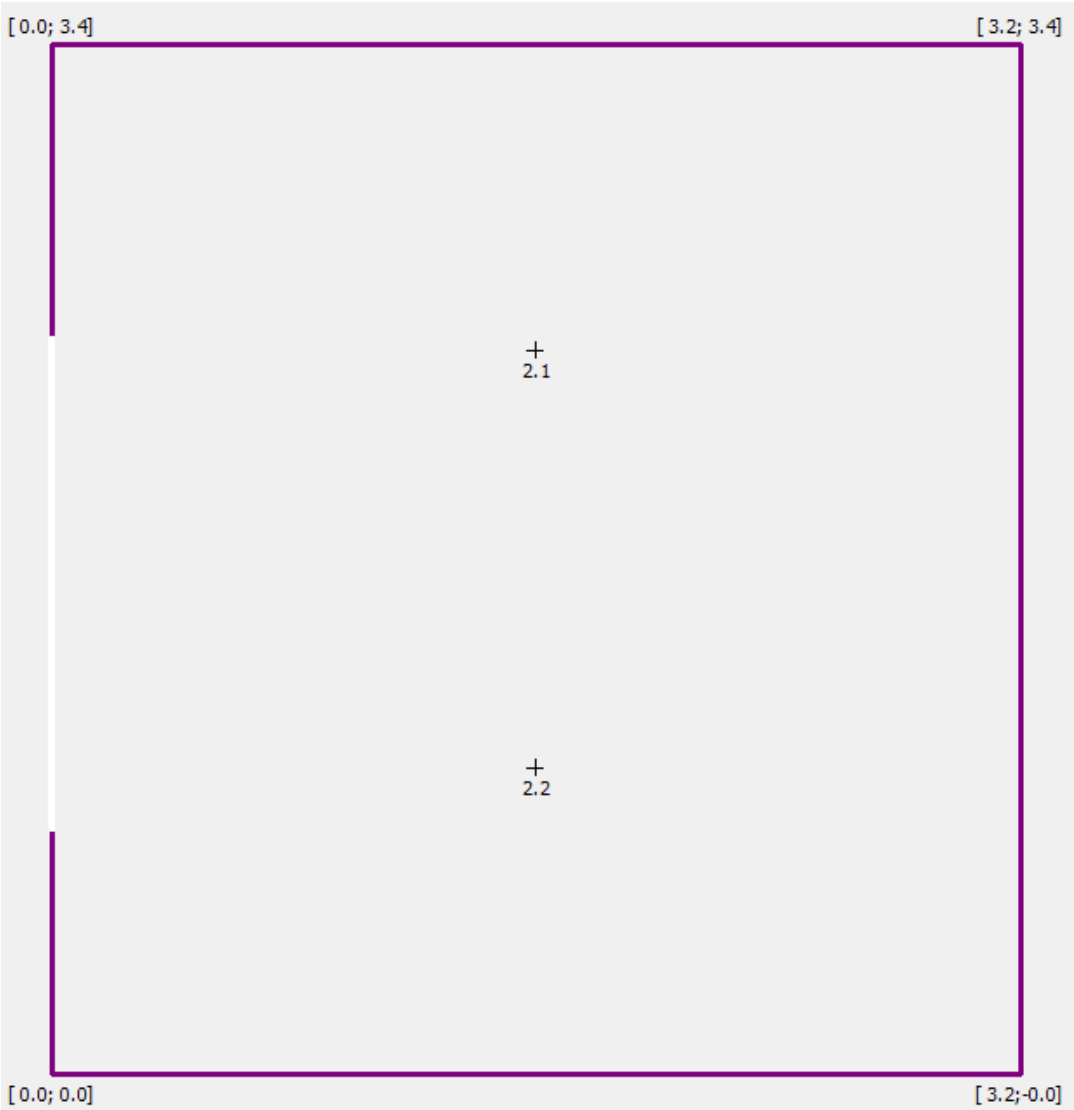
Obr. 28: Výkres okna 1600x1500 mm



Obr. 29: Půdorys místnosti 1.12



Obr. 30: 3D náhled na umístění místnosti 1.12, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 31: Výpočet činitele denní osvětlenosti pro místnost 1.12, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

Činitel denní osvětlenosti pro první bod: $D_1 = 2{,}1\% > 0{,}7\%$

Činitel denní osvětlenosti pro druhý bod: $D_2 = 2{,}2\% > 0{,}7\%$

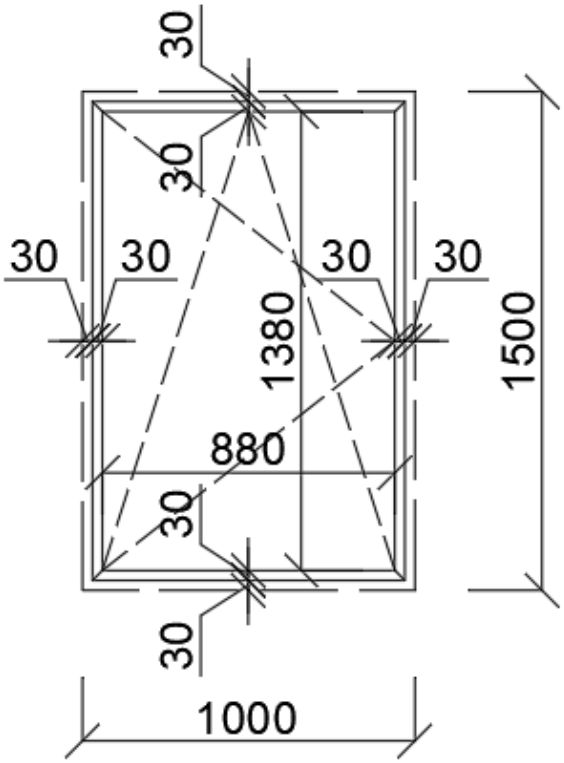
Činitel denní osvětlenosti průměrný ze dvou bodů: $D = 2{,}2\% > 0{,}9\%$

Místnost vyhovuje na denní osvětlení.

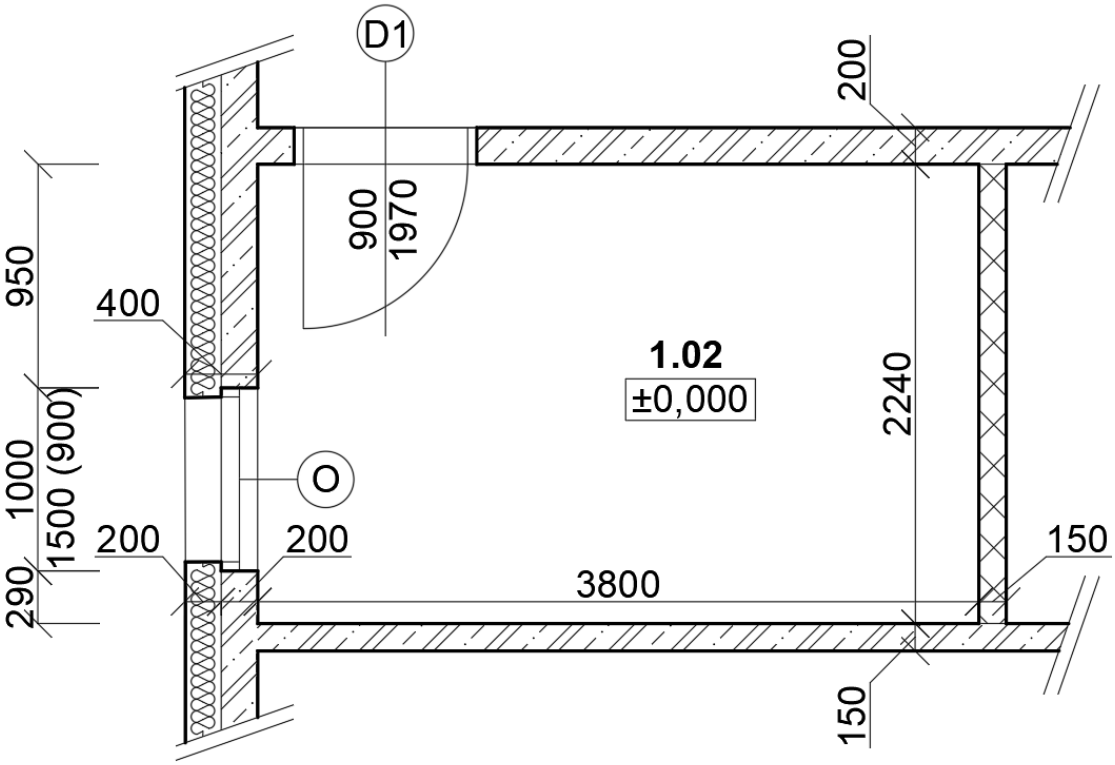
5.4.4. Místnost 1.02

Výstup z programu Světlo+ [16] pro danou místnost je níž, zakládní údaje jsou převzaté z půdorysu, který je na obrázku 33, výkresu okna na obrázku 32, normy ČSN EN 17037 [15] a podkladu výrobce SKLENÁŘSTVÍ NONSTOP s.r.o. [17].

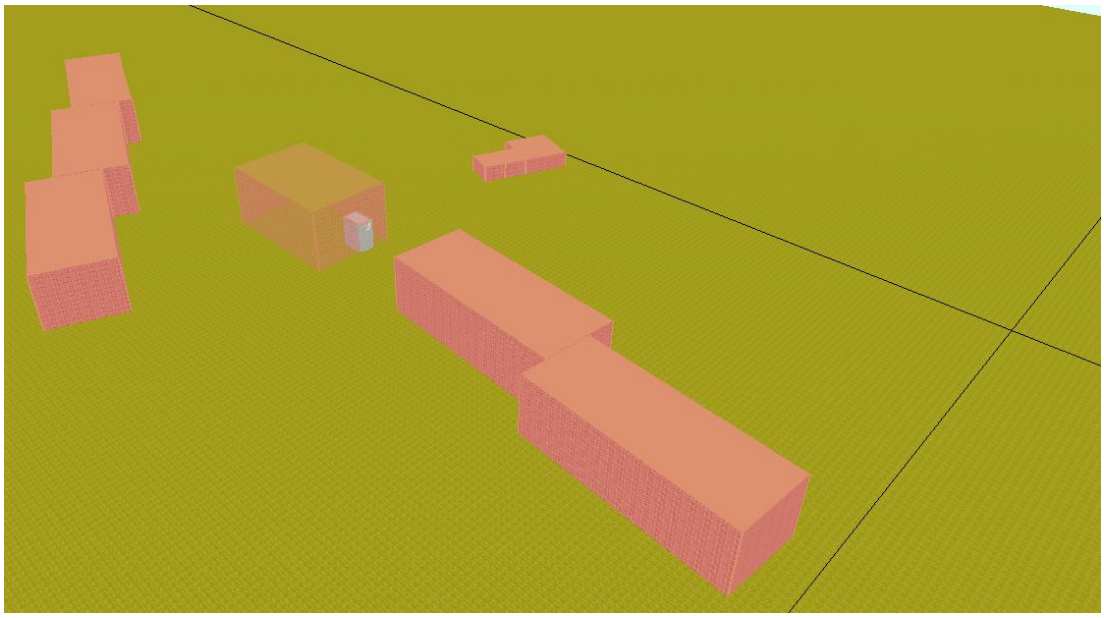
- Podlahová plocha místnosti: 8,5 m^2
- Osvětlovací otvor: okno 1000x1500 mm, plocha $A_w = 1{,}5\ m^2$
- Čistá plocha okna: $A_g = 1{,}21\ m^2$
- Poměr čisté plochy zasklení: $\frac{Ag}{Aw} = \frac{1{,}21}{1{,}5} = 0{,}81$ (10)
- Činitel vnitřního odrazu: 0,1
- Počet skel: 1
- Druh skla: 0,74
- Činitel vnějšího znečištění: 0,9
- Činitel vnitřního znečištění: 0,95
- Ostatní: 1
- Směrová propustnost: ano



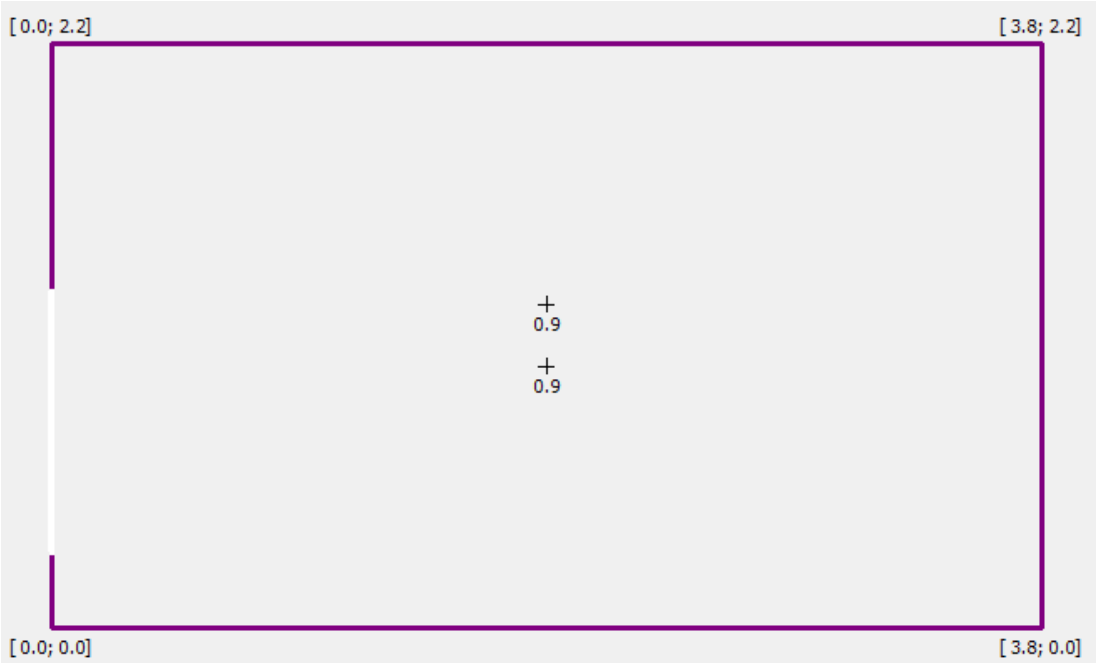
Obr. 32: Výkres okna 1000x1500 mm



Obr. 33: Půdorys místnosti 1.02



Obr. 34: 3D náhled na umístění místnosti 1.02, výstup z programu Světlo+ [16]



Obr. 35: Výpočet činitele denní osvětlenosti pro místnost 1.02, výstup z programu Světlo+ [16]

Vyhodnocení:

Činitel denní osvětlenosti pro první bod: $D_1 = 0{,}9\% > 0{,}7\%$

Činitel denní osvětlenosti pro druhý bod: $D_2 = 0{,}9\% > 0{,}7\%$

Činitel denní osvětlenosti průměrný ze dvou bodů: $D = 0{,}9\% = 0{,}9\%$

Místnost vyhovuje na denní osvětlení.

Závěr

Hlavní cíl bakalářské práce byl splněn, protože projekt bytového domu včetně stavebně fyzikálního posouzení byl úspěšně vytvořen.

V kapitole Tepelná ochrana budov byla ověřena shoda dříve navržených skladeb konstrukcí domu s tepelně technickými požadavky. Konkretně byly ověřeny požadavky na součinitel prostupu tepla, vnitřní povrchovou teplotu konstrukce a šíření vlhkosti v konstrukci.

V kapitole Akustika budov bylo zjištěno, že dělicí konstrukce vyhovují z hlediska vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. Zároveň byl navržen způsob eliminace kročejového hluku z prostoru schodiště.

V kapitole Světelná technika bylo stanoveno, že byty splňují požadavky na proslunění a obytné místnosti splňují požadavky na denní osvětlení.

Všechny výše uvedené požadavky vyhověly, nebylo nutné navrhnout žadnou úpravu, což znamená, že řešený dům kromě toho, že odpovídá současným podmínkám, splňuje svůj hlavní účel - je příjemný a pohodlný k bydlení.

V další časti práce byla zpracována projektová dokumentace, která obsahuje: konstrukční systém, půdorysy podlaží budovy, řez objektem, pohledy technické a situaci. Výkresy jsou součástí příloh.

Seznam použitých zdrojů

[1] *Chrastava* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: http://chrastava.com/starosta/bytovy_dum.pdf

[2] ČSN 73 4130: *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*. ÚNMZ Praha, březen 2010.

[3] *GLASTEK 35 STANDARD MINERAL* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://cdn1.idek.cz/dek/document/1176578147

[4] *Schindler 1000 - Jednoduché, spolehlivé a kompaktní | Schindler* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://www.schindler.com/cz/internet/cs/mobilni-reseni/produkty/vytahy/schindler-1000.html

[5] *Schöck Isokorb® XT typ Q | WESPO Bohemia a.s.. WESPO Bohemia a.s.* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://obchod.wespo.cz/schock-isokorb%C2%AE-xt-typ-q

[6] K-CAD spol. s. r. o., Stavební fyzika, Svoboda software, Teplo 2017, [software].

[7] ČSN EN 1991-1-1: *Eurokód 1: Zatížení konstrukce – Část 1-1: Obecné zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitné zatížení pozemních staveb*. Praha: ÚNMZ, březen 2004. Zohledněna Oprava 1 z r. 2010 a změny Z1 z r. 2010 a Z2 z r. 2010.

[8] ČSN EN 1991-1-3: *Eurokód 1: zatížení konstrukcí*. Praha: ÚNMZ, 2016.

[9] Fine spol. s. r. o., *GEO5 Demo [software]*.

[10] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: NMZ, Září 2011. Zohledněna změna Z1 z r. 2012.

[11] ČSN 73 0532: *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*. Praha: ÚNMZ, Únor 2010. Zohledněna

změna Z2 z r. 2014.

[12] *Vzduchová a kročejová neprůzvučnost vodorovných kcí panelových domů – Izolace.cz – odborný portál z oboru stavebních izolací a stavební fyziky* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://www.izolace.cz/clanky/vzduchova-a-krocejova-nepruzvucnost-vodorovnych-kci-panelovych-domu/

[13] K-CAD spol. s. r. o., Stavební fyzika, Svoboda software, *Neprůzvučnost 2010, [software]*.

[14] *Silka: Produktový list* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys_master/root/he0/h9b/8879411068958/DOP_36200035_Silka_HM_150_cs/DOP-36200035-Silka-HM-150-cs.pdf?_ga=2.253428809.1167343221.1652019427-764478237.1645194056&_gac=1.113048310.1652019427.Cj0KCQjw1N2TBhCOARIsAGVHQc6Mk6wfNhyI9_uoc6alzpcu1hOXUlSgPqmjnppJ9O4Ix-7DDpuPzAoaAsIREALw_wcB

[15] ČSN EN 17037: *Denní osvětlení budov*. ČAS Praha, červen 2019.

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

[17] *Sklenářství NONSTOP | E-shop se sklem* [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://sklenarstvinonstop.cz/data/products_files/99_TR%20%C4%8C.4.pdf