

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební



Katedra konstrukcí pozemních staveb
Budovy a prostředí
Budovy a prostředí zaměření Konstrukce pozemních staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Renovace Baťova domku ve Zlíně s optimalizací obálky objektu

Renovation of Baťa's house in Zlín with optimization of the
building enclosure

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Pavel Tlamsa

Praha 2021

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma Renovace Baťova domku ve Zlíně s optimalizací obálky objektu vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů. Práci jsem vypracoval pod odborným vedením vedoucího diplomové práce pana Ing. Pavla Kopeckého, Ph.D.

V Praze dne

Bc. Pavel Tlamsa

Poděkování:

Děkuji panu Ing. Pavlovi Kopeckému, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a vstřícný přístup při konzultacích během vypracovávání diplomové práce. Především za věcné připomínky a zájem, který mé práci věnoval.

Anotace:

Diplomová práce se zabývá renovací Baťova domku ve Zlíně s cílem optimalizovat obálku budovy a zlepšit kvalitu jeho obývání. Součástí práce je popis historického vývoje jednotlivých typů domů určených pro zaměstnance firmy Baťa. Dále se práce zabývá popisem a vyhodnocením současného stavu konkrétního rodinného domu před renovací. Vyhodnocení stavu modelové budovy se týká především tepelně-technických vlastností celé budovy, vybraných detailů a konstrukčních skladeb. V návaznosti na stávající stav jsou navrženy opatření ve variantách, které snižují potřebu tepla na vytápění a zlepšují stavebně technický stav budovy. Z navržených variant jsou vybrána dvě vhodná řešení, která jsou porovnána se stávajícím stavem. Tyto varianty jsou posouzeny z hlediska šíření tepla a vlhkosti v konstrukcích, letní tepelné stability místností a potřeby tepla na vytápění. Na vybraná řešení je zpracována výkresová dokumentace včetně stavebních detailů.

Klíčová slova:

firma Baťa, město Zlín, renovace, typový rodinný dům, energetická náročnost budovy, městská památková zóna, letní tepelná stabilita místností, úspora energie

Annotation:

The diploma thesis deals with the renovation of Baťa's house in Zlín with the aim of optimizing the building envelope and improving the quality of its living. Part of the work is a description of the historical development of individual types of houses intended for employees of the company Baťa. The work also deals with the description and evaluation of the current state of a particular family house before renovation. The evaluation of the condition of the model building mainly concerns the thermal-technical properties of the entire building, selected details and structural compositions. In connection with the current state, measures are proposed in variants that reduce the need for heat for heating and improve the construction and technical condition of the building. From the proposed variants, two suitable solutions are selected, which are compared with the current state. These variants are assessed in terms of heat and moisture propagation in structures, summer thermal stability of rooms and heat demand for heating. Drawing documentation, including construction details, is prepared for selected solutions.

Key words:

company Baťa, city of Zlín, renovation, typified family house, energy performance of building, urban monument zone, summer thermal stability of rooms, energy saving



Obsah

1. Úvod	6
1.1 Kontext	6
1.2 Stručná historie	7
1.3 Vývoj typů Baťovských domků	8
1.3.1 Čtvrtdomek	8
1.3.2 Dvojdomek s plochou střechou, typ 1928	9
1.3.3 Dvojdomek se šikmou střechou	9
1.3.4 Dvojdomek, typ 1934	10
1.3.5 Jednodomek	10
1.4 Zásady památkové péče	11
1.5 Cíle práce	11
2. Modelová budova – stávající stav	12
2.1 Umístění	12
2.2 Základní údaje o objektu	12
2.3 Konstruktivní a materiálové řešení	14
2.4 Stávající skladby vybraných konstrukcí	15
2.5 Energetické vyhodnocení stávajícího stavu objektu	18
2.5.1 Vstupní data	18
2.5.2 Výsledky	20
2.6 Tepelná stabilita místností v letním období	22
2.6.1 Kritická místnost B.104	23
2.6.2 Kritická místnost B.201	24
2.7 Tepelně-vlhkostní posouzení detailů	27
2.7.1 Detail A – sokl – stávající	27
2.7.2 Detail B – styk stropu 1.NP a obvodové stěny – stávající	30
2.7.3 Detail C – pozednice – stávající	32
3. Návrh energeticky efektivních opatření	33
3.1 Výplně otvorů	34
3.2 Vnější zateplení	35
3.2.1 Návrh skladeb konstrukcí dle součinitelů prostupu tepla	43
3.3 Vnitřní zateplení	48
3.3.1 Návrh skladeb	49



3.3.2 Energetické vyhodnocení vnitřního zateplení.....	51
4. Návrh technického řešení	52
4.1 Vnější zateplení	52
4.1.1 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL B1.....	53
4.1.2 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL E1.....	55
4.1.3 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL F1.....	57
4.2 Vnitřní zateplení.....	59
4.2.1 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL B2.....	59
4.2.2 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL E2.....	61
4.2.3 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL F2.....	63
4.3 Vyhodnocení	65
5. Posouzení letní tepelné stability návrhového stavu.....	66
5.1 Vnější zateplení	66
5.1.1 Kritická místnost B.104	66
5.1.2 Kritická místnost B.201.....	67
5.2 Vnitřní zateplení.....	69
5.2.1 Kritická místnost B.104	69
5.2.2 Kritická místnost B.201.....	72
5.3 Shrnutí a porovnání výsledků.....	74
6. Návrh technických zařízení budovy.....	75
6.1 Vzduchotechnika.....	75
6.2 Vytápění a příprava teplé vody	79
6.2.1 Varianta A.....	79
6.2.2 Varianta B.....	80
6.2.3 Varianta B1.....	80
6.2.4 Varianta C	81
6.2.5 Vyhodnocení.....	81
7. Průkazy energetické náročnosti budovy.....	81
7.1 Vnější zateplení	82
7.1.1 Vstupní data	82
7.1.2 Výsledky.....	82
7.2 Vnitřní zateplení.....	84
7.2.1 Vstupní data	84



7.2.2	Výsledky.....	84
8.	Závěrečné porovnání variant zateplení	86
9.	Závěr.....	88
10.	Zdroje.....	91

Přílohy

Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace

Příloha č. 2 – Průkazy energetické náročnosti budovy

Příloha č. 3 – Výstupy z programu Teplo 2017 – finálně zvolené skladby

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Součinitel prostupu tepla stávajících konstrukcí	19
Tabulka 2 – Součinitel prostupu tepla stávajících oken a dveří	19
Tabulka 3 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období [6].....	22
Tabulka 4 – $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relat. vlhkost vnitřního vzduchu $\phi_i = 50 \%$ [6]	27
Tabulka 5 – Teplota odpovídající $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relat. vlhkost vnitřního vzduchu $\phi_i = 50 \%$ [6].....	27
Tabulka 6 – Vybrané normové hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011.....	34
Tabulka 7 – Parametry navržených výplní otvorů.....	35
Tabulka 8 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 1.....	36
Tabulka 9 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 1.1.....	37
Tabulka 10 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 2.....	38
Tabulka 11 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 3.....	38
Tabulka 12 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 4.....	39
Tabulka 13 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 5.....	40
Tabulka 14 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 6.....	41
Tabulka 15 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 7.....	41
Tabulka 16 – Porovnání nákladů za vytápění s náklady za materiál zateplení stěny....	48
Tabulka 17 – Výsledky vlivu vnitřního zateplení stěn.....	51
Tabulka 18 – Intenzita větrání B.104 – EXT zateplení.....	66
Tabulka 19 – Intenzita větrání B.201 – EXT zateplení.....	68
Tabulka 20 – Výkon zdroje chladu během dne – B.104.....	71
Tabulka 21 – Intenzita přirozeného větrání místnosti B.201 – INT zateplení	73
Tabulka 22 – Shrnutí nejvyšších vnitřních teplot, vliv EXT a INT zateplení	74
Tabulka 23 – Shrnutí výsledků nejvyšší interiérové teploty	75
Tabulka 24 – Větrání dle účelu místnosti	76
Tabulka 25 – Množství větracího vzduchu.....	76



Tabulka 26 – Bodové ohodnocení kritérií	86
---	----

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Čtvrtdomek s různými stavebními úpravami.....	9
Obrázek 2 – Půldomek se šikmou střechou – foto autor	10
Obrázek 3 – Jednodomek s verandou a terasou (Baťovský Infopoint)	11
Obrázek 4 – Situační mapka, Zdroj: "Mapy.cz"	12
Obrázek 5 – Letecký snímek čtvrtě Zálešná, Zdroj: "Mapy.cz".....	12
Obrázek 6 – Dispozice 1.NP a 2.NP	13
Obrázek 7 – Půdorys 1.PP a Řez objektem	13
Obrázek 8 – Pohledy VÝCHODNÍ a SEVERNÍ	14
Obrázek 9 – Řez RD s vyznačenými skladbami	15
Obrázek 10 – Stávající dřevěné zdvojené okno	17
Obrázek 11 – Stávající dřevěné dvojité okno do koupelny	17
Obrázek 12 – Procentuální vyjádření měrných ztrát prostupem konstrukcemi	21
Obrázek 13 – Grafické znázornění PENB – stávající stav	21
Obrázek 14 – Schéma místnosti B.104 – obývací pokoj.....	23
Obrázek 15 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, stávající stav	24
Obrázek 16 – Schéma místnosti B.201 – Pokoj.....	25
Obrázek 17 – Průběh teplot vzduchu v exteriéru a v prostoru půdy	26
Obrázek 18 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.201, varianta 1, stávající stav..	26
Obrázek 19 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami – Det. A	28
Obrázek 20 – Průměrné měsíční teploty v zemině v hloubce 2 m pod terénem dle EN ISO 13788 [9].....	28
Obrázek 21 – Teplotní pole 2D – Det. A stávající	28
Obrázek 22 – Rozložení relativních vlhkostí v detailu (od 80% do 100%) – Det. A stávající	29
Obrázek 23 – Oblast kondenzace vodní páry – Det. A stávající.....	29
Obrázek 24 – Místnost B.104 – stávající stav	29
Obrázek 25 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami – Det. B.....	30
Obrázek 26 – Teplotní pole 2D – Det. B stávající (zobrazena varianta 1).....	30
Obrázek 27 – Relativní vlhkosti v detailu (od 80% do 100%) – det. B stávající (vlevo VARIANTA 1, vpravo VARIANTA 2)	31
Obrázek 28 – Současný stav dřevěných trámů	31
Obrázek 29 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami – Det. C	32
Obrázek 30 – Teplotní pole 2D – Det. C stávající	32
Obrázek 31 – VLEVO relativní vlhkosti v detailu (od 80% do 100%), VPRAVO oblast kondenzace vodní páry – det. C stávající.....	32
Obrázek 32 – Současný velmi špatný stav krokví a pozednic	33
Obrázek 33 – Dveře Slavona typ almag, zdroj: slavona.cz.....	35
Obrázek 34 – Shrnutí výsledků vlivu energeticky efektivních opatření.....	42
Obrázek 35 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL B1.....	53
Obrázek 36 – Teplotní pole 2D – DETAIL B1.....	54



Obrázek 37 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL B1.....	55
Obrázek 38 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL B1.....	55
Obrázek 39 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL E1.....	56
Obrázek 40 – Teplotní pole 2D DETAIL E1.....	56
Obrázek 42 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL E1.....	57
Obrázek 41 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL E1.....	57
Obrázek 43 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL F1.....	58
Obrázek 44 – Teplotní pole 2D DETAIL F1.....	58
Obrázek 45 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL F1.....	58
Obrázek 46 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL F1.....	58
Obrázek 47 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL B2.....	60
Obrázek 48 – Teplotní pole 2D DETAIL B2.....	60
Obrázek 49 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL B2.....	61
Obrázek 50 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL B2.....	61
Obrázek 51 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL E2.....	62
Obrázek 52 – Teplotní pole 2D DETAIL E2.....	62
Obrázek 53 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL E2.....	63
Obrázek 54 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL E2.....	63
Obrázek 55 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL F2.....	64
Obrázek 56 – Teplotní pole 2D DETAIL F2.....	64
Obrázek 57 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL F2.....	64
Obrázek 58 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL F2.....	64
Obrázek 59 – Teplotní pole 2D DETAIL F2 – hluboké ostění.....	65
Obrázek 60 – Schéma místnosti B.104 – obývací pokoj, EXT zateplení.....	66
Obrázek 61 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, návrh EXT zateplení.....	67
Obrázek 62 – Schéma místnosti B.201 – ložnice, EXT zateplení.....	68
Obrázek 63 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.201, návrh EXT zateplení.....	69
Obrázek 64 – Schéma místnosti B.104 – ložnice, INT zateplení.....	69
Obrázek 65 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, návrh INT zateplení.....	70
Obrázek 66 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, návrh INT zateplení + chlazení.....	71
Obrázek 67 – Schéma místnosti B.201 – ložnice, INT zateplení.....	72
Obrázek 68 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.201, návrh INT zateplení.....	73
Obrázek 69 – VZT jednotka DUPLEX Easy 300.....	77
Obrázek 70 – Schéma půdorysu VZT – 1.NP.....	78
Obrázek 71 – Schéma půdorysu VZT – 2.NP.....	78
Obrázek 72 – Umístění plyn. kotle v dispozici.....	79
Obrázek 73 – Plynový kotel Tiger Condens.....	79
Obrázek 74 – Schéma umístění elektrokotle v dispozici.....	80
Obrázek 75 – Sestava elektrokotle a zásobníku TUV.....	80
Obrázek 76 – Rozložení tepelných toků – Vnější zateplení.....	82
Obrázek 77 – Grafické znázornění PENB – Vnější zateplení.....	83
Obrázek 78 – Rozložení tepelných toků – Vnitřní zateplení.....	84
Obrázek 79 – Grafické znázornění PENB – Vnitřní zateplení.....	85



1. Úvod

1.1 Kontext

Rodinné domky s režným cihlovým zdívem patří neodmyslitelně ke známé obuvnické firmě Baťa. Domy postavené pro zaměstnance firmy jsou dodnes nejčastější symboly bývalého obuvnického centra města Zlín. Se svým charakteristickým kostkovým vzhledem s cihelnou fasádou a urbanistickým řešením jednotlivých čtvrtí zaujímají velmi důležitou pozici v architektuře města Zlín. Rozsáhlé čtvrtě s rodinnými domky jsou stále tím, co prokazuje stopu, kterou po sobě zanechali sourozenci Baťovi se svým rozsáhlým podnikem. Nejstarší dochovaný typ domku je z roku 1922. Od této doby se potřeby nájemníků rodinných domů a budov obecně výrazně změnil. Požadavky na obytný prostor jsou dnes mnohem přísnější a lidé si zvykli na určitý komfort. Původní baťovské domky z první poloviny 20. století se svými rozměry, obytnou podlahovou plochou, skladbami konstrukcí a použitými materiály mohou s těžší uspokojit nájemníka 21. století. Také nelze dosáhnout dnešními normami požadovaného tepelného komfortu, protože obvodový plášť rodinných domků je velmi málo zateplen nebo se ve skladbách nevyskytují žádné materiály, které by omezily prostup tepla přes konstrukce. Podrobnějšímu popisu stávajících skladeb a konstrukcí se budou věnovat další kapitoly této práce. S tímto je spojený i problém s potřebou tepla na vytápění, kdy obyvatelé zaplatí vyšší částky za energie, než je zvykem u modernějších objektů. Dále z opačného pohledu také hraje roli letní tepelná pohoda, kdy může docházet k přehřívání místností. Ale i přes tento fakt jsou domy stále obývané, čtvrtě jsou stále živé a byty stále slouží jako domov pro mnoho rodin [1].

Mnoho domků již bylo změněno nebo přestavěno a zlínské čtvrtě jako například Zálešná, Nad Ovčírnu nebo Podvesná mění svůj původní charakter a ráz, který navrhli stavební architekti firmy Baťa. Stavení úpravy a přístavby k domkům byly mnohdy prováděny násilně a zničily tak původnost baťovských domků. Neupravené domky původního vzhledu ze Zlína mizí a podíl domků bez stavebních úprav je menšinový. Podle průzkumu z roku 2015 se ukazuje, že z původních 3500 bytů je dnes bez zásahu pouze 228 domů, ačkoliv jsou objekty památkově chráněny [1]. Zásadám památkové péče pro typové rodinné domky se bude věnovat další kapitola této práce.

Baťovské domky jsou na Zlínsku považovány za důležitý symbol architektury a jejich výstavba přímo souvisela s rozvojem firmy Baťa. Do určité míry je lze považovat za symbol rozkvětu a rozvoje této oblasti. Domy je třeba zrenovovat a současně zachovat jejich jedinečný charakter [1].



1.2 Stručná historie

Firmu Baťa neboli Baťovy závody založili v roce 1894 sourozenci Antonín, Tomáš a Anna Baťovi. Anna po svém sňatku z firmy odešla a Antonín Baťa v roce 1908 zemřel, vedení firmy tedy zůstalo na nejmladším ze sourozenců – Tomášovi. Podnik se postupně rozvíjel a po tragické smrti Tomáše Bati při letecké havárii převzal vedení firmy jeho nevlastní bratr Jan Antonín Baťa. Konec podniku ve Zlíně nastal v roce 1945, kdy došlo k jeho znárodnění zestátněním. [4]

Výstavba jednoduchých dvoupodlažních typových rodinných domků s většinou plochou střechou se ustálila v průběhu zhruba 30 let v období 1912–1938 na základě požadavků firmy. Domy byly určeny pro zaměstnance podniku. Zpočátku se domky stavěly v blízkosti továrního okrsku ve čtvrti Letná. Myšlenka firemních architektů vedla k vybudování tzv. *Zahradního města* – byly vybudovány uliční čáry, které vedly po povrchu kopcovitého terénu a mezi ně byly umístěny jednotlivé domky, které byly obklopeny zelení. Část domků byla situována tak, že k nim byl umožněn pouze pěší přístup mezi zahradami. Pozemky patřící k domům nebyly oploceny a byl tak vytvořen volný otevřený prostor. Právě ve čtvrti Letná se zpočátku stavělo několik různých druhů dělnických objektů o odlišné kvalitě a testovaly se zde jednotlivé možnosti rodinného firemního bydlení. Výstavba probíhala od řadových čtyřdomků s mansardovou střechou a odděleným hygienickým zázemím až po omítané čtyřdomky, v jejichž dispozici už byla situována i koupelna. Jediná zahradní čtvrť ovšem při tehdejší rozvoji podniku nemohla stačit, a tak se od roku 1927 začaly rozrůstat další. Čtvrtě Zálešná a Podvesná se rozrostly na východním konci Zlína a na sever od řeky Dřevnice. Zajímavostí je diagonální natočení řad typizovaných domků vůči uličním cestám. Toto natočení částečně ubírá na jednotvárnosti rozlehlé oblasti, ale mohlo být uskutečněno i s myšlenkou vhodnějšího uspořádání domků vůči světovým stranám za účelem lepšího prosvětlení místností. V těchto čtvrtích se začal uplatňovat nejtypičtější druh dělnického baťovského bydlení, a to dvojdomek neboli také ve Zlíně nazývaný půldomek. Dvojdomek nabízel nájemníkům větší pohodlí spojené s větší obytnou plochou. Mezi vybavení domku standardně patřila koupelna s vanou a WC společně s menším kuchyňským koutem. Od třicátých let se začaly postupně rozrůstat další čtvrtě. V těchto novějších okrscích, jako jsou Díly a Lesní čtvrť, se nacházejí již zmíněné dvojdomy, ale i samostatné jednodomy, které byly určeny pro výše postavené pracovníky společnosti. Jednodomy byly navrženy s rozšířenou dispozicí a jejich obyvatelé mohli využívat například garáž nebo terasu. [1] [2]

Způsob pro zaměstnance firmy Baťa, jak se stát nájemníkem domku, nebyl zrovna jednoduchý. Zaměstnanci museli vyplnit řadu formulářů a dokumentů, ve kterých museli uvádět z dnešního pohledu řadu velmi citlivých osobních údajů. V podniku bylo zřízeno ubytovací oddělení, které mělo za úkol přidělování domů a kontrolu plnění ubytovacího řádu. V ubytovacím řádu bylo detailně popsáno například to, jaký musí být pořádek



v domě nebo jakým způsobem by měla být upravena zahrada domu. Poplatek za bydlení byl nájemníkům strháván týdně rovnou z výplaty. [1] [2]

1.3 Vývoj typů Baťovských domků

Jak již bylo zmíněno, od počátku byly rodinné domy navrhovány jako typové. Bylo cíleno na co nejvyšší snížení částky, za kterou bylo možné dům postavit za co nejmenší čas. Standardizace a typizace se tak netýkala pouze samotných domů a jejich konstrukcí, ale i stavebního systému. Od prvotního návrhu, přes samotnou stavbu a předání domku se jednalo o přesně promyšlený a stanovený postup. Tento organizovaný postup zaručoval dodržení termínů dokončení a snižoval cenu výstavby. Pro návrh domů bylo založeno stavební oddělení firmy, jehož architekti a projektanti vytvářeli stavební plány objektů a vedli si podrobnou kartotéku jednotlivých typů domů. Plány domků často ani nenesou podpis architekta, který domek navrhl, protože projekty byly použity pro celé ulice obytných čtvrtí. Také je známo, že při návrhu nového typu domku nebo nového řešení jeho konkrétní části, byl dům nejprve postaven na zkoušku a teprve potom se vyhodnotilo, zda je řešení použitelné a vhodné pro sériovou výstavbu. [1] [2]

1.3.1 Čtvrtdomek

Výstavba rodinných domků pro zaměstnance začala logicky v blízkosti komplexu firmy, a to ve spodní části čtvrtě Letná. Nejstarším dochovaným domkem je typ s mansardovou střechou, který navrhl v roce 1922 Jan Kotěra. Některé domy tohoto typu jsou v současnosti stále zachovalé v původním stavu a lze je vidět v ulici Kotěrova. Kvůli složitosti krovu se od něho ale upustilo a přešlo se k domům s plochou střechou. Zpočátku to byly dva druhy omítaných domků s plochou střechou spádovanou k okapům z let 1923–1924. Ovšem prvním pro Zlín charakteristickým typem se stal čtvrtdomek z režného zdiva, který se stavěl v letech 1925–1927. Tento typ najdeme pouze ve čtvrti Letná, protože v dalších obytných okrcích byl nahrazen komfortnějšími dvojdomky. Název „čtvrtdomek“ vychází z upořádání vnitřní dispozice. Dům je určen pro čtyři rodiny, přičemž každá z nich má k dispozici $\frac{1}{4}$ domu. Bytové jednotky jsou uspořádány zrcadlově k horizontální a vertikální ose domku. Domy jsou dvoupodlažní s částečným podsklepením. Obvodové stěny jsou vyzděny z keramických cihel plných, s tloušťkou stěn 300 mm. Stropní a střešní konstrukce byly navrženy z dřevěných trámů nebo fošen. [1]



foto Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Obrázek 1 - Čtvrtdomek s různými stavebními úpravami

1.3.2 Dvojdomek s plochou střechou, typ 1928

Dvojdomy neboli ve Zlíně místně zvané půldomky, se začaly stavět už v letech 1926 – 1927. Zpočátku se půldomky stavěly převážně s plochou střechou, později se objevují i domky se střechou sedlovou. Domky s oběma druhy střech se dispozičně velmi podobají typu 1928. Z tohoto je možné soudit, že oba typy domků vznikaly současně a dle nalezených stavebních plánků v archivu je jejich autor F. L. Gahura. Dispozičně je domek rozdělen na dvě bytové jednotky, je rovněž navržen jako dvoupodlažní s částečným podsklepením. Půldomek typu 1928 je nejrozšířenějším druhem domku ve Zlíně. Nacházejí se ve čtvrtích Zálešná, Podvesná, Letná a Lesní čtvrť. Zajímavostí u těchto domků je vnitřní dřevěná předstěna se vzduchovou mezerou, která byla pravděpodobně navržena za účelem odvádění kondenzované vlhkosti na stěnách. Základy a suterénní stěny jsou z betonu, stejně jako překlady nad otvory v obvodových stěnách. Vnitřní příčky v domě byly dřevěné s omítkou. [1]

1.3.3 Dvojdomek se šikmou střechou

Na stejném půdoryse se stejným řešením dispozice a zvolenými materiály vznikl půldomek se šikmou střechou. Střecha je tvořena klasickou hambálkovou soustavou s dřevěnými krokviemi. Tento typ domku se nachází pouze ve čtvrti Zálešná. Zajímavostí je diagonální natočení domků vůči uličním komunikacím. [1]

Tato práce se bude podrobněji věnovat právě tomuto typu domku.



foto autor

Obrázek 2 – Půldomek se šikmou střechou – foto autor

1.3.4 Dvojdomek, typ 1934

Dalším typem dvojdomeku byl typ 1934. Jedná se o domek s plochou střechou, který je charakteristický svojí betonovou římsou. Odehrála se zde změna v dispozici, kdy bylo přesunuto schodiště ze středu objektu k obvodovým stěnám. Tato změna vedla k získání dvou samostatně přístupných pokojů ve druhém podlaží. Materiálově došlo k upuštění od dřevěných příček, zde jsou příčky klasické zděné. Další změna se odehrála v obvodových stěnách, které už nebyly pouze z cihel plných a byla použita kombinace plných a dutých cihel pro zlepšení tepelného komfortu v domku. [1]

1.3.5 Jednodomek

Jednodomky byly určeny pro výše postavené zaměstnance firmy a tvořily tak nejkomfortnější druh Baťovského bydlení. Postaveno bylo několik typů, například jednodomek s garáží, bez garáže nebo s verandou. Domky byly přizpůsobovány konkrétním požadavkům, například domek určený pro učitele mohl mít studovnu místo garáže nebo domky pro lékaře, které byly koncipovány jako reprezentativní vilky s možností pobytu služebné. [1]



Obrázek 3 – Jednodomek s verandou a terasou (Baťovský Infopoint)

1.4 Zásady památkové péče

Baťovské typové domky patří do zástavby Městské památkové zóny Zlín, a proto jsou jejich stavební úpravy omezeny určitými pravidly. Pravidla pro stavební úpravy domků jsou popsány v brožurě *Hlavní zásady památkové péče pro typové rodinné domky na území Městské památkové zóny Zlín* [3]. Zde jsou vypsány některé zásady týkající se stavebních úprav navržených touto prací:

- Zateplování objektu
 - Svislé stěny je možné zateplit.
 - Je stanovena max. hloubka ostění oken a dveří na 25 cm.
 - Plochy ostění zateplit max. 2 cm izolantem.
- Komínová tělesa
 - Boční strany zateplit max. 3 cm izolantem.
 - Komíny předstupující před líc fasády musejí mít stejný průřez přes celou výšku.
- Podmínka obkladu keramickým páskem
 - Cihelné pásky o rozměrech 290x65 mm nebo 250x65 mm.
 - Podmínka přepsání betonových předkladů nad otvory.
- Okna
 - Musí být zachováno jejich původní umístění.
 - Členění oken ve tvaru písmene T.

1.5 Cíle práce

Baťovské domky jsou stále velmi využívány a jsou domovem pro mnoho rodin i přes to, že jsou zastaralé a pro dnešní společnost stále méně komfortní. Tato práce si tedy klade za cíl navrhnout možné varianty renovace typového Baťovského domku bez

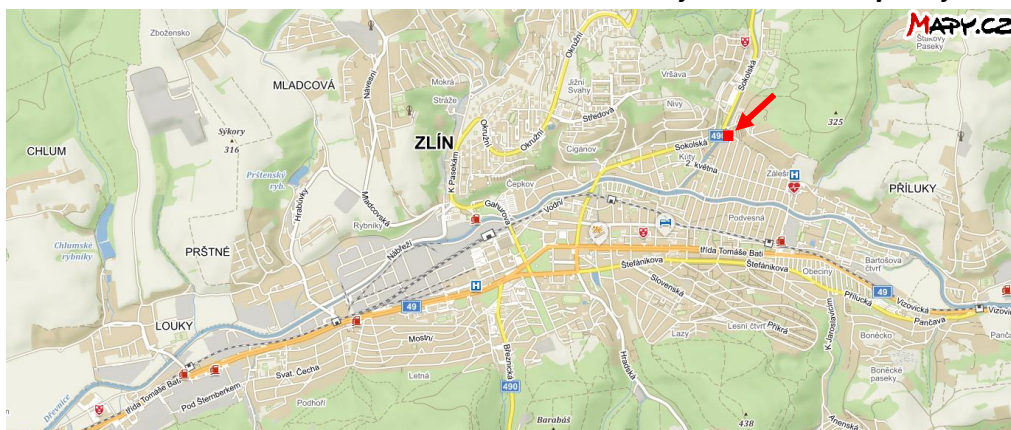


výrazného zásahu do charakteristického vzhledu domků. Uvést možné příklady pro stávající majitele, jak zlepšit kvalitu obálky budovy a tím i komfort bydlení.

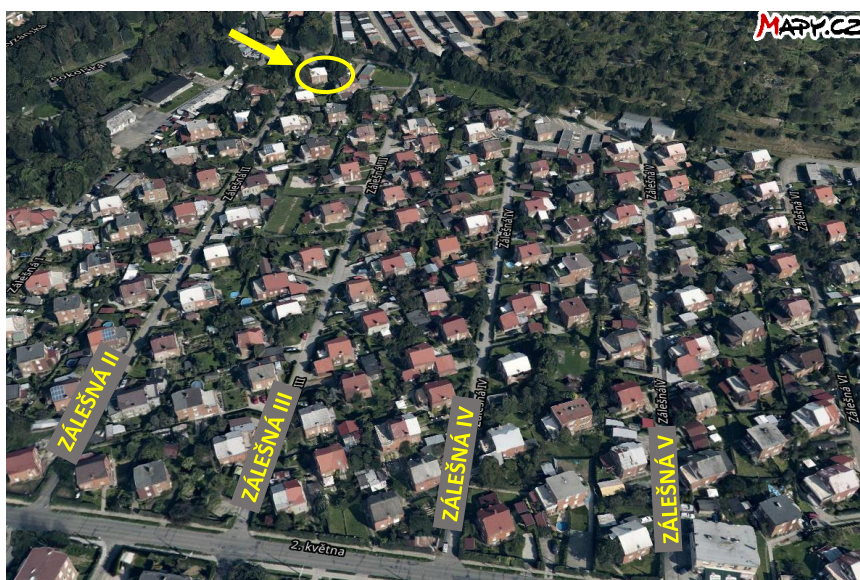
2. Modelová budova – stávající stav

2.1 Umístění

Vybraný modelový rodinný dům se nachází v severovýchodní části Zlína. Jedná se o čtvrť Zálešná, která byla vybudována jako obytný okresek Baťovských rodinných domků. Přesná adresa objektu je Zálešná II 1131/36, Zlín 760 01. Čtvrť byla vybudována ve 30. letech 20. století. V okolí řešeného domu se nacházejí rodinné domky stejného typu.



Obrázek 4 – Situační mapka, Zdroj: "Mapy.cz"



Obrázek 5 – Letecký snímek čtvrtě Zálešná, Zdroj: "Mapy.cz"

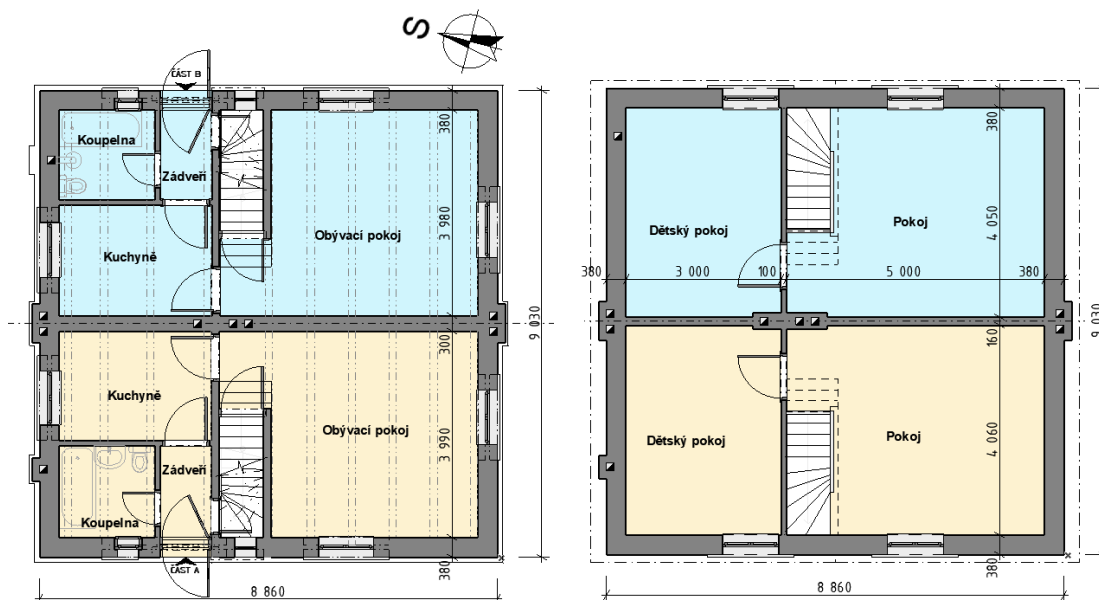
2.2 Základní údaje o objektu

Jedná se o typizovaný rodinný domek typu 1928 se šikmou střechou. Dispozičně je dům řešen jako tzv. dvojdomek, kdy je dům rozdělen na dvě části a obsahuje tak dvě samostatné bytové jednotky se samostatnými vstupy. Dům je dvoupodlažní na obdélníkovém půdorysu o rozměrech 8,86x9,03 m. Rodinný dům je částečně podsklepen. Za

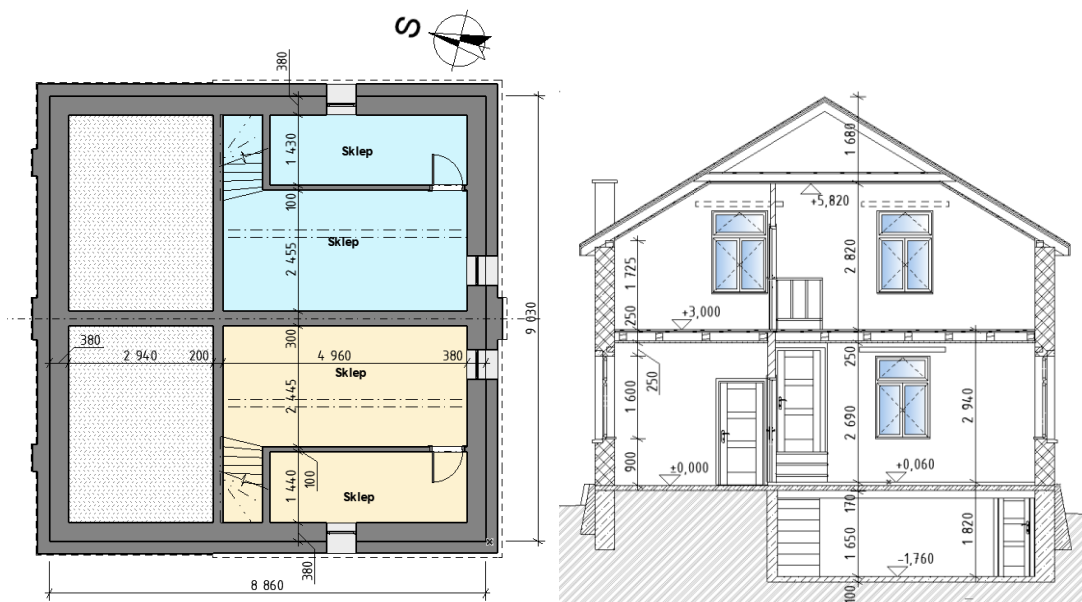


vstupními dveřmi se v 1.NP nachází zádveří, ze kterého se lze dostat do malé koupelny a dále do kuchyně. Vstup do suterénu je rovněž umožněn ze zádveří, a to po velmi příkrém schodišti. Z kuchyně se dále vstupuje do obývacího pokoje, ze kterého vede schodiště do druhého patra. V druhém patře jsou umístěny dvě ložnice. Stejné uspořádání má i druhá polovina domu (bytová jednotka).

Jednoduché půdorysy dispozice, schéma řezu a pohledů:



Obrázek 6 – Dispozice 1.NP a 2.NP



Obrázek 7 – Půdorys 1.PP a Řez objektem



Obrázek 8 – Pohledy VÝCHODNÍ a SEVERNÍ

2.3 Konstrukční a materiálové řešení

Obvodové stěny rodinného domu jsou pravděpodobně postaveny z kombinace keramických plných cihel a dutinových cihel. Tloušťka těchto stěn je 380 mm a je opatřena omítkou pouze z vnitřní strany, vnější strana je ponechána jako režné zdivo. Objekt je uprostřed rozdělen vnitřní nosnou stěnou tl. 300 z cihel plných. Vnitřní příčky mají tloušťku 100 a 150 mm a jsou také vyzděny z keramických cihel. Základy a suterénní stěny jsou provedeny z betonu.

Stropní konstrukce nad 1.NP je tvořena dřevěnými stropními trámy rozměru 140x160mm, osově po 700 až 1185 mm, které jsou pnuté mezi obvodovou a vnitřní nosnou stěnou. Světlý rozpon stropů je 3,99 m. Trámy jsou zaklopeny smrkovými prkny a ve spodní části jsou opatřeny podbitím s rákosovou omítkou. Strop nad suterénem je tvořen železobetonovou deskou tloušťky 100 mm. V obývacím pokoji je navíc na desce položeno souvrství podlahy z dřevěného roštu a smrkových podlahových prken. Překlady nad okenními a dveřními otvory jsou prefabrikované železobetonové, stejně jako parapetní desky oken.

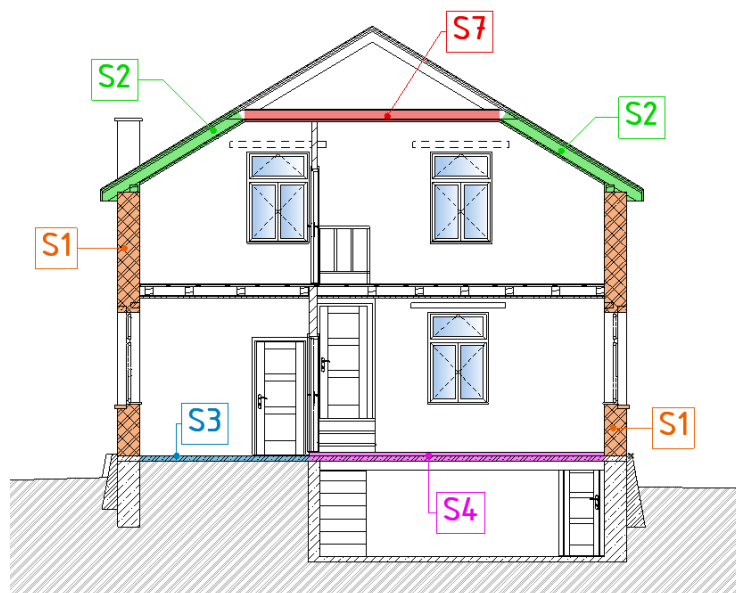
Vertikální komunikace v domě je zajištěna pomocí dvou schodišť. Schodiště propojující úroveň 1.PP a 1.NP je betonové s výškou stupně 220 mm. Druhé schodiště vedoucí do 2.NP je tvořeno dřevěnými fošnami a má výšku stupně 210 mm. Výšková úroveň podlahy je zhruba o 400 mm výše než úroveň přilehlého terénu, proto jsou u vstupů vybudovány betonové schodišťové stupně.

Objekt je zastřešen sedlovou střechou. Krov je dřevěný s krokviemi o rozměru 120x160mm. Pod krokviemi je provedeno podbití z dřevěných prken, na kterých je rákosová omítká. Střešní krytinu tvoří skládané plechové šablony na prkenném záklopu.

Další podrobnosti viz Příloha č.1 – Výkresová dokumentace (stávající stav).



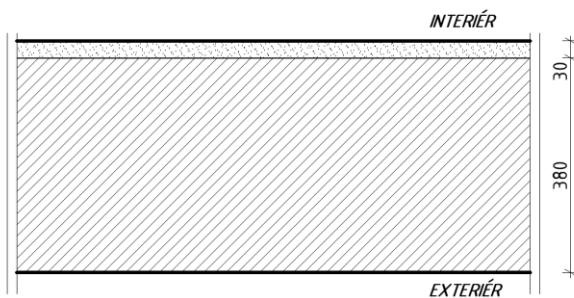
2.4 Stávající skladby vybraných konstrukcí



Obrázek 9 – Řez RD s vyznačenými skladbami

S1... Obvodová stěna (od interiéru)

- Malba	
- Vnitřní omítka s rákosovým pletivem	30 mm
- Zdivo z kombinace keramických CP a dutinových cihel	380 mm
	<hr/>
	410 mm



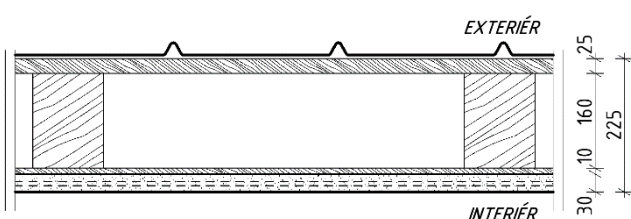
Vypočtený součinitel prostupu tepla:
 $U = 1,44 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Požadovaný součinitel prostupu tepla
(dle ČSN 73 0540-2:2011):

$$U_{N,20} = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

S2... Střešní plášť (od exteriéru)

- Skládané plechové šablony	
- Záklop z dřevěných prken	25 mm
- Vzduchová mezera (dřevěné krokve 120x160mm) (osově od 740 do 930 mm)	160 mm
- Dřevěné podbití	10 mm
- Vnitřní omítka s rákosovým pletivem	30 mm
- Malba	
	<hr/>
	225 mm



Vypočtený součinitel prostupu tepla:

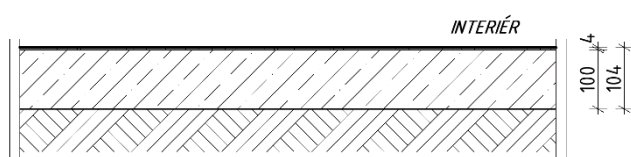
$$U = 1,80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Požadovaný součinitel prostupu tepla
(dle ČSN 73 0540-2:2011):

$$U_{N,20} = 0,24 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

S3... Podlaha na terénu 1.NP (od interiéru)

- | | |
|---|--------|
| - Zlínolit (podlahovina podobná dnešnímu PVC) | 4 mm |
| - Betonová mazanina (pravděpodobně vyztužená) | 100 mm |
| - Rostlý terén | |

104 mm

Vypočtený součinitel prostupu tepla:

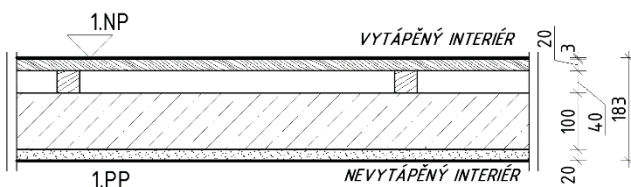
$$U = 3,79 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Požadovaný součinitel prostupu tepla
(dle ČSN 73 0540-2:2011):

$$U_{N,20} = 0,45 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

S4... Strop mezi nevytápěným 1.PP a vytápěným 1.NP

- | | |
|--|--------|
| - (podlahové PVC) | 3 mm |
| - Smrková podlahová prkna | 20 mm |
| - Vzduchová mezera (dřevěný podkladní rošt cca 40x40 mm) | 40 mm |
| - ŽB stropní deska | 100 mm |
| - Vnitřní omítka | 20 mm |
| - Malba | |

193 mm

Vypočtený součinitel prostupu tepla:

$$U = 1,36 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Požadovaný součinitel prostupu tepla
(dle ČSN 73 0540-2:2011):

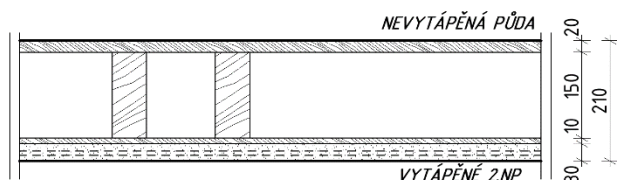
$$U_{N,20} = 0,60 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

S7... Pohled pod kleštinami oddělující 2.NP a nevyt. půdu

- | | |
|--|--------|
| - Záklop z dřevěných prken | 20 mm |
| - Vzduchová mezera (dřevěné kleštiny 60x150mm) | 150 mm |
| - Dřevěné podbití | 10 mm |
| - Vnitřní omítka s rákosovým pletivem | 30 mm |
| - Malba | |



210 mm



Vypočtený součinitel prostupu tepla:
 $U = 0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Požadovaný součinitel prostupu tepla
(dle ČSN 73 0540-2:2011):

$$U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

POZNÁMKA: Výpočet U byl proveden 1D výpočtem pomocí softwarů:
Teplu 2017, (c) 2016 Svoboda Software
Energie 2020, (c) 2020 Svoboda Software

Výplně otvorů

Většina původních dřevěných dvojitých špaletových oken byla nahrazena novějšími okny, a to odhadem kolem roku 1970. Pouze okna v koupelnách zůstala původní z 30. let. Vyměněná okna jsou s dřevěným rámem ve zdvojeném provedení a mají dvě jednoduché skleněné výplně.

- Podle ČSN 73 0540-3 (1994) je odhadovaný součinitel prostupu tepla u dřevěného zdvojeného okna se dvěma skly $k_{ok,n} = 2,40 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a pro dvojitě špaletové okno se dvěma skly $k_{ok,n} = 2,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.
- Pro porovnání je dle ČSN 73 0540-2:2011 současná požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru ve vnější stěně $U_{N,20} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Je zřejmé a logické, že stávající konstrukce a prvky výrazně nesplňují požadavky dnešních norem. Důkazem toho jsou pro příklad vypočtené součinitele prostupu tepla u vybraných konstrukcí výše. Vypočtené součinitele prostupu tepla nedosahují ani na nejmírnější normově požadované hodnoty.



foto Bc. Ljudmila Šířoká

Obrázek 10 – Stávající dřevěné zdvojené okno



foto autor

Obrázek 11 – Stávající dřevěné dvojitě okno do koupelny



2.5 Energetické vyhodnocení stávajícího stavu objektu

S užíváním rodinného domku jsou spjaté i energie spotřebované na jeho provoz. Jsou to zejména energie na vytápění a přípravu teplé vody, v letním období to může být i energie spotřebovaná na chlazení místností. Z tohoto důvodu je vhodné, před navržením zlepšujících variant, stanovit energetickou náročnost budovy (ENB) v současném stávajícím stavu. Pro vyhodnocení ENB slouží tzv. průkaz energetické náročnosti budovy (PENB).

PENB kvantifikuje veškeré energie spotřebované při standardizovaném provozu hodnocené budovy a zařazuje budovu do příslušné třídy v rozsahu A–G. [5]

Pro vyhodnocení stávajícího stavu byl použit program *Energie 2020, (c) 2020 Svoboda Software* dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. – §6, odst. 2b.

Dům byl rozdělen na dvě zóny respektující uspořádání bytových jednotek. Do výpočtu byly zahrnuty nevytápěné prostory půdy a suterénu. Cílem bylo zadat do programu skladby konstrukcí a prvků tak, aby výsledné hodnoty potřeby tepla na vytápění nebo průměrného součinitele tepla odpovídaly skutečnosti.

2.5.1 Vstupní data

Objekt rozdělen na dvě totožné zóny:

- ZÓNA 1 – část A – bytová jednotka A
- ZÓNA 2 – část B – bytová jednotka B

Část A / Část B (hodnoty pro jednu zónu):

- Návrhová venkovní teplota v zimě: $T_e = -15 \text{ °C}$ (lokalita Zlín)
- Návrhová vnitřní teplota: $T_i = 20 \text{ °C}$ (RD – obytné prostory)
- Uvažovaný typ větrání: Přirozené
- Intenzita větrání: $0,5 \text{ h}^{-1}$
- Energeticky vztažná plocha: $80,06 \text{ m}^2$
- Podlahová plocha (z vnitřních rozměrů): $63,62 \text{ m}^2$
- Tepelné vazby zohledněny přírážkou: $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Intenzita výměny při rozdílu 50 Pa: 10 h^{-1}
(odhadnutá hodnota pro současný stav RD)



Tepelně technické vlastnosti zadaných konstrukcí a prvků:

Druh konstrukce dle ČSN 730540-2 (2011)	Ozn.	Popis konstrukce	U (W/(m ² K))
Stěna vnější těžká	S1	Obvodová stěna, kombinace keramických CP a dutinových cihel, tl. 380 mm	1,44
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	S2	Střešní plášť - 2.NP	1,80
Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	S3	Podlaha na terénu 1.NP	3,79
Strop vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	S4	Strop mezi 1.PP a 1.NP	1,36
Stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	S5a	Obvodová stěna 1.PP nad terénem, železobeton	1,65
Stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	S5b	Obvodová stěna 1.PP pod terénem, železobeton	2,20
Stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	S5c	Suterénní stěna	3,51
Podlaha temperovaného prostoru přilehlá k zemině	S6	Podlaha 1.PP	3,97
Strop pod nevytápěnou půdou	S7	Vodorovný podhled pod kleštinami	0,55
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	S8	Střešní plášť - půda	3,58

Tabulka 1 - Součinitel prostupu tepla stávajících konstrukcí

Druh konstrukce dle ČSN 730540-2 (2011)	Ozn.	Popis prvku	U _w (W/(m ² K))
Okno ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru	01	Okno dřevěné zdvojené 1050x1600 mm	2,84
	02	Okno dřevěné špaletové 400x1600 mm	2,63
	03	Okno ocelové 415x300 mm, v 1.PP	3,88
	04	Okno ocelové 600x400 mm, v 1.PP	4,28
Výplň otvoru z temperovaného prostoru do exteriéru	05	Okno štítové 500x650 mm, na půdě	5,03
Dveře z vytápěného prostoru do exteriéru	D1	Vstupní dveře dřevěné	3,16

Tabulka 2 - Součinitel prostupu tepla stávajících oken a dveří

2.5.2 Výsledky

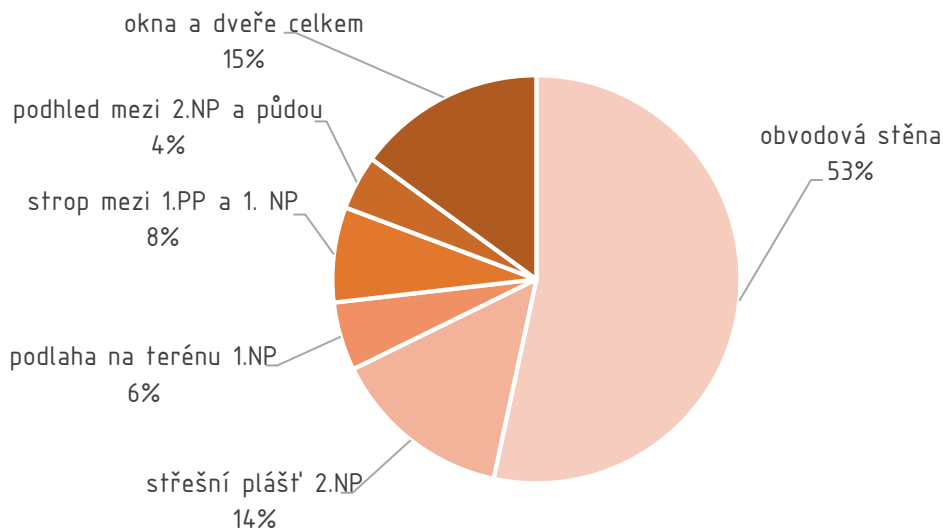
- Klasifikační třída:	G – mimořádně neekonomická
- Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} :	1,56 W/(m²K)
- Měrná potřeba tepla na vytápění:	327 kWh/(m².a)
- Měrná roční dodaná energie EP,A:	554 kWh/(m².a)
- Potřeba tepla na vytápění za rok Q _{H,nd} :	52,33 MWh
- Faktor tvaru budovy A/V:	0,7 m²/m³

Měrné ztráty prostupem tepla [W/K]:

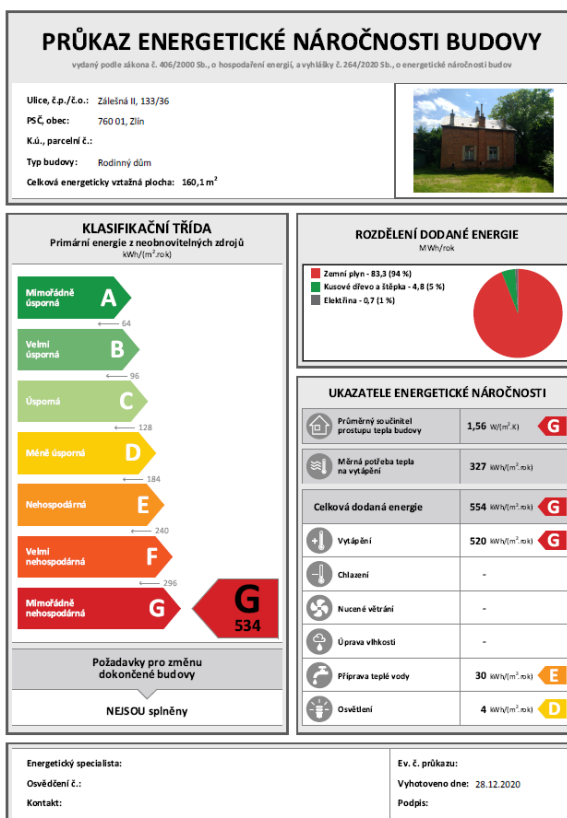
	Měrný tok [W/K]
Konstrukce k exteriéru:	
obvodová stěna	230,301
střešní plášť 2.NP	62,061
Konstrukce k zemině:	
podlaha na terénu 1.NP	23,447
Konstrukce k nevyt. prostorům	
strop mezi 1.PP a 1. NP	34,326
podhled mezi 2.NP a půdou	18,629
Výplně otvorů	
okna a dveře celkem	64,558
Měrný tok konstrukcemi celkem	433,322



Měrné ztráty prostupem tepla konstrukcemi



Obrázek 12 – Procentuální vyjádření měrných ztrát prostupem konstrukcemi



Obrázek 13 – Grafické znázornění PENB – stávající stav

Kompletní průkaz energetické náročnosti současného stavu viz Příloha č. 2.

Podle průkazu energetické náročnosti se budova řadí do třídy G – mimořádně nehospodárná budova, což lze očekávat u takto starého objektu. Z grafu měrných ztrát prostupem jednotlivými konstrukcemi je zřetelné, že největší množství tepla uniká obvodovými stěnami a střešním pláštěm. Velký podíl na úniku tepla mají také výplně otvorů.



2.6 Tepelná stabilita místností v letním období

Metodikou tepelné stability v letním období se provádí hodnocení reakce objektu a jeho konstrukcí na teplotní zatížení vzniklé od slunečního záření. Teplota vnitřního vzduchu má zásadní vliv na komfort obyvatel domu. Výpočtem se zjišťuje, zda bude místnost využitelná s ohledem na zvyšující se teploty v interiéru. Tepelnou stabilitu místností ovlivňuje charakteristika území, ve kterém se budova nachází, geometrie budovy a orientace ke světovým stranám. Nejdůležitější jsou ovšem samotné konstrukce objektu a způsob a intenzita jeho větrání. U neprůsvitných konstrukčních prvků je důležitá jejich akumulční schopnost. Konstrukce s větší akumulční schopností pomáhají snížit interiérovou teplotu v letním období. V případě průsvitných konstrukcí je důležitá velikost transparentních ploch a s nimi spojené jejich stínění.

Hodnocení teploty interiéru se provádí na kritické místnosti. Za kritickou místnost se považuje prostor, který má největší plochu přímo osluněných výplňí otvorů orientovaných na J, JV, JZ, Z, V. [8]

Kritická místnost musí dle druhu budovy podle normy splnit požadavek na nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$$

DRUH BUDOVY	NEJVYŠŠÍ DENNÍ TEPLOTA VZDUCHU V MÍSTNOSTI V LETNÍM OBDOBÍ $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní	27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	
- Do 25 W/m ³ včetně	29,5
- Nad 25 W/m ³	31,5

Tabulka 3 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období [6]

V našem případě rodinného domu je nutné dodržet maximální denní teplotu vzduchu 27 °C. Dále však norma uvádí poznámku: „U bytových budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.“ [6]

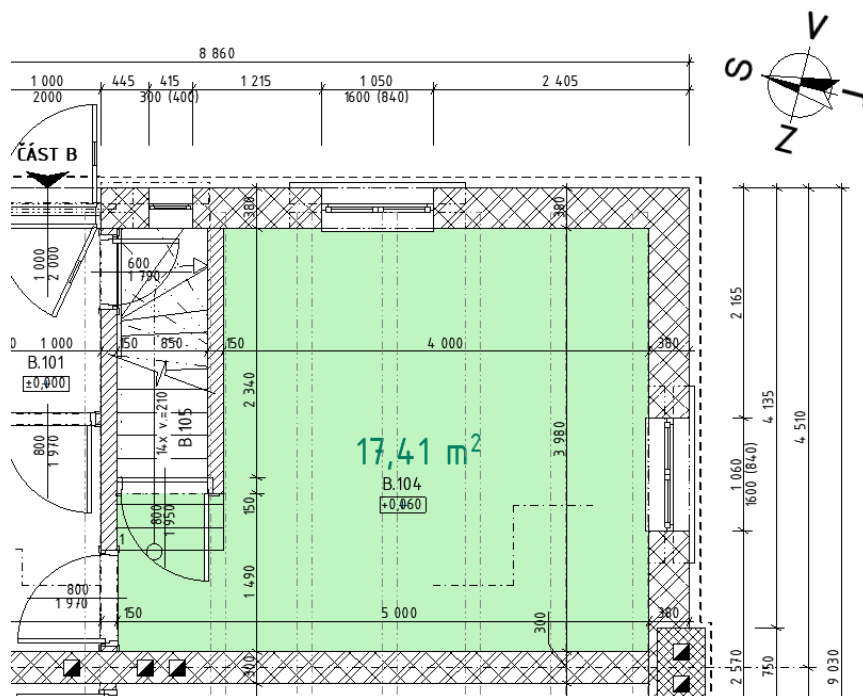
Hodnocení bylo provedeno pomocí programu *Simulace 2018, (c) 2018 Svoboda Software*, který je určen pro hodnocení dynamické odezvy místnosti na tepelnou zátěž v letním období podle EN ISO 52016-1.

Výpočet nejvyšší teploty v interiéru byl proveden pro dvě kritické místnosti, obývací pokoj v 1.NP a pokoj ve 2.NP, pro den 21. srpna. Byly posuzovány místnosti v části B – obvodové stěny místností jsou orientovány na jih a východ.

2.6.1 Kritická místnost B.104

Jedná se o místnost obývacího pokoje v přízemí objektu. V místnosti jsou dvě okenní výplně.

Posouzení místnosti bylo provedeno ve dvou variantách – varianta 1 bez vnitřních zdrojů tepla (posouzení dle normy) a varianta 2 s odhadnutými vnitřními zdroji tepla od lidí a zařízení.



Obrázek 14 – Schéma místnosti B.104 – obývací pokoj

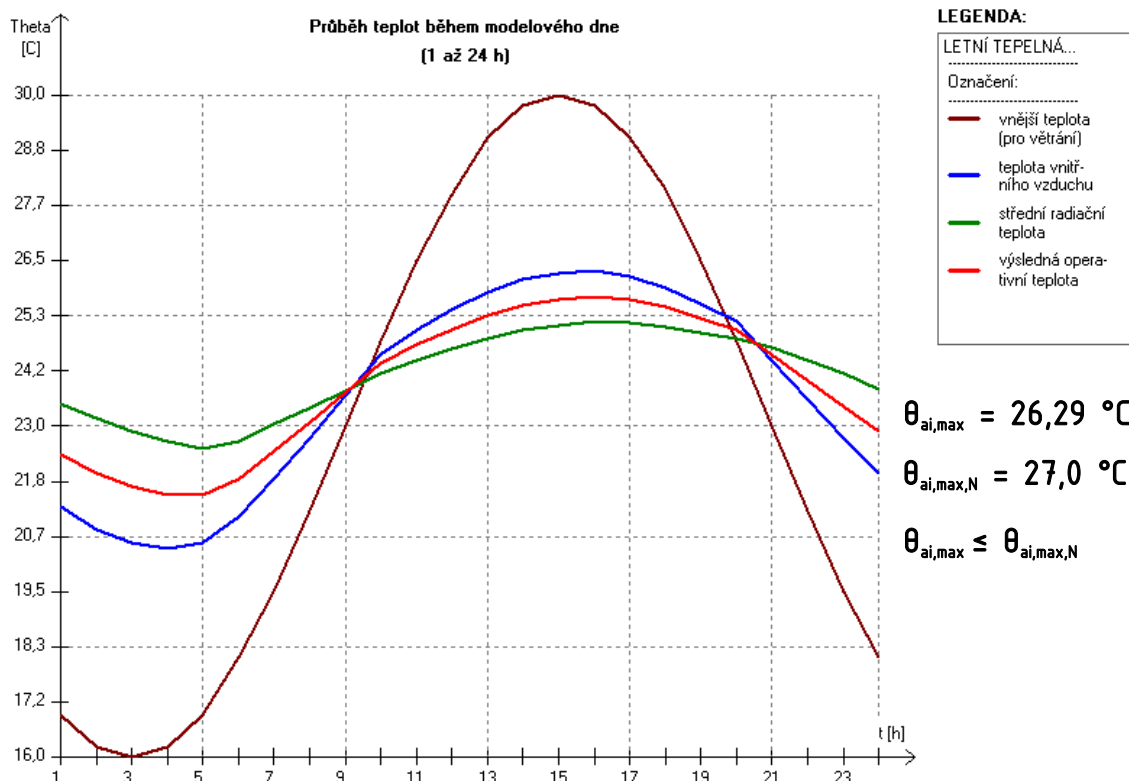
Vstupní data:

- Podlahová plocha místnosti A: 17,41 m²
- Objem místnosti V: 46,83 m³
- Přirážka na vliv tepelných vazeb: 0,2 W/(m²K)
- Teplota venkovního vzduchu: dle ČSN 730540-3
- Intenzita globálního slunečního záření: dle ČSN 730540-3
- Intenzita větrání: dle ČSN 730540-3
(okna otevřena v noci z 50 % a ve dne z 10 %, možnost příčně provětrat
→ v nočních hodinách 7,5 h⁻¹, přes den 2,0 h⁻¹)
- Vnitřní zdroje tepla:
 - Pro posouzení dle normy (varianta 1) bez vnitřních zdrojů tepla.
 - Pro variantu 2 – zahrnuto teplo od 2 osob → 2x 80 W, teplo od zařízení → 70 W a teplo od osvětlení → 15 W. Celkové vnitřní zisky 245 W rozděleny do hodinového rozvrhu. Předpoklad pro víkendový den.
- Výplně otvorů:
 - O1_okno dřevěné zdvojené 1050x1600 mm
 - Propustnost slunečního záření zasklení g = 0,75 (2x sklo čiré)



- Stínění oken:
 - Poloprůsvitná roleta na vnitřní straně okna zakrývající 80% okna
 - Solární propustnost stínícího zařízení $\tau_{E,B} = 0,2$

Výsledky:



Obrázek 15 - Vnitřní teploty během dne 21. srpna - B.104, stávající stav

Z Grafu je patrné, že nejvyšší teplota vzduchu v místnosti ($26,29 \text{ °C}$) nastává kolem 16. hodiny. Hodnota nepřesahuje maximální normovou přípustnou interiérovou teplotu vzduchu → kritická místnost B.104 ve stávajícím stavu splňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě.

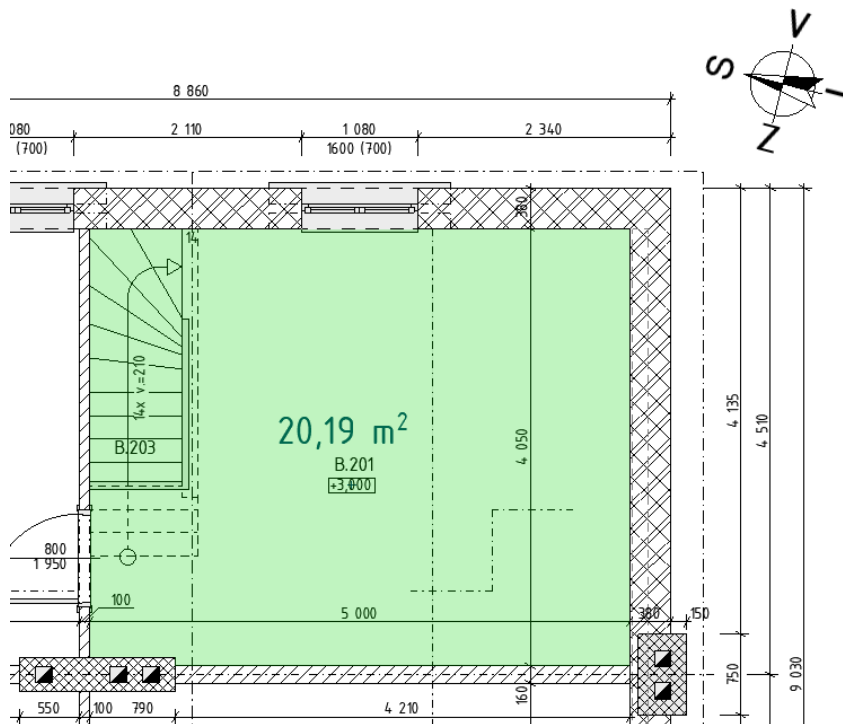
V případě varianty 2, ve které jsou započítány vnitřní tepelné zisky, je maximální teplota vzduchu $\theta_{ai,max} = 27,16 \text{ °C}$.

2.6.2 Kritická místnost B.201

Jedná se o místnost pokoje/dětského pokoje ve 2.NP. V místnosti je jedna okenní výplň a jedná se o prostor umístěný pod střešním pláštěm. Nad kritickou místností se nachází půdní prostor, tyto prostory odděluje pouze dřevěný podhled s rákosovou omítkou.



Posouzení místnosti bylo provedeno ve dvou variantách – varianta 1 bez vnitřních zdrojů tepla (posouzení dle normy) a varianta 2 s odhadnutými vnitřními zdroji tepla od lidí a zařízení.



Obrázek 16 – Schéma místnosti B.201 – Pokoj

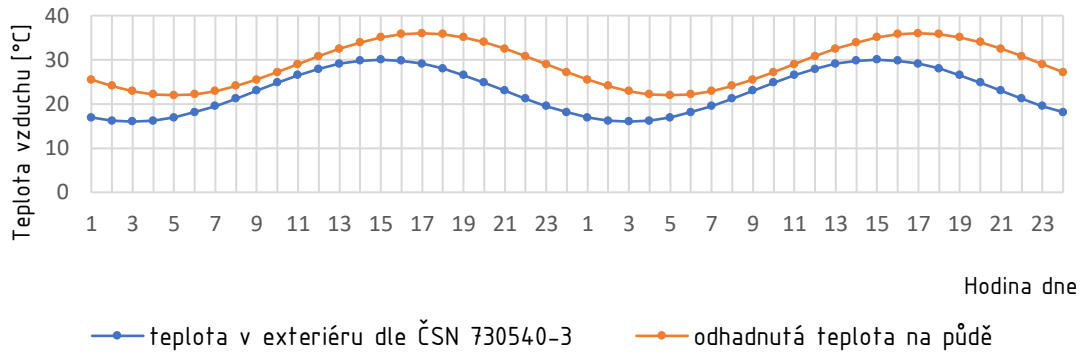
Vstupní data:

- Podlahová plocha místnosti A: $20,19 \text{ m}^2$
- Objem místnosti V: $53,06 \text{ m}^3$
- Přirážka na vliv tepelných vazeb: $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Teplota venkovního vzduchu: dle ČSN 730540-3
- Intenzita globálního slunečního záření: dle ČSN 730540-3
- Intenzita větrání: dle ČSN 730540-3
(okna otevřena v noci z 50 % a ve dne z 10 %, nelze příčně provětrat
→ v nočních hodinách $2,5 \text{ h}^{-1}$, přes den $0,5 \text{ h}^{-1}$)
- Vnitřní zdroje tepla:
 - Pro posouzení dle normy (varianta 1) bez vnitřních zdrojů tepla
 - Pro variantu 2 – zahrnuto teplo od 1 osoby → $1 \times 80 \text{ W}$, teplo od zařízení → 70 W a teplo od osvětlení → 15 W . Celkové vnitřní zisky 165 W rozděleny do hodinového rozvrhu. Předpoklad pro víkendový den.
- Výplně otvorů:
 - O1_okno dřevěné zdvojené $1050 \times 1600 \text{ mm}$
 - Propustnost slunečního záření zasklení $g = 0,75$ (2x sklo čiré)
- Stínění oken:
 - Poloprůsvitná roleta na vnitřní straně okna zakrývající 80% okna
 - Solární propustnost stínícího zařízení $\tau_{E,B} = 0,2$
- Teplota vzduchu na půdě:



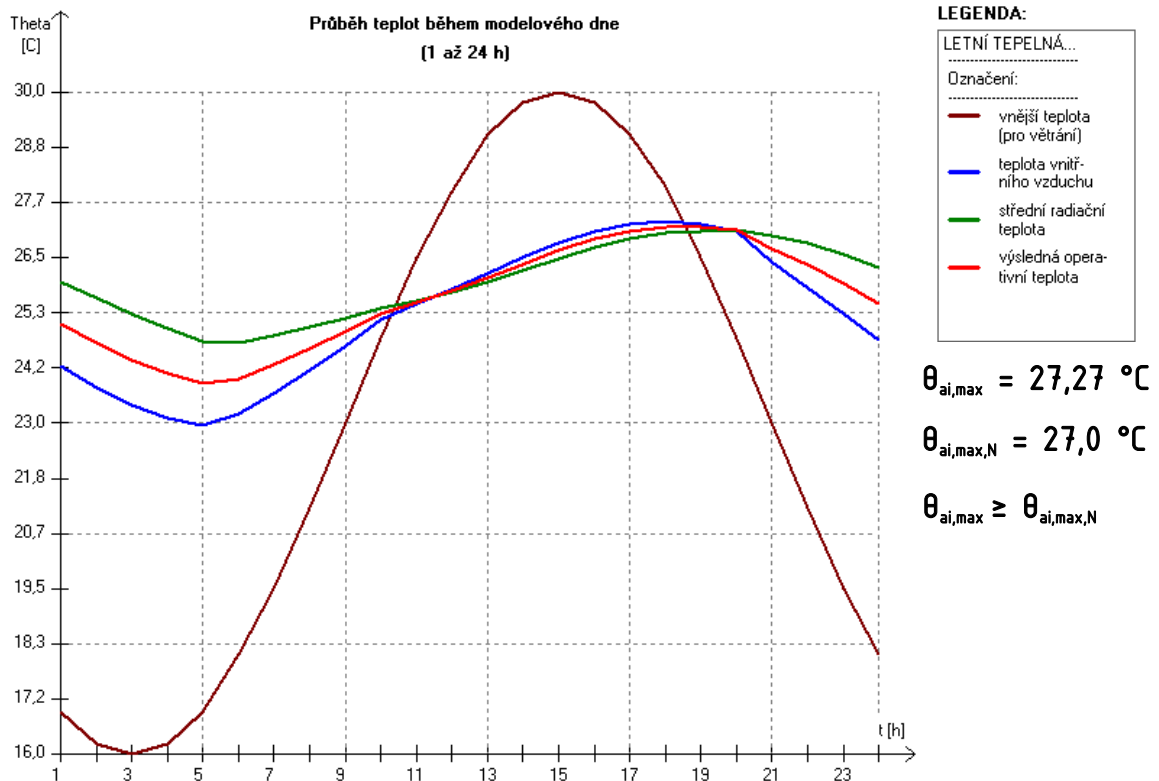
- Teplota vzduchu na půdě byla odhadnuta z průběhu venkovních teplot (dle ČSN 730540-3). (viz Obrázek 17)

Průběh teplot vzduchu v exteriéru a v prostoru půdy



Obrázek 17 - Průběh teplot vzduchu v exteriéru a v prostoru půdy

Výsledky:



Obrázek 18 - Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.201, varianta 1, stávající stav

Z Grafu je patrné, že nejvyšší teplota vzduchu v místnosti ($27,27 \text{ } ^\circ\text{C}$) nastává kolem 18. hodiny. Hodnota přesahuje maximální normovou přípustnou interiérovou teplotu vzduchu, a to i po dobu delší než 2 souvislé hodiny → kritická místnost B.201 ve stávajícím stavu nesplňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě.

V případě varianty 2, ve které jsou započítány vnitřní tepelné zisky je maximální teplota vzduchu $\theta_{ai,max} = 28,44 \text{ } ^\circ\text{C}$.



2.7 Tepelně-vlhkostní posouzení detailů

Tato kapitola se zabývá vyšetřením šíření tepla a vlhkosti konstrukcemi. Pro tento účel bylo vybráno několik typicky problematických detailů z hlediska šíření tepla a kondenzace vodní páry, s cílem vyhodnotit stávající stav a zjistit tak případné problémy.

Hodnocení bylo provedeno pomocí programu *Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software*, který umožňuje výpočet dvourozměrného stacionárního pole teplot a částečných tlaků vodní páry.

Požadavky na tepelně-vlhkostní stav stavebních konstrukcí stanovuje norma ČSN 73 0540-2, která mimo jiné určuje požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu a kritický teplotní faktor (konstrukce v běžných prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu do 60 %):

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

Tabulka 4 – $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relat. vlhkost vnitřního vzduchu $\phi = 50\%$ [6]

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu	Návrhová teplota venkovního vzduchu θ_e [°C]		
		-13	-14	-15
	θ_{ai} [°C]	Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$		
Stavební konstrukce	20,0	0,748	0,746	0,744
	21,0	0,753	0,751	0,749

Tabulka 5 – Teplota odpovídající $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relat. vlhkost vnitřního vzduchu $\phi = 50\%$ [6]

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu	Návrhová teplota venkovního vzduchu θ_e [°C]		
		-13	-14	-15
	θ_{ai} [°C]	Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$		
Stavební konstrukce	20,0	11,68	11,36	11,04
	21,0	12,60	12,29	11,96

2.7.1 Detail A – sokl – stávající

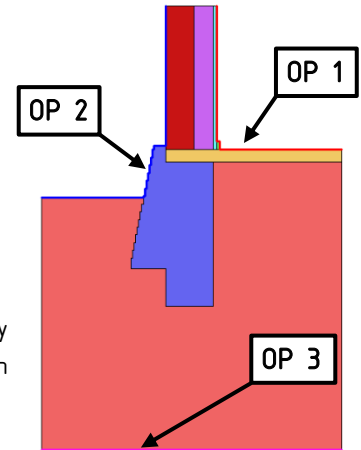
Jedná se o styk obvodové stěny s podlahou na terénu u nepodsklepené části objektu. Podrobný detail soklu viz Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace.

Vstupní data:

- Grafický vstup vymodelovaný dle Detailu A – sokl
- Okrajová podmínka 1 (OP 1 na obrázku 19)
 - teplota 20,0 °C
 - odpor při přestupu tepla $\rightarrow 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$



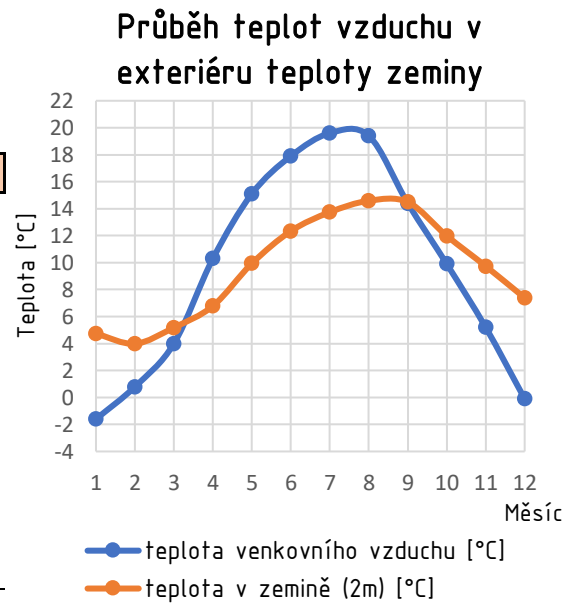
- relativní vlhkost 50 %
- součinitel přestupu vodní páry $10 \cdot 10^{-9}$ s/m
- Okrajová podmínka 2 (OP 2 na obrázku 19)
 - teplota $-15,0$ °C
 - odpor při přestupu tepla $\rightarrow 0,04$ m²K/W
 - relativní vlhkost 84 %
 - součinitel přestupu vodní páry $20 \cdot 10^{-9}$ s/m
- Okrajová podmínka 3 (OP 3 na obrázku 19)
 - teplota dle Obrázku 20 níže (postup výpočtu teploty v zemině dle normy – výpočet z průměrných měsíčních teplot venkovního vzduchu)
 - odpor při přestupu tepla $\rightarrow 0,00$ m²K/W
 - relativní vlhkost 100 %
 - součinitel přestupu vodní páry $1000 \cdot 10^{-9}$ s/m



Obrázek 19 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami – Det. A

měsíc	počet dnů	teplota ext vzduchu [°C]	teplota v zemině (prac.) [°C]	teplota v zemině (2m) [°C]
1	31	-1,6	4,0	4,7
2	28	0,8	5,2	4,0
3	31	4	6,8	5,2
4	30	10,3	9,9	6,8
5	31	15,1	12,3	9,9
6	30	17,9	13,7	12,3
7	31	19,6	14,6	13,7
8	31	19,4	14,5	14,6
9	30	14,4	12,0	14,5
10	31	9,9	9,7	12,0
11	30	5,2	7,4	9,7
12	31	-0,1	4,7	7,4

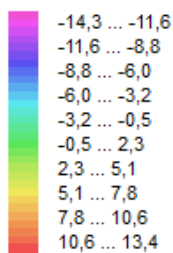
průměr: 9,6



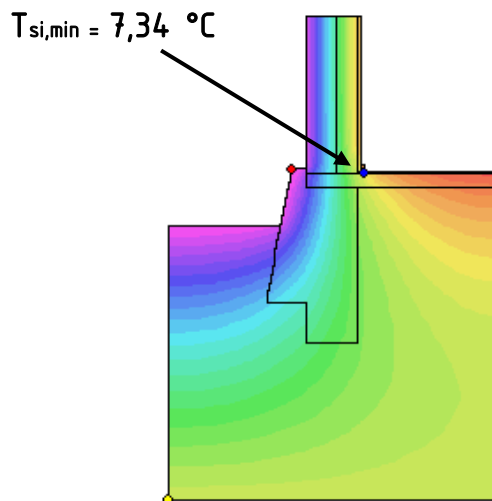
Obrázek 20 – Průměrné měsíční teploty v zemině v hloubce 2 m pod terénem dle EN ISO 13788 [9]

Výsledky:

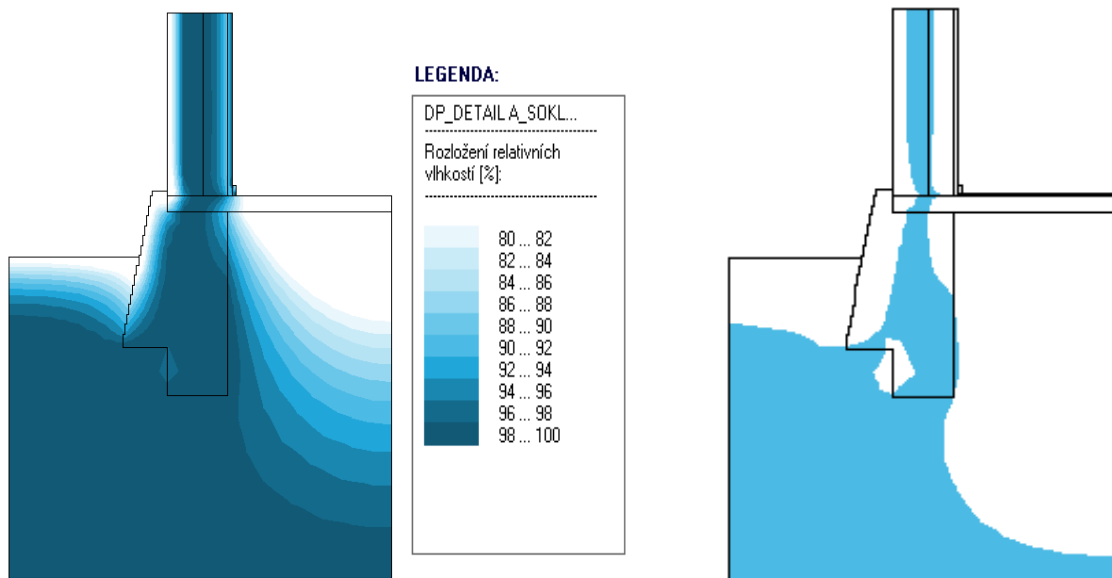
Teplotní pole [C]:



- ◆ T_{si} = -14,33 C
- ◆ T_{si} = 7,34 C
- ◆ T_{si} = 4,70 C



Obrázek 21 – Teplotní pole 2D – Det. A stávající



Obrázek 22 – Rozložení relativních vlhkostí v detailu (od 80% do 100%) – Det. A stávající

Obrázek 23 – Oblast kondenzace vodní páry – Det. A stávající

Nejnižší vnitřní povrchová teplota je $T_{s_i} = 7,34 \text{ °C}$ (viz obrázek 21), které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{R_{s_i}} = 0,639$. Dle požadavků normy, jak uvádí tabulka výše, je minimální vnitřní teplota povrchu $11,04 \text{ °C}$, které odpovídá kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{R_{s_i,cr}} = 0,744$ (pro teplotu vnitřního vzduchu 20 °C). Konstrukce soklu nesplňují požadavky normy a vnitřní roh ve spojení obvodové stěny a podlahy je značně podchlazený.

Dále je z obrázků 22 a 23 patrné, že v celém detailu je vysoká relativní vlhkost a dochází ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukcí. Ke kondenzaci dochází také na vnitřním povrchu stěny, kde jsou rovněž vysoké hodnoty relativních vlhkostí.

Vysoká vlhkost v konstrukčních prvcích je způsobena absencí hydroizolační vrstvy a nízkými teplotami uvnitř a na povrchu konstrukcí. Vzhledem k charakteru materiálů soklu a stěny (beton a keramické pálené cihly) nemá vysoká vlhkost vliv na statickou funkčnost prvků, ale může přispět k růstu plísní uvnitř objektu na podchlazených površích.

Na obrázku 24 jsou vidět mapy skvrn na povrchu stěn. V levém rohu je znatelný výskyt plísní. Jednou z mnoha příčin může být kondenzace vody ve stěně a na povrchu stěny, nebo absence hydroizolační vrstvy.



foto autor

Obrázek 24 – Místnost B.104 – stávající stav

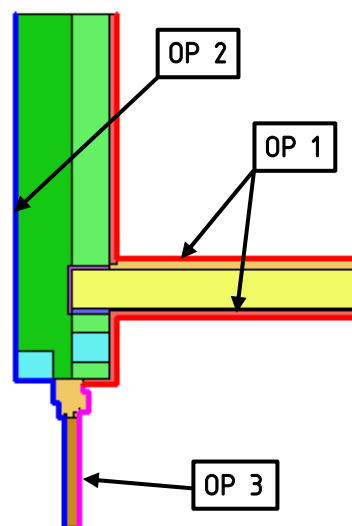
2.7.2 Detail B – styk stropu 1.NP a obvodové stěny – stávající

Jedná se o styk obvodové stěny s dřevěným stropem nad 1.NP, konkrétně uložení dřevěných trámů do stěny. Podrobný detail styku viz Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace.

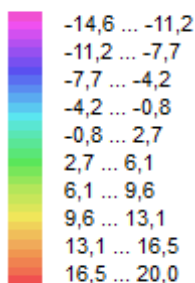
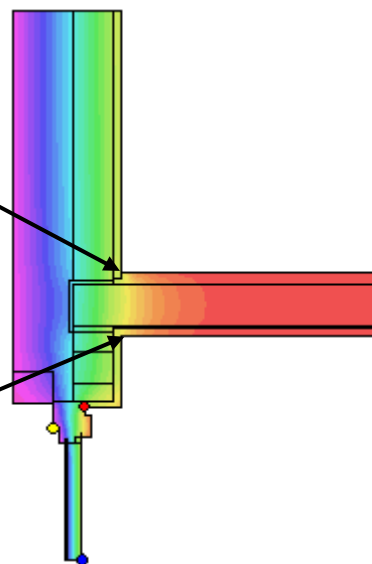
Jelikož není známo přesné provedení uložení dřevěného trámu do stěny, bylo hodnocení detailu provedeno ve dvou variantách. Ve variantě 1 byly do modelu zahrnuty vzduchové mezery v okolí uložení trámu a dřevěný podkladek z tvrdého dřeva pod trámem. Druhá varianta tyto součásti nezahrnuje.

Vstupní data:

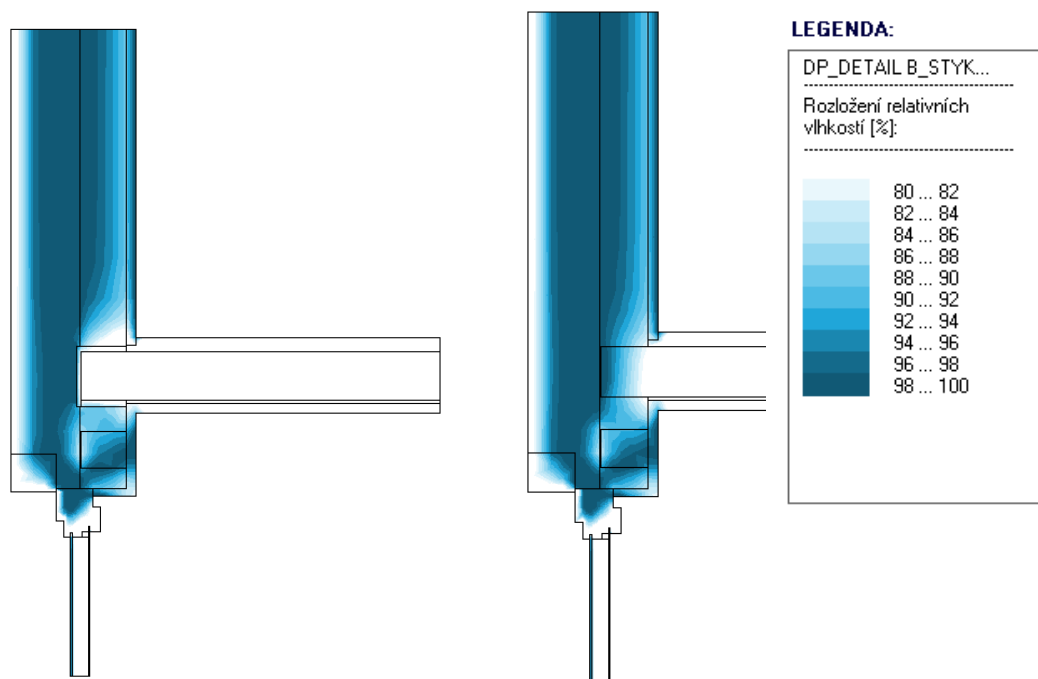
- Grafický vstup vymodelovaný dle Detailu B – styk stropu 1.NP a obvod. stěny
- Okrajová podmínka 1 (OP 1 na obrázku 25)
 - teplota 20,0 °C
 - odpor při přestupu tepla → 0,25 m²K/W
 - relativní vlhkost 50 %
 - součinitel přestupu vodní páry 10 · 10⁻⁹ s/m
- Okrajová podmínka 2 (OP 2 na obrázku 25)
 - teplota -15,0 °C
 - odpor při přestupu tepla → 0,04 m²K/W
 - relativní vlhkost 84 %
 - součinitel přestupu vodní páry 20 · 10⁻⁹ s/m
- Okrajová podmínka 3 (OP 3 na obrázku 25)
 - teplota 20,0 °C
 - odpor při přestupu tepla → 0,13 m²K/W
 - relativní vlhkost 50 %
 - součinitel přestupu vodní páry 10 · 10⁻⁹ s/m



Obrázek 25 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami – Det. B

Výsledky:**Teplotní pole [C]:**VAR1 – T_{si,min} = 9,90 °CVAR2 – T_{si,min} = 9,37 °CVAR1 – T_{si,min} = 10,74 °CVAR2 – T_{si,min} = 10,34 °C

Obrázek 26 – Teplotní pole 2D – Det. B stávající (zobrazena varianta 1)



Obrázek 27 – Relativní vlhkosti v detailu (od 80% do 100%) – det. B stávající
(vlevo VARIANTA 1, vpravo VARIANTA 2)

Dle 2D teplotního pole (obrázek 26) je zřejmé, že obě varianty mají ve vnitřních rozích nižší teploty než jsou normou stanovené nejnižší povrchové teploty odpovídající kritickému teplotnímu faktoru ($T_{si} = 11,04 \text{ °C} \rightarrow f_{Rsi,cr} = 0,744$, viz Tabulky č. 4 a 5). Detail tedy nesplňuje požadavky současné normy.

U rozložení vlhkosti v detailu je vidět, že v případě varianty 1 (se vzduchovými mezerami a dřevěným podkladkem) by nebylo zhlaví dřevěného trámu ohroženo kondenzací vodní páry. Důkazem toho je obrázek 27, který zobrazuje relativní vlhkosti v konstrukci od 80 % do 100 %, je z něho zřejmé, že v trámu je relativní vlhkost nižší než 85 %. Dle sorpční křivky dřeva odpovídá relativní vlhkosti – 85% rovnovážná hmotnostní vlhkost dřeva – 18 %. Norma stanovuje, že když rovnovážná vlhkost dřeva překročí hodnotu 18 % je požadovaná funkce konstrukce ohrožena. U varianty 1 by tedy nemuselo docházet k degradaci zhlaví dřevěného trámu zvýšenou vlhkostí.

U varianty 2 relativní vlhkost v oblasti uložení trámu přesahuje hodnotu 85 %, dokonce zde dochází ke kondenzaci.



Obrázek 28 – Současný stav dřevěných trámů

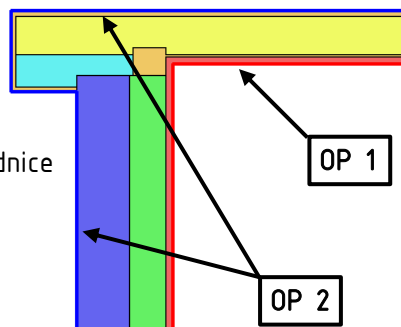
2.7.3 Detail C – pozednice – stávající

Jedná se o styk šikmé střechy s obvodovou stěnou v místě pozednice. Podrobný detail styku viz Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace.

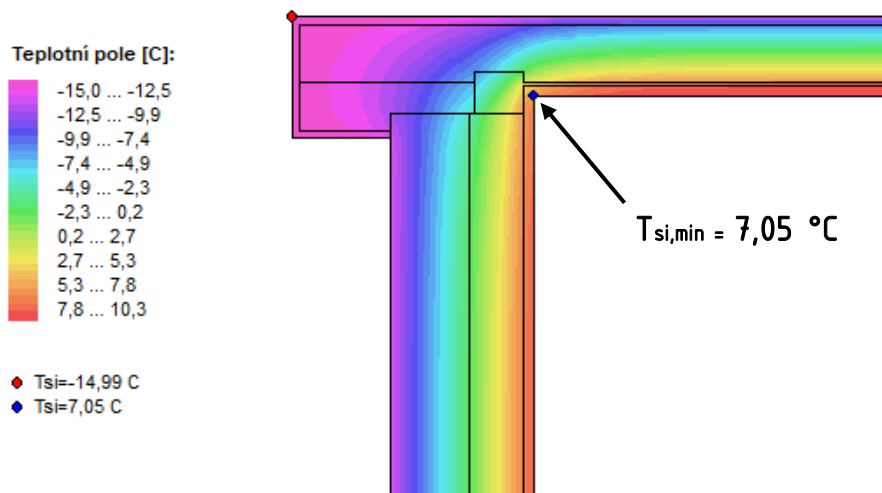
V programu Area 2017 byl detail vymodelován zjednodušeně – skladba šikmé střechy zadána vodorovně.

Vstupní data:

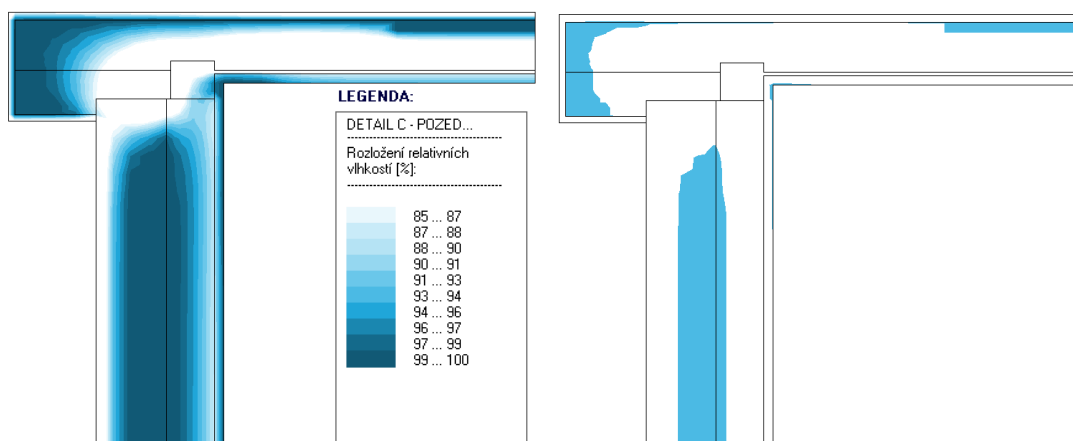
- Grafický vstup vymodelovaný dle Detailu C – pozednice
- Okrajová podmínka 1 (OP 1 na obrázku 29)
 - shodné s detailem B (viz kap. 2.8.2)
- Okrajová podmínka 2 (OP 2 na obrázku 29)
 - shodné s detailem B (viz kap. 2.8.2)



Obrázek 29 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami – Det. C

Výsledky:

Obrázek 30 – Teplotní pole 2D – Det. C stávající



Obrázek 31 – VLEVO relativní vlhkosti v detailu (od 80% do 100%), VPRAVO oblast kondenzace vodní páry – det. C stávající



Nejnižší vnitřní povrchová teplota je $T_{si} = 7,05 \text{ °C}$ (viz obrázek 30), které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi} = 0,630$. Dle požadavků normy, jak uvádějí tabulky č. 4 a 5, je minimální vnitřní teplota povrchu $11,04 \text{ °C}$, které odpovídá kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr} = 0,744$ (pro teplotu vnitřního vzduchu 20 °C). Konstrukce v okolí pozednice nesplňují požadavky normy a vnitřní roh ve spojení obvodové stěny a střechy je značně podchlazený.

Obrázek 31 ukazuje relativní vlhkosti a oblasti kondenzace v detailu. Přímo v pozednici je relativní vlhkost vyšší než 85 %, což způsobuje degradaci dřeva.



foto autor



foto Bc. Ljudmila Šíroková

Obrázek 32 – Současný velmi špatný stav krokví a pozednic

Za stávajícím stavem dřevěných krokví a pozednic je pravděpodobně zatékající voda netěsnou střešní krytinou. K degradaci prvků také přispěla vysoká relativní vlhkost uvnitř konstrukce.

3. Návrh energeticky efektivních opatření

Varianty možných návrhových opatření vyplývají z vyhodnocení stávajícího stavu v předchozích kapitolách. Je zřejmé, že je potřeba výrazně omezit měrné tepelné ztráty rodinného domu. Hlavním cílem je tedy zlepšení obálky budovy a technologického zařízení v budově s cílem snížit nároky na vytápění v zimním období. S potřebou zlepšení tepelně technických vlastností obalových konstrukcí objektu souvisí i zamezení podchlazování vnitřních povrchů konstrukcí a tím znemožnění vzniků nebezpečných plísní. Dle výsledků měrných úniků tepla ve stávajícím stavu je tedy nezbytné zvýšit tepelněizolační vlastnosti obálky a nejlépe vyloučit tepelné mosty a vazby. To lze provést vnějším nebo vnitřním zateplením konstrukcí. Tato kapitola se bude věnovat návrhu možných opatření, jak zlepšit kvalitu konstrukcí s přihlédnutím na náročnost provedení, roční úsporu tepelné energie a vhodnost použití.

Řešený rodinný dům je rozdělen na dvě bytové jednotky a je navržen jako dvoupodlažní s částečným podsklepením. Nabízí se tedy otázka, zda je vhodnější řešení zateplit objekt včetně obalových konstrukcí suterénu, nebo zateplit pouze nadzemní část a strop



oddělující suterén a 1.NP. Při zateplení objektu včetně podzemní části se rozšíří vytápěná zóna a v suterénu vznikne prostor pro umístění technologických zařízení potřebných pro užívání objektu, jako jsou například zdroj pro vytápění se zásobníkem na teplou užitkovou vodu. Umístění zařízení TZB v suterénu by odstranilo problém s nedostatkem prostoru pro jeho umístění v nadzemní části budovy. Nevýhodou tohoto řešení je ovšem technická náročnost na provedení zateplení suterénních stěn a podlahy v suterénu, další nevýhodou může být i ztráta chladného prostoru, který je vhodný pro uskladnění potravin.

Pomocí programu Energie 2020 bylo vyhodnoceno několik variant s a bez zateplení suterénu. Do programu bylo zadáno několik modelových budov, u kterých jsou zadány různé součinitele prostupu tepla konstrukcí. Pro porovnání navrhovaných součinitelů prostupu tepla je zde uvedena tabulka s vybranými normovými hodnotami:

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty $U_{n,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasiv. $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,3 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,60	0,45 až 0,30

Tabulka 6 – Vybrané normové hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011

3.1 Výplně otvorů

U všech následujících variant zateplení jsou stávající, velmi nevyhovující výplně otvorů nahrazeny novými. Dle vyhodnocení stávajícího stavu v kapitole 2.5.2 (Měrné ztráty prostupem tepla konstrukcemi) vykazují výplně otvorů druhý nejvyšší únik tepla (15 % ze všech obalových konstrukcí) hned po obvodových stěnách. Okna a dveře tedy mají poměrně velký potenciál pro zlepšení. Z tohoto důvodu jsou do nadzemních podlaží navržena kvalitní dřevěná okna a dveře s tepelněizolačními trojskly. Jedná se o zasklení s vysokou energetickou propustností, která umožňuje zajištění vyšších solárních zisků výhodných v zimním období. Jedná se například o okna Slavona Solid Comfort. Tento druh oken umožňuje variabilní členění a lze tak splnit požadavky památkové péče na členění oken. Okna do suterénu jsou rovněž navržena jako dřevěná, jejichž zasklení je



z tepelněizolačních dvojskel. Vlastnosti navržených výplní otvorů jsou uvedeny v následující tabulce:

okna NP:			
Slavona solid comfort, trojsklo	g	0,62	-
	U _g	0,6	[W/m ² K]
	U _f	0,7	[W/m ² K]
okna PP:			
dřevěné jednoduché, dvojsklo	g	0,75	-
	U _g	1,1	[W/m ² K]
	U _f	1,3	[W/m ² K]
dveře:			
Slavona typ členění almag	g	0,62	-
	U _g	0,6	[W/m ² K]
	U _f	0,7	[W/m ² K]

Tabulka 7 – Parametry navržených výplní otvorů

Příklad možného členění vstupních dveří splňující požadavky památkové péče, typ Slavona Almag:



Obrázek 33 – Dveře Slavona typ almag, zdroj: slavona.cz

3.2 Vnější zateplení

Pro vyhodnocení vlivu variant energeticky efektivních opatření byl použit program Energie 2020, ve kterém bylo vymodelováno několik možných způsobů zateplení předmětného objektu. Rodinný dům byl do programu zadán ve variantách bez zateplení suterénu a ve variantách s uvažovaným zateplením suterénu. Rozsah zateplení jednotlivých variant je zřejmý ze schématických řezů objektem v následujících tabulkách. Dále bylo pracováno se součiniteli prostupu tepla (dále jen „U“) jednotlivých obalových konstrukcí. Ty byly zadány u obou variant ve třech stupních. Jako základní stav s nejnižším stupněm zateplení jsou navrženy U, které odpovídají doporučeným normovým hodnotám ($U=U_{rec,20}$). Jako další stupeň jsou pak zadány hodnoty U, které leží mezi doporučenými normovými hodnotami a hodnotami pro pasivní domy ($U < U_{rec,20}$). V posledním stupni se U přibližují pasivnímu standardu ($U \ll U_{rec,20}$).

Další vstupní údaje, u kterých se změnila hodnota oproti stávajícímu stavu je přírážka na vliv tepelných vazeb a intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Předpokladem je, že vliv tepelných vazeb bude velmi omezen vyřešením všech možných tepelných mostů v jednotlivých návrhových detailech, a tak je uvažována hodnota 0,02 W/(m²K). Stejně tak se výrazným způsobem zvýší vzduchotěsnost obálky budovy, k čemuž přispívá i návrh nových kvalitních výplní otvorů. Intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa byla zadána jako hodnota 1,0 1/h.

Pro zajištění dostatečného množství větracího vzduchu je ve variantách uvažována vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla. Jednotka je navržena pro rovnotlaké větrání s nucenou výměnou vzduchu s účinností rekuperace 80 %. Zadané množství větracího vzduchu bylo odvozeno u normové hodnoty 0,3 1/h.



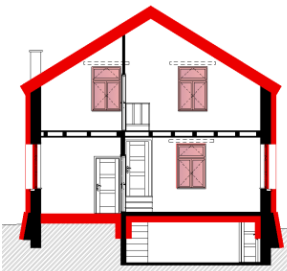
Pro porovnání je vyhodnocení stávajícího stavu shrnuto v následující tabulce:

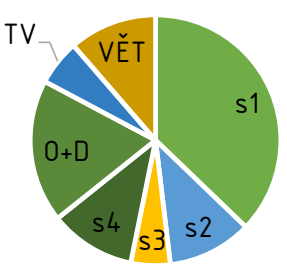
Potřeba tepla na vytápění za rok $Q_{H,nd}$:	52,33	MWh
Průměrný souč. prostupu tepla U_{em} :	1,56	W/(m ² K)
Měrná potřeba tepla na vytápění E_A :	327	kWh/(m ² .a)

Výsledky vlivu zateplení jsou uspořádány v následujících tabulkách.

Varianty 1 až 3 jsou zadány s nevytápěným suterénem a mají navržené zateplení stropu mezi suterénem a 1.NP. Z důvodu nízké světlé výšky v suterénu, pouze 1,65 m, je uvažováno zateplení podhledu stropu kvalitním izolantem v tloušťce 40 mm, jako jsou například desky z tuhé fenolické pěny ($\lambda_d = 0,022$ W/mK). Pro porovnání je ve variantě 1.1 uvažováno nucené rovnotlaké větrání bez zpětného získávání tepla. Další změnou oproti stávajícímu stavu je odstranění podhledu pod kleštinami ve 2.NP, tím se otevře prostor až ke střešnímu plášti a dojde k provzdušnění a prosvětlení prostoru díky štítovému oknu, které je v současném stavu umístěno na půdě. Střešní plášť se tedy zateplí až ke hřebeni střechy.

1 NEVYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U=U_{rec,20}$)				
Ozn.		U [W/m ² K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,25	37,19	
s2	střecha	0,16	10,92	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,30	5,08	
s4	strop 1.PP/1.NP	0,40	11,10	vyt/nevyt
s5a	nad terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/ext
s5b	pod terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm	2,20		nevyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm	3,51		nevyt/zem
s6	podlaha 1PP	3,98		nevyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	18,49	
TV	tepelné vazby	-	5,88	
VĚT	větrání	-	11,35	
			100,0	





$Q_{H,nd}$:	7,16	MWh
U_{em} :	0,30	W/(m ² K)
E_A :	45	kWh/(m ² .a)

Tabulka 8 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 1



1.1 NEVYTÁPĚNÝ SUTERÉN, BEZ REKUPERACE - EX ($U=U_{rec,20}$)				
Ozn.		U [W/m ² K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,25	29,14	
s2	střecha	0,16	8,55	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,30	3,98	
s4	strop 1.PP/1.NP	0,40	8,69	vyt/nevyt
s5a	nad terénem s příbet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/ext
s5b	pod terénem s příbet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm	2,20		nevyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm	3,51		nevyt/zem
s6	podlaha 1PP	3,98		nevyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	14,49	
TV	tepelné vazby	-	4,61	
VĚT	větrání	-	30,54	
			100,0	

	<table border="1"> <tr> <td>Q,H,nd:</td> <td>10,05</td> <td>MWh</td> </tr> <tr> <td>U_{em}:</td> <td>0,30</td> <td>W/(m²K)</td> </tr> <tr> <td>E_A:</td> <td>63</td> <td>kWh/(m².a)</td> </tr> </table>	Q,H,nd:	10,05	MWh	U _{em} :	0,30	W/(m ² K)	E _A :	63	kWh/(m ² .a)
Q,H,nd:	10,05	MWh								
U _{em} :	0,30	W/(m ² K)								
E _A :	63	kWh/(m ² .a)								

Tabulka 9 – Výsledky vlivu zateplení – VARIANTA 1.1

Potřeby tepla na vytápění za rok se u varianty 1 a varianty 1.1 odlišují o cca 29 %. Množství větracího vzduchu pro nucené větrání je odvozeno z normové hodnoty výměny vzduchu 0,3 1/h, a tudíž může varianta bez rekuperace simulovat stav bez použití nuceného větrání, tedy větrání pouze přirozeného. Tato varianta byla zadána z důvodu vyčíslení tepelné ztráty přirozeným větráním, protože investice do vzduchotechniky může být pro některé investory nepřijatelná, ačkoliv pouze přirozené větrání nemusí být dostačující. Problémem u přirozeného větrání je lidský faktor, kdy obyvatelé domu málo větrají a nemusí se tak dosáhnout ani minimální požadované výměny vzduchu dle normy. Infiltraci netěsnostmi z důvodu instalace kvalitních oken a renovace obálky budovy můžeme vyloučit, a tak průtok čerstvého větracího vzduchu závisí jen na tom, jak často nájemníci RD otevřou okna. Nižším průtokem větracího vzduchu vzroste vlhkost vzduchu v interiéru a tím mohou vzniknout problémy s růstem plísní, zvýšeným procentem přežívajících mikroorganismů nebo kondenzací vodní páry na chladnějších površích (např. na sklech oken).

Dalším předpokladem ve variantách bez zatepleného suterénu (varianta 1 až 3) je zateplení soklové části po obvodu objektu, a to na celou výšku klínové přibetonávky. Materiál použitelný k tomuto zateplení je tvrdý extrudovaný polystyren, který je vhodný pro zateplování konstrukcí pod zemí. Dalším opatřením pro zamezení úniku tepla z nadzemních podlaží směrem do zeminy a suterénu je vnitřní zateplení suterénních stěn v jejich horní části. Jedná se o doplnění tepelné izolace na stěny suterénu v pásech vysokých cca 600 mm umístěných pod stropem 1.PP. Stejným způsobem je navrženo

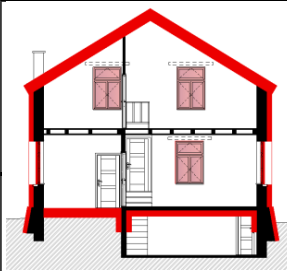


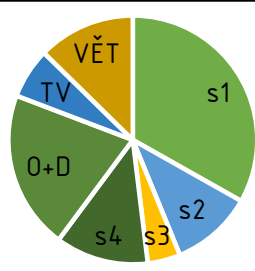
DIPLOMOVÁ PRÁCE

K124 – Katedra konstrukcí pozemních staveb

zateplení středové suterénní stěny pod objektem ze strany směrem k podlaze na terénu (podlaze 1.NP).

2		NEVYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U < U_{rec,20}$)		
Ozn.		U [W/m ² K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,20	33,17	
s2	střecha	0,14	10,65	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,20	4,25	
s4	strop 1.PP/1.NP	0,39	12,10	vyt/nevyt
s5a	nad terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/ext
s5b	pod terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm	2,20		nevyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm	3,51		nevyt/zem
s6	podlaha 1PP	3,98		nevyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	20,62	
TV	tepelné vazby	-	6,56	
VĚT	větrání	-	12,65	
			100,0	

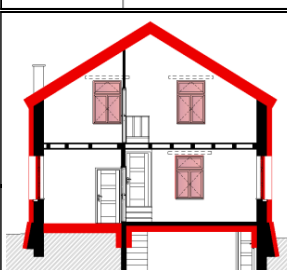


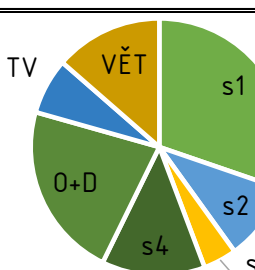


Q,H,nd:	6,07	MWh
U _{em} :	0,27	W/(m ² K)
E _A :	38	kWh/(m ² .a)

Tabulka 10 - Výsledky vlivu zateplení - VARIANTA 2

3		NEVYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U < U_{rec,20}$)		
Ozn.		U [W/m ² K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,17	30,26	
s2	střecha	0,12	9,80	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,18	4,21	
s4	strop 1.PP/1.NP	0,39	12,99	vyt/nevyt
s5a	nad terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/ext
s5b	pod terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35		nevyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm	2,20		nevyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm	3,51		nevyt/zem
s6	podlaha 1PP	3,98		nevyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	22,12	
TV	tepelné vazby	-	7,04	
VĚT	větrání	-	13,58	
			100,0	





Q,H,nd:	5,43	MWh
U _{em} :	0,25	W/(m ² K)
E _A :	34	kWh/(m ² .a)

Tabulka 11 - Výsledky vlivu zateplení - VARIANTA 3



Z výsledků je patrné, že při zlepšení tepelněizolačních vlastností obalových konstrukcí a omezení úniku tepla do podzemní části rodinného domu, je možné snížit potřebu tepla na vytápění za rok ze stávajících 52,33 MWh až na 5,43 MWh. Tohoto lze docílit zateplením pouze nadzemní části a nemusí se tak výrazným způsobem zasahovat do země.

Varianty 4 až 7 jsou vymodelovány včetně vytápěného suterénu. V programu byla vytvořena samostatná zóna pro suterén, ve které byla zadána vnitřní teplota vzduchu 16 °C. V zóně je počítáno s vnitřními zisky od spotřebičů (např. odpadní teplo od zdroje tepla pro vytápění) a větrání je zde uvažováno jako přirozené.

Ve variantě 4 je v suterénu tepelně izolována pouze středová suterénní stěna pod objektem. Jedná se o zateplení v menším rozsahu než v ostatních variantách, které vede ke zjednodušení a vykazuje nižší technickou náročnost na provedení. Zateplení této stěny může být výhodně spojeno s realizací nové podlahy na terénu, která je navržena v každé z variant. Při odtěžení základové zeminy pro uložení nových vrstev podlahy dojde k částečnému obnažení stěny a tím se sníží potřebná výška pro odkopání zeminy až do úrovně paty stěny.

Předpokladem pro ostatní varianty (5 až 7) je zaizolování všech konstrukcí suterénu ve styku se zeminou nebo exteriérem (viz schémata řezů v tabulkách).

4 VYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U=U_{rec,20}$)				
Ozn.		U [W/m ² K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,25	26,11	
s2	střecha	0,16	7,67	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,30	3,49	
s4	strop 1.PP/1.NP	1,36	0,00	VYŘÁZENO
s5a	nad terénem s přibet. + tep.izol.	0,30	2,02	vyt/ext
s5b	pod terénem s přibet. + tep.izol.	0,30	1,72	vyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm	2,20	7,72	vyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm + tep.izol.	0,30	1,81	vyt/zem
s6	podlaha 1PP	3,98	20,27	vyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘÁZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘÁZENO
O+D	okna a dveře	-	14,08	
TV	tepelné vazby	-	4,95	
VĚT	větrání	-	10,19	

	Q,H,nd:	9,76	MWh
	U _{em} :	0,36	W/(m ² K)
	E _A :	46	kWh/(m ² .a)

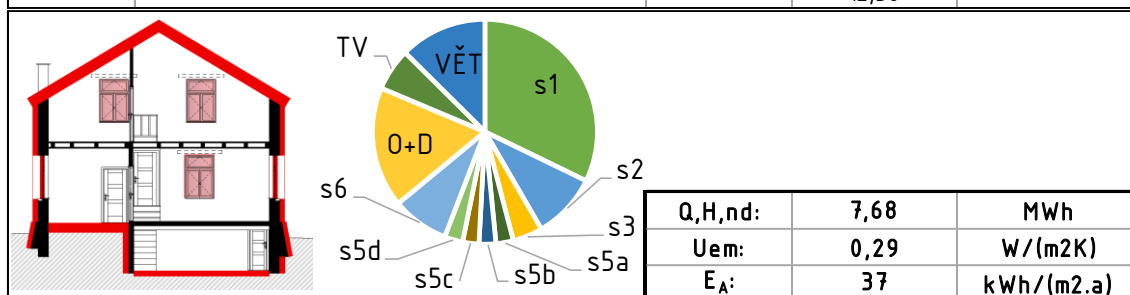
Tabulka 12 - Výsledky vlivu zateplení - VARIANTA 4



DIPLOMOVÁ PRÁCE

K124 – Katedra konstrukcí pozemních staveb

5 VYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U=U_{rec,20}$)				
Ozn.		U [W/m ² K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,25	32,19	
s2	střecha	0,16	9,45	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,30	4,30	
s4	strop 1.PP/1.NP	1,36	0,00	VYŘAZENO
s5a	nad terémem s přibet. + tep.izol.	0,30	2,49	vyt/ext
s5b	pod terémem s přibet. + tep.izol.	0,30	2,42	vyt/zem
s5c	pod terémem tl. 380 mm + tep.izol.	0,30	2,34	vyt/zem
s5d	pod terémem tl. 200 mm + tep.izol.	0,30	2,63	vyt/zem
s6	podlaha 1PP + tep.izol.	0,30	8,18	vyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	17,34	
TV	tepelné vazby	-	6,10	
VĚT	větrání	-	12,56	



Tabulka 13 - Výsledky vlivu zateplení - VARIANTA 5

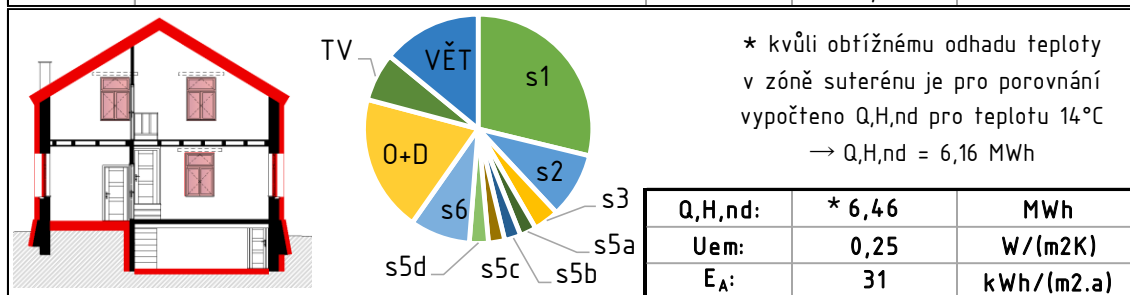
Jak se dalo předpokládat, tak z výsledků uvedených v tabulkách 12 a 13 je patrný vliv „obalení“ celého suterénu tepelnou izolací. Oproti variantě se zateplením pouze středové stěny je potřeba tepla na vytápění za rok nižší o cca 21 %. Další výhodou je, že tímto opatřením dojde ke zvýšení povrchových vnitřních teplot a nebude tak docházet k nežádoucím velkým vlhkostem v konstrukcích. Problém spojený s vlhkostí suterénních konstrukcí je absence jakékoliv izolace proti vodě. Tato potíž by byla vyřešena při realizaci zateplení, kdy by se pochopitelně doplnila i hydroizolace. Toto je ovšem vykoupeno velmi náročným technickým provedením zateplení suterénních konstrukcí. Odtěžení zeminy pro obnažení podzemních stěn spolu s vybouráním betonové podlahové desky v suterénu je spojeno s velkou finanční zátěží. V případě záměru zateplení suterénní podlahy by bylo nutné provedení průzkumných sond za účelem zjištění hloubky založení stěn, respektive základů pod nimi. Vyhlobení zeminy pro uložení nových vrstev podlahy by nemělo být provedeno pod úroveň základů, aby nedošlo k jejich podkopávání. Tímto by mohlo dojít k ohrožení jejich statické funkce a mohlo by dojít k deformaci zdiva a následně k jeho poškození.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

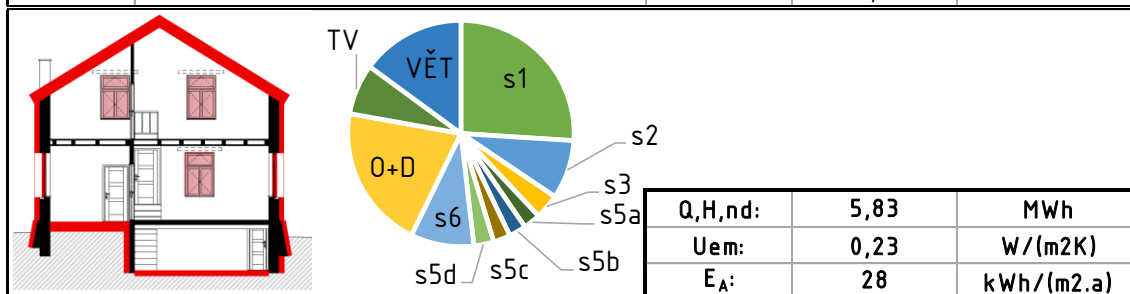
K124 – Katedra konstrukcí pozemních staveb

6 VYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U < U_{rec,20}$)				
Ozn.		U [W/m2K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,20	28,79	
s2	střecha	0,14	9,25	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,20	3,62	
s4	strop 1.PP/1.NP	1,36	0,00	VYŘAZENO
s5a	nad terénem s příbet. + 120 mm XPS	0,25	2,30	vyt/ext
s5b	pod terénem s příbet. + 120 mm XPS	0,25	2,31	vyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm + 120 mm XPS	0,26	2,29	vyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm + 120 mm XPS	0,27	2,68	vyt/zem
s6	podlaha 1PP + tep.izol.	0,27	8,51	vyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	19,38	
TV	tepelné vazby	-	6,82	
VĚT	větrání	-	14,05	



Tabulka 14 - Výsledky vlivu zateplení - VARIANTA 6

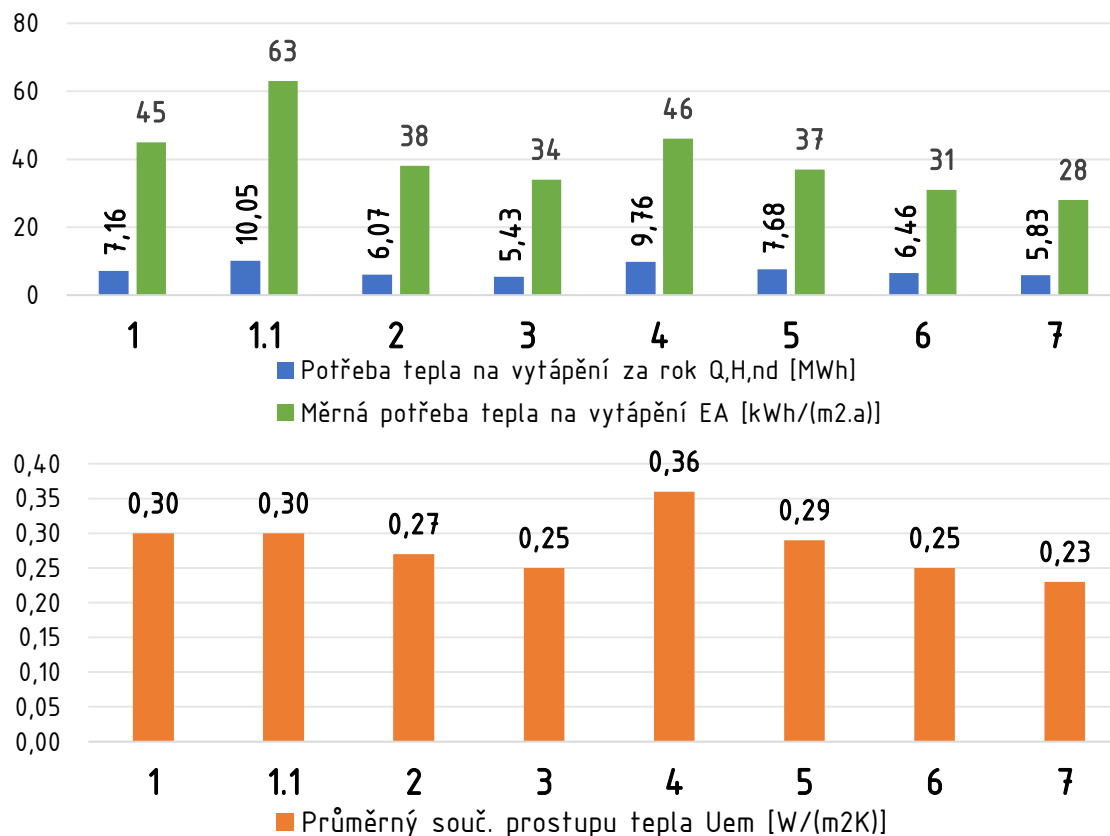
7 VYTÁPĚNÝ SUTERÉN - EX ($U < U_{rec,20}$)				
Ozn.		U [W/m2K]	měrný tok [%]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,17	26,01	
s2	střecha	0,12	8,42	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,18	3,56	
s4	strop 1.PP/1.NP	1,36	0,00	VYŘAZENO
s5a	nad terénem s příbet. + 120 mm XPS	0,25	2,45	vyt/ext
s5b	pod terénem s příbet. + 120 mm XPS	0,25	2,45	vyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm + 120 mm XPS	0,26	2,43	vyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm + 120 mm XPS	0,27	2,85	vyt/zem
s6	podlaha 1PP + tep.izol.	0,27	9,05	vyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	0,00	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	0,00	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	20,60	
TV	tepelné vazby	-	7,25	
VĚT	větrání	-	14,93	



Tabulka 15 - Výsledky vlivu zateplení - VARIANTA 7



Při důsledném zateplení všech konstrukcí včetně suterénních stěn a podlahy lze snížit roční potřebu tepla na vytápění na 5,83 MWh, což je hodnota srovnatelná s obdobnou variantou 3 bez zatepleného suterénu.



Obrázek 34 - Shrnutí výsledků vlivu energeticky efektivních opatření

Pro vhodné porovnání vytápěný/nevytápěný suterén lze srovnávat vždy varianty:

1 → 5

2 → 6

3 → 7

Potřeby tepla na vytápění za rok jsou v případě zateplení suterénu ve srovnatelných variantách vždy nepárně vyšší. Ukazatel měrné potřeby tepla na vytápění je vztažený na vytápěnou plochu objektu, a tudíž vycházejí varianty se zatepleným suterénem lépe.

Všechny navržené varianty splňují požadavky na energetickou náročnost pro změnu dokončené budovy dle vyhlášky MPO ČR č. 264/2020 Sb.

Zateplení suterénu je technicky velmi náročné a s náročností na provedení jsou spojeny i vysoké náklady na realizaci. Největší problém se zateplováním suterénu je, dle mého názoru, spojený s vybouráním podlahy v 1.PP. Pokud je hloubka založení stěn shodná se spodní hranou podlahové desky (jak je zobrazeno v poskytnuté dokumentaci od RD), došlo by z důvodu potřeby vyšší celkové tloušťky podlahy (rozšířené o tl. tepelné izolace) k podkopání základů. V tomto případě by bylo nutné základy nějakým způsobem podchytit, což je ekonomicky nereálné a náročnost provedení převyšuje výhody, které přináší zateplený suterén.



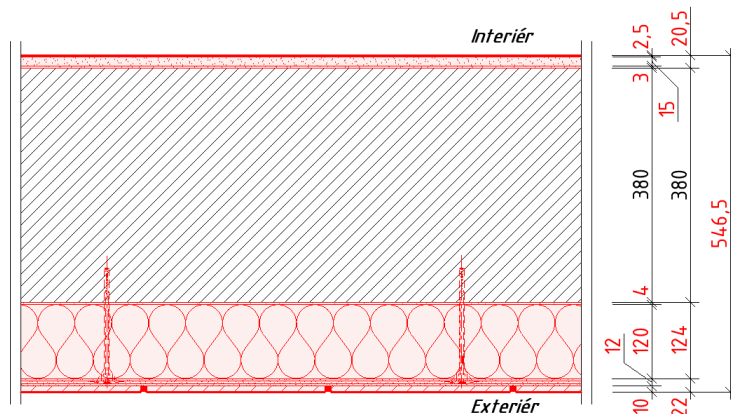
S ohledem na technickou náročnost provedení nových hydroizolačních a tepelněizolačních vrstev stěn suterénu bude tato práce pokračovat v návrhu varianty s nezateplným suterénem, kde se zateplí pouze strop mezi 1.PP a 1.NP spolu s horními částmi suterénních stěn, dále dojde k zateplení středové suterénní stěny, jak již bylo popsáno výše. Toto řešení přináší výhodu studené místnosti vhodné pro uchovávání potravin. Jeho nevýhodou ovšem zůstává problém s vlhkostí stěn vzniklou jednak absencí hydroizolačních vrstev a podchlazováním povrchu stěn. Vlhkost nemá díky těžkému charakteru stěn (beton) vliv na jejich statickou únosnost. Vznik plísní díky povrchové vlhkosti lze do určité míry omezit zvýšením toku větracího vzduchu.

3.2.1 Návrh skladeb konstrukcí dle součinitelů prostupu tepla

Pro skladbu obvodových stěn, střešního pláště a podlahy budou navrženy varianty skladeb, u kterých součinitele prostupu tepla dosahují hodnot navržených v jednotlivých stupních podle předchozí kapitoly ($U=U_{rec,20}$), ($U<U_{rec,20}$) a ($U\ll U_{rec,20}$).

S1a, S1b, S1c... Obvodová stěna NÁVRH – EXT

- Malba
- Penetrace
- Vnitřní sanační štuková omítka.....2,5 mm
- Jádrová sanační omítka.....15 mm
- Podkladní sanační podhoz.....3 mm
- Oklepání původní rákosové omítky.....30 mm
- Stávající zdivo z kombinace keramických CP a dutinových cihel.....380 mm
- Lepící a stěrková hmota (např. CEMIX COMFORT 135).....4 mm
- Tepelný izolant
- Lepící a stěrková hmota (např. CEMIX COMFORT 135)
s výztužnou sklovláknitou sít'ovinou.....4 mm
- Kotvení talířovými hmoždinkami s ocel. šroubovacím trnem
(min. 6ks/m²) – délka min. 175 mm (pro TI tl. 120 mm)
- Lepící a stěrková hmota (např. CEMIX COMFORT 135)
s výztužnou sklovláknitou sít'ovinou.....4 mm
- Lepidlo pro lepení obklad. pásků (např. CEMIX FLEX EXTRA).....4 mm
- Obkladové cihelné pásky formátu 290x65x10 nebo 250x65x10 mm.....10 mm



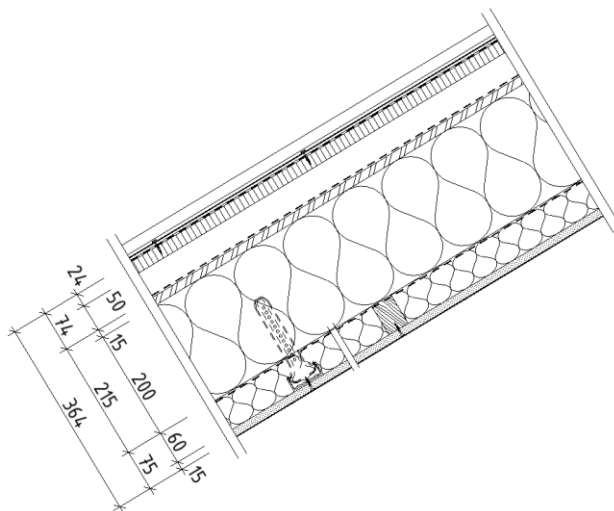
**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Fasádní desky z čedičové vlny
 - o ISOVER TF PROFI ($\lambda_d = 0,035$ W/mK) 120 mm $\rightarrow U_{skladby} = 0,25$ W/(m²·K)
- Alternativně desky z pěnového expandovaného polystyrenu
 - o ISOVER EPS 100F ($\lambda_d = 0,037$ W/mK) 120 mm $\rightarrow U_{skladby} = 0,26$ W/(m²·K)
- Desky z expandovaného polystyrenu s grafitem
 - o ISOVER EPS Greywall ($\lambda_d = 0,032$ W/mK) 140 mm
 $\rightarrow U_{skladby} = 0,20$ W/(m²·K)
- Tepelněizolační desky z tuhé fenolické pěny s uzavřenou buněčnou strukturou
 - o Kooltherm K5 ($\lambda_d = 0,022$ W/mK) 120 mm $\rightarrow U_{skladby} = 0,17$ W/(m²·K)

POZNÁMKA: součinitele prostupu tepla tepelných izolací zadány v programu Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software s ekvivalentními λ zohledňující vliv kotvení

S2a... střešní plášť NÁVRH

- Plechová falcovaná krytina
- Separální nepískovaná asfaltová lepenka..... 3 mm
- Záklop z OSB desek P+D..... 24 mm
- Dřevěné latě 40x50 mm (větraná mezera)..... 50 mm
- Pojistná hydroizolace (např. TYVEK SOFT)
- Dřevovláknitá difuzně otevřená DHF desky (např. EGGER DHF)..... 15 mm
- Dřevěné krokve 200x80 mm, mezi krokviemi minerální vata,
např. ISOVER UNIROL PROFI ($\lambda_d = 0,033$ W/mK)..... 200 mm
- Parozábrana (např. ISOVER VARIO KM DUPLEX)
- Minerální vata do roštu z dřevěných latí 40x60 mm,
alt. rošt z CD profilů na krokrových sdk závěsech..... 60 mm
- Sádrokartonová deska..... 15 mm

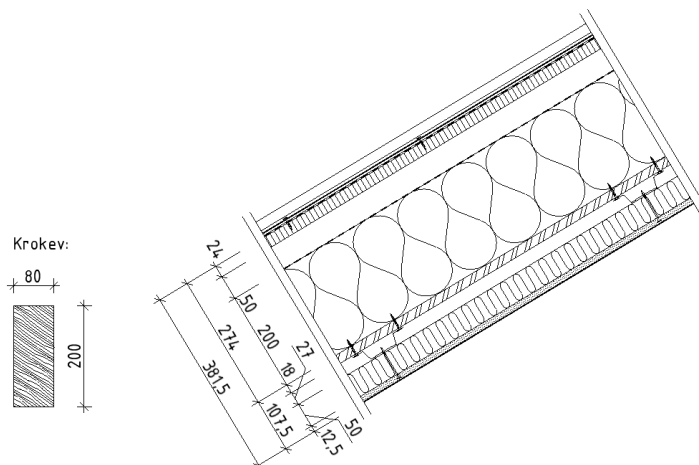
**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Izolační pásy ze skelné vlny
 - o ISOVER Unirol Profi ($\lambda_d = 0,033$ W/mK) 200 mm + 60 mm
 $\rightarrow U_{skladby} = 0,16$ W/(m²·K)
 - o ISOVER Unirol Profi ($\lambda_d = 0,033$ W/mK) 220 mm + 60 mm
 $\rightarrow U_{skladby} = 0,145$ W/(m²·K)

POZNÁMKA: součinitele prostupu tepla tepelných izolací zadány v programu Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software s ekvivalentními λ zohledňující vliv krokví a roštu pro upevnění sdk

**S2b... střešní plášť NÁVRH**

- Plechová falcovaná krytina
- Separáčnı nepıskovaná asfaltov lepenka..... 3 mm
- Záklop z OSB desek P+D..... 24 mm
- Dřevěné latě 40x50 mm (větran mezera)..... 50 mm
- Pojistn hydroizolace (např. TYVEK SOFT)
- Dřevěné krokve 200x80 mm, mezi krokvemi minerlnı vata, např. ISOVER UNIROL PROFI ($\lambda_d = 0,033 \text{ W/mK}$)..... 200 mm
- OSB desky P+D (např. EGGER OSB 4 TOP), spoje přelepené parotěsnou páskou, jako hl. vzduchotěsn vrstva ($s_d = 3,6 \text{ m}$)..... 18 mm
- Uzavřen vzduchov mezera s ocelovými montžnımi sdk profily..... 27 mm
- Desky z tuhé fenolick pěny (např. Kooltherm K12 rmov deska)..... 50 mm
- Sdrokartonov desky..... 12,5 mm

**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Izolační pásy ze skeln vlny + deska Kooltherm K12
 - o ISOVER Unirol Profi ($\lambda_d = 0,033 \text{ W/mK}$) 200 mm + interirov deska 62,5 mm (fenolick pěna $\lambda_d = 0,022 \text{ W/mK}$)
- $U_{\text{skladby}} = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

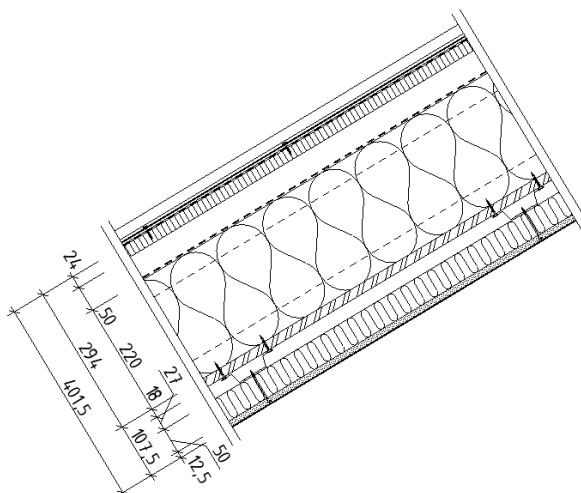
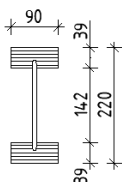
POZNÁMKA: součinitele prostupu tepla minerlnı vlna zadány v programu Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software s ekvivalentnımi λ zohledňujıcı vliv krokvı

S2c... střešní plášť NÁVRH

- Plechov falcovan krytina
- Separáčnı nepıskovaná asfaltov lepenka..... 3 mm
- Záklop z OSB desek P+D..... 24 mm
- Dřevěné latě 40x50 mm (větran mezera)..... 50 mm
- Pojistn hydroizolace (např. TYVEK SOFT)
- Krokve z dřevěných l-nosnıků, pásnice z LVL dřeva 90x39 mm, stojina z tvrd dřevovlknit desky tl. 8 mm (např. STEICO joist SJ), mezi krokvemi minerlnı vata např. ISOVER UNIROL PROFI ($\lambda_d = 0,033 \text{ W/mK}$)..... 220 mm
- OSB desky P+D (např. EGGER OSB 4 TOP), spoje přelepené parotěsnou páskou, jako hl. vzduchotěsn vrstva ($s_d = 3,6 \text{ m}$)..... 18 mm
- Uzavřen vzduchov mezera s ocelovými montžnımi sdk profily..... 27 mm
- Desky z tuhé fenolick pěny (např. Kooltherm K12 rmov deska)..... 50 mm
- Sdrokartonov desky..... 12,5 mm



Krokev:
(např. STEICOjoist SJ)



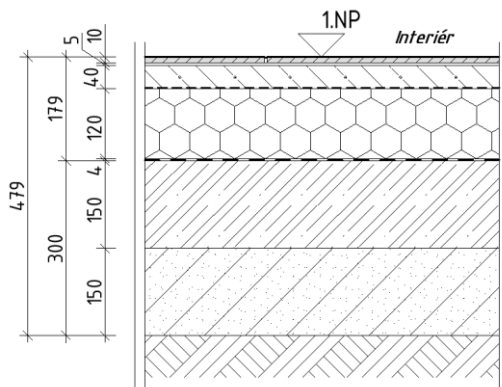
Materiál pro tepelnou izolaci:

- Izolační pásy ze skelné vlny mezi dřevěnými l-nosíky + deska Kooltherm K12
 - o ISOVER Unirol Profi ($\lambda_d = 0,033 \text{ W/mK}$) 220 mm + interiérová deska 62,5 mm (fenolická pěna $\lambda_d = 0,022 \text{ W/mK}$)
- $U_{\text{skladby}} = 0,12 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

POZNÁMKA: součinitele prostupu tepla minerální vlna zadány v programu Teplota 2017, (c) 2016 Svoboda Software s ekvivalentními λ zohledňující vliv krokví

S3a... podlaha na terénu 1.NP NÁVRH

- Keramická dlažba..... 10 mm
- Cementové lepidlo..... 5 mm
- Roznášecí vrstva - anhydrid..... 40 mm
- SeparáčnÍ vrstva, PE fólie..... 0,2 mm
- Tepelná izolace EPS
- SeparáčnÍ vrstva, geotextilie
- Modifikovaný asfaltový pás natavený,
např. GLASTEK SPECIAL MINERAL..... 4 mm
- Asfaltová penetrace
- ŽB deska..... 150 mm
- Podsyp z drčeného kameniva, frakce 16/32 mm..... 150 mm
- DEMONTÁŽ - Zlínolit
- VYBOURÁNÍ - Betonová mazanina..... 100 mm
- Rostlý terén

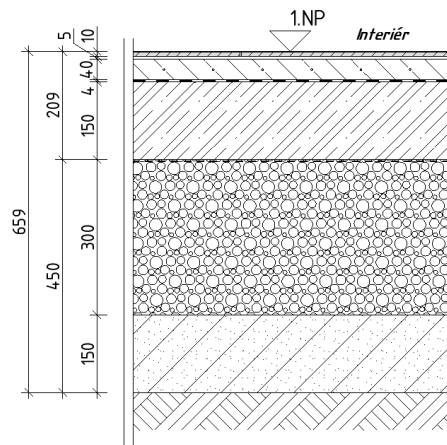


**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Stabilizované desky expandovaného polysterenu
 - o ISOVER EPS 150 ($\lambda_d = 0,035 \text{ W/mK}$)
 - 120 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,27 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 - 160 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,21 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 - o ISOVER EPS Grey 100 ($\lambda_d = 0,031 \text{ W/mK}$)
 - 140 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,21 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 - 160 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,185 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

S3b... podlaha na terénu 1.NP NÁVRH

- Keramická dlažba..... 10 mm
- Cementové lepidlo..... 5 mm
- Roznášecí vrstva - anhydrid..... 40 mm
- Modifikovaný asfaltový pás natavený,
např. GLASTEK SPECIAL MINERAL..... 4 mm
- Asfaltová penetrace
- ŽB deska..... 150 mm
- PE fólie proti protečení betonu
- Hutněný štěrk z pěnoskla
- Separáční vrstva, geotextilie
- Podsyp z drceného kameniva, frakce 16/32 mm..... 150 mm
- DEMONTÁŽ - Zlínolit
- VYBOURÁNÍ - Betonová mazanina..... 100 mm
- Rostlý terén

**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Štěrk z pěnového skla ($\lambda_d = 0,08 \text{ W/mK}$)
 - 250 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,29 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 - 380 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 - 420 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$



Pro zlepšení vlastností obálky budovy bylo navrženo několik možných skladeb. Bylo tak zjištěno, jakým druhem a tloušťkou tepelných izolací lze docílit požadovaných stupňů součinitele prostupu tepla. Se vzrůstajícím požadavkem na U roste tloušťka tepelné izolace nebo je zapotřebí použití kvalitnějších materiálů a tím roste cena samotné skladby. Pro přehled jsou v následující tabulce vyčísleny přibližné ceny za použité tepelněizolační materiály v porovnání s cenou za vytápění za rok. V tabulce jsou zjednodušeně uvedeny ceny za materiál tepelných izolací navržených na stěny. Ceny jsou uvedeny pouze za samotnou izolaci stěn bez zateplení ostění a nadpraží otvorů a dalších detailů.

Tabulka 16 – Porovnání nákladů za vytápění s náklady za materiál zateplení stěny

Druh tepelné izolace/konstrukce	celkové U skladby [W/(m ² K)]	cena za materiál [Kč/m ²]	cca cena za materiál TI na celý RD	cena za energie (plyn) za rok
EPS 100F 120 mm	0,26	288	48 442 Kč	8 750 Kč
EPS Greywall 140 mm	0,20	348	58 534 Kč	7 700 Kč
Kooltherm K5 120 mm	0,17	1336	224 715 Kč	7 000 Kč
původní skladba	1,44	-	-	50 000 Kč

POZNÁMKA:

Ceny za energie na vytápění vypočteny pomocí kalkulátoru cen energií – www.kalkulator.tzb-info.cz

Ceny tepelných izolací zahrnují pouze cenu za samotný materiál tep. izol. stěny – dle ceníku materiálů www.rtscloud.cz

Z tabulky je zřejmé, že při zateplení objektu se výrazně sníží náklady na vytápění už při prvním stupni U. Dále je vidět, že v dalších dvou skladbách se cena za energii na vytápění za rok snižuje nepatrně v porovnání s cenou za realizaci zateplení. V takto navržených variantách se tedy nevyplatí skladba s fenolickou pěnou, protože cena materiálu v porovnání s roční úsporou je velmi vysoká a návratnost investice by byla příliš dlouhá.

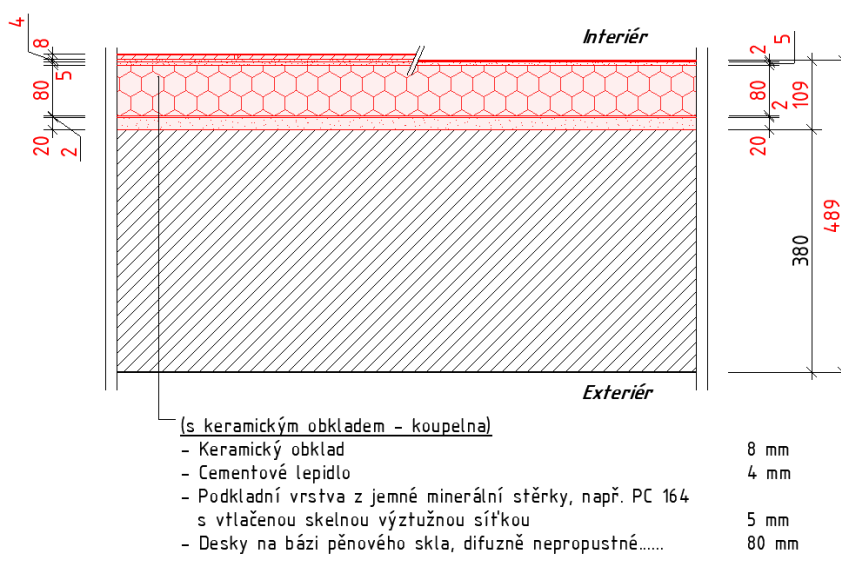
Tato práce se bude dále věnovat skladbám odpovídajícím druhému navrženému stupni součinitelů prostupu tepla.

3.3 Vnitřní zateplení

V předchozích variantních řešeních bylo vždy uvažováno zateplení objektu z jeho vnější strany. Další možností je zateplit stěny z interiérové strany. Hlavní výhodou tohoto řešení je zachování původního charakteristického povrchu fasády z keramických cihel. V případě vnitřního zateplení se bude lišit pouze skladba obvodové stěny, kdy bude navrženo zateplení při interiérovém povrchu. Tloušťka nových vrstev stěny směrem do interiéru bude navržena s ohledem na co nejmenší zmenšování už teď dost malého vnitřního prostoru. Ostatní skladby konstrukcí, jako jsou střecha a podlaha, jsou shodné s variantou vnějšího zateplení.

3.3.1 Návrh skladeb**S1d... Obvodová stěna NÁVRH – INT**

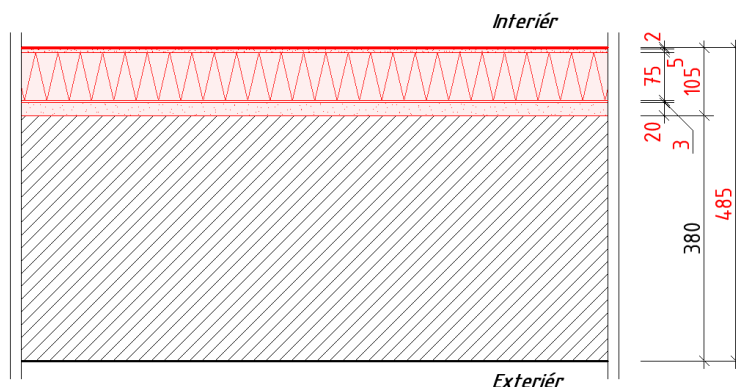
- Malba
- Jemná jednosložková omítka, např. PC Finish 0..... 2 mm
- Podkladní vrstva z jemné minerální stěrky, např. PC 74 A1
s vtlačenou skelnou výztužnou sítíkou..... 5 mm
- Desky na bázi pěnového skla, difuzně nepropustné, např. FOAMGLAS T3+
($\lambda_d = 0,036$ W/mK) lepené plnoplošně + kotvené na nerez. kotvy..... 80 mm
- Dvousložkové asfaltové lepidlo aplikované za studena celoplošně
(např. FOAMGLAS PC 56)..... 2 mm
- Penetrační nátěr z emulze dvousložkového lepidla (např. PC 56)
- Omítková směs pro jádrové omítky..... 20 mm
- **Odstranění stávající vnitřní omítky**
- Zdivo z kombinace keramických CP a dutinových cihel..... 380 mm
- Hydrofobní nátěr

**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Desky na bázi pěnového skla ($\lambda_d = 0,036$ W/mK)
80 mm $\rightarrow U_{skladby} = 0,34$ W/(m²·K)
100 mm $\rightarrow U_{skladby} = 0,29$ W/(m²·K)

S1e... Obvodová stěna NÁVRH – INT

- Difuzně otevřený nátěr - malba
- Vnitřní hlazená stěrka..... 2 mm
- Výztužná vrstva Multipor lehká malta s vtlačenou výztužnou tkaninou..... 5 mm
- Kalcium silikátová minerální deska Multipor lepená ($\lambda_d = 0,044$ W/mK)
(výrobní tloušťky 75, 100, 125 mm...)
- Multipor lehká malta pro nalepení desek..... 3 mm
- Vyrovnávací vrstva - vápenocementová omítka..... 20 mm
- **Odstranění stávající vnitřní omítky**
- Zdivo z kombinace keramických CP a dutinových cihel..... 380 mm
- Hydrofobní nátěr

**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Tepelněizolační kalcium silikátové minerální desky ($\lambda_d = 0,044 \text{ W/mK}$)

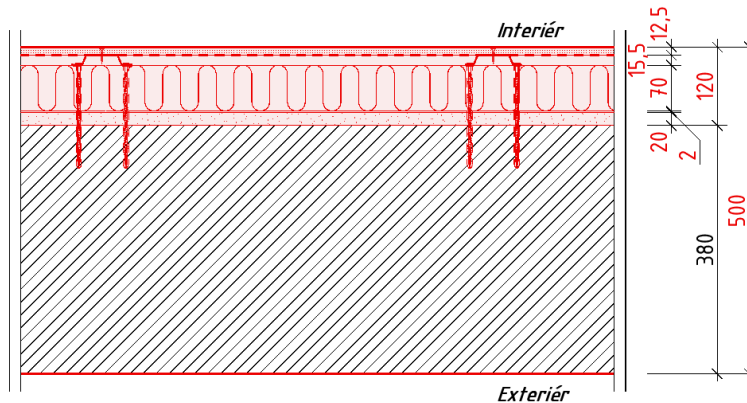
$$75 \text{ mm} \rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,41 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$100 \text{ mm} \rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,33 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Skladba byla posouzena pouze v programu Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software, který pracuje na základě Glaserova modelu. Na základě tohoto vyhodnocení skladba nevyhovuje na splnění vlhkostního stavu konstrukce. Glaserův model ovšem nepočítá s kapilárním transportem vody ve stavebních materiálech, což kalcium silikát umožňuje. Z tohoto důvodu by bylo nutné při použití této skladby ověřit vlhkostní roční bilanci pomocí dynamického výpočtu v nestacionárním stavu.

S1f... Obvodová stěna NÁVRH – INT

- Malba
- Sádkartonové desky.....12,5 mm
- Parotěsnicí fólie, např. ISOVER Vario XtraSafe
- Vzduchová mezera s roštem z plechových pozinkovaných HUT profilů, profily kotveny přes fenol. pěnu do zdiva na rámové hmoždinky s nerez. vrutem.....15,5 mm
- Desky z tuhé fenolické pěny (např. Kooltherm K12 rámová deska) ($\lambda_d = 0,022 \text{ W/mK}$), desky plnoplošně lepeny ke stěně.....70 mm
- Lepicí tmel na bázi PUR pro připevnění desek, plnoplošné lepení, nanášení lepidla na stěnu pomocí hřebenové stěrky.....2 mm
- Vyrovnávací vrstva - vápenocementová omítka.....20 mm
- Oklepání původní rákosové omítky.....30 mm
- Zdivo z kombinace keramických CP a dutinových cihel.....380 mm
- Oprava spárování, hydrofobní nátěr

**Materiál pro tepelnou izolaci:**

- Desky z tvrzené fenolické pěny ($\lambda_d = 0,022 \text{ W/mK}$)
70 mm $\rightarrow U_{\text{skladby}} = 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

3.3.2 Energetické vyhodnocení vnitřního zateplení

Následující tabulka ukazuje energetickou náročnost v případě použití vnitřního zateplení stěn s navrženými skladbami dle předchozí kapitoly. Ostatní skladby (podlaha a střecha) jsou zadány s druhým stupněm součinitelů prostupu tepla. V tabulce je znázorněna energetická náročnost při použití skladby s nejhorsími tepelnými vlastnostmi (S1e... kalcium silikát) a při použití skladby s nejlepšími tepelnými vlastnostmi (S1f... fenolická pěna). Jsou porovnávány skladby s podobnými tloušťkami tepelněizolačních materiálů (tl. 75 mm a tl. 70 mm).

8	NEVYTÁPĚNÝ SUTERÉN - INT		
Ozn.		U [W/m ² K]	poznámka
s1	obvodová stěna	0,41/0,25	
s2	střecha	0,14	
s3	podlaha na terénu 1.NP	0,20	
s4	strop 1.PP/1.NP	0,39	vyt/nevyt
s5a	nad terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35	nevyt/ext
s5b	pod terénem s přibet. + 80 mm XPS	0,35	nevyt/zem
s5c	pod terénem tl. 380 mm	2,20	nevyt/zem
s5d	pod terénem tl. 200 mm	3,51	nevyt/zem
s6	podlaha 1PP	3,98	nevyt/zem
s7	podhled pod kleštinami	0,55	VYŘAZENO
s8	střecha na půdě	3,58	VYŘAZENO
O+D	okna a dveře	-	
TV	tepelné vazby	-	
VĚT	větrání	-	
Potřeba tepla na vytápění za rok Q_{H,nd} [MWh]:		9,47 / 7,03	
Průměrný souč. prostupu tepla U_{em} [W/(m²K)]:		0,37 / 0,29	
Měrná potřeba tepla na vytápění E_A [kWh/(m².a)]:		59 / 44	

Tabulka 17 - Výsledky vlivu vnitřního zateplení stěn



Při použití fenolické pěny odpovídá potřeba tepla na vytápění zhruba variantě s vnějším zateplením stěn při navrženém prvním stupni součinitelů prostupu tepla konstrukcí. Při přepočtu na finance je to pak cca 8 600 Kč za rok v případě vytápění zemním plynem, což je oproti variantě kalcium silikátem nižší o cca 3 200 Kč.

Jako nejlepší tepelněizolační materiál pro vnitřní zateplení se jeví fenolická pěna. Z vybraných materiálů má nejlepší tepelněizolační schopnosti, a i přes co nejnižší tloušťku, lze poměrně jednoduše snížit tepelné ztráty přes obvodové stěny. Pro další návrh bude tedy tato práce počítat se skladbou vnitřního zateplení stěn S1f.

POZNÁMKA: Veškeré výpočty v 3. kapitole týkající se $Q, H, n_d; EA$ a U_{em} , jsou provedeny pomocí programu Energie verze 2020.2. Tento program během zpracovávání práce prošel řadou aktualizací, které odstranily drobné nepřesnosti ve výpočetním modelu. Díky těmto nepřesnostem jsou vypočtené hodnoty, uváděné v tabulkách v kapitole 3, drobně vyšší než při výpočtu v opravené aktualizované verzi programu. Na porovnání variant to ovšem nemá vliv. Ostatní výpočty včetně stávajícího stavu v této práci jsou už provedeny v aktualizovaném programu.

4. Návrh technického řešení

4.1 Vnější zateplení

Jak již bylo popsáno v předchozích kapitolách, tak pro variantu zateplení objektu z exteriérové strany byly zvoleny skladby odpovídající druhému navrženému stupni součinitelů prostupu tepla.

Jedná se o skladby:

- S1b → Obvodová stěna s tepelným izolantem z EPS s grafitem v tl. 140 mm
- S2b → Střešní plášť s tepelnou izolací mezi krokvemi z minerální vlny tl. 200 mm a tepelnou izolací pod krokvemi z tuhé fenolické pěny tl. 50 mm
- S3b → Podlaha na terénu 1.NP s tepelnou izolací ze štěrku z pěnoskla v tl. 380 mm
- S4a → Strop mezi 1.PP a 1.NP
- S5e → Suterénní středová stěna se zateplením z fenolické pěny
- S5f → Suterénní středová stěna
- S6a → Podlaha 1.PP
- S9a → Strop mezi 1.NP a 2.NP

Podrobný popis skladeb viz Katalog skladeb v Příloze č. 1 – Výkresová dokumentace.

Stavebně technická řešení a návaznost jednotlivých skladeb jsou vyobrazeny ve výkresech jednotlivých detailů a výkresu komplexního řezu budovou. Veškeré stavební výkresy viz Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace.



Pro ověření bezpečné funkce navržených detailů byly některé z nich vyhodnoceny tepelně – vlhkostním výpočtem v programu *Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software*. Bylo ověřeno dosažení normově požadovaných hodnot a veličin u typicky problematických detailů. Normou stanovené požadavky viz kapitola 2.7.

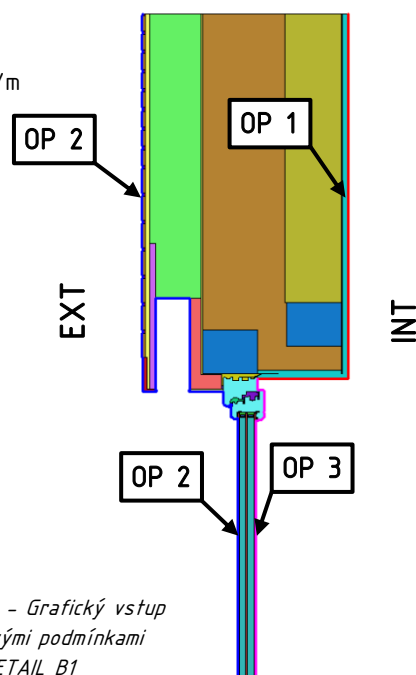
4.1.1 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL B1

Detail B1 – NÁVRH, VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ – Nadpraží okna

V detailu nadpraží oken jsou kvůli letní tepelné stabilitě v interiéru navrženy venkovní žaluzie. Tímto opatřením dojde k velkému omezení tloušťky tepelné izolace v místě kastlíku pro žaluzie. Z tohoto důvodu je v prostoru za kastlíkem navržena kvalitní izolace z fenolické pěny.

Vstupní data:

- Grafický vstup vymodelovaný dle Detailu B1 – nadpraží
- Okrajová podmínka 1
 - teplota 21,0 °C
 - odpor při přestupu tepla → 0,25 m²K/W
 - relativní vlhkost 50 %
 - součinitel přestupu vodní páry 10 · 10⁻⁹ s/m
- Okrajová podmínka 2
 - teplota -15,0 °C
 - odpor při přestupu tepla → 0,04 m²K/W
 - relativní vlhkost 84 %
 - součinitel přestupu vodní páry 20 · 10⁻⁹ s/m
- Okrajová podmínka 3
 - teplota 21,0 °C
 - odpor při přestupu tepla → 0,13 m²K/W
 - relativní vlhkost 50 %
 - součinitel přestupu vodní páry 10 · 10⁻⁹ s/m



Obrázek 35 – Grafický vstup
s okrajovými podmínkami
DETAIL B1



Okrajové podmínky výpočtu jsou zadány v souladu s ČSN 730540-2 a ČSN EN ISO 13788. V reálné situaci by u navržených detailů mohlo dojít k nedosažení těchto vstupních hodnot. Jedná se o vnitřní návrhovou teplotu a relativní vlhkost vnitřního vzduchu. Tyto veličiny úzce souvisí s užíváním objektu jeho nájemníky a mohou negativně ovlivnit výsledky výpočtu. Z tohoto důvodu je v objektu navrženo nucené větrání, které alespoň zamezí vzniku vysoké relativní vlhkosti vzduchu, způsobené málo častým větráním uživatelem objektu. Na stranu bezpečnosti posouvá výpočet venkovní návrhová teplota (zadaná normově pro oblast Zlína, $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Teplota $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ nastane, při současném trendu oteplování, málokdy.

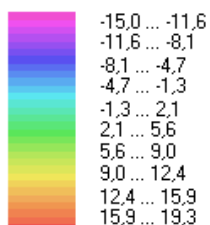
POZNÁMKA: Vstupy byly modelovány pomocí programu Meshgen Area 2018

Výsledky:

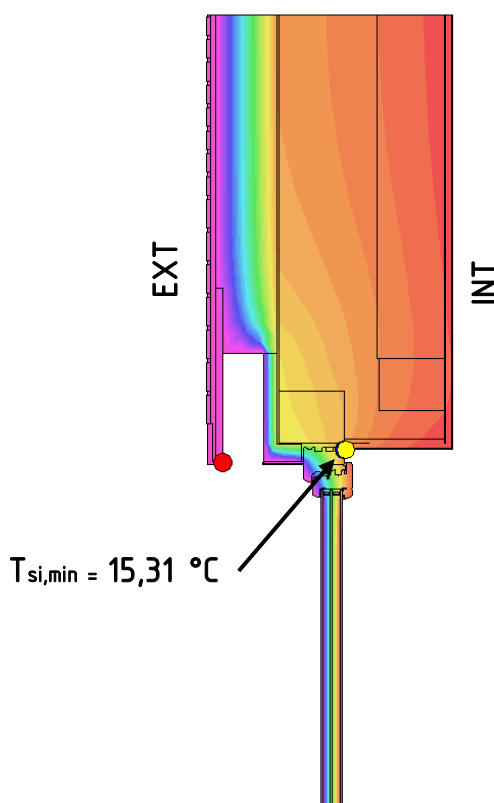
LEGENDA:

NADPRAŽÍ NÁVRH E...

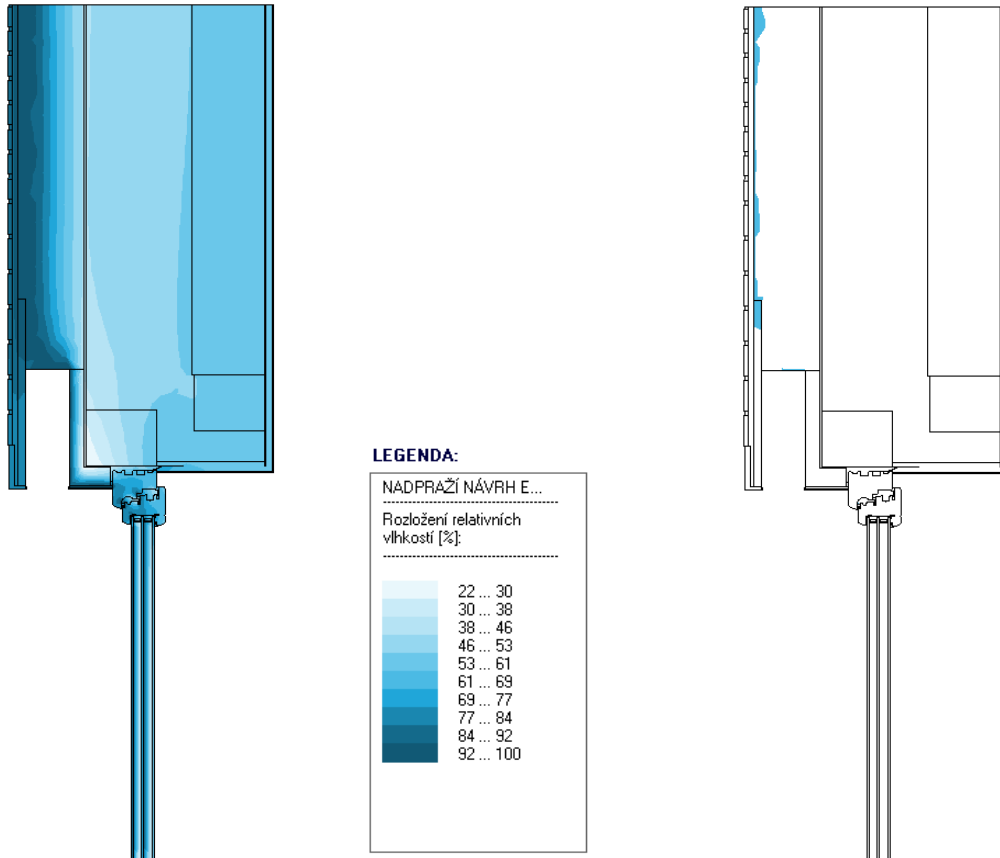
Teplotní pole [C]:



- $T_{si} = -15,00\text{ }^{\circ}\text{C}$; $fR_{si} = 1,000$
- $T_{si} = 15,37\text{ }^{\circ}\text{C}$; $fR_{si} = 0,844$
- $T_{si} = 15,31\text{ }^{\circ}\text{C}$; $fR_{si} = 0,842$



Obrázek 36 – Teplotní pole 2D – DETAIL B1



Obrázek 38 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL B1

Obrázek 37 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL B1

Nejnižší povrchová teplota je ve styku okenního rámu a nadpraží otvoru. Teplota je $T_{si,min} = 15,31 \text{ °C}$, které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{rsi} = 0,842$. Minimální požadované normové hodnoty jsou $T_{si} = 11,96 \text{ °C}$ a $f_{rsi} = 0,842$ (viz tabulky 4 a 5). Takto navržený detail vyhovuje normovým požadavkům na nejnižší povrchovou teplotu konstrukcí.

Výstupy zobrazující rozložení relativních vlhkostí a oblastí kondenzace v konstrukci ukazují, že v oblasti okenního rámu nedochází ke kondenzaci. Ke kondenzaci vodní páry dochází pouze v ploše stěny, a to na rozhraní stěrkové lepicí hmoty a tepelného izolantu. Zde je to jednak, dle posouzení 2D výpočtem, méně než normových max. $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$, a jednak tím není ohrožena funkce příslušných materiálů a je splněna podmínka ročního množství kondenzátu a vypařitelného množství ($M_{c,a} < M_{ev,a}$).

4.1.2 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL E1

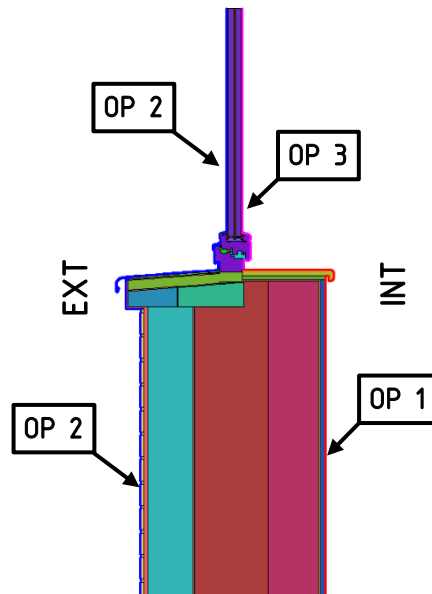
Detail E1 – NÁVRH, VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ – Parapet okna

Pro zlepšení tepelněizolačních vlastností parapetu je stávající železobetonová parapetní deka obalena tepelnou izolací. Z horní strany deskou z fenolické pěny tl. 30 mm a z boku, pro zachování stejného vzhledu přesahu parapetu, extrudovaným polystyrenem. Okno je lokálně podloženo profily z tvrzené izolace.



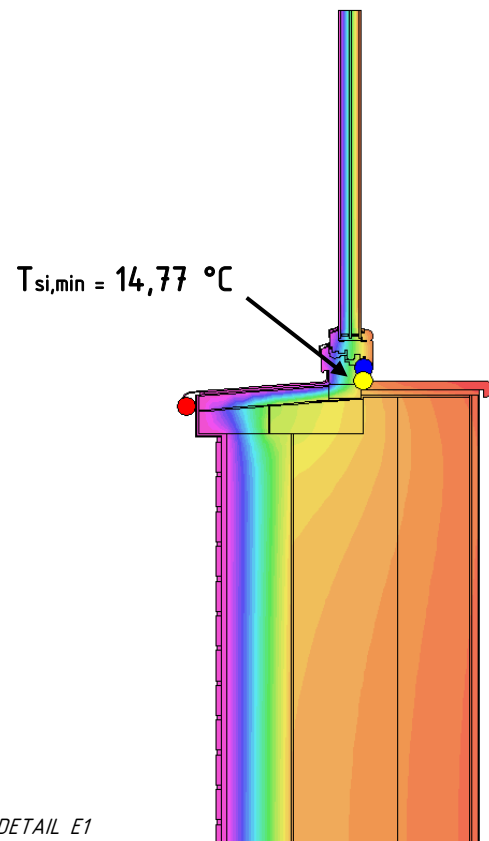
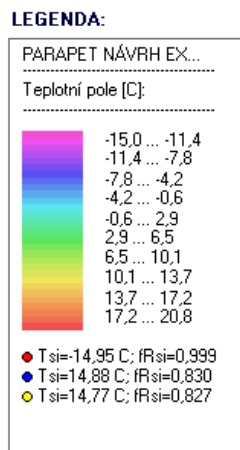
Vstupní data:

Okrajové podmínky jsou zadané shodně s detailem B1.

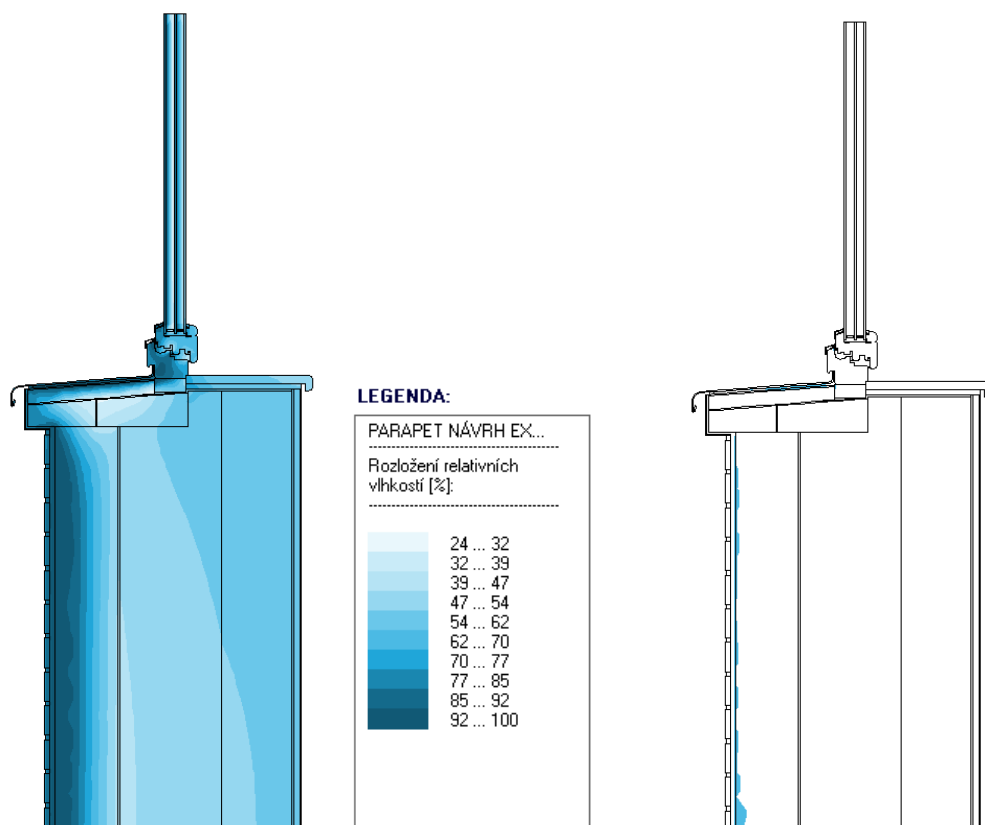


Obrázek 39 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL E1

Výsledky:



Obrázek 40 – Teplotní pole 2D DETAIL E1



Obrázek 42 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL E1

Obrázek 41 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL E1

Nejnižší povrchová teplota na interiérové straně je opět na styku okenního rámu a parapetu, podobně jako v detailu nadpraží. Tato teplota je $T_{si,min} = 14,77 \text{ °C}$, které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{rsi} = 0,827$. Takto navržený detail vyhovuje normovým požadavkům na nejnižší povrchovou teplotu konstrukcí.

Z hlediska vlhkosti prvků uvnitř detailu probíhá opět kondenzace vodní páry v ploše stěny na rozhraní tepelného izolantu a lepicí stěrkové hmoty, stejně jako v předchozím detailu. Zde se navíc objevuje kondenzace v oblasti pod plechovým parapetem, což je v malém množství a v této oblasti jsou materiály, u kterých to neohrozí jejich funkčnost.

4.1.3 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL F1

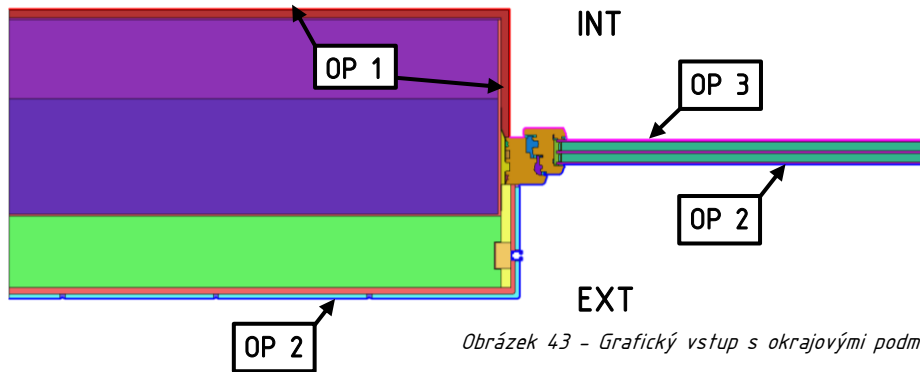
DETAIL F1 – NÁVRH VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ – Ostění okna

Zásady památkové péče pro typové rodinné domky ve Zlíně říkají, že plochy ostění oken a dveří budou zatepleny izolantem o maximální tloušťce 2 cm [3]. Z tohoto důvodu je ostění opatřeno deskami z fenolické pěny o tloušťce pouze 20 mm. Do ostění je zároveň integrována vodící lišta venkovních žaluzií, která je kotvena do pruhu únosné tepelné izolace.



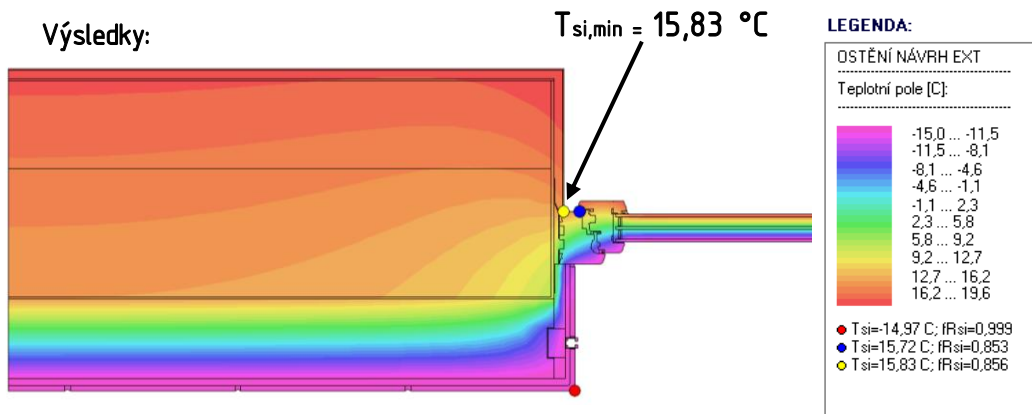
Vstupní data:

Okrajové podmínky jsou zadané shodně s detaily B1 a E1.

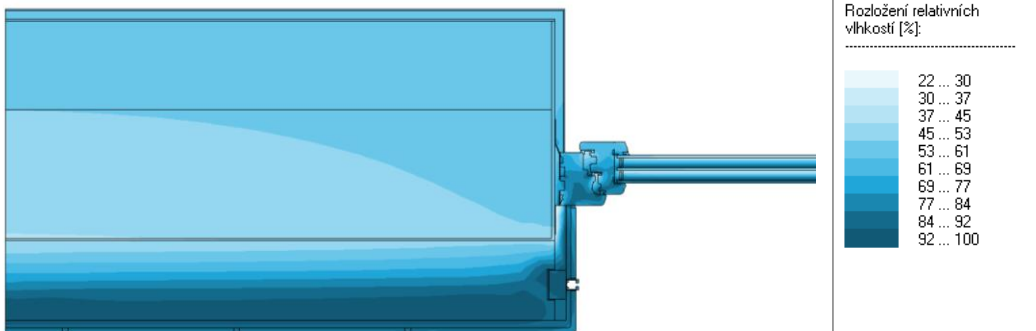


Obrázek 43 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL F1

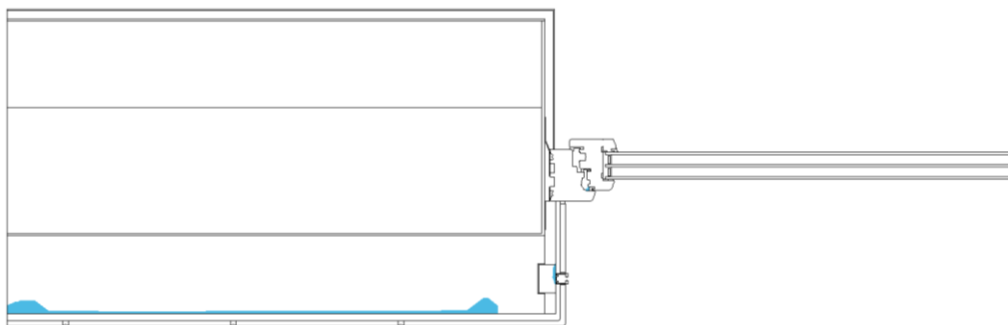
Výsledky:



Obrázek 44 – Teplotní pole 2D DETAIL F1



Obrázek 45 – Rozložení relativních vlhkostí DETAIL F1



Obrázek 46 – Oblast kondenzace vodní páry DETAIL F1



Nejnižší povrchová teplota na straně interiéru je $T_{si,min} = 15,83 \text{ } ^\circ\text{C}$, které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{rsi} = 0,856$. Tato teplota je opět na rozhraní okenního rámu a ostění okna (vnitřní omítky). Takto navržený detail vyhovuje normovým požadavkům na nejnižší povrchovou teplotu konstrukcí.

Oblasti kondenzace vodní páry jsou ve výstupu vykresleny v oblasti pod nerezovou vodící lištou žaluzií, která je ukotvena do prvku tvrzené tepelné izolace a opět na rozhraní lepicí stěrkové hmoty a tepelného izolantu stěny. Kondenzace se vyskytuje v materiálech, u kterých tímto není ohrožena jejich funkčnost.

4.2 Vnitřní zateplení

Podobně jako pro exteriérové zateplení bylo i pro zateplení objektu z interiéru vybíráno z několika skladeb. Jedná se pouze o skladby obvodové stěny a podlahy, ostatní skladby jsou shodné s variantou zateplení z vnější strany. Pro konečné technické řešení byly použity tyto skladby:

- S1f → Obvodová stěna s tepelným izolantem z fenolické pěny v tl. 70 mm
- S2b → Střešní plášť s tepelnou izolací mezi krokviemi z minerální vlny tl. 200 mm a tepelnou izolací pod krokviemi z tuhé fenolické pěny tl. 50 mm
- S3a → Podlaha na terénu 1.NP s tepelnou izolací ze štěrku z EPS s grafitem v tl. 140 mm
- S4a → Strop mezi 1.PP a 1.NP
- S5e → Suterénní středová stěna se zateplením z fenolické pěny
- S5f → Suterénní středová stěna
- S6a → Podlaha 1.PP
- S9a → Strop mezi 1.NP a 2.NP

Podrobný popis skladeb viz Katalog skladeb v Příloze č. 1 – Výkresová dokumentace.

Stavebně technická řešení a návaznost jednotlivých skladeb jsou vyobrazeny ve výkresech jednotlivých detailů a výkresu komplexního řezu budovou. Veškeré stavební výkresy viz Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace.

4.2.1 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL B2

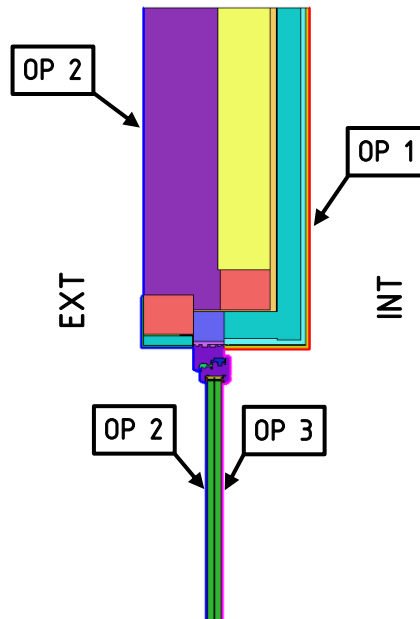
DETAIL B2 – NÁVRH VNITŘNÍ ZATEPLENÍ – Nadpraží okna

V detailu nadpraží okna u zateplení stěny při její interiérové straně je navrženo odsekání části stávajícího nadpraží, aby byl vytvořen prostor pro vložení tepelné izolace. Předpokladem je, že stávající železobetonový překlad je umístěný o několik centimetrů výše, než je stávající úroveň nadpraží (geometrické umístění překladů převzato z poskytnuté projektové dokumentace).



Vstupní data:

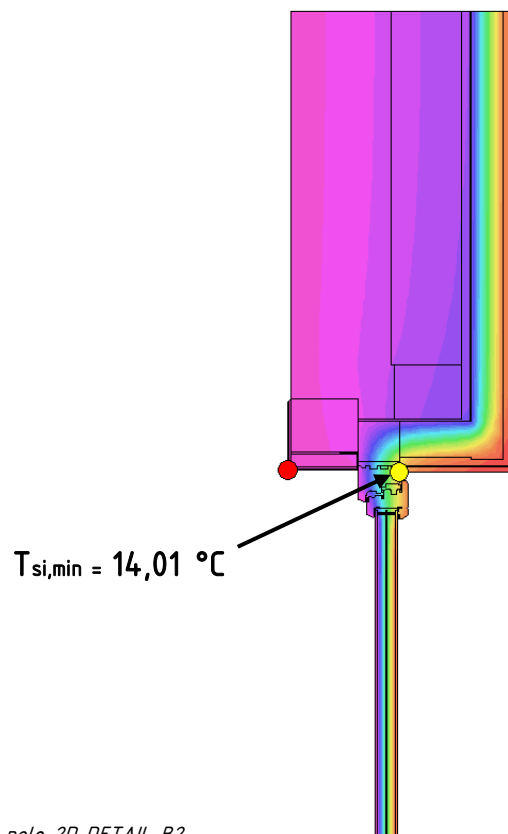
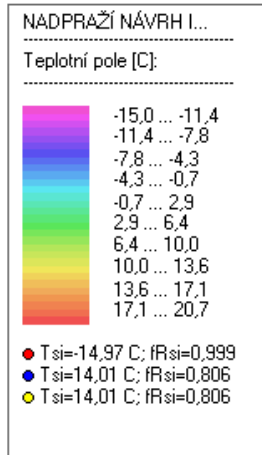
Okrajové podmínky jsou zadané shodně s přechozími detaily.



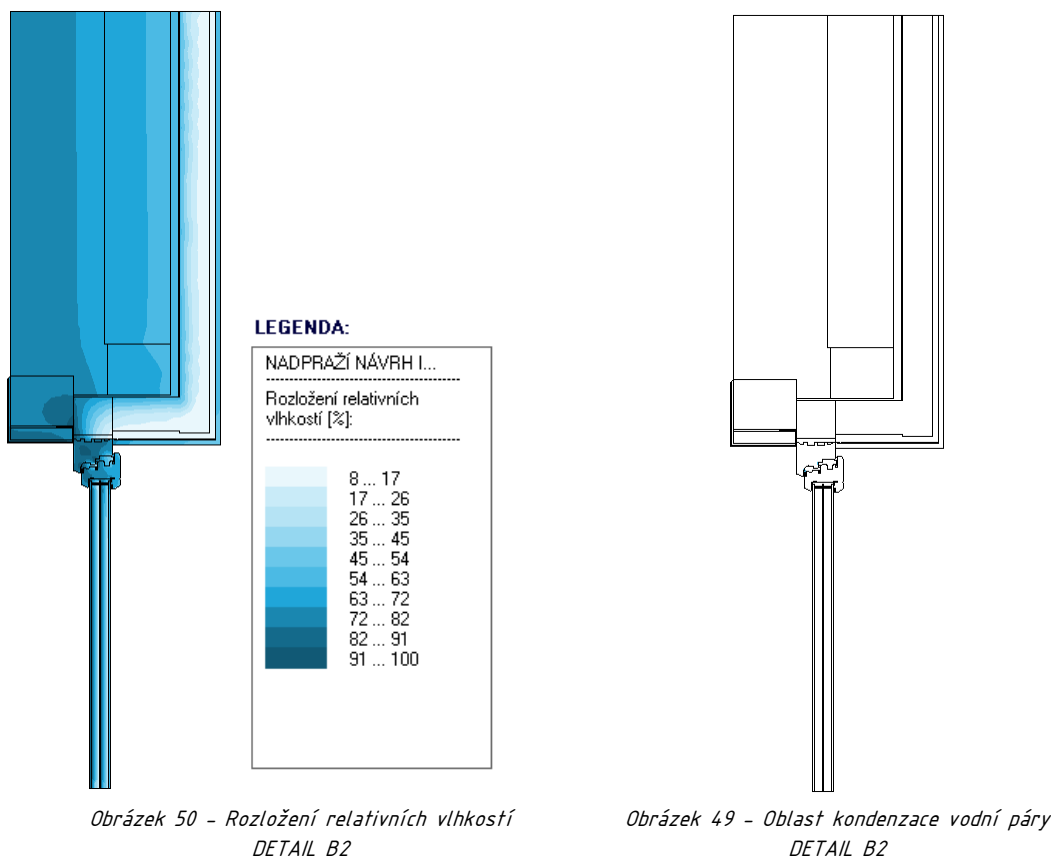
Obrázek 47 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL B2

Výsledky:

LEGENDA:



Obrázek 48 – Teplotní pole 2D DETAIL B2



U zateplení obvodové stěny z interiéru se dalo předpokládat, že vnitřní povrchové teploty konstrukcí budou vycházet nižší než v případě zateplení z exteriéru. U detailu nadpraží se absence prostoru na zateplení povrchu nadpraží vyřešilo odsekáním části stěny a teploty povrchu tudíž nevycházejí příliš nízké. Přesto je to cca o 1,3 °C nižší než v případě exteriérového zateplení. Nejnižší povrchová teplota je $T_{si,min} = 14,01$ °C, které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{rsi} = 0,806$. Takto navržený detail vyhovuje normovým požadavkům na nejnižší povrchovou teplotu konstrukcí.

Z hlediska vlhkosti, detail nevykazuje téměř žádné oblasti, kde by mohlo dojít ke kondenzaci vodní páry.

4.2.2 Tepelně – vlhkostní posouzení DETAIL E2

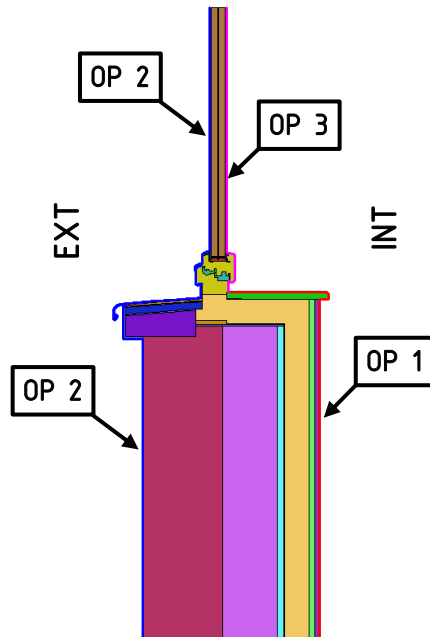
DETAIL E2 – NÁVRH VNITŘNÍ ZATEPLENÍ – Parapet okna

Při zateplování parapetu se podobně jako v případě nadpraží odseká část stávající stěny a do takto nově vzniklého prostoru se vloží desky fenolické pěny. Okno je lokálně podloženo profily z tvrzené izolace.



Vstupní data:

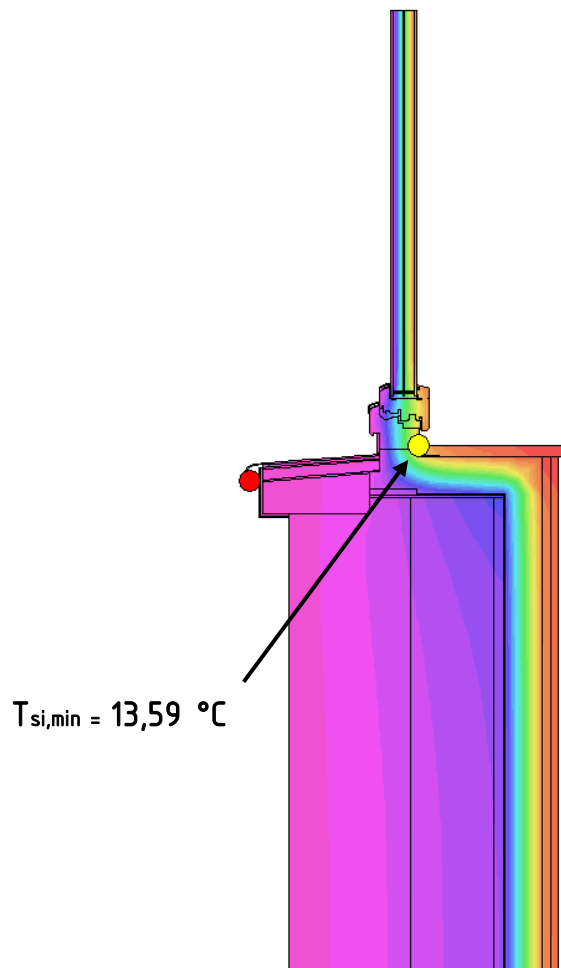
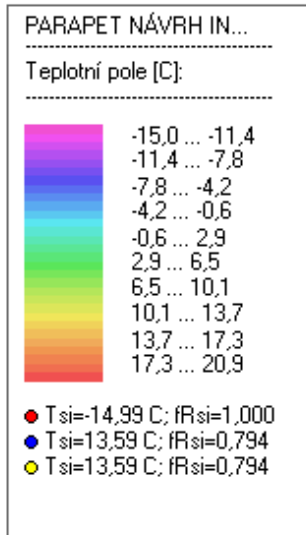
Okrajové podmínky jsou zadané shodně s přechozími detaily.



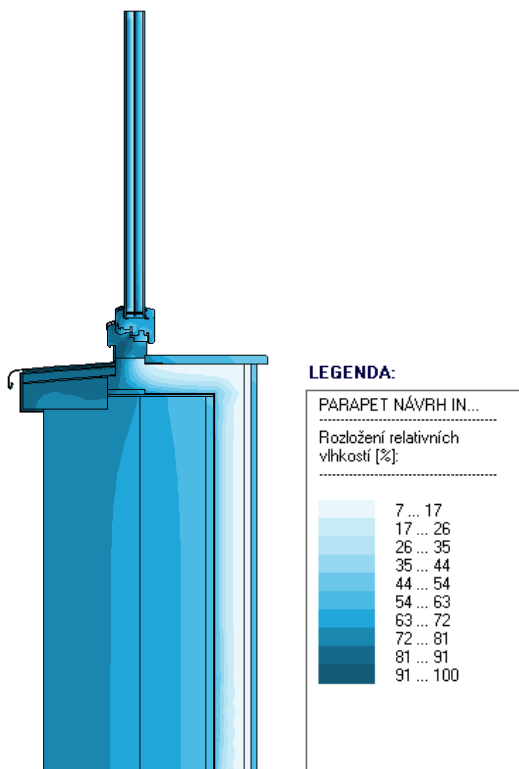
Obrázek 51 – Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL E2

Výsledky:

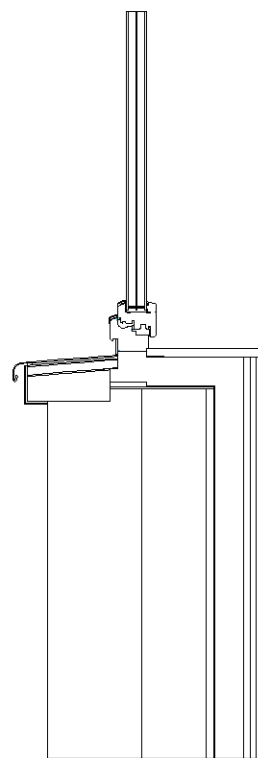
LEGENDA:



Obrázek 52 – Teplotní pole 2D DETAIL E2



Obrázek 53 – Rozložení relativních vlhkostí
DETAIL E2



Obrázek 54 – Oblast kondenzace
vodní páry DETAIL E2

Minimální vnitřní povrchová u tohoto detailu je $T_{si,min} = 13,59 \text{ °C}$, které odpovídá teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{rsi} = 0,794$. Tyto hodnoty stále splňují normové požadavky, ale detail je méně bezpečný, než v případě exteriérového zateplení.

Obrázek 50 nevykazuje téměř žádné oblasti kondenzace vodní páry.

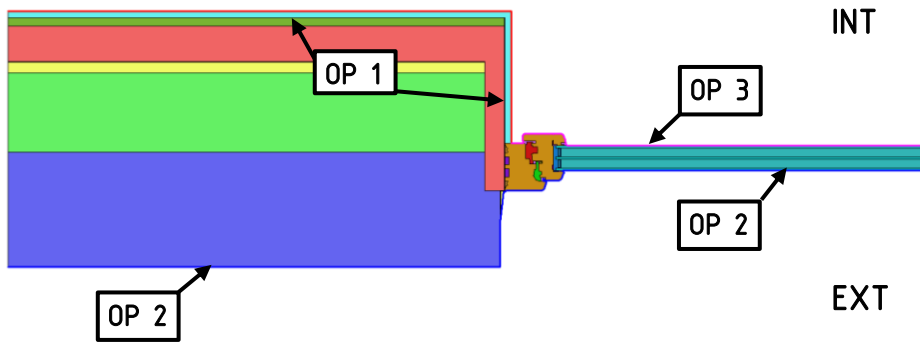
4.2.3 Tepečně – vlhkostní posouzení DETAIL F2

DETAIL F2 – NÁVRH VNITŘNÍ ZATEPLENÍ – Ostění okna

Při zateplení ostění okna z interiéru nastává problém, kam umístit tepelný izolant. Za předpokladu, že rám okna (zasklívací spára) zůstane na původní pozici a nebude se tak zmenšovat šířka okna (zmenšením průsvitné plochy okna se sníží solární zisky a prosvětlenost místností) je nutné odsekát část stávajícího ostění. Je navrženo odsekání stěny pouze v tloušťce 30 mm, kvůli zachování dostatečné délky uložení stávajícího překladu. Ostění je zatepleno 40 mm fenolické pěny.

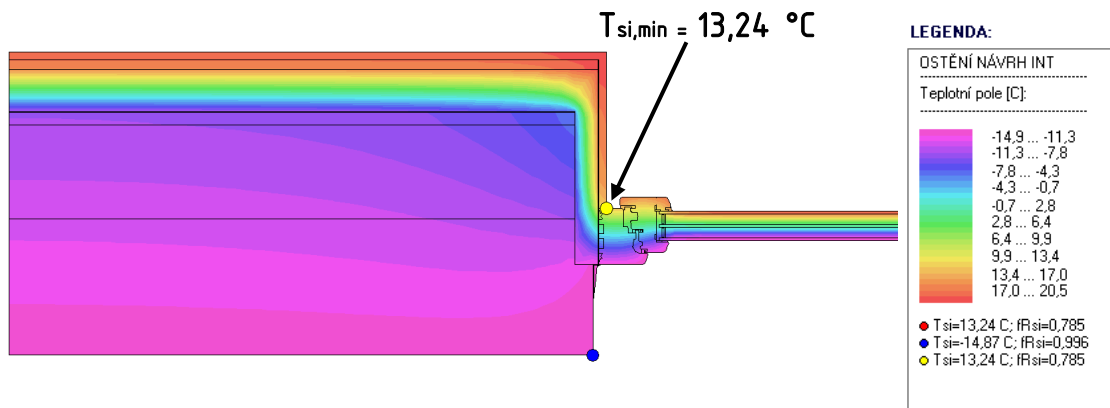
Vstupní data:

Okrajové podmínky jsou zadané shodně s přechozími detaily.

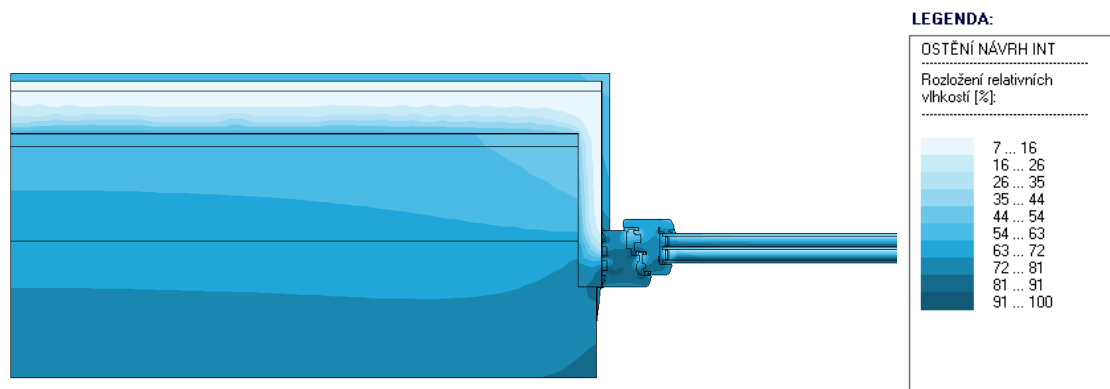


Obrázek 55 - Grafický vstup s okrajovými podmínkami DETAIL F2

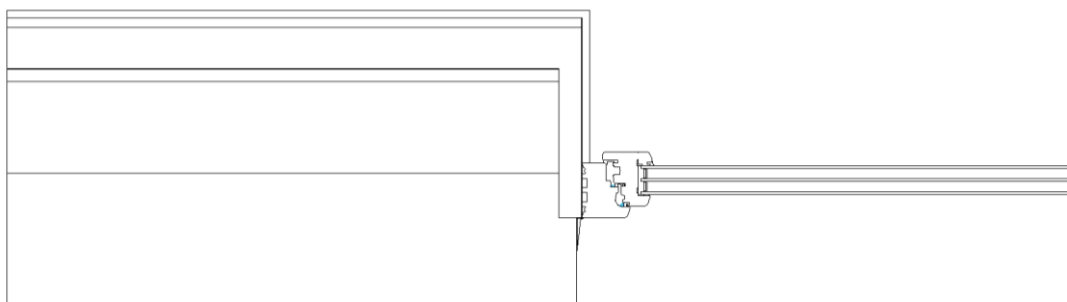
Výsledky:



Obrázek 56 - Teplotní pole 2D DETAIL F2



Obrázek 57 - Rozložení relativních vlhkostí DETAIL F2



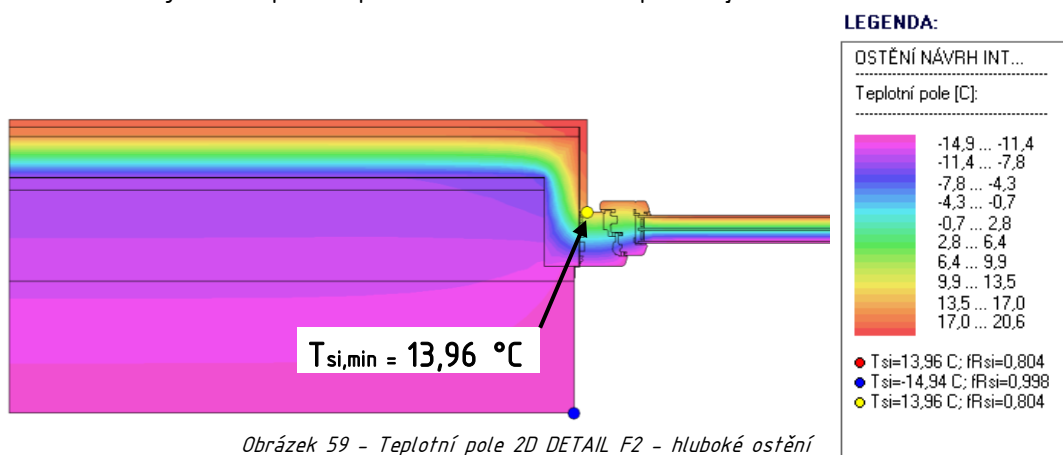
Obrázek 58 - Oblast kondenzace vodní páry DETAIL F2



U takto navrženého detailu vyjde minimální vnitřní povrchová teplota $T_{si,min} = 13,24 \text{ °C}$, což už je nebezpečně blízko minimální normově požadované teplotě povrchu při relativní vlhkosti vnitřního vzduchu 50 %, vnitřní teplotě vzduchu 21 °C a venkovní teplotě vzduchu -15 °C (viz tabulky 4 a 5). I přes to, takto navržený detail vyhovuje na minimální vnitřní povrchovou teplotu.

Z hlediska vlhkosti konstrukcí, i díky přelepení vnitřní okenní pásky a parotěsnicí fólie stěny, téměř nevznikají v detailu oblasti kondenzace vodní páry.

Drobné zlepšení povrchových teplot lze docílit vložení tlustší tepelné izolace (60 mm) na ostění a posunutím okna směrem do interiéru. Okno lze posunout až o 100 mm oproti původní pozici, což odpovídá maximální tolerované hloubce ostění dle památkové péče 250 mm [3]. Řešení s více zapuštěným oknem ovšem narušuje autentický vzhled objektu a částečně se tím ztrácí hlavní výhoda zateplení objektu z interiéru. Následující obrázek zobrazuje 2D teplotní pole detailu s více zapuštěným oknem.



Obrázek 59 – Teplotní pole 2D DETAIL F2 – hluboké ostění

Varianta se zapuštěným oknem vykazuje pouze o $0,7 \text{ °C}$ vyšší $T_{si,min}$ než předcházející řešení.

4.3 Vyhodnocení

Při zateplení obvodové stěny z exteriérové strany vycházejí u všech detailů v okolí okenních otvorů minimální vnitřní povrchové teploty v rozmezí $14,8$ až $15,8 \text{ °C}$. Minimální hodnota požadovaná normou je $11,96 \text{ °C}$ (pro dané okrajové podmínky). Navržené detaily tedy mají v teplotách určitou rezervu a lze konstatovat, že jsou bezpečné z hlediska rizika kondenzace vodní páry a výskytu plísní na vnitřním povrchu stavební konstrukce.

U varianty zateplení obvodových stěn z vnitřní strany vycházejí minimální povrchové teploty prvků v okolí oken v rozmezí $13,2$ až $14,0 \text{ °C}$. Zde už může být rozdíl mezi minimální požadovanou a vypočtenou hodnotou nedostatečný z důvodu nesnadného zadání okrajových podmínek. Okrajové podmínky jsou zadány normově, ale nemusí odpovídat reálnému stavu, protože lze těžko odhadnout chování obyvatel domu. Jedná se hlavně o veličiny relativní vlhkost vzduchu, která záleží na větrání objektu a dále o teplotu vnitřního vzduchu. Tyto veličiny mohou negativně ovlivnit výsledky, ale na stranu



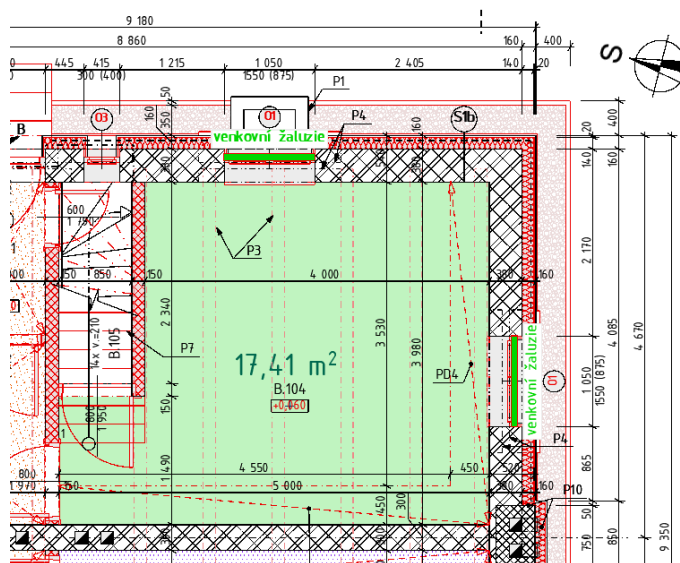
bezpečnosti posouvá výpočet fakt, že je navrženo nucené větrání a že je výpočet proveden na vnější návrhovou teplotu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, která nastává pouze několikrát za zimu. Dále je u této varianty velmi vhodné umístění zdrojů tepla pod okna, aby byl vnitřní povrch oken ohříván teplým vzduchem. Obecně lze říct, že zateplení objektu z interiérové strany je náročnější a navržené skladby a detaily jsou méně bezpečné než v případě zateplení z exteriéru.

5. Posouzení letní tepelné stability návrhového stavu

5.1 Vnější zateplení

5.1.1 Kritická místnost B.104

Jedná se o místnost obývacího pokoje v přízemí objektu. V místnosti jsou dvě okenní výplně, u kterých je u exteriérového zateplení možné nainstalovat venkovní žaluzie. Kastlík žaluzií je skrytý v tepelném izolantu a nenaruší tak vzhled objektu.



Obrázek 60 – Schéma místnosti B.104 – obývací pokoj, EXT zateplení

Intenzita v čase 1 h :	2,3	1/h	13 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 2 h :	2,3	1/h	14 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 3 h :	2,3	1/h	15 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 4 h :	2,3	1/h	16 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 5 h :	2,3	1/h	17 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 6 h :	2,3	1/h	18 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 7 h :	2,3	1/h	19 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 8 h :	2,3	1/h	20 h :	1,5	1/h
Intenzita v čase 9 h :	2,3	1/h	21 h :	2,3	1/h
Intenzita v čase 10 h :	1,5	1/h	22 h :	2,3	1/h
Intenzita v čase 11 h :	1,5	1/h	23 h :	2,3	1/h
Intenzita v čase 12 h :	1,5	1/h	24 h :	2,3	1/h

Tabulka 18 – Intenzita větrání B.104 – EXT zateplení

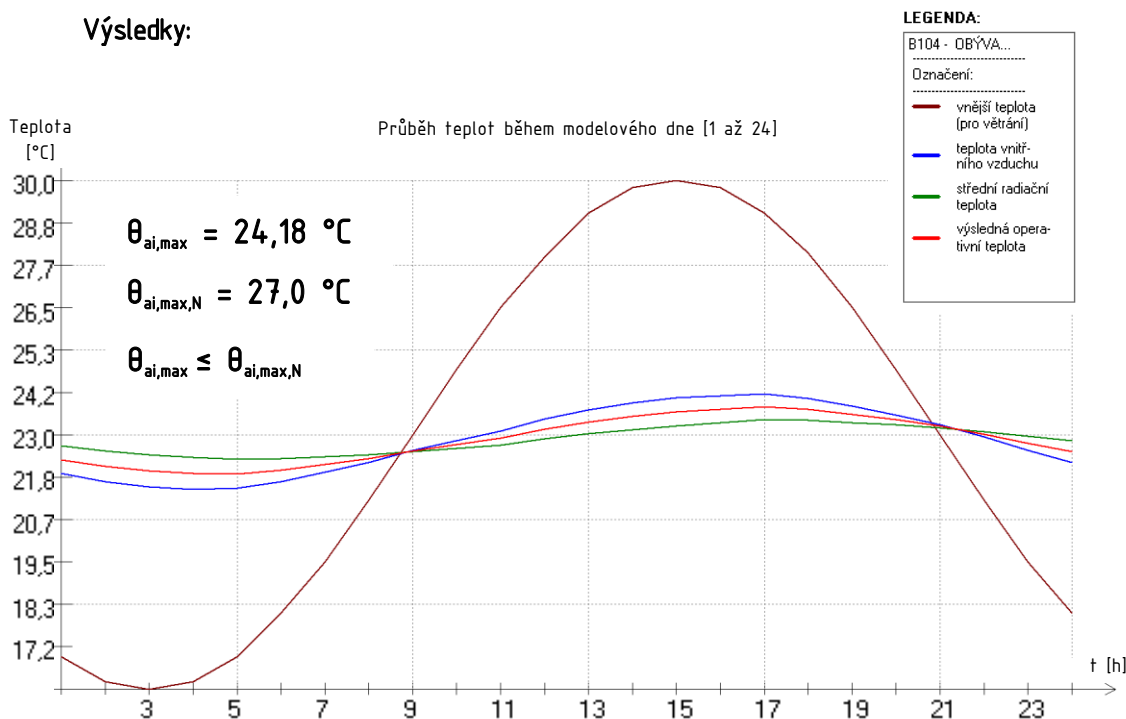
Vstupní data:

- Podlahová plocha místnosti A: $17,41\text{ m}^2$
- Objem místnosti V: $49,08\text{ m}^3$
- Přirážka na vliv tepelných vazeb: $0,02\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Teplota venkovního vzduchu: dle ČSN 730540-3
- Intenzita globálního slunečního záření: dle ČSN 730540-3
- Intenzita větrání
 - Vychází z přívodu vzduchu nuceným větráním do místnosti
 - Maximálně $2,3\text{ 1/h}$ (viz tabulka 18)
- Vnitřní zdroje tepla:
 - Posouzení dle normy, bez vnitřních zdrojů tepla.



- Výplně otvorů:
 - O1_okno Slavona Solid Comfort 1050x1600 mm – 2x
 - Propustnost slunečního záření zasklení $g = 0,62$
- Stínění oken:
 - Venkovní žaluzie s automatickým ovládáním → předpoklad, že jsou žaluzie stažené (funkční), pokud intenzita slunečního záření přesáhne 200 W/m^2
 - Solární propustnost stínícího zařízení $\tau_{E,B} = 0,01$
 - Solární odrazivost stínícího zařízení $\rho_{E,B} = 0,45$ (šedá barva)

Výsledky:



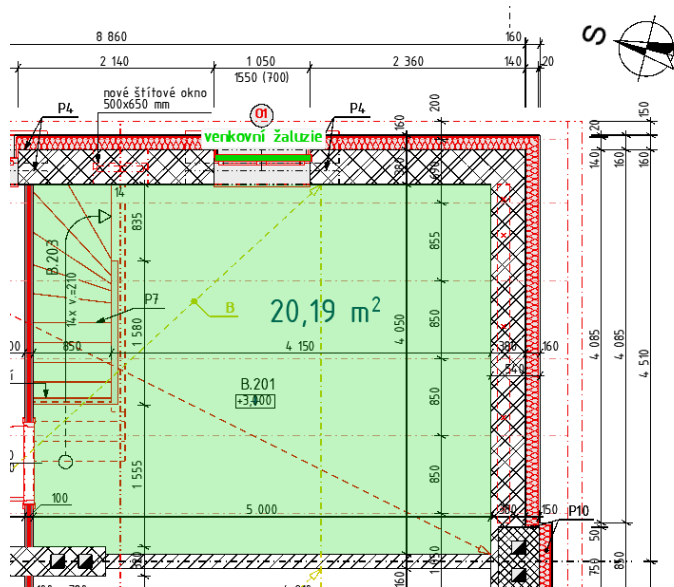
Obrázek 61 - Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, návrh EXT zateplení

Z Grafu je patrné, že nejvyšší teplota vzduchu v místnosti ($24,18 \text{ °C}$) nastává kolem 17. hodiny. Hodnota nepřesahuje maximální normovou přípustnou interiérovou teplotu vzduchu → kritická místnost B.104 v návrhovém stavu při exteriérovém zateplení a při použití venkovních žaluzií splňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě.

Venkovní žaluzie vnitřnímu klimatu v létě velmi pomáhají, protože bez jejich instalace by byla maximální teplota vzduchu $\theta_{ai,max} = 29,43 \text{ °C}$ (vnitřní teplota bez žádného stínění oken).

5.1.2 Kritická místnost B.201

Jedná se o místnost ložnice ve 2.NP. V místnosti jsou dvě okna, u kterých jsou instalovány venkovní žaluzie. Oproti stávajícímu stavu zde přibyl jedno malé okno, které ve stávajícím stavu prosvětluje půdní prostor. V návrhovém stavu je půda zrušena a místnosti jsou otevřené až ke hřebeni střechy.



Obrázek 62 – Schéma místnosti B.201 – ložnice, EXT zateplení

Intenzita v čase 1 h:	1,2	1/h	13 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 2 h:	1,2	1/h	14 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 3 h:	1,2	1/h	15 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 4 h:	1,2	1/h	16 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 5 h:	1,2	1/h	17 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 6 h:	1,2	1/h	18 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 7 h:	1,2	1/h	19 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 8 h:	1,2	1/h	20 h:	0,5	1/h
Intenzita v čase 9 h:	1,2	1/h	21 h:	1,2	1/h
Intenzita v čase 10 h:	0,5	1/h	22 h:	1,2	1/h
Intenzita v čase 11 h:	0,5	1/h	23 h:	1,2	1/h
Intenzita v čase 12 h:	0,5	1/h	24 h:	1,2	1/h

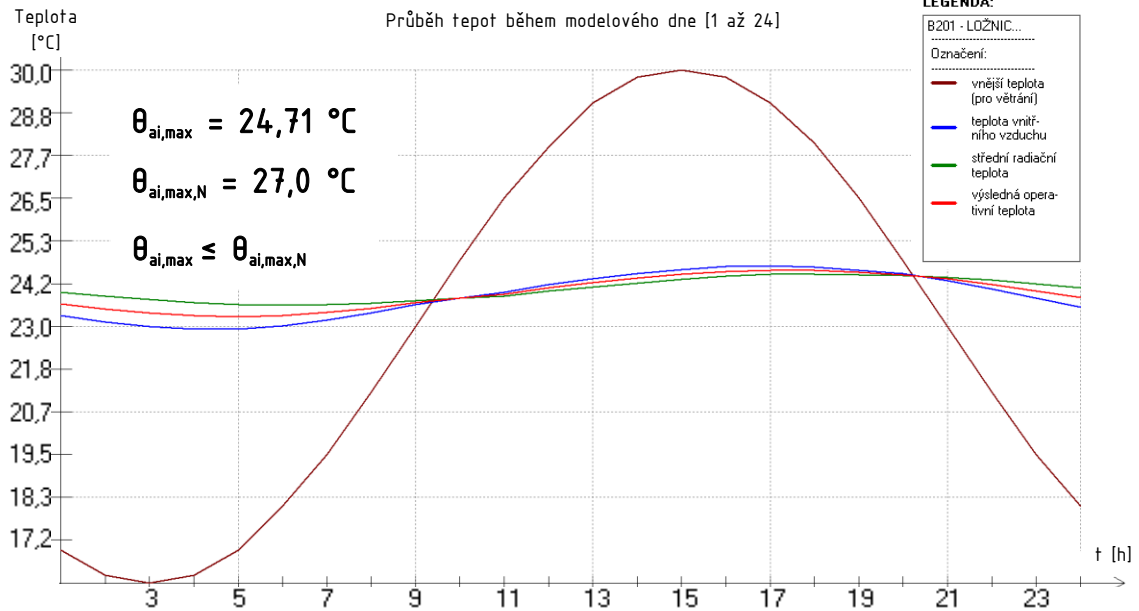
Tabulka 19 – Intenzita větrání B.201 – EXT zateplení

Vstupní data:

- Podlahová plocha místnosti A: 20,19 m²
- Objem místnosti V: 61,88 m³
- Přirážka na vliv tepelných vazeb: 0,02 W/(m²K)
- Teplota venkovního vzduchu: dle ČSN 730540-3
- Intenzita globálního slunečního záření: dle ČSN 730540-3
- Intenzita větrání
 - Vychází z přívodu vzduchu nuceným větráním do místnosti
 - Maximálně 1,2 1/h (viz tabulka 19)
- Vnitřní zdroje tepla:
 - Posouzení dle normy, bez vnitřních zdrojů tepla.
- Výplně otvorů:
 - O1_okno Slavona Solid Comfort 1050x1600 mm
 - O2_štitové okno Slavona Solid Comfort 500x650 mm
 - Propustnost slunečního záření zasklení g = 0,62
- Stínění oken:
 - Venkovní žaluzie s automatickým ovládáním → předpoklad, že jsou žaluzie stažené (funkční), pokud intenzita slunečního záření přesáhne 200 W/m²
 - Solární propustnost stínícího zařízení $\tau_{E,B} = 0,01$
 - Solární odrazivost stínícího zařízení $\rho_{E,B} = 0,45$ (šedá barva)



Výsledky:



Obrázek 63 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.201, návrh EXT zateplení

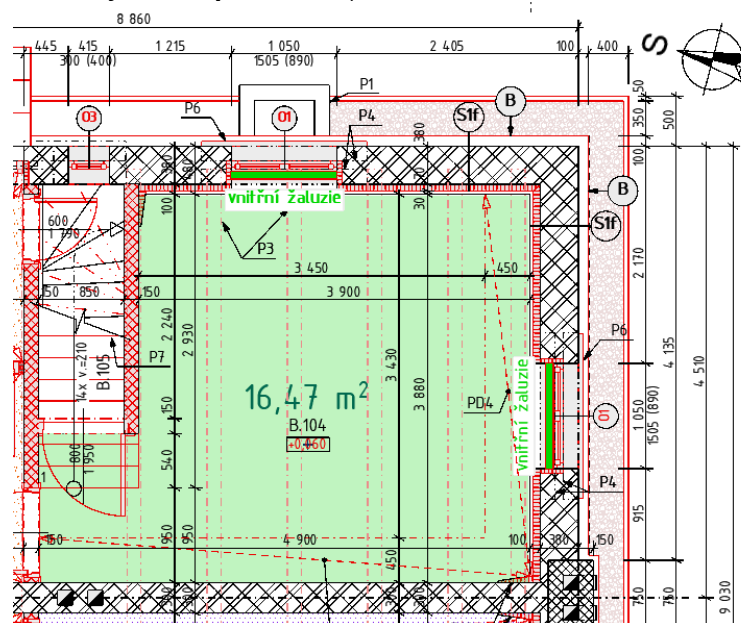
Z Grafu je patrné, že nejvyšší teplota vzduchu v místnosti (24,71 °C) nastává kolem 17. hodiny. Hodnota nepřesahuje maximální normovou přípustnou interiérovou teplotu vzduchu → kritická místnost B.201 v návrhovém stavu při exteriérovém zateplení a při použití venkovních žaluzií splňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě.

Maximální teplota vzduchu bez stínění oken by byla $\theta_{ai,max} = 28,29 \text{ °C}$.

5.2 Vnitřní zateplení

5.2.1 Kritická místnost B.104

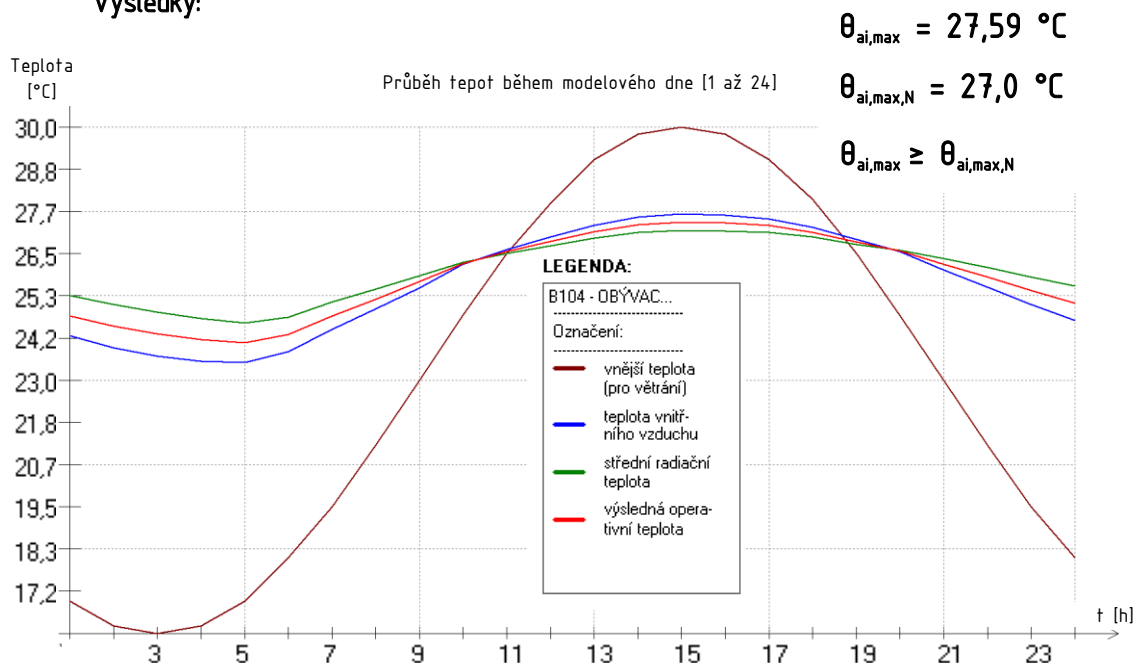
U varianty vnitřního zateplení nejsou navrženy venkovní žaluzie z důvodu narušení estetiky objektu. Okna jsou tedy stíněna pomocí vnitřních žaluzií.



Obrázek 64 – Schéma místnosti B.104 – ložnice, INT zateplení

**Vstupní data:**

- Podlahová plocha místnosti A: 16,47 m²
- Objem místnosti V: 46,40 m³
- Přirážka na vliv tepelných vazeb: 0,02 W/(m²K)
- Teplota venkovního vzduchu: dle ČSN 730540-3
- Intenzita globálního slunečního záření: dle ČSN 730540-3
- Intenzita větrání
 - Shodně s variantou vnějšího zateplení (viz tabulka 18)
- Vnitřní zdroje tepla:
 - Posouzení dle normy, bez vnitřních zdrojů tepla.
- Výplně otvorů:
 - O1_okno Slavona Solid Comfort 1050x1600 mm – 2x
 - Propustnost slunečního záření zasklení g = 0,62
- Stínění oken:
 - Vnitřní žaluzie (na vnitřní straně zasklení) → předpoklad, že jsou žaluzie stažené (funkční), pokud intenzita slunečního záření přesáhne 200 W/m²
 - Solární propustnost stínícího zařízení $\tau_{E,B} = 0,01$
 - Solární odrazivost stínícího zařízení $\rho_{E,B} = 0,695$

Výsledky:

Obrázek 65 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, návrh INT zateplení

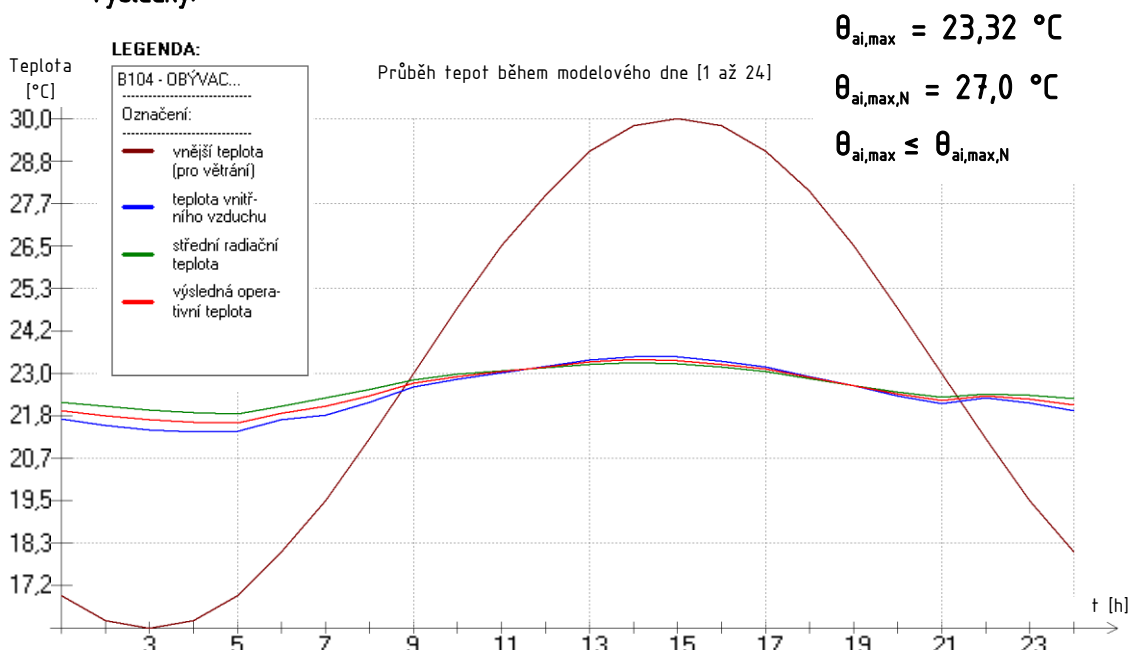
Z grafu je patrné, že maximální vnitřní teplota vzduchu při modelovém dni převyšuje hranici 27 °C. Nejvyšší interiérová teplota je $\theta_{ai,max} = 27,59 \text{ °C}$ → kritická místnost B.104 v návrhovém stavu s interiérovým zateplením a vnitřními žaluziemi nesplňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě. Pro další snížení vnitřní teploty je navržen zdroj chladu.



Výkon v čase 1 h:	0,0 W	Výkon v čase 13 h:	300,0 W
Výkon v čase 2 h:	0,0 W	Výkon v čase 14 h:	300,0 W
Výkon v čase 3 h:	0,0 W	Výkon v čase 15 h:	300,0 W
Výkon v čase 4 h:	0,0 W	Výkon v čase 16 h:	300,0 W
Výkon v čase 5 h:	0,0 W	Výkon v čase 17 h:	300,0 W
Výkon v čase 6 h:	0,0 W	Výkon v čase 18 h:	300,0 W
Výkon v čase 7 h:	200,0 W	Výkon v čase 19 h:	260,0 W
Výkon v čase 8 h:	200,0 W	Výkon v čase 20 h:	220,0 W
Výkon v čase 9 h:	200,0 W	Výkon v čase 21 h:	200,0 W
Výkon v čase 10 h:	260,0 W	Výkon v čase 22 h:	0,0 W
Výkon v čase 11 h:	260,0 W	Výkon v čase 23 h:	0,0 W
Výkon v čase 12 h:	300,0 W	Výkon v čase 24 h:	0,0 W

Tabulka 20 – Výkon zdroje chladu během dne – B.104

Výsledky:



Obrázek 66 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.104, návrh INT zateplení + chlazení

Při rozložení výkonů zdroje chladu dle tabulky 20 společně se stíněním oken vnitřními žaluziemi, kritická místnost B.104 v návrhovém stavu interiérového zateplení splňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě.

Pro porovnání:

- Teplota bez chlazení a stínících prvků, nucené větrání → $\theta_{ai,max} = 30,29\text{ °C}$
- Teplota bez chlazení s venkovními žaluziemi, nucené větrání → $\theta_{ai,max} = 24,64\text{ °C}$

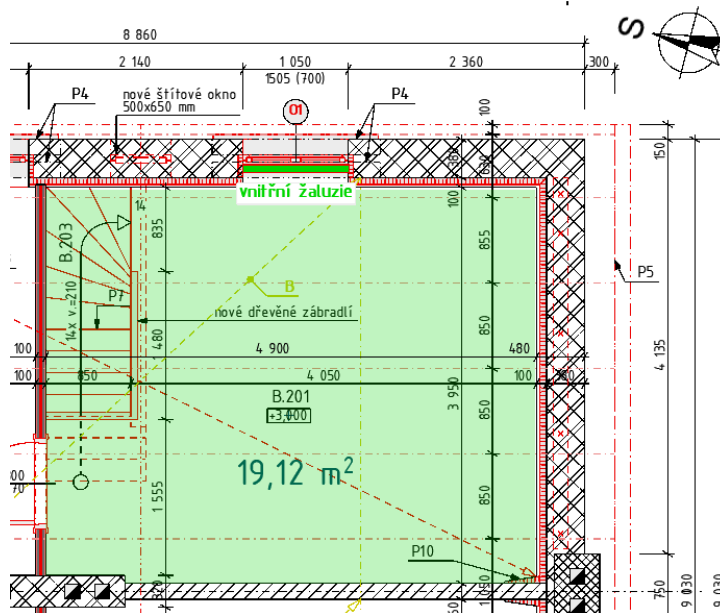
POZNÁMKA: Intenzita větrání je ve výpočtu uvažována s využitím nuceného větrání. Při předpokladu použití pouze přirozeného intenzivního větrání v nočních hodinách s nižší venkovní teplotou, lze snížit interiérovou teplotu pod hranici 27 °C (cca na 26 °C) i bez zdroje chladu. Tento výpočet je ale založen na velmi intenzivním nočním větrání až 7,5 1/h



a pro uživatele objektu je tato možnost méně komfortní než při nuceném větrání s chlazením.

5.2.2 Kritická místnost B.201

Okna stíněna vnitřními žaluziemi, stejně jako u místnosti B.104.



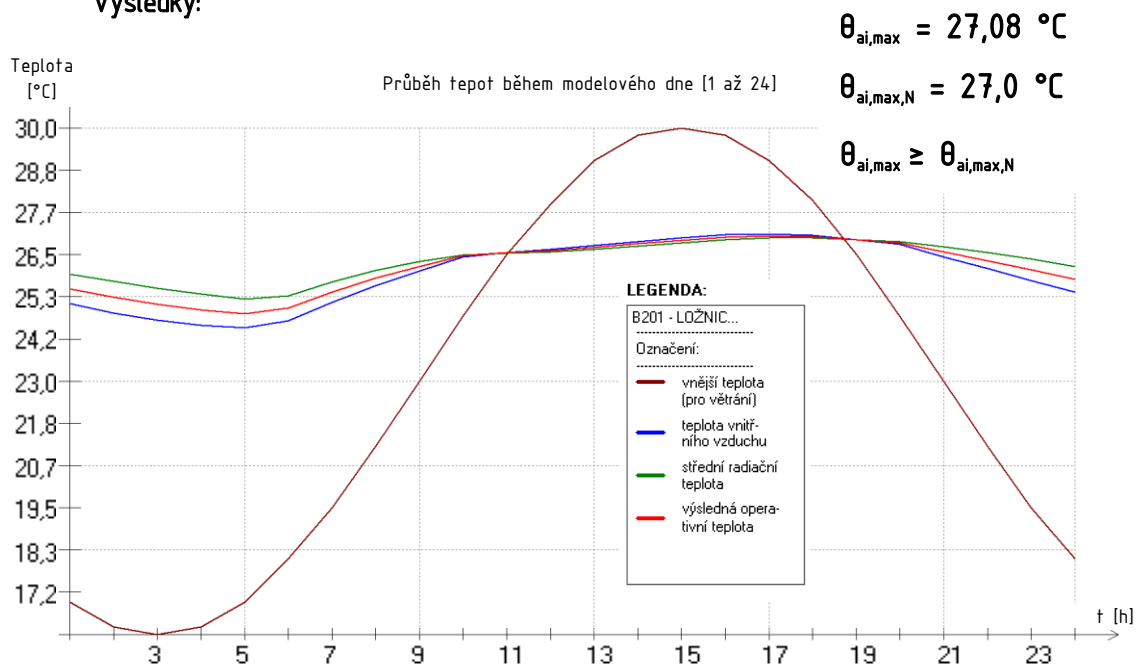
Obrázek 67 – Schéma místnosti B.201 – ložnice, INT zateplení

Vstupní data:

- Podlahová plocha místnosti A: 19,12 m²
- Objem místnosti V: 59,26 m³
- Přirážka na vliv tepelných vazeb: 0,02 W/(m²K)
- Teplota venkovního vzduchu: dle ČSN 730540-3
- Intenzita globálního slunečního záření: dle ČSN 730540-3
- Intenzita větrání
 - Shodně s variantou vnějšího zateplení (viz tabulka 19)
- Vnitřní zdroje tepla:
 - Posouzení dle normy, bez vnitřních zdrojů tepla.
- Výplně otvorů:
 - O1_okno Slavona Solid Comfort 1050x1600 mm
 - O2_štitové okno Slavona Solid Comfort 500x650 mm
 - Propustnost slunečního záření zasklení $g = 0,62$
- Stínění oken:
 - Vnitřní žaluzie (na vnitřní straně zasklení) → předpoklad, že jsou žaluzie stažené (funkční), pokud intenzita slunečního záření přesáhne 200 W/m²
 - Solární propustnost stínícího zařízení $\tau_{E,B} = 0,01$
 - Solární odrazivost stínícího zařízení $\rho_{E,B} = 0,695$



Výsledky:



Obrázek 68 – Vnitřní teploty během dne 21. srpna – B.201, návrh INT zateplení

S vnitřními žaluziemi vyšplhá vnitřní teplota při modelovém dni na $\theta_{ai,max} = 27,08 \text{ °C}$. Teplota nepřekračuje požadovanou hodnotu na souvislou dobu delší než 2 hodiny během dne. V případě souhlasu uživatele domu, takto navržená kritická místnost vyhoví požadavkům normy.

Pro porovnání:

- Teplota bez chlazení a stínících prvků, nucené větrání → $\theta_{ai,max} = 28,76 \text{ °C}$
- Teplota bez chlazení s venkovními žaluziemi, nucené větrání → $\theta_{ai,max} = 25,13 \text{ °C}$

Intenzita v čase 1 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	13 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 2 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	14 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 3 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	15 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 4 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	16 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 5 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	17 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 6 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	18 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 7 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	19 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 8 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	20 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h
Intenzita v čase 9 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h	21 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h
Intenzita v čase 10 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h	22 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h
Intenzita v čase 11 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h	23 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h
Intenzita v čase 12 h: <input type="text" value="0,5"/> 1/h	24 h: <input type="text" value="2,5"/> 1/h

Tabulka 21 – Intenzita přirozeného větrání místnosti B.201 – INT zateplení

Teoreticky místnost vyhovuje požadavkům, ale užívání této místnosti by bylo nekomfortní. Do výpočtu je větrání místnosti opět zadáno pouze pomocí vzduchotechniky, při přirozeném intenzivním větrání lze teplotu snížit.



Při přirozeném větrání, dle tabulky 21, klesne nejvyšší teplota v místnosti na $\theta_{ai,max} = 25,40 \text{ }^\circ\text{C}$. Přirozené větrání je nastaveno na 2,5 1/h, což je několikrát méně než v případě místnosti B.104. Takto je větrání zadáno z toho důvodu, že jsou okenní otvory umístěné pouze na jedné stěně a výměna vzduchu je pomalejší, než kdyby byly otvory umístěné ve stěnách kolmo na sebe nebo ve stěnách protilehlých. Kritická místnost B.104 v návrhovém stavu při interiérovém zateplení, při použití vnitřních žaluzií a za předpokladu nočního přirozeného větrání splňuje požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v létě.

Komfortnější, ale také nákladnější alternativou by opět bylo použití klimatizační jednotky.

5.3 Shrnutí a porovnání výsledků

POROVNATELNÉ VÝSLEDKY		
Popis	EXT zateplení [°C]	INT zateplení [°C]
B.104 – bez stínění oken, NV	29,43	30,29
B.104 – venkovní žaluzie, NV	24,18	24,64
B.201 – bez stínění oken, NV	28,29	28,76
B.201 – venkovní žaluzie, NV	24,71	25,13

Tabulka 22 – Shrnutí nejvyšších vnitřních teplot, vliv EXT a INT zateplení

* NV = nucené větrání

Tabulka 22 ukazuje nejvyšší teploty v interiéru při modelovém dni ve zkoumaných kritických místnostech. Teploty jsou vypočteny pro místnosti bez stínění oken, stejně tak pro místnosti se stíněním pomocí venkovních žaluzií, a to i pro případ zateplení z interiéru, kde by kvůli narušení charakteristického vzhledu nemohly být instalovány. Varianty slouží pouze pro porovnání vlivu zateplení z vnitřku a vnějšku objektu. Všechny teploty vnitřního vzduchu při vnitřním zateplení jsou vyšší než při vnějším zateplení. Vyšší teploty v případě interiérového zateplení jsou způsobeny obalením cihelných stěn tepelným izolantem. Cihelné stěny poté ztrácejí svojí poměrně dobrou akumulaci schopnost, která napomáhá vyrovnávání teplot během dne v interiéru.

Následující tabulka shrnuje výsledky předchozích kapitol o nejvyšších vnitřních teplotách vzduchu. U varianty zateplení obvodových stěn z exteriéru se přehřívání místností vyřeší instalací venkovních žaluzií skrytě do prostoru tepelného izolantu. U interiérového zateplení jsou navrženy žaluzie, umístěné na vnitřní straně zasklení a také díky tomu, teploty vzduchu vystoupají na vyšší hodnoty. Zde je pro další snížení teplot navržen zdroj chladu. Jako zdroj chladného vzduchu může sloužit například klimatizační multisplitová jednotka s venkovní částí umístěnou na střeše nebo obvodové stěně v dostatečné vzdálenosti od oken a vnitřní nástěnnou nebo podstropní částí.



SHRNUTÍ VARIANT ŘEŠENÍ		
EXT zateplení	$\theta_{ai,max}$ [°C]	
B.104 – venkovní žaluzie, NV	24,18	✓
B.201 – venkovní žaluzie, NV	24,71	✓
INT zateplení	$\theta_{ai,max}$ [°C]	
B.104 – vnitřní žaluzie, NV	27,59	✗
B.104 – vnitřní žaluzie, klimatizace, NV	23,32	✓
B.104 – vnitřní žaluzie, noční přirozené větrání	26,00	✓?
B.201 – vnitřní žaluzie, NV	27,08	✓?
B.201 – vnitřní žaluzie, klimatizace, NV	-	✓
B.201 – vnitřní žaluzie, noční přirozené větrání	25,40	✓?

Tabulka 23 – Shrnutí výsledků nejvyšší interiérové teploty

* NV = nucené větrání

Varianty s interiérovým zateplením byly vyhodnoceny i s pouze přirozeným větráním. Předpokladem je intenzivní větrání okny v hodinách dne, kdy je venkovní teplota nižší než teplota v interiéru. Jedná se hlavně o noční čas. Tyto varianty mohou být do určité míry použitelné, ale závisí na chování uživatele objektu. Přirozené větrání je také méně komfortní pro uživatele.

6. Návrh technických zařízení budovy

Při předpokladu využití suterénu pro TZB systémy nastává problém s nežádoucími tepelnými ztrátami rozvodů teplotonosné látky (případ teplotovodního vytápění) z chladného sklepa do nadzemních podlaží a rozvody by musely být kvalitně z izolovány. U vzduchotechniky je problematický samotný přechod vzduchotechnických rozvodů skrz železobetonový strop mezi suterénem a 1.NP, kvůli větším průřezům vzduchotechnických potrubí. VZT jednotka by také musela být opatřena tepelněizolační vrstvou, což navyšuje její pořizovací cenu. Dalším nepříznivým jevem může být snížená životnost TZB systémů umístěných ve sklepě z důvodu zvýšené vzdušné vlhkosti. Z těchto důvodů a dle vyhodnocení kapitoly 3 (Návrh energeticky efektivních opatření) je uvažováno s variantou nevytápěného suterénu a tento prostor tak bude využíván pro skladování potravin nebo jiných věcí. Systémy technického zařízení budovy budou muset být umístěny do nadzemních podlaží. Jedná se o systémy větrání, vytápění a přípravy teplé vody.

6.1 Vzduchotechnika

Po celkové renovaci rodinného domu, jeho zateplení a výměny oken dojde k výraznému zvýšení vzduchotěsnosti obálky, a tím nastává nutnost pravidelného větrání budovy. Dosažení dostatečného větrání pouze přirozeně je problematické z důvodu vlivu lidského faktoru (riziko málo častého větrání okny). Pro zajištění bezpečné funkce budovy, bez vzniku kondenzace vodní páry na površích konstrukcí díky velké relativní vlhkosti,



způsobené malou výměnou vzduchu v místnostech, je velmi vhodné navrhnutí nuceného větrání.

Nová vzduchotechnika je navržena jako centrální rovnotlaký systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.

Zjednodušený návrh množství větracího vzduchu:

Výpočet množství větracího vzduchu byl proveden dle množství čerstvého vzduchu na osobu (25 m³/hod) s ohledem na účel místnosti.

V případě hygienického zázemí a kuchyně je uvažováno s hodnotami dle ČSN EN 15665/Z1:

Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)			
Požadavek	Kuchyně	Koupelny	WC
	[m ³ /hod]	[m ³ /hod]	[m ³ /hod]
minimální	100	50	25
doporučený	150	90	50

Tabulka 24 – Větrání dle účelu místnosti

Množství přiváděného a odváděného vzduchu:

Množství větracího vzduchu je stanoveno pro jednu bytovou jednotku v RD.

ODVOD			PŘÍVOD		
ozn.	místnost	[m ³ /hod]	ozn.	místnost	[m ³ /hod]
101	zádveří	0	101	zádveří	25
102	koupelna	90	102	koupelna	0
103	kuchyně	100	103	kuchyně	0
104	obývací pokoj	0	104	obývací pokoj	115
201	ložnice	0	201	ložnice	50
202	pokoj	50	202	pokoj	50
	celkem	240		celkem	240

Tabulka 25 – Množství větracího vzduchu

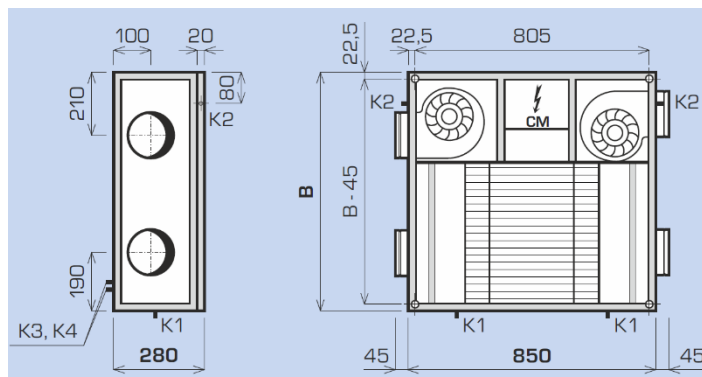
Celkové množství přiváděného, respektive odváděného vzduchu pro jednu bytovou jednotku (1/2 objektu) je 240 m³/hod. Na každou bytovou jednotku je navržen samostatný systém vzduchotechniky se VZT jednotkou.

Vzduchotechnická jednotka bude umístěna v místnosti zádveří. Jednotka bude zavěšena pod stropem a bude umístěna mezi stropní nosíky. V zádveří je tedy navržený sádkartonový podhled, který zakryje VZT jednotku. Prostor mezi stropními nosíky v oblasti zádveří je cca 850 mm. Navržená jednotka musí být v podstropním provedení a musí mít kompaktní rozměry.



Těmto požadavkům vyhovuje například jednotka Atrea řady DUPLEX Easy 300 s rekuperací. Výrobce uvádí účinnost rekuperace až 93 %. Maximální vzduchový výkon jednotky je 300 m³/hod.

Rozměry jednotky:



Výkonová řada 300

– rozměr B = 820 mm

Obrázek 69 – VZT jednotka DUPLEX Easy 300

Zdroj: technický list Atrea DUPLEX Easy (dostupný na: „atrea.cz“)

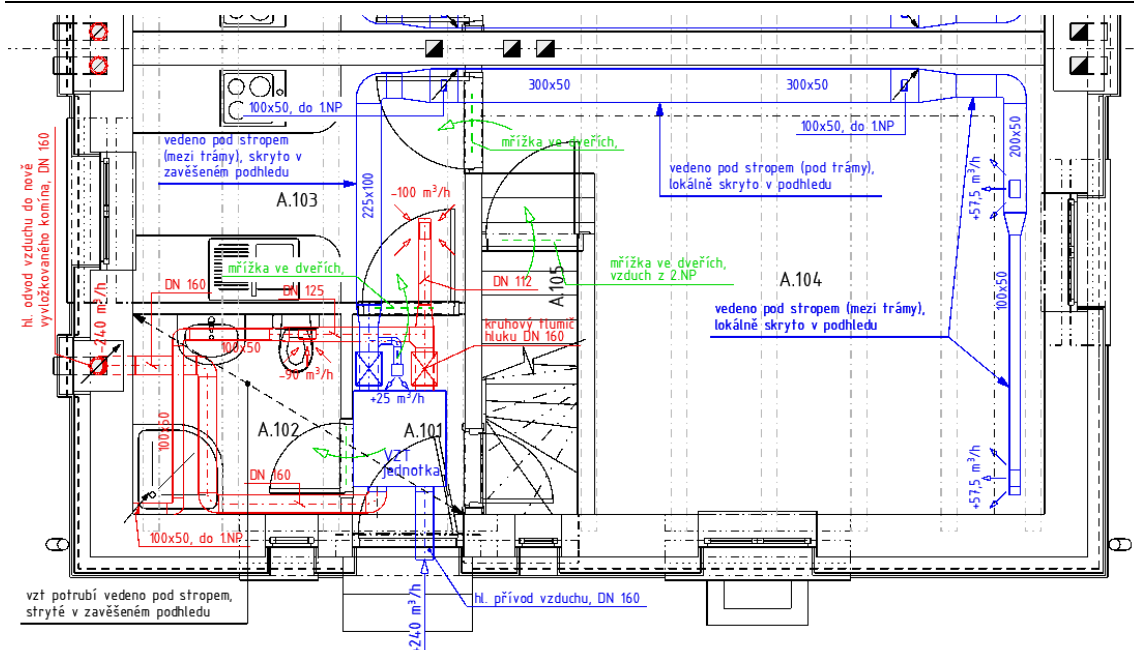
Přívod vzduchu do jednotky je navržen skrz obvodovou stěnu nad vstupními dveřmi, k hlavnímu odvodu vzduchu je využit stávající komínový průduch v blízkosti koupelny. Komínové těleso bude opraveno a nově vyložkováno potrubím o průměru 160 mm. Za VZT jednotkou, umístěnou v prostoru zádveří pod stropem, budou na přívodní (viz obrázek dále – modře) a odvodní (viz obrázek dále – červeně) osazeny tlumiče hluku. Potrubí bude rozvedeno pod stropem a v místnostech zádveří a koupelny bude skryto pod svěšeným sádkartonovým podhledem, který je navržen na celou plochu místností. V těchto místnostech tedy dojde ke snížení světlé výšky na 2,3 m v případě zádveří a na 2,45 m v případě koupelny. V prostoru koupelny je rozvedeno odvodní potrubí, které odsává vzduch z prostoru samotné koupelny a z 2. NP. Toto potrubí je navrženo z čtyřhranných trubek. Dále je zde veden hlavní odvod znečištěného vzduchu do stávajícího komína z trubek kruhového průřezu. Za tlumiči hluku vede potrubí přes kuchyň, kde bude vedeno mezi stropními trámy. Podhled zde může být proveden pouze lokálně přes jedno pole stropních trámů nebo po celé ploše místnosti, dle rozhodnutí investora. Dále pokračuje vedení kolmo na trámy do obývacího pokoje, podél středové stěny až k obvodové stěně domu. Potrubí je zde zavěšeno pod úrovní stropních trámů, z toho důvodu je navrženo ploché VZT potrubí s výškou pouze 50 mm. Pro účinné provětrání celé místnosti obývacího pokoje, vede dále potrubí podél obvodové stěny, zde už může být rozvod uložen mezi trámy. V této části jsou na potrubí umístěné distribuční prvky. Potrubí v obývacím pokoji je skryto v lokálním podhledu v blízkosti stěny. Tento lokálně snížený podhled může být využit například pro umístění designového led osvětlení místnosti.

Pro rozvody je použito vzduchotechnické SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu o kruhovém průřezu a ploché čtyřhranné plechové potrubí o nízké výšce.



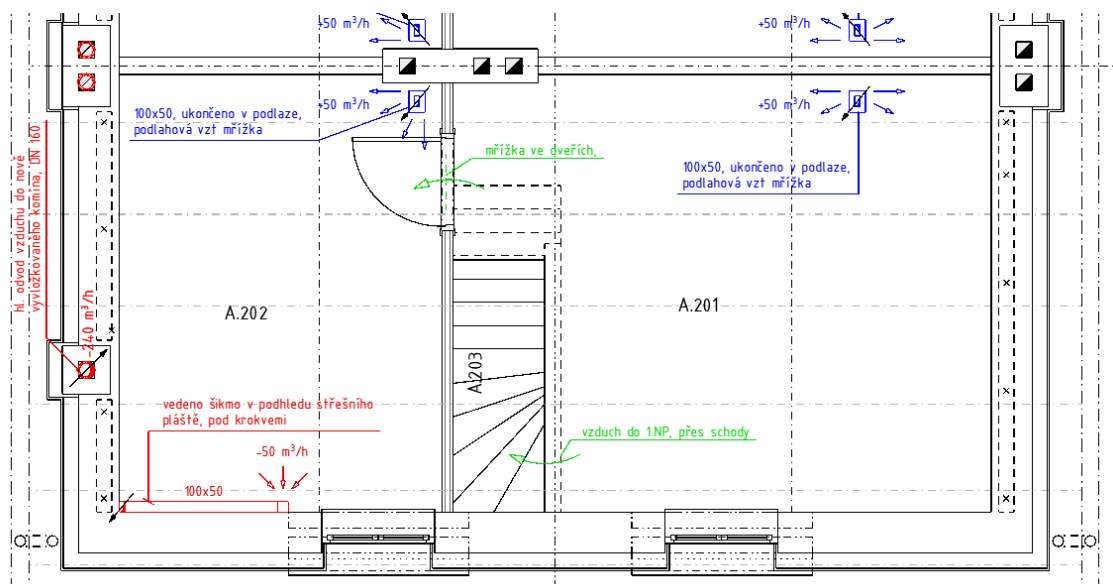
DIPLOMOVÁ PRÁCE

K124 – Katedra konstrukcí pozemních staveb



Obrázek 70 - Schéma půdorysu VZT - 1.NP

Prívodní i odvodní potrubí prostupuje přes strop do 2.NP. Prívod vzduchu je ve 2.NP ukončen v podlaze a potrubí je opatřeno podlahovou vzduchotechnickou mřížkou. Odvod vzduchu je ve 2.NP veden v podhledu střešního pláště pod krokviemi, kde je vyveden do vyšší úrovně nad podlahu. Ve dveřních křídlech jsou navrženy větrací mřížky, které umožní distribuci vzduchu po celé budově.



Obrázek 71 - Schéma půdorysu VZT - 2.NP

Alternativně mohou být rozvody vzduchotechniky ponechány přiznané. Potrubí může být opatřeno barevným nátěrem a může sloužit jako designový prvek v interiéru.

Výkresy půdorysů vzduchotechniky podrobněji viz Příloha č. 1, výkresy č. E.1 a E.2.

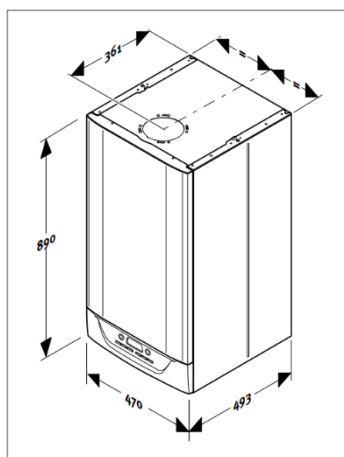


6.2 Vytápění a příprava teplé vody

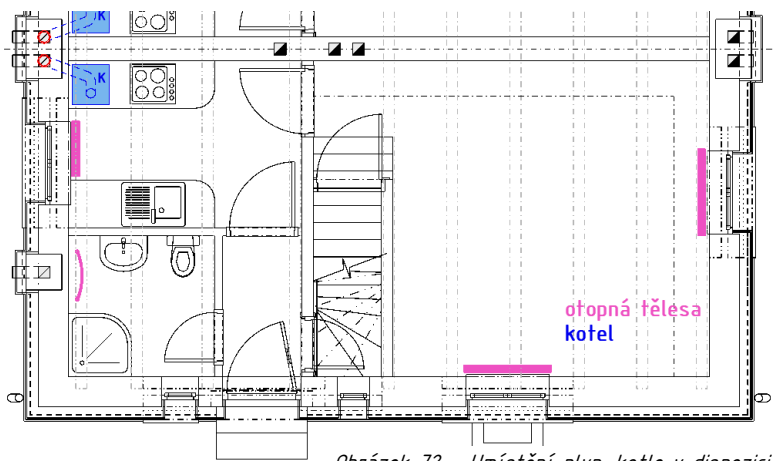
Tato kapitola se bude věnovat výběru optimálních zdrojů pro vytápění budovy a přípravy teplé vody. Je navrženo několik různých variant, které budou vyhodnoceny na základě spotřebované primární energie (pomocí faktoru primární energie jednotlivých energonositelů) a vhodnosti použití pro předmětný objekt.

6.2.1 Varianta A

První varianta pro koncept vytápění a přípravu teplé vody využívá jako energonositel zemní plyn. Jako zdroj vytápění, který je zároveň využíván i k ohřevu teplé vody je navržen plynový kondenzační kotel. Jedná se o závěsný kotel vybavený vestavěným zásobníkem na TUV s možností průtočného ohřevu vody. Může se jednat například o typ Protherm Tiger Condens. Kotel je vybavený dvěma nerezovými 21 litrovými zásobníky (celkem 42 l) a jeho celkové rozměry (vč. vestavěných zásobníků pro TUV) jsou 470x892x502 mm (š./v./h.). Díky kompaktním rozměrům lze umístit kotel do místnosti kuchyně, kde může být skryt například v kuchyňské skříňce. Pro odvod spalin je navrženo využití stávajícího komínu v blízkosti středové stěny. Tento komín se opraví a nově vyvločkuje. Pro výtop místností je navržena teplovodní otopná soustava s deskovými otopným tělesem pod každým oknem a trubkovým tělesem v koupelně.



Obrázek 73 – Plynový kotel Tiger Condens



Obrázek 72 – Umístění plyn. kotle v dispozici

Zdroj: technický list Protherm Tiger Condens (dostupný na: „protherm.cz“)

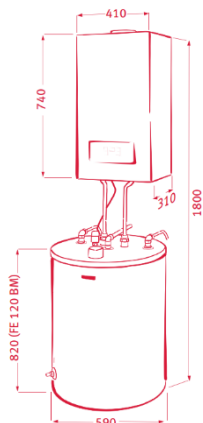
Pro výpočet primární energie a emisí CO₂ byl použit program *Energie 2020, (c) 2020 Svoboda Software*. Vyhodnocení bylo provedeno na finálně zvolené variantě vnějšího zateplení dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. – §6, odst. 2b.

Kondenzační plyn. kotel s vestavěným zásobníkem TUV (42 l):

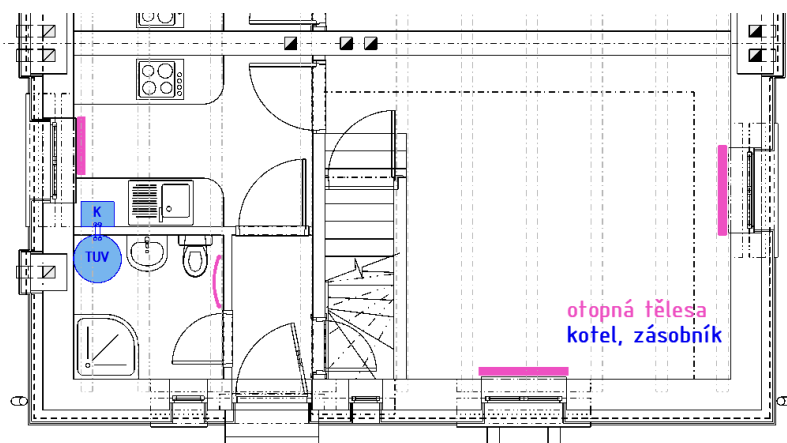
- | | |
|--|---------------------------|
| – Primární energie z neobnov. zdrojů za rok: | 12,91 MWh |
| – Měrná primární energie z neobnov. zdrojů E _{pN,A} : | 81 kWh/(m ² a) |
| – Emise CO ₂ za rok: | 3,05 t/a |
| – Klasifikační třída PENB (prim. Energie z neobnov. zdrojů): | B |

6.2.2 Varianta B

Jako druhá varianta zdroje vytápění je zvolen elektrokotel s externím zásobníkem TUV na 120 l. Může se jednat například o závěsný elektrokotel Protherm RAY. Rozměry samotného kotle jsou 410x740x310 mm (š./v./h.). Kotel jednak nahřívá vodu do teplovodní otopné soustavy a jednak vodu pro užívání objektu. Díky kompaktním rozměrům kotle je rovněž umístěn v kuchyni, externí zásobník TUV je umístěn v koupelně. Teplovodní otopná soustava je navržena shodně s variantou A.



Obrázek 75 – Sestava elektrokotle a zásobníku TUV



Obrázek 74 – Schéma umístění elektrokotle v dispozici

Zdroj: technický list Protherm RAY (dostupný na: „protherm.cz“)

Sestava elektrokotle se zásobníkem TUV (120 l):

- Primární energie z neobnov. zdrojů za rok:	32,75 MWh
- Měrná primární energie z neobnov. zdrojů E,pN,A:	204 kWh/(m ² a)
- Emise CO ₂ za rok:	12,75 t/a
- Klasifikační třída PENB (prim. energie z neobnov. zdrojů):	E

6.2.3 Varianta B1

Kvůli vysoké hodnotě konverzního faktoru elektřiny (v současné době $F = 2,6$) přísluší hodnocená budova s elektrokotlem do klasifikační třídy E. Z tohoto důvodu varianta B1 přidává do návrhu fotovoltaické panely. Panely jsou navrženy na jižní stranu střechy. Celkový počet fotovoltaických panelů na jednu bytovou jednotku je 6 ks (celkem tedy 12 ks na RD). Předpokládaná účinnost panelů byla stanovena na 14 %. Do výpočtu byl zadán způsob využití elektřiny z panelů na pomocné energie a větrání, osvětlení a v poslední řadě na vytápění objektu.

Sestava elektrokotle se zásobníkem TUV (120 l) + fotovoltaika:

- Primární energie z neobnov. zdrojů za rok:	24,57 MWh
- Měrná primární energie z neobnov. zdrojů E,pN,A:	153 kWh/(m ² a)
- Emise CO ₂ za rok:	9,5 t/a
- Klasifikační třída PENB (prim. energie z neobnov. zdrojů):	D



6.2.4 Varianta C

V poslední variantě vytápění jsou navrženy nástěnné elektrické přímotopy pod každým oknem. Koupelna bude vytápěna trubkovým otopným radiátorem s elektrickým topným tělesem s integrovaným regulátorem teploty. Pro přípravu teplé vody je v koupelně umístěn samostatný elektrický ohříváč vody, podobně jako ve variantě B.

Přímotopy + el. ohříváč TUV (120 l) + fotovoltaika:

- Primární energie z neobnov. zdrojů za rok:	20,58 MWh
- Měrná primární energie z neobnov. zdrojů E,pN,A:	128 kWh/(m ² a)
- Emise CO ₂ za rok:	8,01 t/a
- Klasifikační třída PENB (prim. energie z neobnov. zdrojů):	C

6.2.5 Vyhodnocení

Všechny uvedené varianty zdroje vytápění a přípravy teplé vody jsou při hodnocení dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. – §6, odst. 2b pro předmětný rodinný dům použitelné. Nejlepší variantou z hlediska primární energie z neobnovitelných zdrojů a emisí CO₂ je kondenzační plynový kotel. V případě využití elektřiny jako energonositele jsou tyto hodnoty několikanásobně vyšší, což je způsobeno jejím vysokým konverzním faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie (v současné době). Situaci lze zlepšit instalací fotovoltaických panelů na střechu objektu, to ale prodraží investici. Nejjednodušší na instalaci a provedení je přímotopné elektrické vytápění. V tomto případě není nutný rozvod teplovodní otopné soustavy po dispozici objektu jako v ostatních variantách, a proto je instalace spojena s nižší finanční zátěží. Kombinace elektrických přímotopů společně s fotovoltaickými panely se jeví jako rozumný kompromis v náročnosti na provedení a primární energií z neobnovitelných zdrojů.

7. Průkazy energetické náročnosti budovy

Pro finálně vybrané varianty vnějšího a vnitřního zateplení rodinného domu byla stanovena jejich energetická náročnost. Pomocí průkazů energetické náročnosti tak lze porovnat stávající stav budovy (viz kapitola 2.6) s navrženými opatřeními podle současných legislativních požadavků. Výpočet dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. – §6, odst. 2b.



7.1 Vnější zateplení

7.1.1 Vstupní data

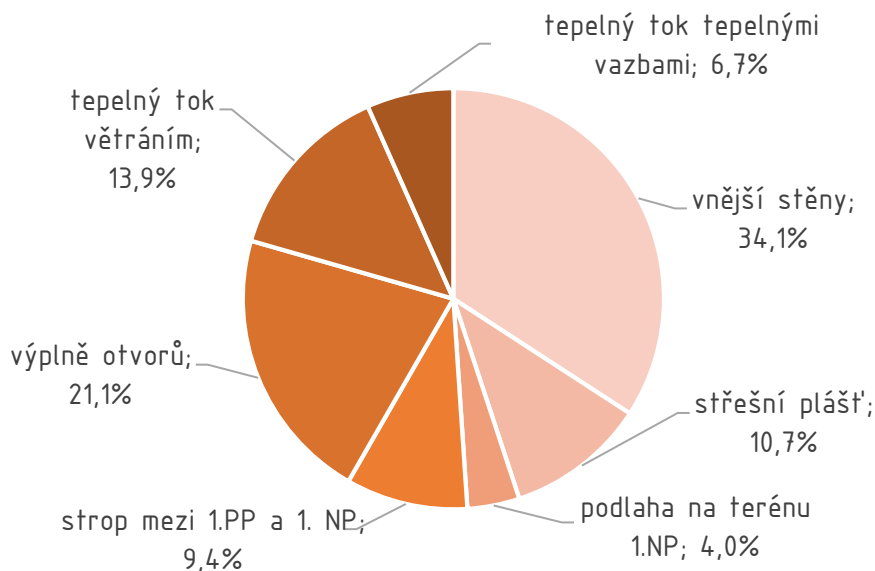
Část A / Část B (hodnoty pro jednu zónu):

- Návrhová venkovní teplota v zimě:	$T_e = -15 \text{ °C}$ (lokalita Zlín)
- Návrhová vnitřní teplota:	$T_i = 20 \text{ °C}$ (RD – obytné prostory)
- Uvažovaný typ větrání:	Nucené se ZZT 80 %
- Intenzita větrání:	$0,3 \text{ h}^{-1}$
- Energeticky vztažná plocha:	$85,92 \text{ m}^2$
- Podlahová plocha (z vnitřních rozměrů):	$63,62 \text{ m}^2$
- Tepelné vazby zohledněny přírážkou:	$0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Intenzita výměny při rozdílu 50 Pa:	1 h^{-1}

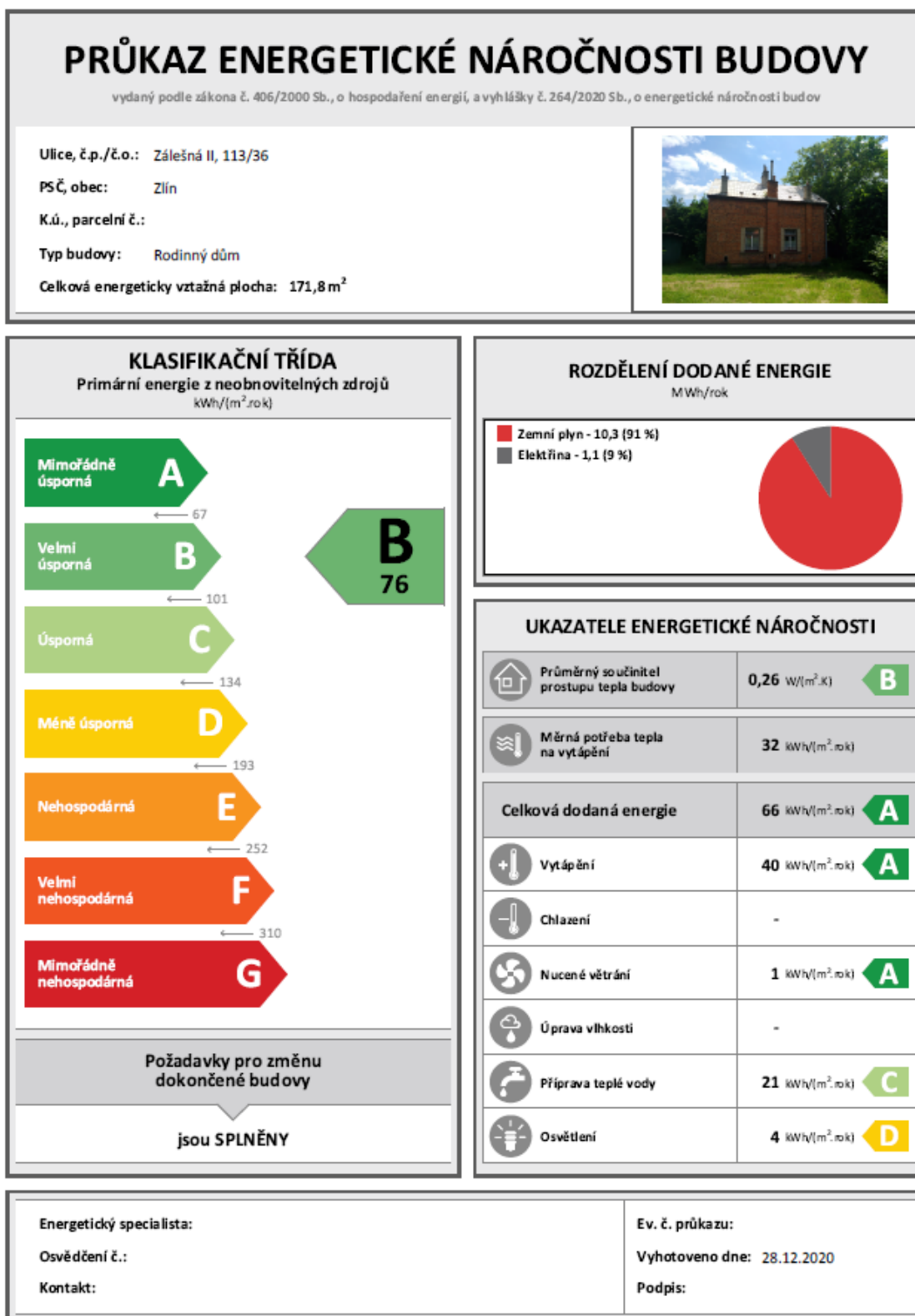
7.1.2 Výsledky

- Klasifikační třída:	B – velmi úsporná
- Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} :	$0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Měrná potřeba tepla na vytápění:	$32 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$
- Měrná roční dodaná energie EP,A:	$66 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$
- Potřeba tepla na vytápění za rok $Q_{H,nd}$:	$5,533 \text{ MWh}$
- Faktor tvaru budovy A/V :	$0,64 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Měrný tepelný tok prostupem H_t :	$85,23 \text{ W/K}$
- Měrný tepelný tok větráním H_v :	$13,87 \text{ W/K}$

Rozložení ročních tepelných toků [%]



Obrázek 76 – Rozložení tepelných toků – Vnější zateplení



Obrázek 77 – Grafické znázornění PENB – Vnější zateplení

Kompletní průkaz energetické náročnosti návrhového stavu vnějšího zateplení viz Příloha č. 2.



7.2 Vnitřní zateplení

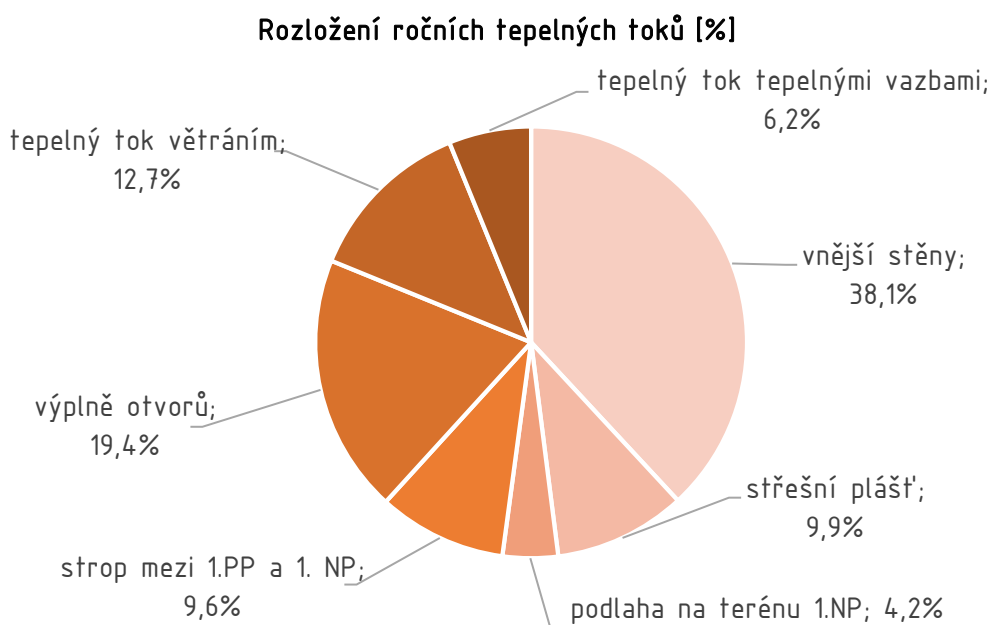
7.2.1 Vstupní data

Část A / Část B (hodnoty pro jednu zónu):

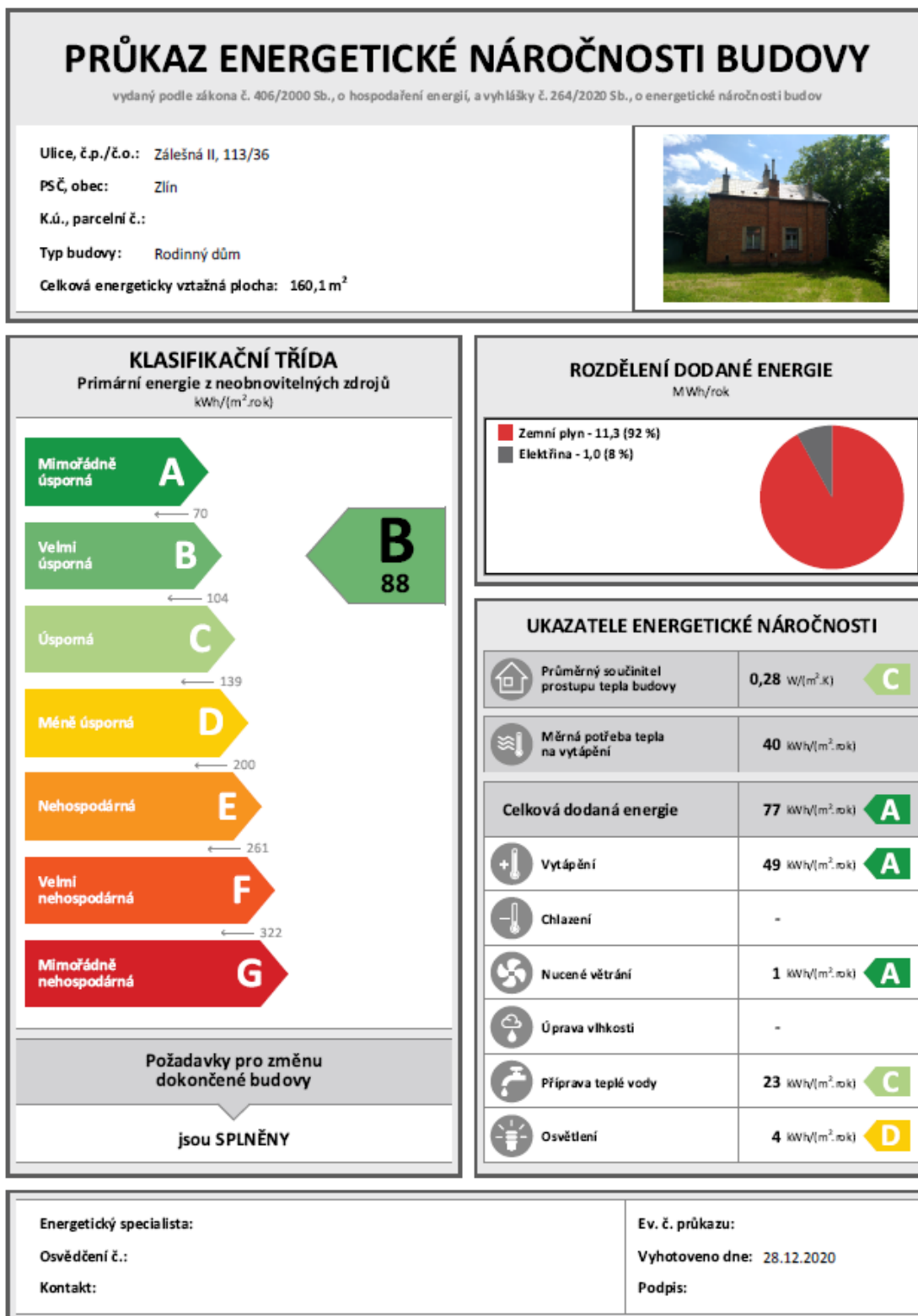
- Návrhová venkovní teplota v zimě: $T_e = -15 \text{ °C}$ (lokality Zlín)
- Návrhová vnitřní teplota: $T_i = 20 \text{ °C}$ (RD – obytné prostory)
- Uvažovaný typ větrání: Nucené se ZZT 80 %
- Intenzita větrání: $0,3 \text{ h}^{-1}$
- Energeticky vztažná plocha: $80,06 \text{ m}^2$
- Podlahová plocha (z vnitřních rozměrů): $60,69 \text{ m}^2$
- Tepelné vazby zohledněny přírážkou: $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Intenzita výměny při rozdílu 50 Pa: 1 h^{-1}

7.2.2 Výsledky

- Klasifikační třída: **B – velmi úsporná**
- Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} : **0,28 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$**
- Měrná potřeba tepla na vytápění: **40 $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$**
- Měrná roční dodaná energie EP,A: **77 $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$**
- Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: **6,357 MWh**
- Faktor tvaru budovy A/V: **0,65 m^2/m^3**
- Měrný tepelný tok prostupem Ht: **94,07 W/K**
- Měrný tepelný tok větráním Hv: **13,62 W/K**



Obrázek 78 – Rozložení tepelných toků – Vnitřní zateplení



Obrázek 79 – Grafické znázornění PENB – Vnitřní zateplení

Kompletní průkaz energetické náročnosti návrhového stavu vnějšího zateplení viz Příloha č. 2.



8. Závěrečné porovnání variant zateplení

V následující tabulce jsou shrnuty výhody a nevýhody vnitřního, respektive vnějšího zateplení obvodových stěn. Srovnávací kategorie se týkají jednak obecného návrhu zateplení a jednak zateplení pro konkrétní typový rodinný dům ve Zlíně. Pro porovnatelnost variant bylo nastaveno bodové ohodnocení pro jednotlivé kategorie:

Špatně – 1 bod

Středně dobře – 2 body

Dobře – 3 body

V závěru tabulky jsou pak tyto body sečteny. Kategorie jsou obodovány podle předpokladu, že se jedná o rekonstruovaný objekt a ne novostavbu.

Tabulka 26 – Bodové ohodnocení kritérií

KATEGORIE	BODOVÉ OHODNOCENÍ	
	VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	VNITŘNÍ ZATEPLENÍ
zachování původního charakteristického vzhledu objektu („genius loci“)	1	3
omezení vnitřního prostoru	3	1
náročnost návrhu	2	1
bezpečnost detailů z hlediska vlhkosti a povrchové teploty konstrukcí	2	1
náročnost na realizaci a kvalitu provedení	3	2
zkušenost firem s realizací skladby	3	1
úspora energie na vytápění vs. náročnost na projekční a realizační souvislosti	3	1
riziko vzniku kondenzace vodních par ve skladbě	2	1
navyšování interiérové teploty v létě (letní tepelná stabilita místností, omezení teplotní akumulace zdiva)	2	1
rychlost vyhřátí interiéru (díky omezení teplotní akumulace stěn)	1	3
rychlost vychladnutí interiéru (díky omezení teplotní akumulace stěn)	3	1
omezení tepelných mostů nebo jejich další vznik	3	1
možnost zateplit pouze jednu bytovou jednotku (není třeba aby se obyvatelé obou b.j. shodli na realizaci zateplení)	1	3
omezení užívání objektu (při předpokladu zateplení pouze obvod. stěn)	3	1
závislost na klimatických podmínkách	1	3
finanční náklady na realizaci	1	2
SUMA BODŮ	34	26



Dle součtu bodů se zdá jako rozumnější řešení zateplit rodinný dům klasicky z exteriérové strany. Kategorie jsou ovšem vyhodnoceny subjektivně, dle mého osobního názoru. Někdo může vnímat jako hlavní kategorii hodnocení zachování původního vzhledu Baťovských domků tak, aby nebyl narušen „duch místa“ a někdo další může mít jako hlavní požadavek zaručenou bezpečnost fungování navrženého opatření a úsporu energie na vytápění.

Největší nevýhodou vnitřního zateplení je zmenšení vnitřního prostoru, který je už ve stávajícím stavu dost stísněný. Mezi další významné nevýhody této varianty určitě patří vysoká náročnost na kvalitu realizace. U navržené skladby je nutné důsledné provedení parotěsné vrstvy a její napojení na ostatní konstrukce. Nevýhodou této skladby s parotěsnicí fólií je její porušení při jakémkoliv vrtání do stěny. Například v případě upevnění nábytku nebo obrazu na stěnu. Tento problém lze vyřešit navržením skladby s kalciumsilikátovou tepelnou izolací, která umožňuje výpar zkondenzované vody zpět do místnosti a skladba neobsahuje parotěsnicí vrstvu. Při použití tohoto materiálu je ale nutný výrazně náročnější tepelně vlhkostní výpočet a kalciumsilikát má také vyšší součinitel tepelné vodivosti, což znamená vyšší tepelné ztráty než v případě navržené fenolické pěny. Vnitřní zateplení je u nás méně běžné a méně navrhované než klasické zateplení zvenjšku, a proto s ním mají realizační firmy méně zkušeností, což navyšuje riziko nesprávného provedení. U zateplení z vnitřní strany stěny je také více problematické napojení výplní otvorů na stěny v místě ostění, parapetu a nadpraží. Při zachování původní pozice okna, kvůli nenarušení celkového vzhledu objektu, vycházejí minimální povrchové teploty v blízkosti okna nižší než u zateplení z exteriéru. Nižší povrchové teploty spolu s nižší intenzitou větrání mohou způsobit kondenzaci vodní páry na konstrukcích a v důsledku toho vznik plísní. Dalším faktem interiérové varianty je omezení akumulace cihelných stěn. Snížení teplotní akumulace způsobí nárůst teplot v interiéru v létě, naopak v zimě budou místnosti rychleji chladnout po vypnutí zdroje tepla. Výhodou snížené akumulace je rychlejší vyhřátí objektu v zimním období. Jako další nevýhodu lze uvést vznik tepelných mostů v kolmém styku vnitřních a obvodových stěn, které navýší tepelné ztráty. Tyto mosty jsou částečně odstraněny návrhem lehkých sádrokartonových příček, u kterých ve zmiňovaném styku proběhne vnitřní zateplení souvisle nepřerušeně. U zbylých stěn jsou v místě styku na vnitřní stěně navrženy klíny z tepelné izolace, které únik tepla omezí. Příznivé hodnocení lze variantě vnitřního zateplení udělit u již zmiňovaného zachování celkového vzhledu objektu a nezávislosti na klimatických podmínkách při realizaci. U Baťovských domků, které jsou rozděleny na dva byty, je výhoda možnosti provedení zateplení jedné bytové jednotky bez ohledu na druhou.

Varianta zateplení objektu z venkovní strany je klasické nejčastěji používané řešení. Je jednodušší na návrh i na samotnou realizaci. Provedení venkovního zateplení ztěžuje nutnost obložit tepelnou izolaci cihelnými pásky, což skladbu také prodražuje. V porovnání s vnitřním zateplením, u kterého je jeho tloušťka omezena kvůli co nejmenšímu zmenšování vnitřního prostoru, lze jednodušeji dosáhnout požadovaných vlastností skladby (např. tepelného odporu stěny) i při použití levnějších materiálů s horšími tepelně



vlhkostními vlastnostmi. Díky tomu se může dosáhnout nižší spotřeby energie na vytápění. I v případě kritických detailů styků konstrukcí (např. okno vs. stěna) lze dosáhnout vyšších vnitřních povrchových teplot, což posouvá detaily na bezpečnější úroveň. Nevýhoda změny vzhledu při obalení obvodových stěn izolací nemusí být dle mého názoru až tak výrazná. Při obložení fasády předepsanými cihelnými pásky a dodržení požadavků památkového úřadu nedojde k narušení charakteristického vzhledu Baťovského rodinného domu.

9. Závěr

Cílem této diplomové práce byla celková renovace typického Baťovského rodinného domku ve Zlíně s optimalizací obálky objektu. Záměrem bylo zpracování možných opatření, která přispějí ke snížení potřeby tepla na vytápění, zlepšit tepelnou pohodu v domě a celkový stavebně technický stav domku.

V úvodu práce byl čtenář seznámen se souvislostmi obývání těchto rodinných domků a stručnou historií vývoje jednotlivých typů Baťovského bydlení. Baťovské domky se staly charakteristickým symbolem Zlína a svým počtem zabírají velkou rozlohu území města. První domky se stavěly už v první polovině 19. století a od té doby se nároky na bydlení velmi posunuly. Obyvatelé domů tak začali s jejich přestavbami a přístavbami. Tyto zásahy byly mnohdy dost násilné a zničily tak jedinečný charakter domů a dále pak i celých zlínských čtvrtí. Z tohoto důvodu byly navržené varianty pro zlepšení kvality bydlení navržené v souladu s požadavky památkové péče tak, aby co nejméně měnily vzhled domu.

Jako modelová budova byl použit domek typu 1928 v relativně původním stavu se šikmou střechou, ke kterému byl poskytnuta stavební dokumentace stávajícího stavu. Domek se nachází ve čtvrti Zálešná, která byla vybudována ve 30. letech 20. století. Byly popsány stávající skladby konstrukcí, u kterých byly stanoveny součinitele prostupu tepla. Po zjištění stávajících tepelných vlastností jednotlivých skladeb byla budova vymodelována v programu ENERGIE 2020, kde byl následně vypočítán průkaz energetické náročnosti objektu. Podle předpokladu je domek ve stávajícím stavu velmi nevhodný a řadí se do klasifikační třídy G – mimořádně nevhodná budova. Dále byl pro vyhodnocení stávajícího stavu proveden výpočet letní tepelné stability kritických místností. Zde bylo zjištěno nejvyšší interiérové teploty v místnosti obývacího pokoje ($T_{i,min} = 26,29 \text{ °C}$) a v místnosti ložnice ve 2.NP ($T_{i,min} = 27,27 \text{ °C}$). Jedná se o místnosti s obvodovými stěnami směrem na jih a východ. Dále bylo vybráno několik stávajících detailů, které byly vymodelovány v programu AREA. Nepřekvapivě bylo zjištěno nevyhovující stav z hlediska vnitřních povrchových teplot u všech zkoumaných detailů. Při návštěvě domku byly nafoceny různé poruchy na domě a dle výsledků z tepelně vlhkostního posouzení detailů jim byly přiděleny možné příčiny.

Po vyhodnocení stávajícího stavu se práce zabývala návrhem energeticky efektivních opatření. Návrh byl rozdělen na variantu zateplení objektu z vnější strany a na variantu



zateplení z vnitřní strany. U vnějšího zateplení bylo v programu ENERGIE vyhodnoceno několik variant zateplení. Byl zkoumán vliv vytápěného, respektive nevytápěného suterénu a byly nastaveny 3 stupně zateplení objektu – ($U=U_{rec,20}$), ($U<U_{rec,20}$) a ($U\ll U_{rec,20}$). U těchto variant byla vždy vypočtena potřeba tepla na vytápění za rok, měrná potřeba tepla na vytápění za rok a průměrný součinitel prostupu tepla. Na základě porovnání výsledků a faktu, že je zateplení suterénu velmi náročné, byla navržena renovace objektu bez zateplování podzemní části. Dále bylo přistoupeno k návrhu skladeb, které svými vlastnostmi odpovídají zvoleným stupňům součinitelů prostupu tepla. Byly navrženy skladby s tepelnými izolacemi z různých materiálů, jedná se o skladby obvodové stěny, střešního pláště a podlahy na terénu. Podle výsledků úspory energie na vytápění a dle vhodnosti a ceně navržených variant skladeb, byla zvolena nejlepší varianta pro zateplení domku. Jedná se o variantu skladeb navržených dle druhého stupně součinitelů prostupu tepla. Při zateplení objektu z vnější strany se tak sníží roční náklady na vytápění zhruba z 50 000 Kč na 7 700 Kč. U varianty vnitřního zateplení byly navrženy 3 různé skladby obvodové stěny a z nich byla vybrána jako nejvhodnější varianta s tepelnou izolací z desek fenolické pěny.

Další kapitola se zabývala technickým řešením vybraných variant. Pro vnější zateplení stěn byl zvolen polystyren s grafitem v tloušťce 140 mm a pro zateplení z vnitřní strany desky z fenolické pěny o tloušťce 70 mm. Do podlahy na terénu byla v případě venkovního zateplení navržena tepelná izolace ze šterku z pěnového skla v tl. 380 mm a pro duhou variantu izolace z grafitového polystyrenu v tl. 140 mm. V obou variantách byl kompletně nahrazen stávající střešní plášť za nový včetně krovu, ve kterém je použita izolace z minerální vaty mezi krokvemi doplněná deskami z fenolické pěny umístěnými do podhledu střechy. S nově navrženými skladbami byly vypracovány detaily styků konstrukcí, které byly vyhodnoceny na minimální vnitřní povrchové teploty a riziko kondenzace vodní páry, podobně jako ve stávajícím stavu. Zde bylo zjištěno, že u varianty zateplení zvenjšku je jednodušší dosažení vyšších povrchových teplot než v případě zateplení zevnitř. I přes to všechny navržené detaily vyhovují normovým požadavkům.

Pro porovnání se stávajícím stavem byla i v návrhových variantách vyhodnocena letní tepelná stabilita místností. Byl zkoumán vliv stínění oken a byly navrženy opatření, pomocí kterých se sníží vnitřní teplota na únosnou mez. U vnějšího zateplení pro snížení vnitřní teploty postačí instalace venkovních žaluzií, zatímco o vnitřního zateplení je potřeba umístit klimatizační jednotku.

Dále se práce věnuje návrhu vzduchotechnického systému a otopné soustavy. Vzduchotechnická jednotka je umístěna v místnosti zádveří, kde je zavěšena mezi stropními trámy, skrytě v podhledu. Rozvod vzduchu po objektu je zajištěn pozinkovaným kruhovým a čtyřhranným potrubím zavěšeným pod stropem. Pro zdroj tepla a ohřev teplé vody bylo vyhodnoceno několik variant, plynový kotel, elektrokotel a elektrické přímotopy s elektrickým ohřívačem TUV.



V závěru práce byly vypočteny průkazy energetické náročnosti budovy pro obě varianty, které ukazují, že po provedení navržených opatření lze dosáhnout snížení klasifikačního stupně G na stupeň B – velmi úsporná budova.



10. Zdroje

Literatura a ostatní zdroje

- [1] VACKOVÁ, Barbora, Klára ELIÁŠOVÁ, Markéta REUSS BŘEZOVSKÁ a Jitka RESSOVÁ, 2017. *Baťovský domek: mizející prvky zlínské architektury*. 1. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-8667-8.
- [2] Osobní návštěva Infopointu Baťovského bydlení ve Zlíně, prohlídka komentovaná paní Ing. Arch. Jitkou Ressorovou Ph. D
- [3] *Hlavní zásady památkové péče pro typové rodinné domky na zemi Městské památkové zóny Zlín*, 2018. In: . Zlín: Odbor kultury a památkové péče Magistrátu města Zlína. Dostupné také z: <https://www.zlin.eu/clanky/dokumenty/2565/175d8vl0jr4i-hlavni-zasady-pp-pro-typove-rodinne-domky-na-uzemi-mpz-zlin.pdf>
- [4] Příspěvatelé Wikipedie, *Baťa* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2020, Datum poslední revize 8. 08. 2020, 21:35 UTC, [citováno 25. 09. 2020] <<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Ba%C5%A5a&oldid=18909300>>
- [5] Průkaz energetické náročnosti budov, 2014. *MPO* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, © Copyright 2005 – 2020 MPO [cit. 2020-10-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/prukaz-energeticke-narocnosti-budov/prukaz-energeticke-narocnosti-budov--119528/>
- [6] ČSN 73 0540-2, 2011. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. 1. Praha: ČNI.
- [7] ČSN 73 0540-3, 2005. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 1. Praha: ČNI.
- [8] Tepelná stabilita v letním období, 2015. *Stavebnikomunita.cz* [online]. Bratislava: DEKTRADE [cit. 2020-10-08]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/tepeln-stabilita-v-letn-m-obdob>
- [9] SVOBODA, Zbyněk, aktualizace 2020. *Okrajové podmínky pro tepelně technické výpočty* [online]. Praha [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=216>. Studijní materiály. FSv ČVUT v Praze. Zdroj informací: Z. Svoboda a citované dokumenty.
- [10] WITZANY, Jiří, Tomáš ČEJKA, Richard WASSERBAUER a Radek ZIGLER, 2010. *PDR – poruchy, degradace a rekonstrukce*. 1. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [11] *Sanace-zdiva.cz: Podřezání zdiva řetězovou pilou* [online], c2020. Přerov: Ing. Josef Kolář – PRINS [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.sanace-zdiva.cz/podrezavani-zdiva-retezovou-pilou>



- [12] *Vyhláška o energetické náročnosti budov*, 2020. In: . Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, ročník 2020, 264/2020 Sb.
- [13] Výkresová dokumentace stávajícího stavu objektu poskytnutá ateliérem ellement architects s.r.o., autoři dokumentace: BcA. Michal Babic, ing.arch. Jitka Ressorová Ph.D.
- [14] HAZUCHA, Juraj, 2016. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu*. 1. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4551-0.

Technické listy:

- [15] *Produktový katalog Kingspan Group* © [online]. In: . [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolace/ke-stazeni>
- [16] *Zavěšené podhledy Knauf – technický list* [online]. In: . 2020 Knauf Praha spol. s r.o. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.knauf.cz/d11-zavesene-podhledy-knauf-d11-cz>
- [17] *LindabSeamline – Montážní návod: Falcovaná krytina PLX* [online]. In: . © Lindab 2020 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.lindab.com/cz/pro/products/Pages/Standing-Seam-Roofing.aspx>
- [18] Solid comfort: Dřevěná okna nové generace. In: ©2020 *Slavona.cz* [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.slavona.cz/eurookna/#specifikace>
- [19] Systém s cihelným nebo keramickým obkladem Cemixtherm, © 2017 – 2020. In: *Cemix.cz* [online]. Borovany: LB Cemix [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.cemix.cz/systemy/system-s-crihelnym-nebo-keramickym-obkladem1>
- [20] Technický list ISOVER EPS Greywall. In: *isover.cz* [online]. Saint-Gobain Construction Products CZ [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-greywall>
- [21] Technický list výrobku FOAMGLAS® T3+. In: *Foamglas.com* [online]. Owens Corning FOAMGLAS® [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.foamglas.com/cs-cz/vyroby/fqbt3slabs>
- [22] Tepelněizolační desky Multipor. In: *Ytong.cz* [online]. Copyright © Xella Group [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/tepelnizolacni-desky-ytong-multipor.php>
- [23] ISOVER Unirol Profi. In: *isover.cz* [online]. Saint-Gobain Construction Products CZ [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-unirol-profi>
- [24] Fermacell Podlahové systémy: Plánování a zpracování. In: *Fermacell.cz* [online]. © 2020 James Hardie Europe [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/cz/podlahy>



[25] ISOVER EPS Sokl 3000. In: *isover.cz* [online]. Saint-Gobain Construction Products CZ a.s [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-sokl-3000>

Programy:

Graphisoft: ArchiCAD 21 (studentská verze)

Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software

Energie 2020, (c) 2020 Svoboda Software

Simulace 2018, (c) 2018 Svoboda Software

Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Meshgen Area 2018

Microsoft Office: Excel, Word