



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

**Ověření technologie dodatečného zateplování
plochých dvouplášťových střech**

**The verification of additional insulation technology of
cold deck flat roof**

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

Bc. Jan Novák

Praha 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Novák Jméno: Jan Osobní číslo: 396658
Zadávací katedra: K124- Konstrukce pozemních staveb
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Ověření technologie dodatečného zateplování dvouplášťových plochých střech
Název diplomové práce anglicky: The verification of additional insulation technology of cold deck flat roofs
Pokyny pro vypracování:
Popis problematiky dodatečného zateplení dvouplášťové ploché střechy.
Vyhodnocení dat z in-situ měření.
Tepelně technické posouzení detailů.
Výpočet tepelné ztráty střechou přes otopné období se započtením vlivu systematických tepelných mostů.
Závěr a vyhodnocení.
Seznam doporučené literatury:
Ploché střechy (Hanzalová Šilarová), Ploché střechy (Chaloupka, Svoboda), Stavební ročenka 1986.
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

3.10.2016
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Čestné prohlášení

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

Dále prohlašuji, že se odevzdaná elektronická verze se shoduje s verzí tištěnou.

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

.....
Podpis

V Praze dne 8.1.2017

Bc. Jan Novák

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Kamilu Staňkovi Ph.D. za velikou ochotu, trpělivost a cenné profesionální rady. Děkuji svým rodičům, kteří mě vždy plně podporovali za dobré rodinné zázemí. Děkuji také trpělivé přítelkyni a všem přátelům za podporu. Dále děkuji všem středoškolským a vysokoškolským pedagogům za předané vědomosti a zkušenosti.

Děkuji společnosti Ciur a.s. za sjednané návštěvy střech a všem zástupcům prováděcích firem a projektantům za předané cenné informace.

Tato práce vznikla s podporou projektu Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (OP VaVpI č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091).

Abstrakt

V současné době vlivem vyšších energetických nároků na budovy je nutné zateplovat panelové domy. Velká část panelových objektů má dvouplášťovou plochou střechu. Zde existuje několik možných variant jejich zateplení, z nichž každá má své výhody i nevýhody. V této práci je řešena metoda dodatečného zateplení suchou aplikací foukané celulózové tepelné izolace Climatizer Plus. V rámci in-situ měření byly navštíveny již dodatečně zateplené střechy. Během těchto měření byly odebrány vzorky a zhodnocen celkový stav střechy. Dále byly posouzeny typické detaily, pro které byly vytvořeny plošné a prostorové modely. Pro plošné a prostorové modely byly předpokládány různé stavy zateplení a formy druhu horního pláště. U plošných a prostorových modelů byly stanoveny liniové a bodové činitele prostupu tepla. Na základě jejich hodnot byly vypočteny potřeby tepla různých variant zastřešení přes otopné období. Nakonec byly tyto potřeby porovnány a stanovena doporučení.

Klíčová slova

Dvouplášťová plochá střecha, panelové objekty, tepelně vlhkostní chování, dodatečné zateplení,

Abstract

Currently, due to higher energy requirements of the building must be insulated slab block residential buildings. A large part of slab block residential buildings have cold deck flat roof. There are several possible variants of insulation, each of which has its advantages and disadvantages. In this thesis the solution by additional insulation dry applications blown cellulose insulation Climatizer Plus. The in-situ measurements were visited additionally insulated roofs. During these measurements were sampled and assessed the overall condition of the roof. Further details were considered typical for which they were created surface and spatial models. For surface and spatial models were assumed various states of thermal insulation and type of the upper mantle. For flat and spatial models were determined by line and point thermal transmittance. On the basis of their values were calculated heat demand of different variants of the roofing over the heating season. Finally, those heat demands are compared and set recommendations.

Key words

Cold deck flat roof, slab block residential building, hygrothermal behaviour, additional insulation,

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
1 ÚVOD	9
1.1 CÍL PRÁCE.....	9
1.2 DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY	9
1.3 ÚVOD DO PROBLEMATIKY DODATEČNÉHO ZATEPLENÍ DVOUPLÁŠŤOVÝCH STŘECH.....	14
1.4 TEPELNÁ IZOLACE CLIMATIZER PLUS	18
1.5 KONSTRUKČNÍ VARIANTY DVOUPLÁŠŤOVÝCH STŘECH.....	20
1.6 NORMOVÉ POŽADAVKY NA DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	23
1.6.1 Normové požadavky na dvouplášťové ploché střechy.....	23
1.6.2 Přehled vývoje tepelně-technických požadavků na vybrané obalové konstrukce.....	24
2 PRAKTICKÁ ČÁST	27
2.1 MĚŘENÍ IN-SITU	27
2.1.1 Bytový dům Litoměřice.....	27
2.1.2 Bytový dům Hejnice.....	34
2.1.3 Pavilón základní školy Plzeň-jídelna	40
2.1.4 Pavilón základní školy Plzeň-tělocvična	46
3 VÝPOČTOVÁ ČÁST	53
3.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY A OKRAJOVÉ PODMÍNKY VÝPOČTU	55
3.2 STŘECHA S ŽELEZOBETONOVÝM HORNÍM PLÁŠTĚM-PŮVODNÍ STAV	56
3.2.1 Plošné konstrukce	56
3.2.2 Prostorové posouzení typických detailů.....	65
3.2.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla	90
3.2.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období.....	91
3.3 STŘECHA S ŽELEZOBETONOVÝM HORNÍM PLÁŠTĚM-NOVÝ STAV.....	93
3.3.1 Plošné konstrukce	93
3.3.2 Prostorové detaily	107
3.3.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla	132
3.3.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období.....	133
3.4 STŘECHA S ŽELEZOBETONOVÝM HORNÍM PLÁŠTĚM-ZATEPLENA POUZE STŘECHA	135
3.4.1 Prostorové detaily.....	135
3.4.2 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla	148
3.4.3 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období.....	148
3.5 STŘECHA S DŘEVĚNÝM HORNÍM PLÁŠTĚM-PŮVODNÍ STAV	150
3.5.1 Plošné konstrukce	151
3.5.2 Prostorové detaily	152
3.5.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla	159
3.5.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období.....	160
3.6 STŘECHA S DŘEVĚNÝM HORNÍM PLÁŠTĚM- NOVÝ STAV	162
3.6.1 Plošné konstrukce	162
3.6.2 Prostorové detaily.....	164
3.6.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla	167
3.6.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období.....	167
4 DISKUZE A VYHODNOCENÍ	170
4.1 PLOŠNÉ KONSTRUKCE.....	170
4.2 PROSTOROVÉ DETAILS.....	172
4.3 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PŘES OTOPNÉ OBDOBÍ.....	174
ZÁVĚR	177
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	179
SEZNAM OBRÁZKŮ	181
SEZNAM TABULEK	184
SEZNAM GRAFŮ	184
SEZNAM PŘÍLOH	186

Seznam symbolů a zkratk

ŽB PS- varianta s horním železobetonovým pláštěm- původním stavu

ŽB NS- varianta s horním železobetonovým pláštěm- nový stav (zateplen spodní plášť i fasáda)

ŽB S- varianta s horním železobetonovým pláštěm- zateplen pouze spodní plášť

D PS- varianta s dřevěným horním pláštěm- původní stav

D NS- varianta s dřevěným horním pláštěm- nový stav (zateplen spodní plášť i fasáda)

f_r -Teplotní faktor [-]

T-Teplota povrchu [$^{\circ}\text{C}$]

R- Tepelný odpor [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]

U- Součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]

s_d - Ekvivalentní difúzní tloušťka [m]

λ - Součinitel tepelní vodivosti [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]

ρ - Objemová hmotnost [kg/m^3]

C- Měrná tepelná kapacita [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$]

μ - Faktor difúzního odporu [-]

θ - Teplota prostředí [$^{\circ}\text{C}$]

φ - Relativní vlhkost prostředí [%]

1 Úvod

1.1 Cíl práce

Dvouplášťové střechy patří mezi velmi časté konstrukce, které se nezdávkou vyskytují při rekonstrukcích. V České republice nachází bezmála 200 tisíc panelových objektů [19], z nichž u podstatné části byl při výstavbě zvolena konstrukce zastřešení jako dvouplášťová s provětrávanou dutinou. Avšak tehdejší míra zateplení již zcela nevyhovuje dnešním náročným požadavkům. Proto jsou dnes při celkových rekonstrukcích objektů střechy dodatečně zateplovány. Tato práce má za cíl ověřit technologii dodatečného zateplení pomocí aplikace foukaného celulózového izolantu do provětrávané dutiny. Při návštěvách střech byly odebrány vzorky a zhodnocen celkový stav střech, u kterých bylo zateplení realizováno již před několika lety. V teoretické části budou potenciálně problémové detaily ověřeny plošnými a prostorovými modely. Na jejich základě budou stanoveny liniové a bodové činitele prostupu tepla. Dále bude hodnoceno, zda zdanění v provětrávané dutině během roku překročena maximální hodnota relativní vlhkosti. Další oblastí práce bude porovnání potřeb tepla jednotlivých variant dle stavu a materiálového řešení horního pláště dvouplášťové střechy.

1.2 Dvouplášťové střechy

- Historie použití

Dvouplášťové střechy patří mezi často užívané konstrukce, a ne jinak tomu bylo i v minulosti. Prvopočátky jejich použití sahají již do 50. let s příchodem panelových objektů typu G40 a G57. Avšak v 60. letech se dostaly do pozadí, jelikož byly upřednostňovány střechy jednoplášťové. Nejvíce dvouplášťových střech, na které je dnes možné narazit, byly zrealizovány až v letech 70. a 80. To je způsobeno snahou o odstranění typických závad a problémů střech jednoplášťových [3]. Dalším důvodem bylo, že pěnový polystyren byl v tomto období deficitní materiál [3]. Později byly dvouplášťové střechy využívány taktéž velmi často a i dnes se lze s nimi v určité míře setkat při realizaci nových objektů.



Obrázek 1.2-1: Panelový objekt typu VVÚ-ETA s viditelnými větracími otvory v oblasti atikových panelů

- **Výhody:**

- relativně bezpečná a spolehlivá střešní konstrukce i pro budovy s vnitřním prostředím s vysokou relativní vlhkostí
- obvykle suchá a tudíž rychlá montáž technologicky nezávislá na ročním období
- v případě zabudované vlhkosti či zatečení dobré regenerační vlastnosti
- skladba dvouplášťové střechy lépe zvládá kolísání teplot v létě

- **Nevýhody:**

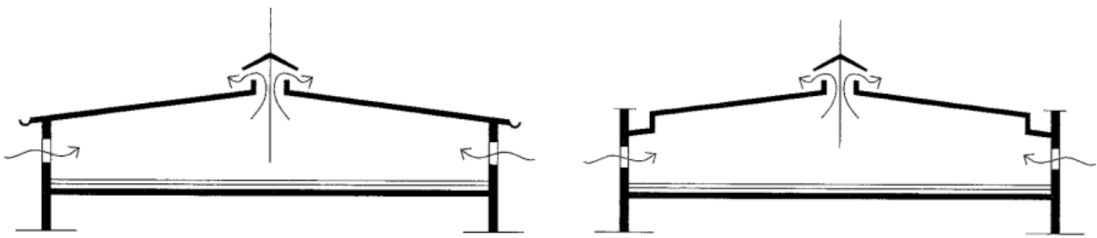
- dvouplášťová střecha je velmi často technicky i investičně náročnější než jednoplášťová varianta
- hydroizolační souvrství je více namáháno vnějšími vlivy
- vyšší výška atiky, jenž má vliv na vzhled budovy [1]

Dá se říci, že byly vždy považovány za velmi spolehlivou variantu zastřešení. U správně navržených dvouplášťových střech nedocházelo ke kondenzaci. Další jejich velkou výhodou bylo, že provětrávaná vzduchová mezera odváděla vlhkost, která se mohla vyskytnout při zatečení nebo již jako zabudovaná při realizaci střechy. [2]

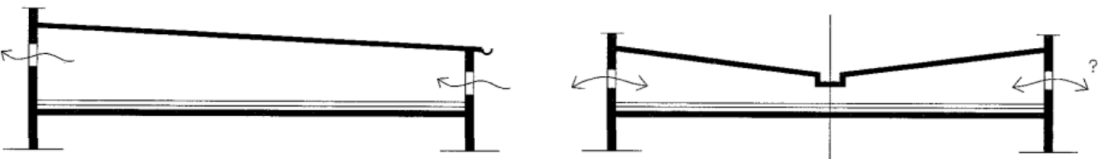
Skladba dvouplášťové střechy by se dala rozdělit na tyto hlavní části:

- Horní plášť

Jeho hlavní náplní je hydroizolační funkce. Z tohoto důvodu je vždy ve sklonu. Minimální sklon je 1°. Tvar horního pláště dvouplášťové střechy velmi ovlivňuje nejen způsob jejího odvodnění, ale i správné provětrání její vzduchové vrstvy. Nosná konstrukce je téměř vždy prefabrikovaná. Jako materiál je použito dřevo, prefabrikované betonové prvky či keramické panely. Původní hydroizolační souvrství bylo u panelových objektů téměř výhradně tvořeno asfaltovými pásy s ochranným nátěrem. [1]



Obrázek 1.2-2: Sedlový tvar, varianta s podokapovými žlaby a se zaatikovými žlaby [2]

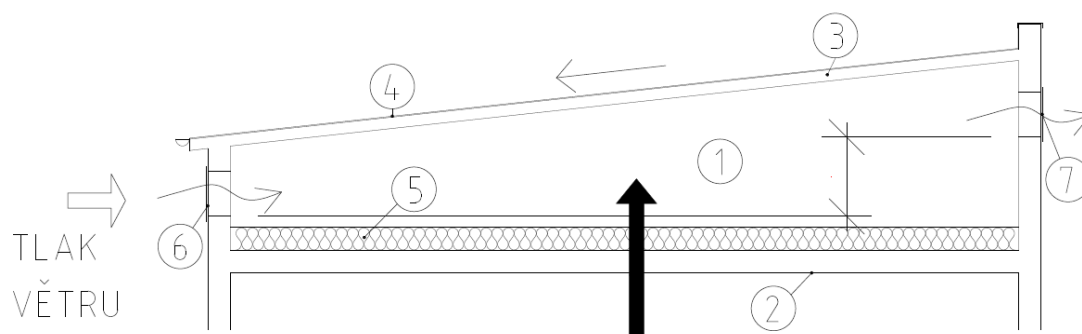


Obrázek 1.2-3: pultový a tzv. motýlkový tvar s mezistřešním žlabem [2]

Z výše uvedených tvarů horního pláště se nejvíce problémový jeví tzv. motýlkový tvar. V prostoru mezistřešního žlabu může po dodatečném zafoukání tepelného izolantu dojít k vyplnění vzduchové mezery. V takovém případě nemůže docházet k dostatečnému provětrávání vzduchové mezery. Tyto problémy mohou být již před dodatečným zateplením chybou špatného návrhu, kdy tloušťka vzduchové mezery není dostatečná. [2]

- Vzduchová mezera

Vzduchová mezera slouží k proudění vzduchu mezi přiváděcími a odváděcími otvory. Tímto způsobem odvádí vodní páru, která proniká z interiéru a mohla by způsobit kondenzaci na spodním povrchu horního pláště. Pohyb vzduchu v dutině je zajištěn dvěma způsoby. Prvním z nich je tlak větru na návětrné straně střechy a sáním větru na závětrné straně střechy. Druhým je rozdíl teplot vzduchu u přiváděcího a odváděcího větracího otvoru.



Obrázek 1.2-4: Schéma dvouplášťové střechy [1]

1-Provětrávaná vzduchová dutina, 2-spodní plášť, 3-Horní plášť, 4-hydroizolace, 5-tepelná izolace, 6-přiváděcí větrací otvory, 7- odváděcí větrací otvory

Interiér v zimě:

Teplota: 21°C

Relativní vlhkost: 50%

Částečný tlak vodní páry: 1242,5 Pa

Exteriér v zimě:

Teplota: -15°C

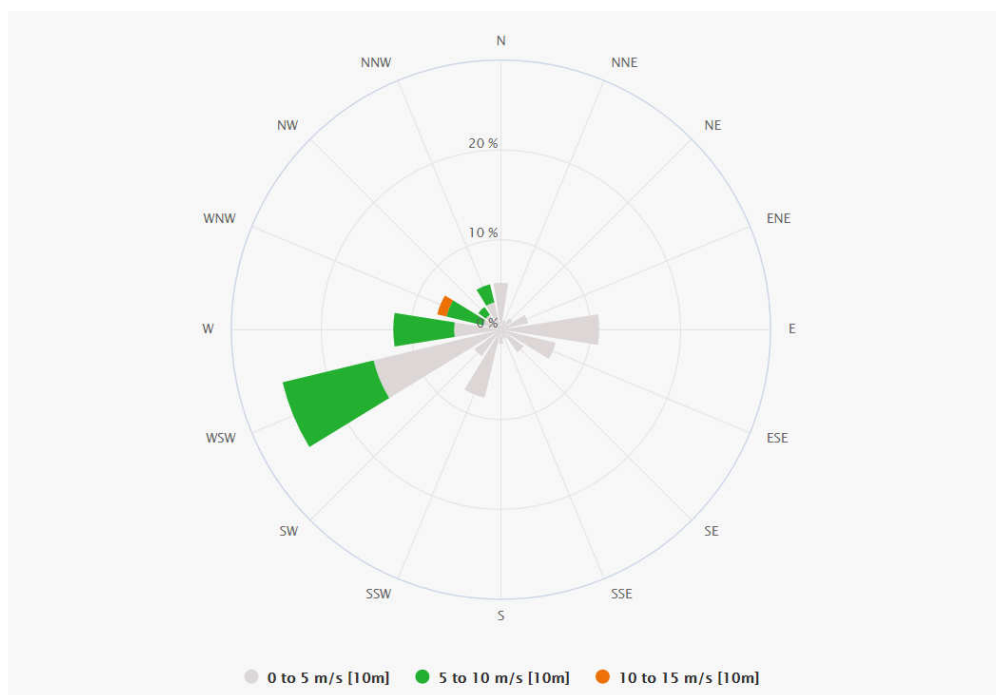
Relativní vlhkost: 84%

Částečný tlak vodní páry: 138,6 Pa

Rozdíl částečných tlaků vodní páry mezi interiérem a exteriérem(dutinou) činí 1103,9 Pa. Na základě toho proniká vlhkost difuzí přes spodní plášť z interiéru do prostoru provětrávané dutiny. Rozdíl mezi teplotou v interiéru a exteriéru je 35°C. Vzduch se proto postupně v dutině ohřívá. Na konci dutiny bývá ohřátý vzduch již často maximálně nasycen vlhkostí. Vzniká tak riziko kondenzace vlhkosti spodního povrchu horního pláště. Tomu se dá předejít zateplením horního pláště a tudíž zvýšením teploty spodního povrchu horního pláště nad teplotu rosného bodu. Toto opatření také zabraňuje nočnímu podchlazování horního pláště vlivem výměny tepla sáláním mezi horním pláštěm a oblohou. Při tomto

jevu je povrch horního pláště podchlazen pod teplotu rosného bodu. Dochází k vysrážení vlhkosti ve formě rosy nebo jinovatky na spodním povrchu horního pláště. Při růstu teploty dojde k roztátí jinovatky a možnému zatečení do interiéru.[2]

Dalšími důležitými vlivy jsou okolní zástavby, vegetace a převládající větry. Tyto vlivy není možné v současné době zahrnout do výpočetních programů. Možnosti a případné problémy musí uvážit projektant dle svých zkušeností a znalostí. [2]



Obrázek 1.2-5: Znázornění převládajících větrů v Praze ve výšce 10m [20]

Výše zmíněný obrázek 1.2-5 lze brát s určitým nadhledem, neboť záleží na konkrétních lokálních podmínkách. Mezi lokální faktory se dají zařadit následující zmíněné vlivy. Lokality v údolní poloze, kde se proudění stáčí ve směru údolí, naopak na hřebeni má vítr tendenci se stáčet kolmo na hřeben. Jestliže se v blízkosti nachází horský hřeben, lze poté očekávat obtékání větru kolem této překážky. Proudění za hřebenem je spíše zmírněno jeho přítomností, nebo naopak dochází k padavému větru z hor, jehož intenzita může být vyšší. Vliv menších prvků jako jsou malá údolí do 100m či ploché hřebeny je obecně malý. Avšak v menších výškách nad zemí může být směr větru dosti ovlivněn velkými lokálními objekty, jako jsou například budovy, uliční bloky nebo vzrostlý les. [21]

- Spodní plášť

Hlavní funkce je tepelně izolační. Spodní plášť tvoří stropní konstrukce, na které může být parozábrana. Na případné parozábraně se nachází tepelná izolace. Tepelná izolace byla tvořena převážně rohožemi z minerálních, případně skelných vláken. Tloušťky se pohybovaly kolem 50mm, po revizi tepelně technických požadavků v roce 1979 navýšily na 120mm.[6] Další funkcí, kterou spodní plášť plní, je funkce vzduchotěsnící. [3]

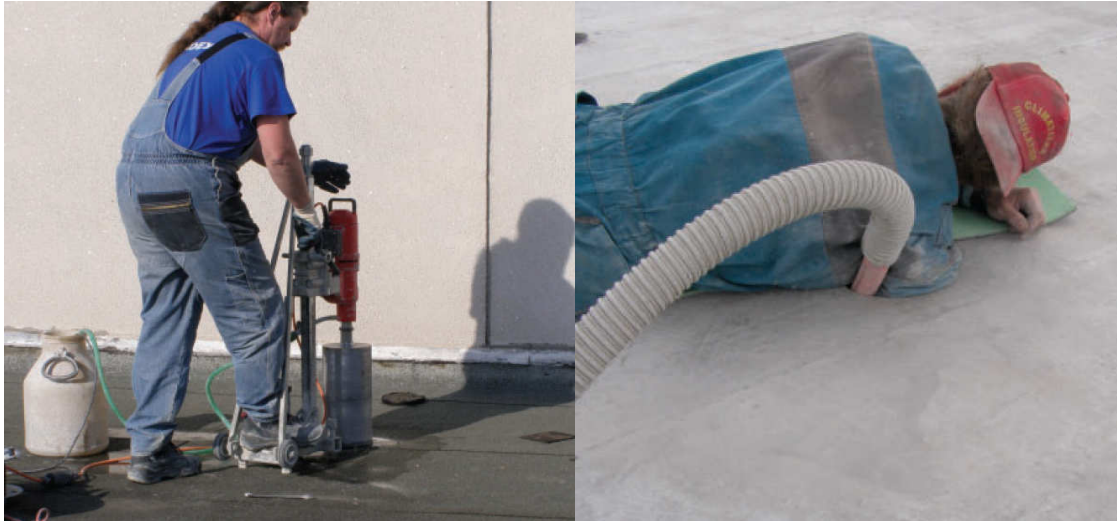
- Obvodový panel-atika

Ohraničuje provětrávanou vzduchovou dutinu. Jsou zde umístěny větrací otvory, které zajišťují výměnu vzduchu v dutině. Ve stropní rovině navazuje na obvodové stěny, kde je riziko vzniku tepelného mostu.

1.3 Úvod do problematiky dodatečného zateplení dvouplášťových střech

- Dodatečné zateplení foukanou izolací

Dodatečné zateplení dvouplášťové střechy bylo donedávna velmi problematické a ekonomicky nákladné, jelikož bylo nutné při vkládání dodatečné tepelné izolace rozebrat horní plášť. Toto může být obzvláště problematické v případě prefabrikovaných železobetonových panelů vzhledem k jejich značné hmotnosti. V případě dodatečného zateplení foukanou izolací je nutné vytvořit v horním plášti otvory pro nafoukání izolantu (Obrázek 1.3-1). Tyto otvory se poté osadí odvětrávacími komínky a opatří hydroizolační vrstvou. Dále není nutný další zásah do stávajícího souvrství. Je však nutné, aby stav střechy byl dobrý, zvláště pak horní plášť, především u varianty s dřevěným záklopem. Velmi často však dochází k mírně většímu zásahu, kdy se reviduje celkový stav střechy a přichází výměna hydroizolace, oplechování, osazení nových vpustí a případně dalších opatření, která jsou nutná dle konkrétního stavu střechy. [18]



Obrázek 1.3-1: Provádění otvorů pro nafoukání izolantu, Aplikace izolantu do dutiny [13]

- Možná rizika spojena se zateplením

Po nafoukání izolačního materiálu dojde ke zvýšení tepelného odporu, avšak difuzní odpor se příliš nemění. Vzhledem k vyššímu tepelnému odporu klesá prostup tepla do prostoru provětrávané mezery, tudíž je teplota vzduchu v mezeře nižší. Takový vzduch se však rychleji nasatí vodní parou, která proudí z interiéru v téměř nezměněném množství. [2] Dále dochází ke zmenšení vzduchové mezery, což zhoršuje proudění vzduchu. Z toho plyne zhoršení odvodu vodních par a tudíž další zvýšení relativní vlhkosti uvnitř vzduchové dutiny. Z těchto všech důvodů je nutné před dodatečným zateplením metodou foukané izolace do vzduchové mezery zhodnotit celkové možnosti, technický stav a případně zvolit jinou formu zateplení.



Obrázek 1.3-2: Špatně navržená dvouplášťová střecha s kondenzací na spodním povrchu horního pláště [22]



Obrázek 1.3-3: Vlhké materiály a první stopy růstu plísní a hub [22]

Na obrázcích 1.3-2 a 1.3-3 jsou příklady špatně navržené dvouplášťové střechy, kde došlo ke kondenzaci na spodním povrchu horního pláště. Tato porucha pravděpodobně nebyla způsobena dodatečným zateplením. Z obrázků vyplývá spíše chyba v návrhu projektové dokumentace, kde byl opomenut či poddimenzován systém odvětrání vzduchové dutiny. Případný vliv mohlo mít i vysoké množství sněhu (riziko zasněžení větracích komínků). Nicméně tento příklad ukazuje možná rizika spojená s kondenzací uvnitř dutiny a jejími následky.

Jinou formou zateplení může být například přeměna dvouplášťové střechy na jednoplášťovou, kdy je umístěna tepelná izolace na stávající hydroizolaci a větraná vzduchová mezera se změní na nevětranou dutinu (Obrázek 1.3-4). Tato přeměna se však nehodí pro horní plášť tvořený dřevěnými materiály. Všechny návrhy musí být posouzeny ve specializovaných programech, zda nedochází ve skladbě ke kondenzaci či jiným problémům. [2]



Obrázek 1.3-4: Schéma přeměny dvouplášťové střechy s provětrávanou dutinou na jednoplášťovou s uzavřenou vzduchovou dutinou

Při přeměně dvouplášťové střechy na jednoplášťovou je nutné tepelnou izolaci umístit na povrch horního pláště. Tloušťka této tepelné izolace se stanoví příslušným výpočtem s požadavkem, aby nedocházelo ve skladbě ke kondenzaci, především na spodním povrchu horního pláště nyní již nevětrané dutiny. Tloušťka této tepelné izolace bývá zpravidla vyšší

než přesah atiky nad horní plášť. Z tohoto důvodu je nutné navyšovat atiku, což vede k dalším nákladům. [12] Dále navýšením atiky je změněn vnější vzhled objektu, tudíž je nutné stavební povolení, které sebou přináší určitá negativa. Je též nutné zateplit atikové panely, jinak zateplení horního pláště zcela ztrácí smysl.

- Řešení při zachování dvouplášťové střechy s větranou mezerou

Možných řešení je několik. Možné jsou také kombinace některých níže uvedených. Prvním z nich by mohlo být zvýšení difuzního odporu spodního pláště. Avšak umístění nové parozábrany na stropní konstrukci není možné a zpravidla to není možné ani pod ní.

Další možností je zvýšení tepelného odporu horního pláště přidáním tepelného izolantu na stávající hydroizolaci. Tímto opatřením zamezíme podchlazování spodního povrchu horního pláště, tudíž by nemělo docházet ke kondenzaci. Toto řešení má určitá negativa, jelikož tepelná izolace na horním plášti velmi málo přispívá k tepelně-izolační obálce budovy. Další nevýhodou je nutnost vytvoření nové hydroizolační vrstvy. Toto řešení je též doplněno o síť odvětrávacích komínek. Tudíž je toto řešení do určité míry ekonomicky náročnější než poslední varianta, avšak mělo by být nejvíce spolehlivé.



Obrázek 1.3-5: Detail tepelné izolace umístěné na horním plášti- střecha z in-situ měření v Litoměřicích

V současnosti je nejčastější řešením zhotovení rastru odvětrávacích komínek a zachování větracích otvorů v atice. Tímto se má znásobit výměna vzduchu i přes její menší světlost. Nevýhodou tohoto řešení je, že není zcela možné stanovit přesný počet odvětrávacích komínek. Jejich návrh probíhá empiricky. Výrobce uvádí přibližný počet jako 1m^2 větracích otvorů na 100 až 300 na m^2 . [13] Další nevýhodou je cena jednoho

větracího komínku, který v počtech, které se běžně navrhují, není zanedbatelná. [12]



Obrázek 1.3-6: Viditelné rozmístění větracích komínků- střecha z in-situ měření Hejnice

1.4 Tepelná izolace Climatizer Plus

- Popis a výroba materiálu

Tepelná izolace na bázi celulózových vláken s přísadami kyseliny borité a síranu hořečnatého. Základní surovinou je novinový papír, který je rozvlákněn strojním zařízením. Přísady plní funkci zvýšení odolnosti proti napadení houbami, plísněmi, hlodavci a také zlepšují protipožární vlastnosti materiálu.[13]



Obrázek 1.4-1: Detail Climatizeru Plus v dutině dvouplášťové ploché střechy

- **Použití**

Výrobek lze použít jako izolace šikmých střech, podlah, dutin ve stěnách, trémových stropch a dvouplášťových střechách. Velkou výhodou tohoto systému může být nenáročné dodatečné zateplení, kdy není nutné dělat velké zásahy do stávajících konstrukcí. [13]



Obrázek 1.4-2: Příklady použití [13]

- Vlastnosti

Vlastnosti materiálu jsou uvedeny níže v tabulce. Tato tabulka je převzata od výrobce Ciur.

Parametr	Hodnota	Jednotka	Norma
TEPELNÉ VLASTNOSTI			
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{0(23/50)}$ - suchý materiál	0,038 ⁱ	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	ČSN EN 12667, ČSN EN ISO 10456
Součinitel tepelné vodivosti λ - nastříkaný s pojivem	0,039 (0,042)	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	
Měrná tepelná kapacita c_d	2020 ± 6%	J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹	ČSN EN ISO 8990, ČSN EN 675
FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI			
Objemová hmotnost	30-90 ⁱⁱ	kg·m ⁻³	ČSN EN 1602
Slehnutí materiálu (volné foukání na vodorovnou plochu)	≤10 - 15	%	-
Slehnutí materiálu (objemové plnění - střechy, stropy, příčky)	neměřitelné (≤1)	%	-
PROTIPOŽÁRNÍ VLASTNOSTI			
Reakce na oheň – suchý materiál	C-s1, d0	-	ČSN EN 13501-1
Reakce na oheň – suchý materiál v dutině za stanovených podmínek	B-s1, d0	-	
Reakce na oheň – nastříkaný s pojivem Karsil E01	B-s1, d0	-	
Reakce na oheň – nastříkaný s pojivem Sokrat 2802A	D-s2, d0	-	
Index šíření plamene i_s	0,00	mm·min ⁻¹	ČSN 73 0863
Maximální teplota použití	80 (105 krátkodobě)	°C	-
OSTATNÍ VLASTNOSTI			
Faktor difusního odporu μ	1,1-3 ⁱⁱ	-	ČSN EN 12086

ⁱ Deklarovaná hodnota udávaná pro střední teplotu 10°C a obsah vlhkosti rovný vlhkosti materiálu při rovnovážném stavu při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50%

ⁱⁱ Dle způsobu aplikace pro různé konstrukce a jejich sklon.

Tabulka 1.4-1: Tabulka vlastností materiálu Climatizer Plus převzatá od výrobce [13]

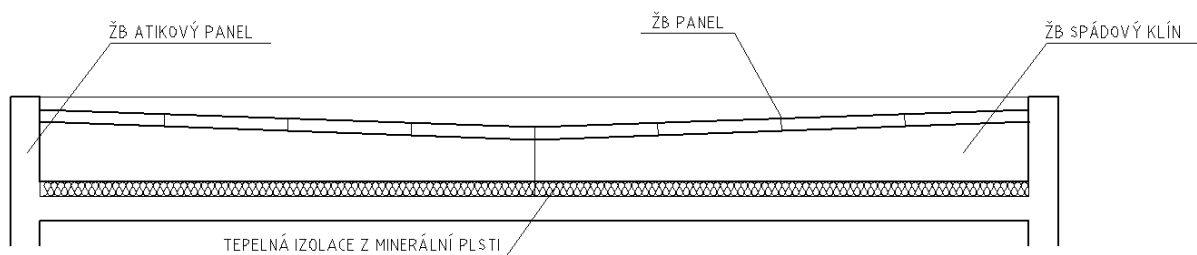
1.5 Konstrukční varianty dvouplášťových střech

Tato podkapitola slouží k základnímu pochopení tehdy používaných konstrukčních řešení. Samotných konstrukčních řešení je více, především se mohou lišit v materiálovém řešení, případně kombinací konstrukčních řešení apod.

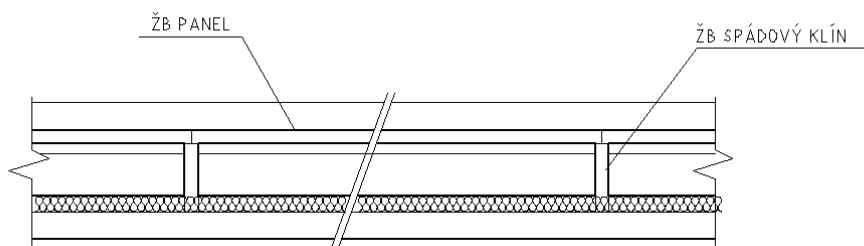
Obecně platí pro tehdejší provádění dvouplášťových střech, ženebyly jednotné projektové podklady[12], a tudíž řešení vždy záviselo na místních podmínkách. Proto jednotlivé informace lze brát pouze jako orientační a v mnoha případech se mohou vlastnosti jednotlivých střech lišit.

- Varianta s betonovým horním pláštěm a spádovými klíny

Horní plášť je tvořen železobetonovými prefabrikovanými panely. Obvyklé tloušťky se pohybují od 40mm u žebírkové varianty (žebra ve vzdálenosti přibližně 1m) do 120mm u plných panelů. Taktéž se místo železobetonu používali keramicko-betonové panely. Rozpětí se pohybuje od 2,6 do 6m. Tyto panely jsou uloženy na železobetonových prefabrikovaných spádových klínech obvyklé tloušťky 100mm. Na stropní konstrukci je položena minerální plst'. [3]



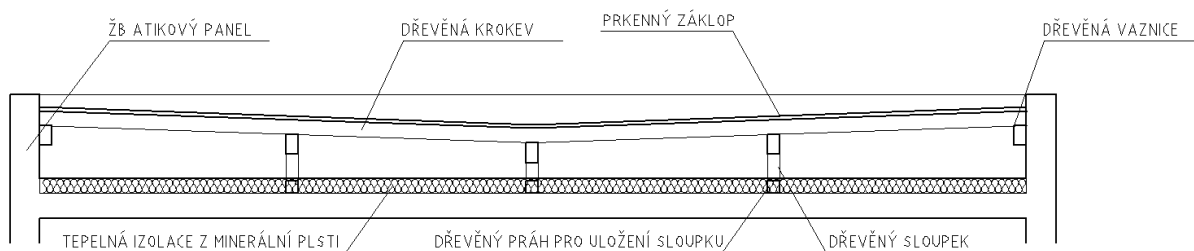
Obrázek 1.5-1: Schéma příčného řezu- Varianta s železobetonovým horním pláštěm



Obrázek 1.5-2: Schéma podélného řezu- Varianta s železobetonovým horním pláštěm

- Varianta dřevěného horního pláště a záklopu

Horní plášť je tvořen prkenným záklopem obvyklé tloušťky 24mm. Tyto prkna jsou uložena na krokve rozmístěné v osové vzdálenosti 0,6-1,2m. Krokve jsou uloženy na vaznicích. Tyto vaznice jsou v obvyklé vzdálenosti 3m a jsou uloženy na sloupky v rastru přibližně 3x3m. Pod sloupky se nachází dřevěný práh, který roznáší zatížení a jsou do něj sloupky ukotveny. Další možnou variantou je nahrazení prkenného záklopu kompletizovanými dřevěnými panely o maximální velikosti 3x2m a tloušťky 145mm. Další možnou variantou bylo nahrazení dřevěných sloupků příhradovou dřevěnou konstrukcí.[3]



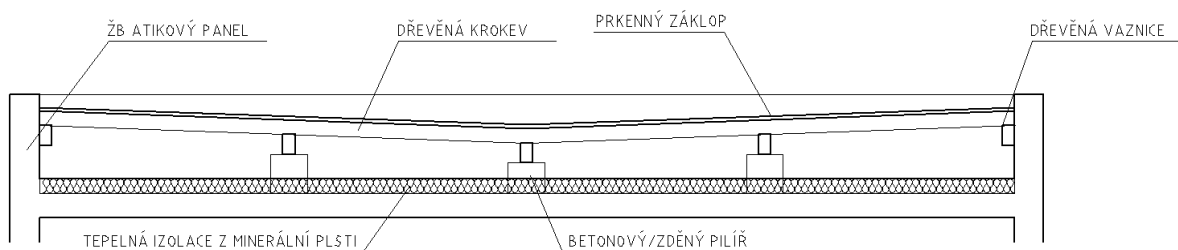
Obrázek 1.5-3: Schéma příčného řezu- Varianta s dřevěným horním pláštěm



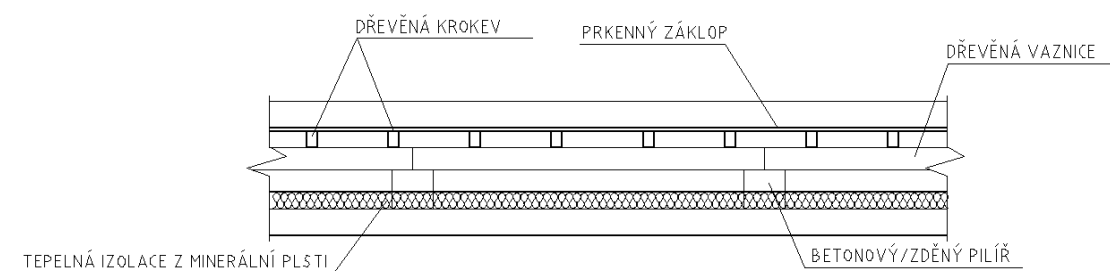
Obrázek 1.5-4: Schéma podélného řezu- Varianta s dřevěným horním pláštěm

- Kombinovaná varianta

Zde existuje mnoho variant způsobů realizace dvouplášťových střeš. Zde uvedený příklad je kombinace dřevěného prkenného záklopu a zděných (betonových) pilířů. Rastr těchto pilířů je velmi variabilní a odpovídá dimenzi vaznic a možného bodového zatížení stropní konstrukce.[3] [12]



Obrázek 1.5-5: Schéma příčného řezu- Kombinovaná varianta



Obrázek 1.5-6: Schéma podélného řezu- Kombinovaná varianta

1.6 Normové požadavky na dvouplášťové ploché střechy

1.6.1 Normové požadavky na dvouplášťové ploché střechy

Norma, která se obecně zabývá požadavky navrhování a rekonstrukcí střech je ČSN 73 1901. Základní tepelně technické požadavky jsou popsány v ČSN 73 05 40-2-Tepelná ochrana budov-Požadavky. Výpočtové metody tepelně technických vlastností popisuje norma ČSN 73 05 40-4-Tepelná ochrana budov-Výpočtové metody. [1]

Samotné posouzení by se dalo rozdělit na dvě části. V první části je posuzovaný spodní plášť. Ve druhé části posouzení je pak nutné ověřit provětrávanou vzduchovou dutinu a horní plášť. [2]

- Spodní plášť

Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]

V zimním období musí konstrukce v prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\phi_i \leq 60\%$ vykazovat v každém místě teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} , jenž splňuje podmínku $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$. [16] Stanovení $f_{Rsi,N}$ je podrobně popsáno v ČSN 73 05 40-4. [17]

Součinitel prostupu tepla U [$W/m^2 \cdot K$]

Konstrukce vytápěných, případně chlazených budov, musí mít v prostorech s relativní vlhkostí vzduchu $\phi_i \leq 60\%$ součinitel prostupu tepla U [$W/m^2 \cdot K$] takový, aby splňoval podmínku $U \leq U_N$, kde U_N [$W/m^2 \cdot K$] je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Pro plochou střechu je tato hodnota stanovena $U_N = 0,24$ [$W/m^2 \cdot K$]. [16]

Požadavek na šíření vodní páry

Pro stavební konstrukce, kde by kondenzace vodní páry mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry v konstrukci, potom je $M_c = 0$ [$kg/m^2 \cdot a$]. [16]

- Vzduchová dutina a horní plášť

Relativní vlhkost vzduchu ve vzduchové dutině

Relativní vlhkost proudícího vzduchu nesmí překročit 90% v celém prostoru dutiny. Dle normy ČSN 73 05 40-2 při výpočtu je nutné předpokládat stav bezvětrí, tudíž rychlost větru je nulová. [16]

Teplotní faktor vnitřního povrchu horního pláště

Zde obdobně jako u vnitřního povrchu spodního pláště musí spodní povrch horního pláště splňovat požadavek $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$. [16]

1.6.2 Přehled vývoje tepelně-technických požadavků na vybrané obalové konstrukce

Vybranými obalovými konstrukcemi jsou především na mysli obvodové stěny a konstrukce střech (po rozdělení požadavků na ploché a šikmé, jsou uváděny hodnoty pouze pro ploché střechy)

- Období do roku 1949

Základním a také jediným kritériem pro vyhodnocování a posuzování tepelně izolačních vlastností obvodových stěn byla po dlouhá období cihelná stěna z plných pálených cihel tl. 450mm. Tyto požadavky byly poprvé uvedeny v normě pro výpočet tepelných ztrát z roku 1949. Požadavky zůstaly nezměněny i po revizi z roku 1955. V těchto normách se již používali hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu. Jednotky používané v tomto období byly pro tepelný odpor $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C / kcal$ a pro součinitel prostupu tepla $kcal / m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$.

Druh konstrukce	Tepelný odpor [$m^2 \cdot K / W$]
Obvodové stěny	0,69
Stropní konstrukce (včetně plochých střech)	0,86

Tabulka 1.6-1: Přehled požadovaných tepelných odporů v období do roku 1949

- Období 1962-1979

První tepelně technická norma z roku 1962 vytvořena speciálně pro tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí. V této normě jsou zmíněny problematiky tepelných mostů, difúze a kondenzace vodních par. Avšak řešení bylo pouze ve smyslu slovních pokynů a doporučení.

Druh konstrukce	Teplotní oblast	Tepelný odpor [m ² *K/W]	Ekvivalentní tloušťkacihelného zdiva [cm]
Obvodové stěny	Do -15	0,52	45
	Pod -15	0,56	50
Ploché střechy	Do -15	0,95	80
	Pod -15	1,03	90

Tabulka 1.6-2: Přehled požadovaných tepelných odporů v období 1962-1964

Již 2 roky poté v roce 1964 byla provedena revize. Hlavním důvodem bylo stanovení reálnějších hodnot součinitele tepelné vodivosti lehkých betonů a na základě toho stanovení tloušťky obvodových panelů. Příčinou byly velmi časté problémy z tepelně technického hlediska. Docházelo ke kondenzaci vodních par na vnitřních površích a postupná tvorba plísní a hub.

Druh konstrukce	Teplotní oblast	Tepelný odpor [m ² *K/W]
Obvodové stěny	Oblast I.	0,52
	Oblast II.	0,56
Ploché střechy	Oblast I.	0,95
	Oblast II.	1,03

Tabulka 1.6-3: Přehled požadovaných tepelných odporů v období 1964-1979

- Období 1979-1992

Další změny přišly až v roce 1979. Pro objekty realizované do roku 1983 (1985) byly stanoveny přípustné nižší hodnoty (uvedeny v závorkách).

Druh konstrukce	Teplotní oblast	Tepelný odpor [m ² *K/W]	Součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]
Obvodové stěny	Oblast I. (-15C)	0,95 (0,55)	0,89(1,39)
	Oblast II. (-18C)	1,00 (0,61)	0,86 (1,29)
	Oblast III. (-21C)	1,10 (0,67)	0,79 (1,19)
Ploché střechy	Oblast I. (-15C)	1,80 (0,91)	0,51 (0,93)
	Oblast II. (-18C)	1,95 (1,00)	0,47 (0,86)
	Oblast III. (-21C)	2,15 (1,10)	0,43 (0,79)

Tabulka 1.6-4: Přehled požadovaných tepelných odporů v období 1979-1992

Dále následovalo několik dalších změn a úprav, avšak v této době již k realizaci panelových objektů nedocházelo. Současné požadavky stanovuje ČSN 73 0540-2 z roku 2011 aktualizovaná v roce 2012.

Druh konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]
Obvodové stěny	0,30
Ploché střechy	0,24

Tabulka 1.6-5: Přehled požadovaných tepelných odporů v současnosti

Pro tuto podkapitolu byly podkladem následující zdroje [6], [2], [1], [16].

2 Praktická část

2.1 Měření in-situ

Po dohodě se zástupci společnosti CIUR bylo uskutečněno několik návštěv již dodatečně zateplených střech. Tyto návštěvy měly prokázat, zda nedochází k lokálním ale i systémovým poruchám. Během těchto in-situ měření budou odebrány vzorky, zdokumentován celkový stav a zjištěny konkrétní skladby.

2.1.1 Bytový dům Litoměřice

- Popis objektu

Panelový objekt typu VVÚ-ETAsedmi nadzemními podlažími postavený v roce 1987. V roce 2003 proběhla částečná rekonstrukce dvouplášťové střechy. V roce 2014 byl objekt zrekonstruován. Byla zhotovena nová fasáda, vyměněny okenní otvory. [12] Objekt se nachází v chráněné krajinné oblasti České středohoří.



Obrázek 2.1-1: Objekt po rekonstrukci fasády

- Popis původního zastřešení

Původní střecha byla dvouplášťová motýlková, skladba viz popis skladby střešního pláště. V roce 2003 byla vyměněna hydroizolační vrstva a zároveň na původní hydroizolaci bylo umístěno 40mm polystyrenu. Dále byla střecha osazena větracími hlavicemi.



Obrázek 2.1-2: Pohled na střechu

- Realizace dodatečného zateplení střechy

V roce 2014 byla dodatečně zateplena střecha foukaným izolantem Climatizer plus v tloušťce 180mm. Byly nainstalovány další odvětrávací komínky. Na obrázku 2.1-2 je patrný velký počet odvětrávacích komínků. Je otázkou, zdali je tento zvýšený počet skutečně potřeba. Každý komínek je zdrojem potencionálních poruch viz obrázek 2.1-3 a také poměrně velká finanční zátěž, kdy cena jednoho komínku včetně montáže se pohybuje kolem 1000,-[12].



Obrázek 2.1-3: Absence krytu odvětrávacího komínku

Vzhledem k tomu, že se objekt nachází v CHKO České středohoří a je zde sledovaný výskyt chráněného rorýse obecného, bylo nutné na fasádě při její obnově vytvořit umělá hnízdiště. Pokud by se tak nestalo, zástupce CHKO by neschválil osazení atikových otvorů mřížkou, to by však vedlo k degradaci izolantu, vzhledem k tomu, že by hnízdící pták mohl vynášet a přeskupovat nafoukaný izolant. [12]



Obrázek 2.1-4: Umělá hnízdiště pro chráněné rorýsy rbecné



Obrázek 2.1-5: Umělá hnízdiště pro chráněné rorýse obecné na sousedním objektu

- Použité vybavení při měření

-3x kombinované čidlo teploty a relativní vlhkosti

-fotoaparát

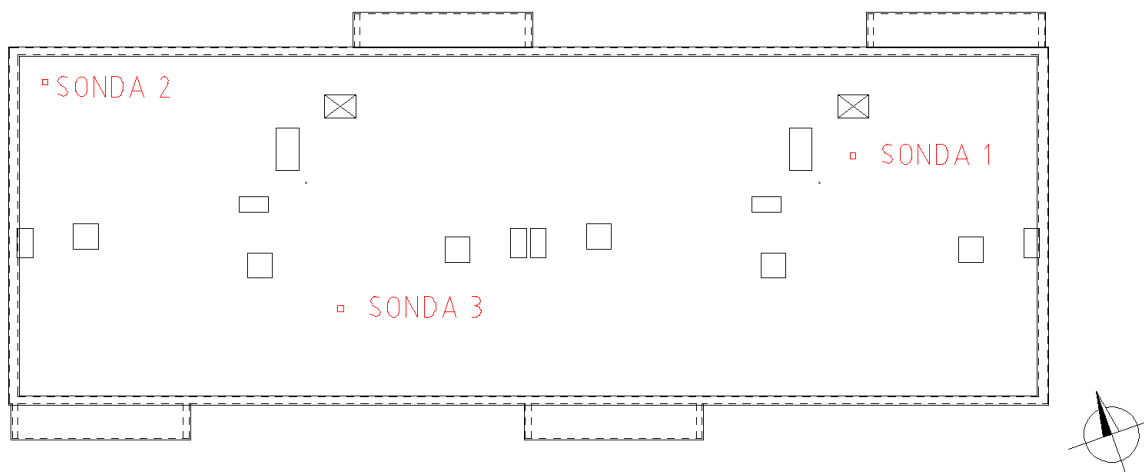
-zápisník

-laserový dálkoměr

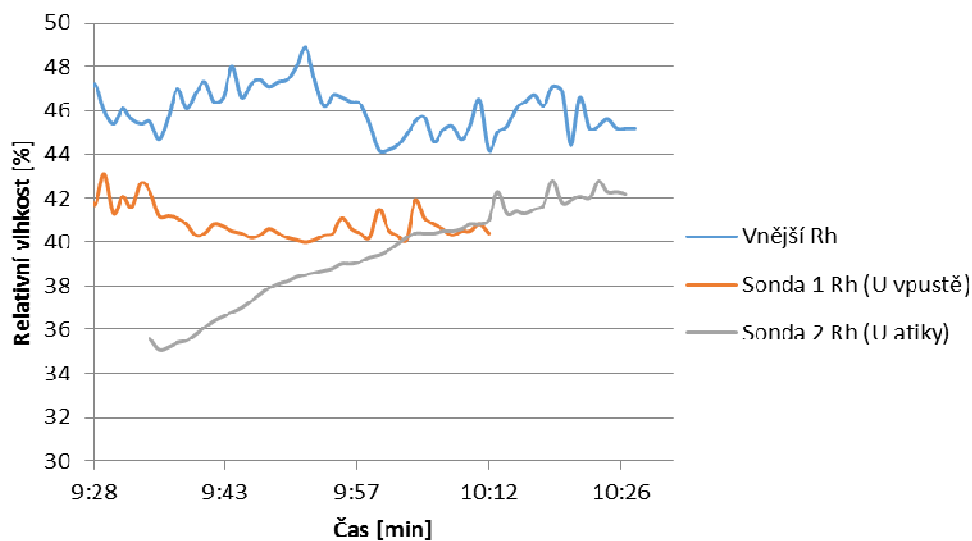
-plastové nádoby na odběr vzorků

- Výsledky měření

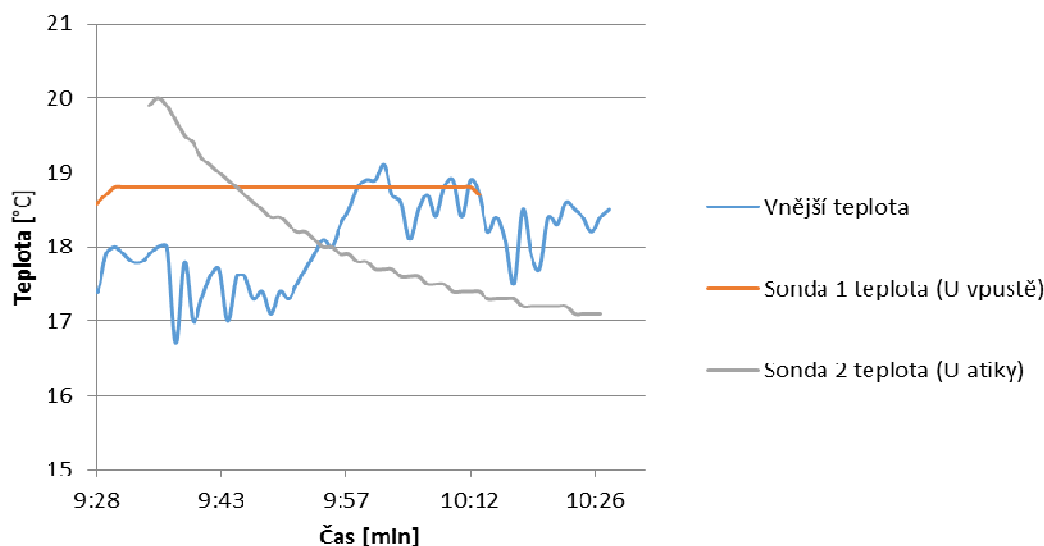
Měření by se dalo rozdělit na místní, pomocí čidel a laboratorní, kde byly odebrány vzorky jednotlivých materiálů. Poté byly tyto vzorky zváženy a vysušeny, aby bylo možné stanovit hmotnostní vlhkost. Místní měření probíhalo pomocí trojice čidel, která měřila v minutových intervalech teplotu a relativní vlhkost.



Obrázek 2.1-6: Schéma střechy s vyznačením poloh sond



Graf 2.1-1: Průběh relativní vlhkosti během měření



Graf 2.1-2: Průběh teplot během měření

Z průběhů je patrné, že naměřené hodnoty relativní vlhkosti v dutině jsou nižší než v exteriéru. Tyto hodnoty jsou zcela bezpečné a neznají žádné potencionální problémy, avšak je nutné si uvědomit, že tyto hodnoty byly změřeny v měsíci květnu. Pro ověření zda nedochází ke kondenzaci, by bylo vhodné měření opakovat v zimních měsících. U sondy 2 došlo k poklesu teploty, to může být způsobeno buď tím, že měřicí přístroj postupně kalibroval měřenou teplotu. Nebo tím, že po otevření střechy zde došlo k „průvanu“ a tudíž k ochlazení prostoru dutiny.

Dále byly odebrány vzorky ke zjištění hmotnostní vlhkosti, hodnoty viz níže tabulka 2.1-1.

Výpočet hmotnostní vlhkosti

$$m_w = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} * 100 \quad [\%]$$

m_w hmotnost vlhkého materiálu [g]

m_d hmotnost suchého materiálu [g]

$$m_w = m_{mw} - m_m \quad [g]$$

$$m_d = m_{md} - m_m \quad [g]$$

m_m hmotnost misky [g]

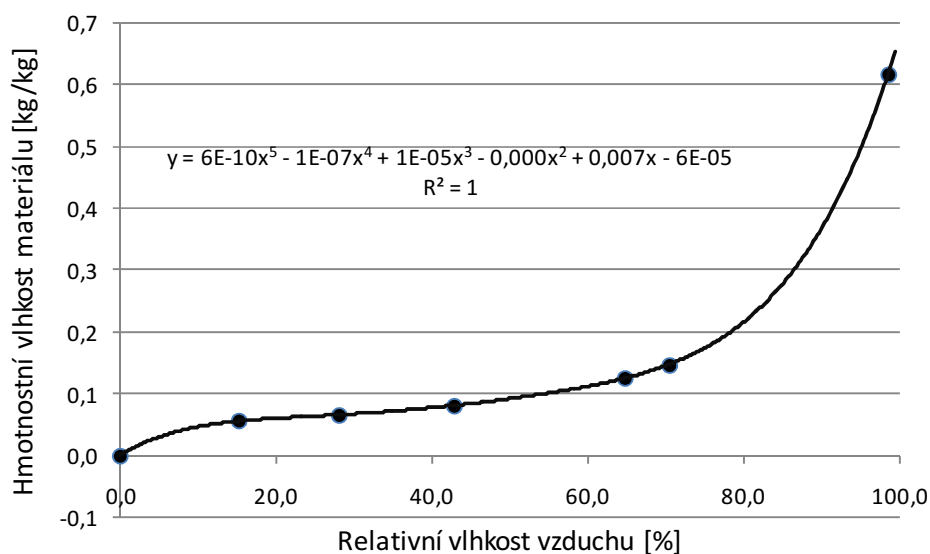
m_{mw} hmotnost misky včetně vlhkého materiálu [g]

m_{md} hmotnost misky včetně suchého materiálu [g]

Vzorek-sonda	Materiál	Hmotnost	Hmotnost	Hmotnost	Hmotnostní
		prázdné misky	vlhkého vzorku	suchého vzorku s	vlhkost
		m_m	m_{mw}	m_{md}	w_h
		[g]	[g]	[g]	[%]
S1	Polystyren	2.539	4.740	4.487	13.0
S1	Minerální plst'	2.540	14.079	14.054	0.2
S1	Beton	2.553	149.636	148.243	1.0
S1	Papír	1.161	2.706	2.585	8.5
S2	Climatizer plus	2.545	6.693	6.365	8.6
S2	Climatizer plus	2.545	10.735	10.254	6.2
S2	Beton	2.538	144.531	143.191	1.0
S2	Minerální plst'	2.556	7.399	7.387	0.2
S3	Climatizer plus	2.540	6.200	5.856	10.4
S3	Beton	2.550	32.997	32.680	1.1
S3	Minerální plst'	2.566	7.978	7.842	2.6

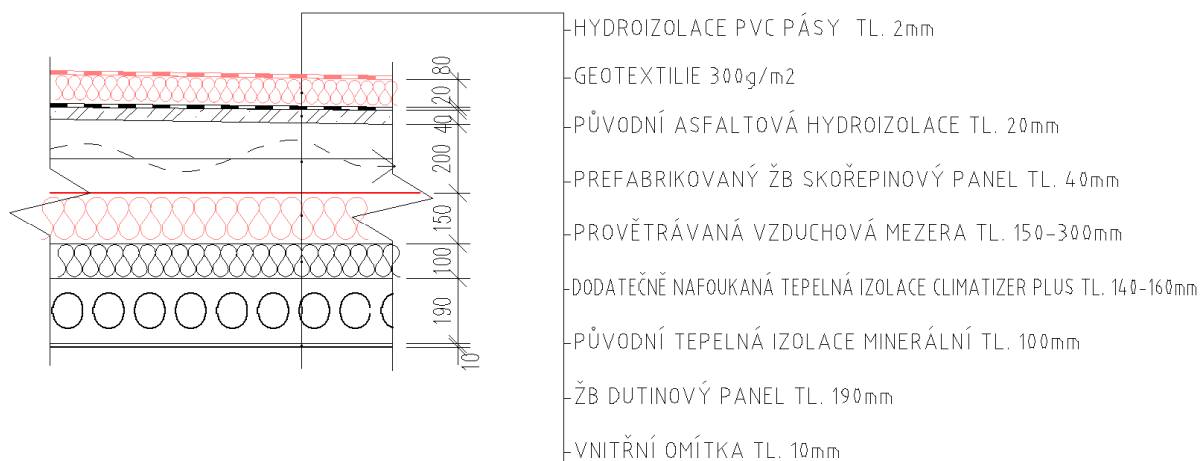
Tabulka 2.1-1: Hmotnostní vlhkosti odebraných vzorků

Z hodnot z tabulky 2.1-1 vyplývá, že hmotnostní vlhkost u Climatizeru Plus je v průměru 8,4%, taková je přibližně hmotnostní vlhkost při relativní vlhkosti 50%. Zajímavostí je, že vzorek novinového papíru, který byl nalezen při odebírání vzorků, má velmi podobnou hmotnostní vlhkost jako Climatizer Plus. To je způsobeno tím, že je Climatizer Plus vyráběn z rozvlákněné celulózy. Lze tedy toto považovat za určitou kontrolu výsledků. U ostatních materiálů je situace obdobná. Z těchto výsledků lze říci, že je konstrukce spolehlivá a bez problémů. Schéma střechy s vyznačením poloh sond je uvedena v příloze.



Graf 2.1-3: Sorpční křivka Climatizeru Plus, převzato z publikace [4]

- Popis skladby střešního pláště



Obrázek 2.1-7: Skladba střešního pláště



Obrázek 2.1-8: Prostor dutiny u sondy č. 2 (u atiky) a sondy č. 1 (u vpusti)



Obrázek 2.1-9: Vzorek minerální plsti

- Celkové zhodnocení stavu

Střecha nevykazovala téměř žádné poruchy. Nebyly zjištěny stopy po kondenzaci, ani nebyl zjištěn růst plísní. Jediná lokální porucha nastala u jednoho z větracích komínků, kde byla absence vrchního krytu, a tudíž docházelo k zatékání do střešní dutiny. Další lokální poruchy, které by se daly vytknout, se týkají hydroizolační vrstvy, kde dochází k tvorbě kaluží vlivem nedokonalého spádování.

2.1.2 Bytový dům Hejnice

- Popis objektu

Panelový objekt se čtyřmi nadzemními podlažními postavený v 90. letech 20. století. V roce 2016 proběhla částečná rekonstrukce dvouplášťové střechy. [12] Objekt se nachází v podhorské oblasti Jizerských hor, kde bývá obvyklé větší množství sněhu v zimním období.



Obrázek 2.1-10: Objekt bytového domu

- Popis původního zastřešení

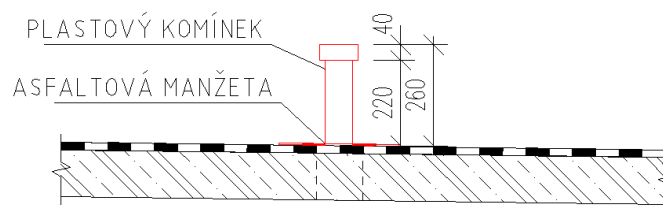
Původní střecha byla dvouplášťová motýlková, skladba viz popis skladby střešního pláště. V roce 2016 byla dodatečně zateplena foukanou izolací tl. 140-180mm. [12] Dále byla střecha osazena sítí odvětrávacích komíneků.



Obrázek 2.1-11: Pohled na střechu

- Realizace dodatečného zateplení střechy

V roce 2016 byla dodatečně zateplena střecha foukaným izolačním materiálem Climatizer Plus v tloušťce 180mm. Byly nainstalovány také odvětrávací komínky. Na obrázku 2.1-11 je vidět pravidelný rastr rozmístění odvětrávacích komíneků. Zde je již menší počet odvětrávacích komíneků než u předešlé střechy v Litoměřicích. Problémem by však mohla být jejich nedostatečná výška nad hydroizolační vrstvou, která činí pouze 220 mm po spodní hranu hlavy větracího komínku (Obrázek 2.1-13). Vzhledem k umístění objektu v podhorské oblasti, by toto mohlo vést k dlouhým obdobím v zimě, kdy by nebyla vzduchová dutina dostatečně provětrávána.



Obrázek 2.1-12: Schéma odvětrávacího komínku



Obrázek 2.1-13: Odvětrávací komínek výšky 260mm

- Použité vybavení při měření

-3x kombinované čidlo teploty a relativní vlhkosti

-fotoaparát

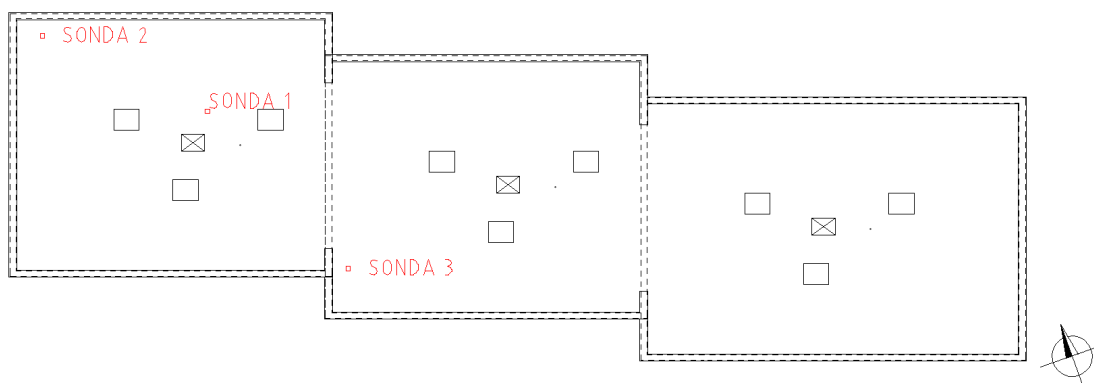
-zápisník

-laserový dálkoměr

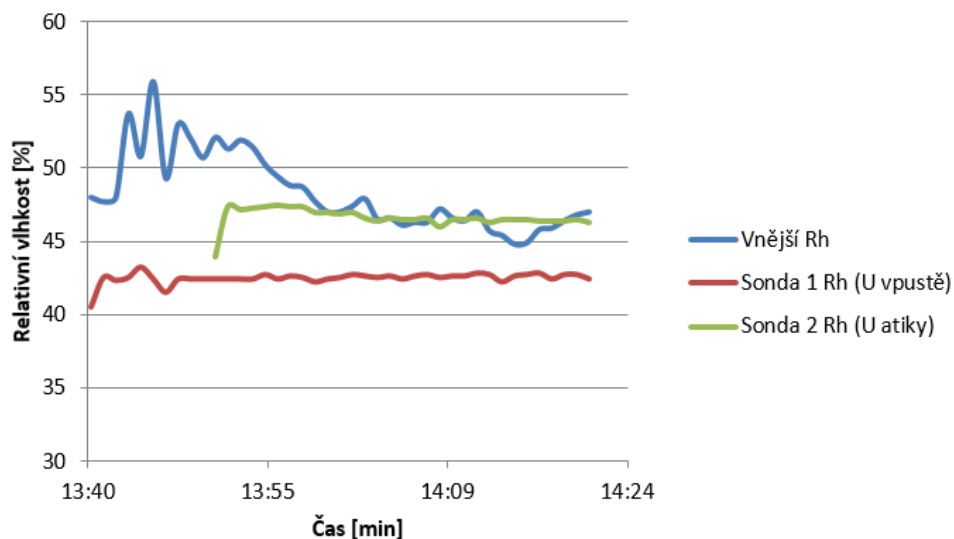
-plastové nádoby na odběr vzorků

- Výsledky měření

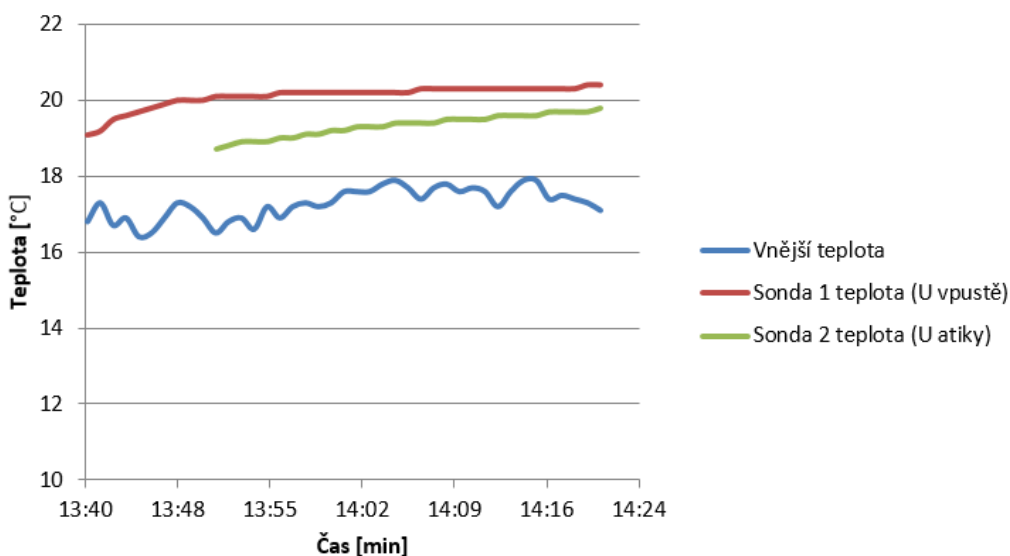
Měření by se dalo rozdělit na místní, pomocí čidel a laboratorní, kde byly odebrány vzorky jednotlivých materiálů. Poté byly tyto vzorky zváženy a vysušeny, aby bylo možné stanovit hmotnostní vlhkost. Místní měření probíhalo pomocí trojice čidel, která měřila v minutových intervalech teplotu a relativní vlhkost.



Obrázek 2.1-14: Schéma střechy s vyznačením poloh sond



Graf 2.1-4: Průběh relativní vlhkosti během měření



Graf 2.1-5: Průběh teplot během měření

Počátek měření ovlivnilo lehké mrholení, to je vidět především z průběhu relativní vlhkosti. Dále je z průběhů patrné, že naměřené hodnoty relativní vlhkosti v dutině jsou nižší než v exteriéru. Tyto hodnoty jsou zcela bezpečné a neznají žádné potenciální problémy, avšak je nutné si uvědomit, že tyto hodnoty byly změřeny v měsíci květnu. Pro ověření zda nedochází ke kondenzaci, by bylo vhodné měření opakovat v zimních měsících po delší časové období.

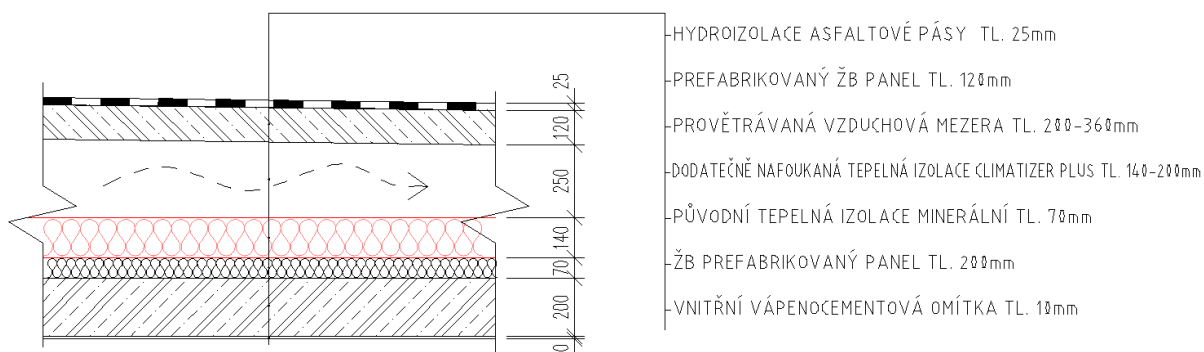
Dále byly odebrány vzorky ke zjištění hmotnostní vlhkosti, hodnoty viz níže tabulka 2.1-2.

Vzorek-sonda	Materiál	Hmotnost prázdné misky	Hmotnost vlhkého vzorku s miskou	Hmotnost suchého vzorku s miskou	Hmotnostní vlhkost
		m_m	m_{mw}	m_{md}	w_h
		[g]	[g]	[g]	[%]
S1	Climatizer plus	2.521	5.364	5.050	12.4
S1	Minerální plst'	1.163	4.677	4.653	0.7
S1	Minerální plst'	1.170	4.231	4.185	1.5
S2	Beton	1.162	36.079	35.469	1.8
S2	Minerální plst'	2.547	5.405	5.366	1.4
S2	Climatizer plus	2.539	6.096	5.760	10.4
S3	Beton	1.164	42.161	41.354	2.0
S3	Beton	1.167	45.718	44.858	2.0
S3	Climatizer plus	2.538	7.072	6.634	10.7
S3	Minerální plst'	2.540	6.955	6.850	2.4

Tabulka 2.1-2: Hmotnostní vlhkosti odebraných vzorků

Z hodnot z tabulky 2.1-2 vyplývá, že hmotnostní vlhkost u Climatizeru plus je v průměru 11,1%, taková je přibližně hmotnostní vlhkost při relativní vlhkosti 50%. U ostatních materiálů je situace obdobná. Z výsledků lze říci, že je konstrukce spolehlivá a bez problémů. Schéma střechy s vyznačením poloh sond je uvedena v příloze.

- Popis skladby střešního pláště



Obrázek 2.1-15: Skladba střešního pláště



Obrázek 2.1-16: Prostor provětrávané dutiny sonda č. 2 (pohled od atiky a na atiku)



Obrázek 2.1-17: Původní minerální izolace

- Popis stavu atikových větracích otvorů



Obrázek 2.1-18: Pohled na atikové panely s větracími otvory a pohled na větrací otvor



Obrázek 2.1-19: Detail krytky atikového otvoru

Z výše uvedených fotek vyplývá několik věcí. Na mnoha místech chybí úplně krytka atikového otvoru, což by mohlo vést k degradaci a přeskupování izolantu (ptactvo, kuny

apod.). V otvorech, kde ještě krytka otvoru je, však došlo k velkému zanesení nečistotami a aktivní plocha umožňující proudění vzduchu je přibližně 60%. Z poslední fotky je vidět, že nafoukaný izolant nezanesl větrací otvor (na fotce ne zcela zřetelné, jelikož náklon fotoaparátu zkreslil pohled).

- Celkové zhodnocení stavu

Střecha nevykazovala téměř žádné poruchy. Nebyly zjištěny stopy po kondenzaci, ani nebyl zjištěn růst plísní. Dodatečně nafoukaná izolace tvoří poměrně jednolitou izolaci s téměř konstantní tloušťkou. Problémové se jeví ponechání původních krytek atikových větracích otvorů, jak vzhledem k jejich časté absenci, tak k jejich zanesení. Další problém se týká nedostatečné výšky odvětrávacích komínků. Vzhledem k umístění objektu v podhorské oblasti, by při zasněžení komínků nebyla dostatečně odvětrávána vzduchová mezera, a tudíž by mohlo docházet ke kondenzaci na spodní straně střešních panelů.

2.1.3 Pavilón základní školy Plzeň-jídelna

- Popis objektu

Objekt se dvěma nadzemními podlažími postavený v 70. letech 20. století. Objekt slouží jako jídelna s vývařovnou s potřebným zázemím. V roce 2006 a 2008 proběhly rekonstrukce střechy a taktéž fasády. [12] Objekt je umístěn v areálu 15. základní školy v Plzni.



Obrázek 2.1-20: Objekt 1- školní jídelna

- Popis původního zastřešení

Původní střecha byla jednoplášťová, skladba viz popis skladby střešního pláště. V roce 2006 byla provedena realizace vrchního pláště dvouplášťové střechy, původní jednoplášťová střecha zůstala netknuta. Z finančních důvodů byla dodatečně zateplena až v roce 2008 foukanou izolací zjištěné tloušťky v rozmezí 160-180mm. [12] Dále byla střecha osazena větracími hlavicemi. Provětrávání také zajišťují otvory v přesahu střechy.



Obrázek 2.1-21: Pohled na střechu školní jídelny

- Realizace dodatečného zateplení střechy

V roce 2008 byla dodatečně zateplena střecha foukaným izolantem Climatizer plus v tloušťce 180mm. Byly nainstalovány také odvětrávací komínky. Na obrázku 2.1-21 je vidět pravidelný rastr rozmístění odvětrávacích komínků. Zde je již menší počet odvětrávacích komínků než u střechy v Litoměřicích.

- Použité vybavení při

-fotoaparát

-zápisník

-laserový dálkoměr

-plastové nádoby na odběr vzorků

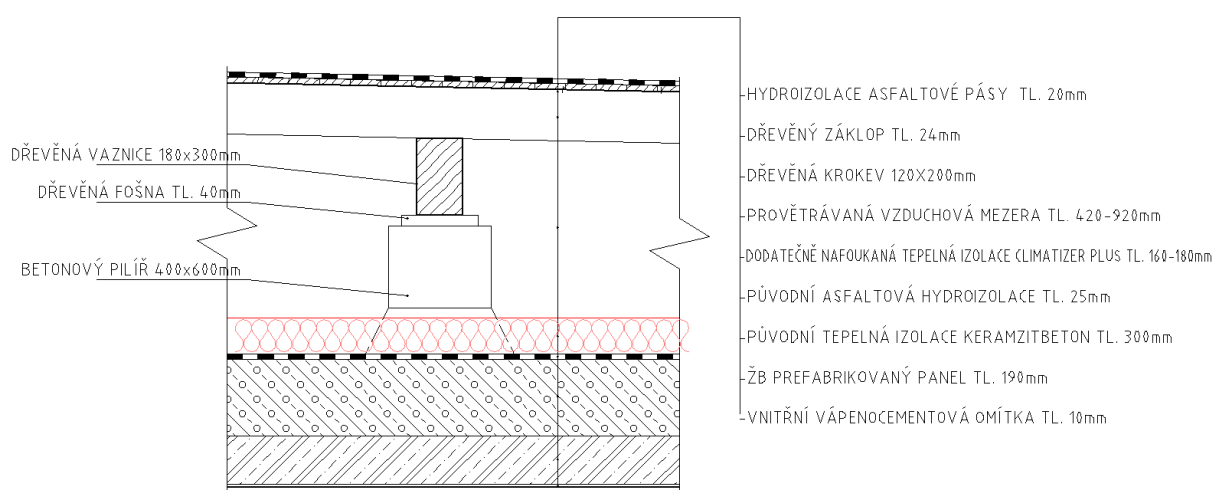
-hrotový vlhkoměr Hygrotest 6500

- Výsledky měření

Vzhledem k ne příliš vypovídajícím výsledkům místních měření v předchozích případech, bylo zdejší měření pouze laboratorní, to znamená, že byly odebrány vzorky jednotlivých materiálů. Poté byly tyto vzorky zváženy a vysušeny, aby bylo možné stanovit hmotnostní vlhkost. Dále byl použit hrotový vlhkoměr pro stanovení hmotnostní vlhkosti dřevěných konstrukcí.

Vyhodnocení a hodnoty odebraných vzorků ke zjištění hmotnostní vlhkost jsou v tabulce 2.1-3 v další podkapitole.

- Popis skladby střešního pláště



Obrázek 2.1-22: Skladba střešního pláště

Horní plášť je tvořen prkenným záklopem tl. 24mm. Hydroizolaci tvoří asfaltové pásy tl. 4mm. Prkenný záklop je nesený soustavou krokví ve vzdálenosti 1,2m. Krokve nesou vaznice, které jsou uloženy na betonových pilířích. Použití pilířů v rastru přibližně 3x5,5 m se jeví jako nevhodné z důvodu velkého množství masivních tepelných mostů. Na jednom z těchto pilířů u podkladové fošny byl zjištěn výskyt plísně *Cladosporium Herbarum*. Tato plíseň se běžně vyskytuje ve vnějším prostředí a není výrazně nebezpečná pro stavební konstrukce. Avšak její přítomnost naznačuje, že by se v těchto místech mohly nacházet i jiné druhy plísní a hub. Příčinou této poruchy je pravděpodobně absence podkladového asfaltového pásu.



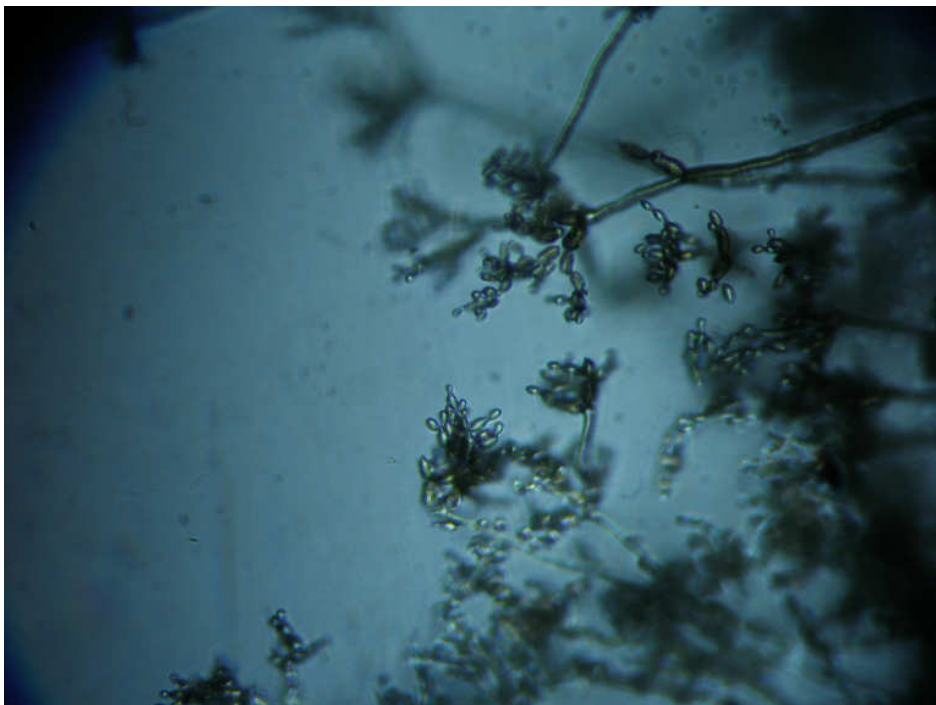
Obrázek 2.1-23: Prostor provětrávané dutiny u sondy č. 1 (u pilíře)



Obrázek 2.1-24: Detail paty pilíře u sondy č. 1



Obrázek 2.1-25: Detail podkladní fošny umístěné na pilíři u sondy č. 1



Obrázek 2.1-26: Snímek z mikroskopu- plíseň *Cladosporium Herbarum* na podkladní fošně umístěné na pilíři

Určení plísně probíhalo pod odborným dozorem v mikrobiologické laboratoři umístěné v budově D Fakulty stavební ČVUT.



Obrázek 2.1-27: Pracovní pult s digestoří ve specializované laboratoři Fakulty Stavební

Pro odběr byly použity speciální sterilní vatové tyčinky v uzavíratelném obalu. Tyto vatové tyčinky byly dopraveny do laboratoře, kde byly inokulovány Petriho misky s živnou půdou (jako medium pro získání živin byl použit slad). Po přibližně 20 dnech bylo provedeno určení druhu plísně.

Cladosporium Herbarum

Ideální teplota růstu se pohybuje mezi 18-28 °C, minimum -6 °C a maximum 32 °C. Vyskytuje se velmi hojně v prostředí po celém světě na substrátech rostlinného i živočišného původu. Jeho výtrusy se vyskytují v létě a na podzim ve velkém množství v ovzduší. Produkce významných mykotoxinů není známa, pro stavební konstrukce též není nijak zvláště nebezpečný.[23]

- Celkové zhodnocení stavu

Střecha nevykazovala téměř žádné poruchy. Nebyly zjištěny stopy po kondenzaci, ani nebyl zjištěn růst plísní, kromě fošny umístěné na betonovém pilíři. Avšak zde se jedná o poměrně neškodnou plíseň *Cladosporium Herbarum*, její výskyt ale může znamenat potencionální problém detailu, kde chybí podkladní asfaltový pás. Dodatečně nafoukaná izolace tvoří poměrně jednolitou izolaci s téměř konstantní tloušťkou.

2.1.4 Pavilón základní školy Plzeň-tělocvična

- Popis objektu

Objekt s jedním nadzemním podlažím postavený v 70. letech 20. století. Objekt slouží jako tělocvična s potřebným zázemím. V roce 2006 a 2008 proběhly rekonstrukce střechy a taktéž fasády. Objekt je umístěn v areálu 15. základní školy v Plzni.



Obrázek 2.1-28: Objekt 2- tělocvična

- Popis původního zastřešení

Původní střecha byla jednoplášťová, skladba viz popis skladby střešního pláště. V roce 2006 byla provedena realizace vrchního pláště dvouplášťové střechy, původní jednoplášťová střecha zůstala netknuta. Z finančních důvodů byla dodatečně zateplena až v roce 2008 foukanou izolací zjištěné tloušťky v rozmezí 160-180mm. V malé míře byly osazeny větrací komínky. Provětrávání střechy zajišťují po stranách otvory nad přesahem střechy viz příloha.



Obrázek 2.1-29: Pohled na střechu tělocvičny

- Realizace dodatečného zateplení střechy

V roce 2016 byla dodatečně zateplena střecha foukaným izolantem Climatizer Plus v tloušťce 180mm. Na obrázku 2.1-29 je vidět trojice odvětrávacích komínků, celkem se na této části střechy vyskytují čtyři. Autor této práce má k dispozici projektovou dokumentaci pro zhotovení rekonstrukce. V této dokumentaci se nachází navržený počet odvětrávacích komínků 28. Tato střecha ukazuje riziko rozmístování odvětrávacích komínků, kdy není dodržena projektová dokumentace a je tudíž možným zdrojem případných poruch.

- Použité vybavení při

-fotoaparát

-zápisník

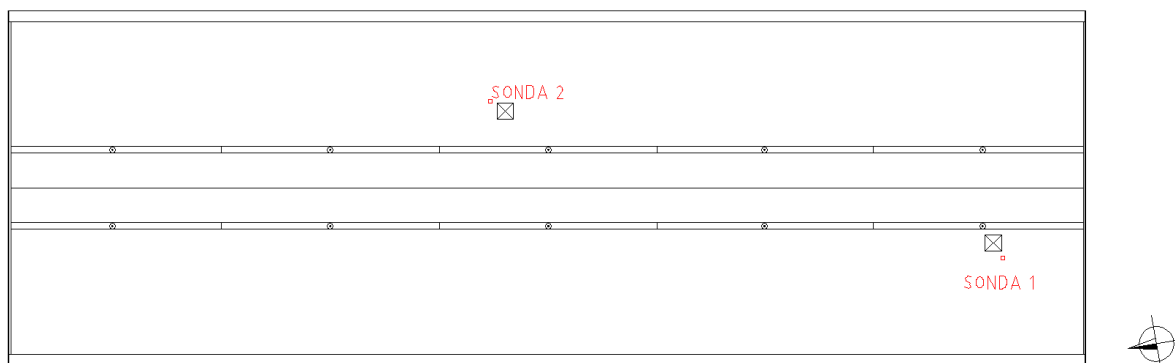
-laserový dálkoměr

-plastové nádoby na odběr vzorků

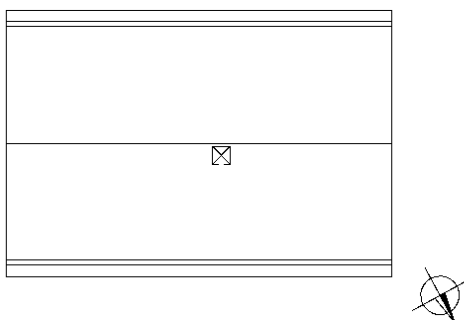
-hrotový vlhkoměr Hygrotest 6500

- Výsledky měření

Měření probíhalo stejným způsobem jako u pavilonu jídelny. To znamená, že byly odebrány vzorky jednotlivých materiálů. Poté byly tyto vzorky zváženy a vysušeny, aby bylo možné stanovit hmotnostní vlhkost. Dále byl použit hrotový vlhkoměr pro stanovení hmotnostní vlhkosti dřevěných konstrukcí.



Obrázek 2.1-30: Schéma střechy s vyznačením poloh sond- pavilón jídelny



Obrázek 2.1-31: Schéma střechy s vyznačením poloh sond- pavilón tělocvičny

Vzorek-sonda	Materiál	Hmotnost	Hmotnost	Hmotnost	Hmotnostní
		prázdné misky	vlhkého vzorku	suchého vzorku s	vlhkost
		m_m	m_{mw}	m_{md}	w_h
		[g]	[g]	[g]	[%]
S1	Climatizer plus	8.370	21.330	20.220	9.4
S2	Climatizer plus	8.390	15.950	15.130	12.2
S3	Climatizer plus	8.420	15.410	14.910	7.7

Tabulka 2.1-3: Hmotnostní vlhkosti odebraných vzorků

Vzhledem k možnosti vstoupit do dutiny střechy výlezem na střechu, nebylo nutné vytvářet otvory v horním plášti, tudíž se odběr vzorků omezil pouze na nafoukaný izolant. Z hodnot z tabulky 2.1-3 vyplývá, že hmotnostní vlhkost u Climatizeru Plus je v průměru

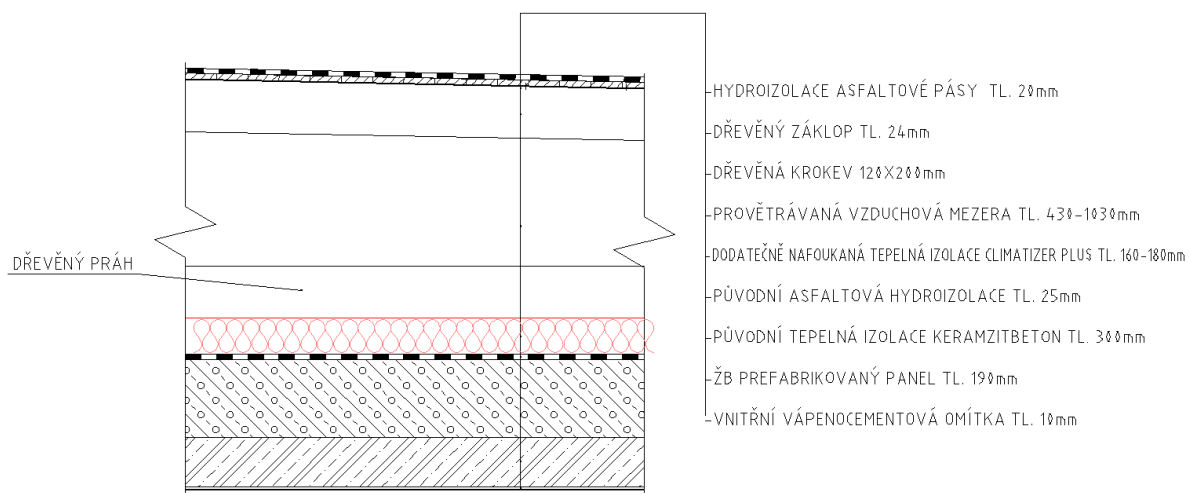
10%, taková je přibližně hmotnostní vlhkost při relativní vlhkosti 50%. To potvrzuje předchozí měření na střeších v Litoměřicích a Hejnicích. Toto měření doplňuje níže uvedená tabulka při měření vlhkosti dřevěných prvků hrotovým vlhkoměrem. Schéma střechy s vyznačením poloh sond je uvedena v příloze.

Sonda	Prvek	Hmotnostní vlhkost
		w_h
		[%]
S2	Prkenný záklop ⊥	9.8
	Prkenný záklop	9.9
	Krokev ⊥	9.9
	Krokev	10.2
	Krokev	10.1
	Vaznice ⊥	9.4
	Vaznice	9.1
	Podkladová fošna ⊥	10.4
	Podkladová fošna	11.1
	S3	Prkenný záklop ⊥
Prkenný záklop		9.8
Krokev ⊥		10.1
Krokev		10.0

Tabulka 2.1-4: Hmotnostní vlhkosti dřevěných prvků při měření hrotovým vlhkoměrem

Před samotným měřením byl přístroj zkalibrován na aktuální teplotu a smrkové dřevo. Z hodnot získaných při měření vyplývá, že hmotnostní vlhkost u všech prvků je v zcela bezpečných hodnotách. Nejvyšší hodnota byla naměřena u podkladové fošny. U této fošny byl také zjištěn výskyt plísně *Cladosporium Herbarum*. Tato fošna je přímo uložena na betonovém pilíři, bez žádné podkladové vrstvy (např. asfaltový pás). Měření tak potvrdilo, že by se mohlo jednat o problémový detail.

- Popis skladby střešního pláště



Obrázek 2.1-32: Skladba střešního pláště

Na rozdíl od pavilonu jídelny (kde byly použity betonové pilíře) je zde použita nosná dřevěná příhradová konstrukce (obrázek 2.1-33). Horní plášť je tvořen prkenným záklopem tl. 24mm. Hydroizolaci tvoří asfaltové pásy tl. 4mm.



Obrázek 2.1-33: Dřevěná příhradová konstrukce

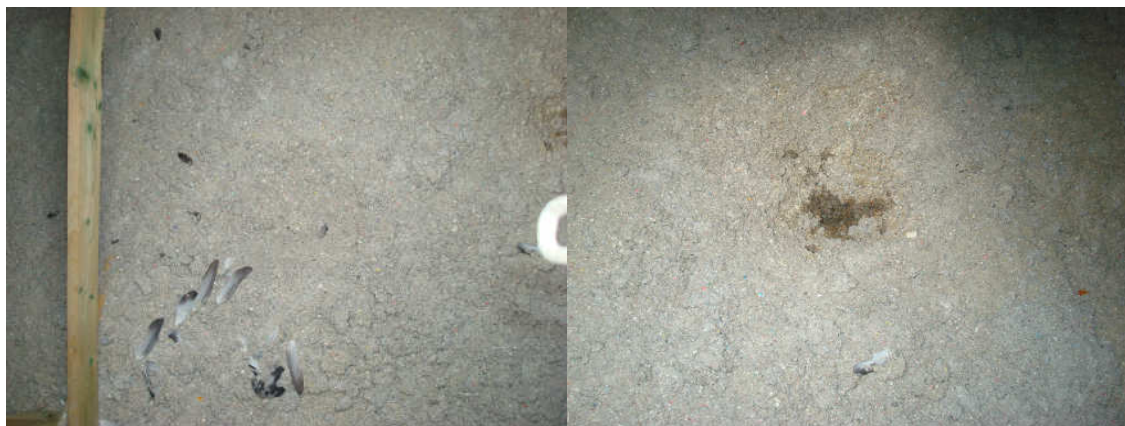


Obrázek 2.1-34: Detail uložení sloupku na dřevěná práh, jenž je zakryt tepelnou izolací

Při vstupu na střechu před samotným odběrem vzorků a dalších nezbytných činností byla spatřena pravděpodobně kuna lesní. Na obrázcích 2.1-35 a 2.1-36 jsou patrné stopy její stálé přítomnosti. Výrobce udává, že hlodavci apod. živočichové nemohou v sypkém materiálu se pohybovat. Avšak po několika letech se na povrchu sypkého izolantu vytvoří 1-2cm silná krusta, po které se hlodavci apod. mohou bez problému pohybovat. Kuna zde znehodnotila izolant močením na stejné místo a též si v jednom místě přeskupila tepelný izolant.



Obrázek 2.1-35: V pozadí střešní nástavba, v popředí viditelné stopy od přítomnosti kuny lesní



Obrázek 2.1-36: Znehodnocení dodatečně nafoukaného izolantu kunou lesní

3 Výpočtová část

Ve výpočtové části bude posouzeno 5 variant stavů střechy pro přibližnou geometrii střechy v Litoměřicích. Vzhledem k nemožnosti provedení více sondáží byly například pozice spádových klínů odhadnuty. Jmenovitě se jedná o varianty se železobetonovým pláštěm v původním stavu (ŽB PS), stavu se zateplením pouze střechy (ŽB S) a novém stavu, kdy je zateplena střecha i fasáda (ŽN NS). K nim byly vymodelovány alternativy s dřevěným horním pláštěm v původním (D PS) a novém stavu (D NS). U jednotlivých variant budou posouzeny plošné konstrukce, provětrávaná dutina, typické detaily a porovnány potřeby tepla.

Plošné konstrukce budou posouzeny stacionárně. Pro použití byl zvolen program Teplo 2014 EDU. Jednotlivé veličiny byly posouzeny na základě současných požadavků dle ČSN 73 0540- 2.

Posouzení provětrávané dutiny bude rozděleno na dvě části, stacionární a nestacionární. U stacionárního výpočtu je použit program Mezera 2010. V tomto programu byla provětrávaná dutina rozdělena na 2 úseky. U tohoto výpočtu nebylo uvažováno s vlivem dlouhovlnného záření. Dále se v posouzení neuvažuje s vlivem odvětrávacích komínků, jelikož to použitý program neumožňuje. Posouzeny budou všechny varianty. U železobetonového horního pláště je také posouzena varianta se zateplením horního pláště 40mm polystyrenu. U nestacionárního výpočtu byl použit program WUFI 5.0. Návodem pro posouzení provětrávané dutiny ze zdroje [10]. V tomto modelu je již uvažováno s vlivy dlouhovlnného záření i s vlivem odvětrávacích komínků. Budou posouzeny pouze varianty se železobetonovým horním pláštěm, jelikož u dřevěného pláště je předpoklad vyšší bezpečnosti vzhledem k vyššímu tepelnému odporu horního pláště, jak ostatně potvrzuje stacionární výpočet.

Typické detaily budou posouzeny plošnými a prostorovými modely. Tyto modely byly částečně zjednodušeny, byly zanedbány například stěrkové omítky, hydroizolační souvrství apod. Vliv těchto prvků na celkový model je minimální. Mezi tyto detaily se dají zařadit atiky, uložení horního pláště, případně vlivy střešních nástaveb. V těchto místech dochází k tvorbě tepelných mostů z důvodu absence tepelné izolace, která by chránila tyto vystupující konstrukce z linie tepelného zateplení. Na základě plošných a prostorových modelů budou stanoveny lineární a bodové činitele prostupu tepla. Pro tvorbu prostorových modelů je použit program Comsol Multiphysics 5.0, který je velmi komplexním programem, jenž zasahuje do různých odvětví od elektrotechnických modelů až po

simulace chemických procesů. Zde bude použit model na vedení tepla a vodních par. Princip výpočtu je založen na metodě konečných prvků. Samotný postup tvorby modelu byl následující. Nejprve bylo nutné vymodelování konstrukce v prostoru v programu Autodesk Autocad2014. Tento model byl importován do programu Comsol Multiphysics 5.0. Pro jednotlivé části modelu byly zvoleny materiálové charakteristiky a okrajové podmínky. Nakonec byla vytvořena výpočetní síť. Interpretace výsledků ohledně vedení tepla jsou velmi přesné na rozdíl od stanovení oblastí kondenzace. Zde jsou výsledky spíše informativní a je nutné je brát s rezervou [24]. Oblasti kondenzace mají citelnou bezpečnostní rezervu. Pro získání přesnějších výsledků by bylo nutné zvolit složitější výpočet. Je vhodné proto porovnávat výsledky mezi prostorovým modelem a plošným modelem programu Area 2014 EDU, která získává mnohem přesnější výsledky na základě Glaserovy metody [24].

Pro posuzování 2D detailů byl zvolen program Area 2014 EDU. Program Comsol Multiphysics 5.0 také umožňuje tvorbu 2D detailů, avšak z důvodu možné kontroly výsledků, zde byl zvolen program jiný. Dalším důvodem pro volbu programu Area 2014 EDU byla možnost přesnějšího stanovení relativních vlhkostí, respektive kondenzačních zón.

Na základě plošných a prostorových modelů budou stanoveny lineární a bodové činitele prostupu tepla. Po stanovení těchto činitelů bude vypočtena potřeba tepla přes otopné období se zahrnutím právě těchto činitelů. Nakonec bude porovnáno 5 variant. Trojice s horním betonovým pláštěm a dvojice s dřevěným horním pláštěm. Vždy původní stav a stav po zateplení spodního pláště s fasádou. U železobetonového horního pláště bude také posouzena varianta se zateplením pouze střechy, fasáda zůstane bez zateplení v původním stavu.

3.1 Materiálové charakteristiky a okrajové podmínky výpočtu

- Přehled materiálových charakteristik

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost	Měrná tepelná kapacita	Faktor difúzního odporu
	λ	ρ	C	μ
	[W/m*K]	[kg/m ³]	[J/kg*K]	[-]
Železobeton	1.580	2400	1020	29
EPS-Stěnový panel	0.091	10	1270	40
EPS-na horním plášti	0.050	10	1270	40
Mínérální plst'	0.074	350	1150	9
Dutinový panel	1.200	1200	840	23
Vápenocementová omítka	0.990	2000	790	19
PVC hydroizolace	0.160	1300	960	33000
Dřevo	0.18/41	400	2510	157
Climatizer plus	0.041	45	2020	2
Pryž	0.05	150	1510	4700
Asfaltový pás	0.210	1100	1470	17100

Tabulka 3.1-1: Přehled materiálových charakteristik

- Okrajové podmínky výpočtu

Okrajové podmínky výpočtu	Značka	Hodnota	Jednotky
Teplota interiéru	θ_i	20.6	[°C]
Relativní vlhkost interiéru	φ_i	50	[%]
Teplota exteriéru	θ_e	-13	[°C]
Relativní vlhkost exteriéru	φ_e	84	[%]

Tabulka 3.1-2: Přehled okrajových podmínek výpočtu

Pro výpočet poklesu dotykové teploty	Konstrukce	Tepelný odpor při přestupu tepla [m ² *K/W]
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	Stěna	0.25
	Strop	0.25
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	Stěna	0.04
	Strop	0.04
Tepelný odpor při přestupu tepla v prostoru dutiny	Stěna	0.13
	Strop	0.1
Pro výpočet součinitele prostupu tepla		
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	Stěna	0.13
	Strop	0.1
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	Stěna	0.04
	Strop	0.04
Tepelný odpor při přestupu tepla v prostoru dutiny	Stěna	0.13
	Strop	0.1

Tabulka 3.1-3: Přehled tepelných odporů při přestupu tepla

U prostorových modelů bylo při výpočtech šíření vodních pár počítáno se součiniteli přenosu vodní páry β . Na vnitřním povrchu $\beta_i=0,0076$ [m/s] a vnějším $\beta_e=0,0236$ [m/s].

3.2 Střecha s železobetonovým horním pláštěm-Původní stav

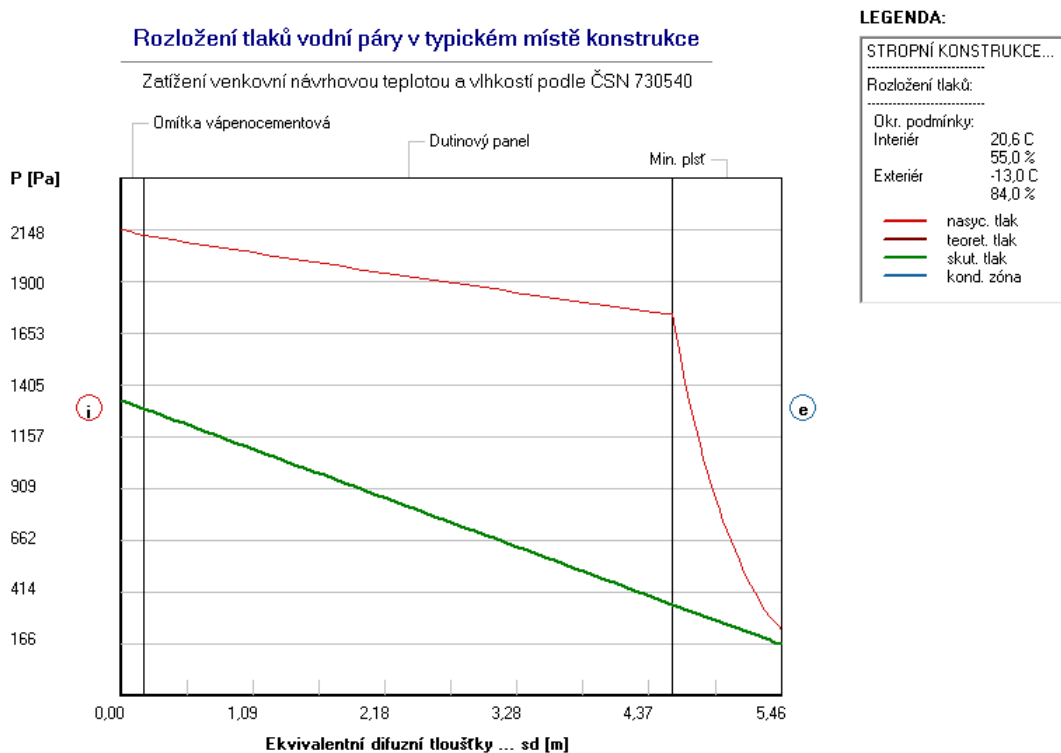
Jako vzor byla použita střecha v Litoměřicích, tudíž byly převzaty skladby a geometrie střechy včetně rozmístění nástaveb a dalších navazujících konstrukcí.

3.2.1 Plošné konstrukce

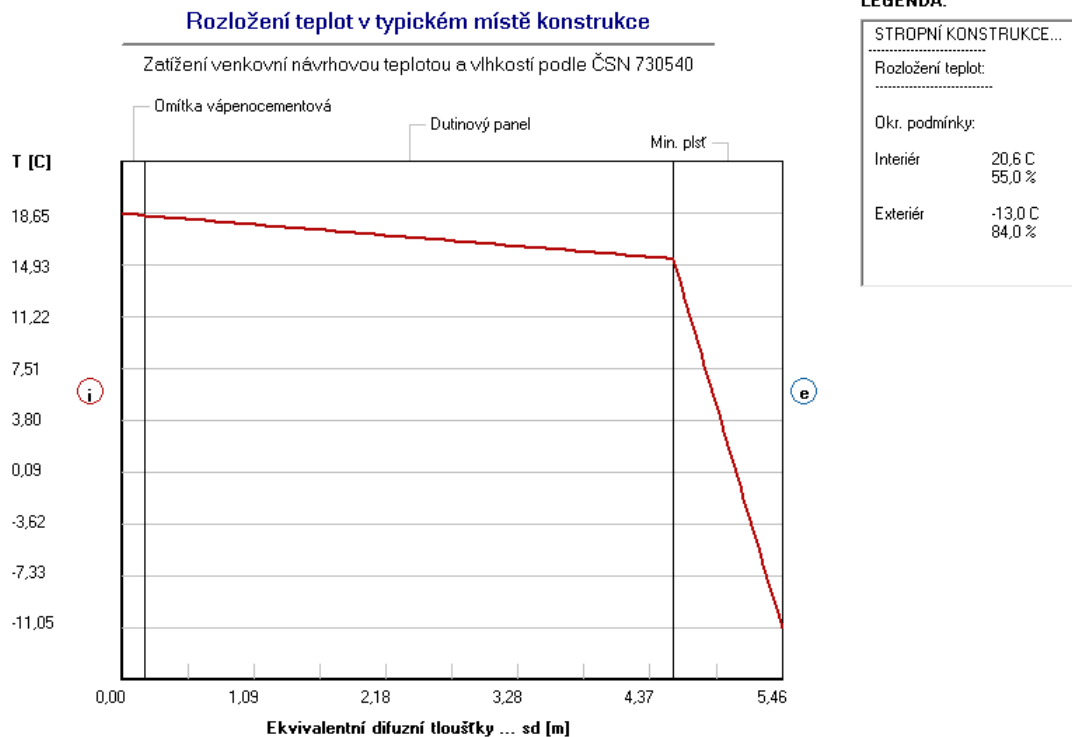
- Spodní plášť dvouplášťové střechy



Obrázek 3.2-1: Skladba spodního pláště dvouplášťové ploché střechy



Graf 3.2-1: Rozložení tlaků vodní páry ve spodním plášti dvouplášťové ploché střechy

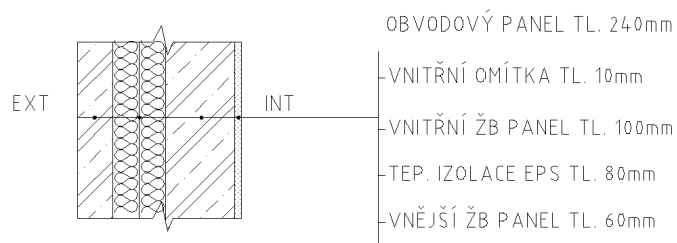


Graf 3.2-2: Průběh teplot ve spodním plášti dvouplášťové ploché střechy

Komentář:

V konstrukci spodního pláště nedochází ke kondenzaci. To je patrné z průběhů rozložení tlaků vodních par. Tato konstrukce splňuje současné požadavky na tepelný faktor vnitřního povrchu, kde minimální povrchová hodnota 16,11°C je vyšší, než požadovaná, tudíž je eliminováno riziko vzniku a růstu plísní. Na obrázku 3.2-3 je nejnižší povrchová teplota 18,65 °C, to je způsobeno nižším odporem při přestupu tepla. Pro posouzení je nutné brát vyšší hodnotu, která je více na straně bezpečnosti.

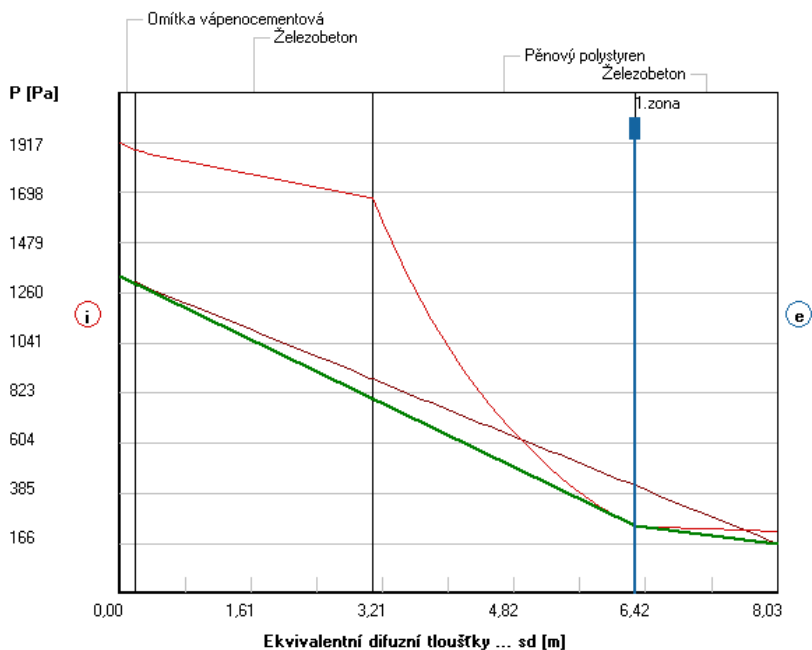
- Obvodový panel



Obrázek 3.2-2: Skladba obvodového stěnového panelu tloušťky 240mm

Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540



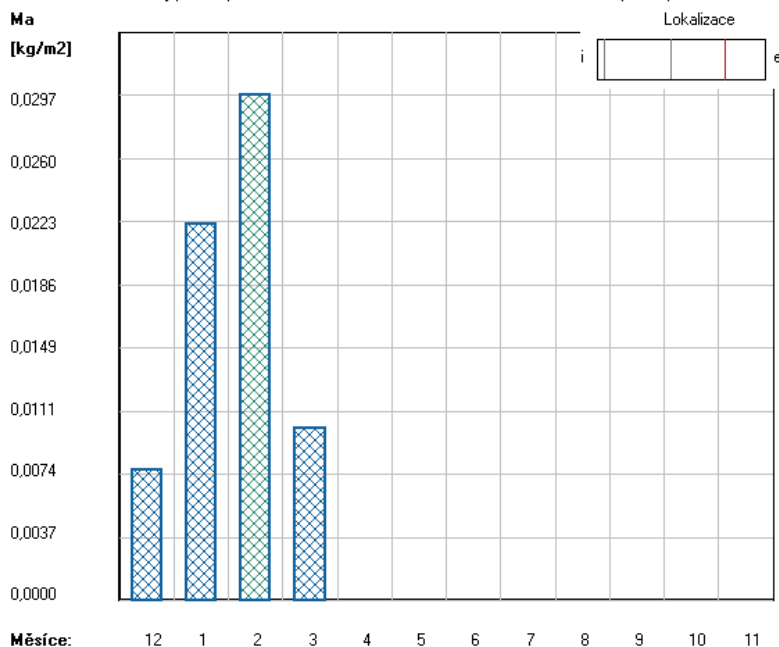
LEGENDA:

OBVODOVÝ PANEĽ TL....	
Rozložení tlaků:	
Okr. podmínky:	
Interiér	20,6 C
	55,0 %
Exteriér	-13,0 C
	84,0 %
—	nasyc. tlak
—	teoret. tlak
—	skut. tlak
—	kond. zóna

Graf 3.2-3: Rozložení tlaků vodních par v obvodovém stěnovém panelu

Akumulované množství zkondenzované vlhkosti

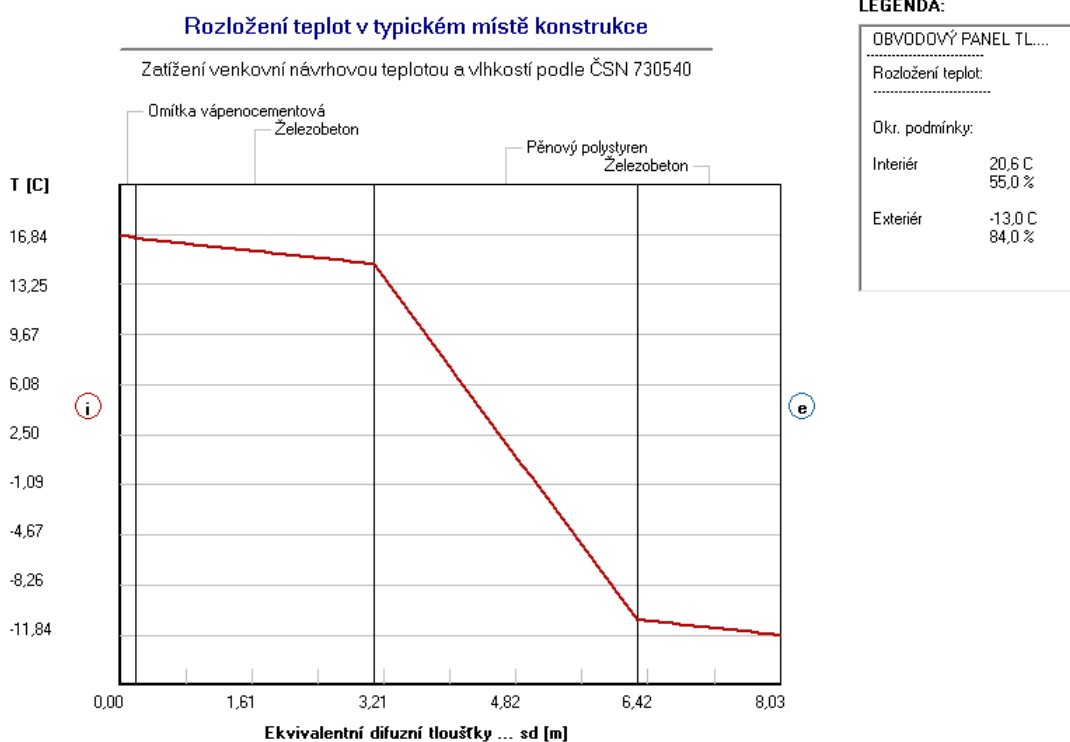
Výpočet podle EN ISO 13788 ... Kondenzační zóna č. 1 ... (1. rok)



LEGENDA:

OBVODOVÝ PANEĽ TL....	
Akumulovaná vlhkost:	
Rok výpočtu č. 1	
Kond. zóna č. 1	
Na konci model. roku je zóna vysušená.	

Graf 3.2-4: Akumulované množství zkondenzované vlhkosti v obvodovém stěnovém panelu



Graf 3.2-5: Průběhy teplot v obvodovém stěnovém panelu

Komentář:

Skladba obvodového pláště splňuje dnešní požadavky na tepelný faktor vnitřního povrchu, kde je minimální povrchová hodnota je 14,04°C vyšší než požadovaná, tudíž je eliminováno riziko vzniku a růstu plísní. V konstrukci v kritickém zimním období dochází na rozhraní polystyrenu a vnějšího železobetonové vrstvy ke kondenzaci vodní páry. Množství zkondenzované vodní páry je menší než 0,5 kg/m², tudíž je splněn požadavek normy ČSN 73 0540- 2. Toto množství se však spolehlivě vypaří během měsíců březen a dubem.

Hodnocená konstrukce	Součinitel prostupu tepla	Požadovaný součinitel prostupu tepla	Zkondenzované množství vodní páry	Vypařitelné množství vodní páry
	U [W/m ² *K]	U _N [W/m ² *K]	M _{ca} [kg/m ² *a]	M _{eva} [kg/m ² *a]
Obvodový panel	0.86	0.30	0.064	1.233
	Požadavek nesplněn		Požadavek splněn	
Štitový panel	0.84	0.30	0.043	1.222
	Požadavek nesplněn		Požadavek splněn	
Spodní plášť	0.58	0.24	0	-
	Požadavek nesplněn		Požadavek splněn	

Tabulka 3.2-1: Přehled posouzení plošných konstrukcí- Původní stav

Hodnocená konstrukce	Teplotní faktor	Požadovaný teplotní faktor	Povrchová teplota	Požadovaná min. povrchová teplota
	f_{Rsi} [-]	$f_{Rsi,N}$ [-]	T_i [°C]	$T_{i,N}$ [°C]
Obvodový panel	0.801	0.751	14.04	12.23
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	
Štitový panel	0.805	0.751	14.20	12.23
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	
Spodní plášť	0.862	0.751	16.11	12.23
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	

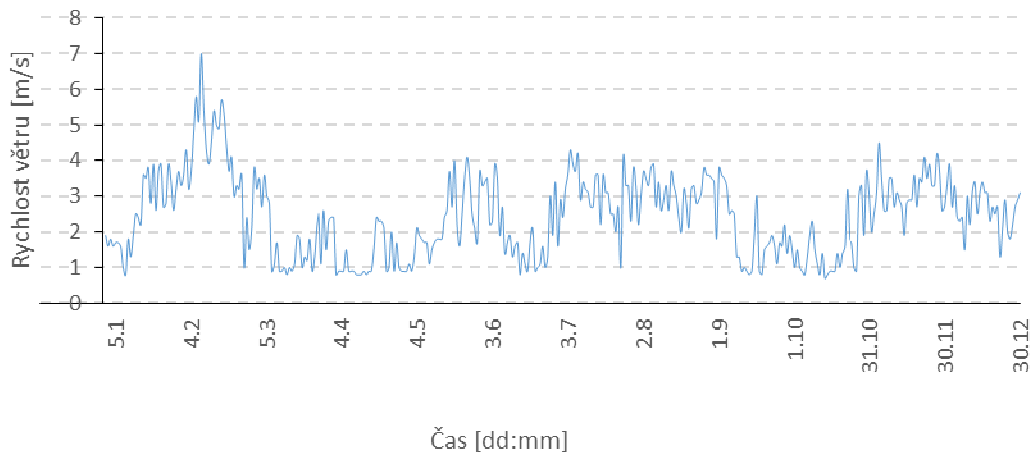
Tabulka 3.2-2: Přehled posouzení plošných konstrukcí- Původní stav

- Posouzení provětrávané dutiny

Stacionární posouzení

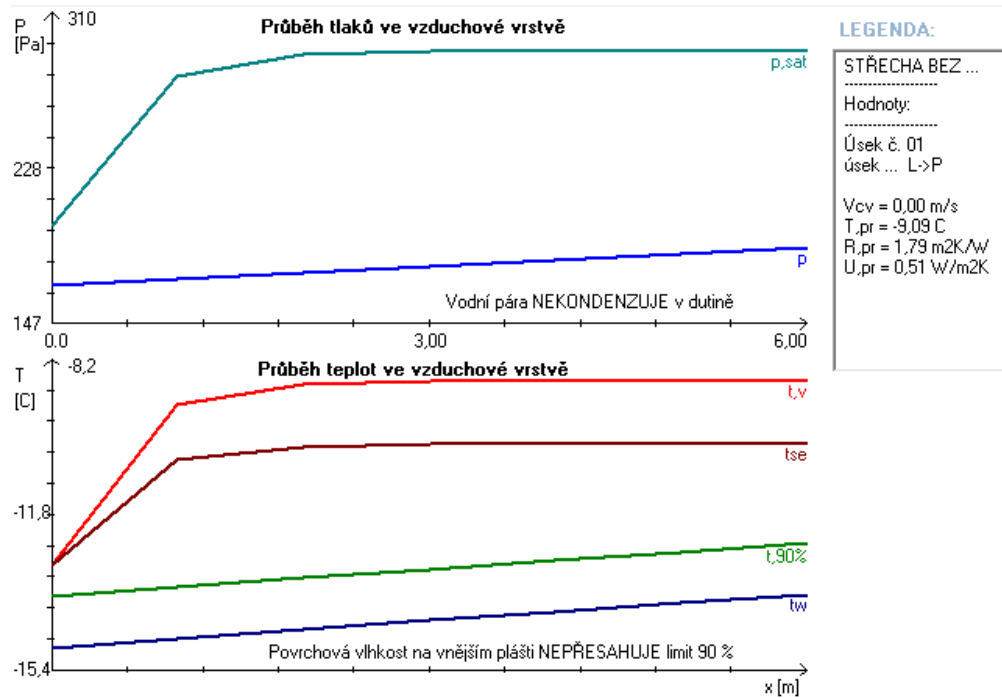
V současné době požadují normy posouzení dvouplášťových střech při stavu v bezvětrí. V publikaci [2] je zmíněno, že období bezvětrí může trvat i delší období, které by mohlo být pro dvouplášťovou konstrukci střechy kritické. Avšak po analýze dat z dlouhodobých měření v grafu 3.2-1 vyplývá, že období bezvětrí při hodinových průměrech za rok 2010 nenastává. Nejmenší změřená hodnota v hodinovém průměru byla 0,3 [m/s].

U všech stacionárních modelů jsou sníženy účinné plochy větracích otvorů v atice o 20%. U původního stavu je to z důvodu jejich znečištění (obrázek 2.1-17). V případě nového stavu se jedná o nedokonalé vytvoření otvoru v tepelné izolaci na fasádě a možného zmenšení otvoru, dále pak možným znečištěním nové sítěky v průběhu času.



Graf 3.2-6: Průměrné hodinové rychlosti větru za rok 2010 ČHMU Praha- Karlov

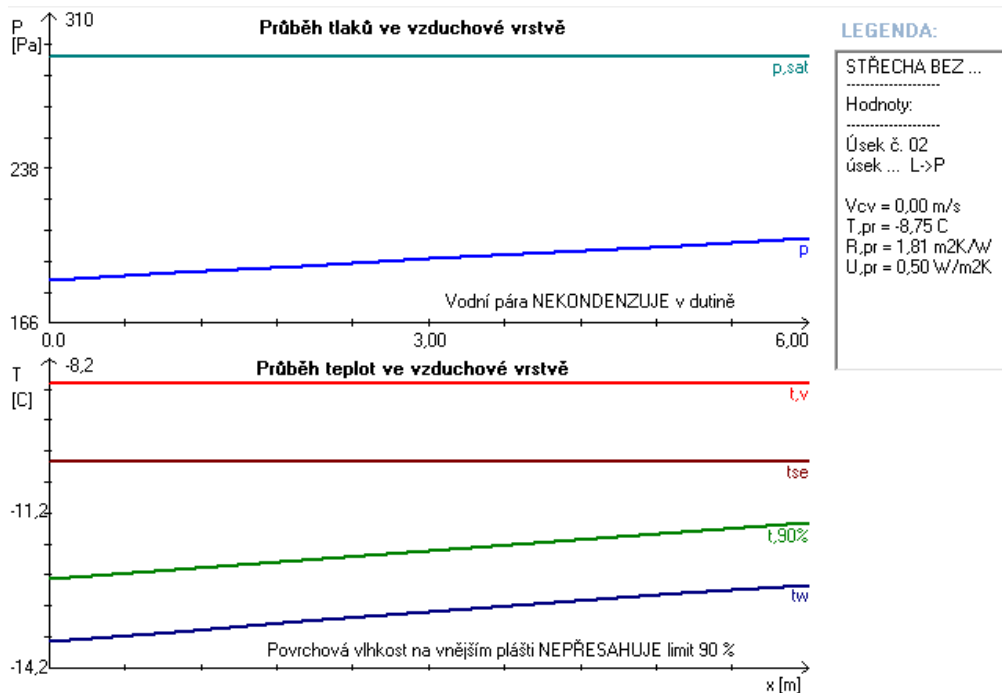
Pro výpočet byla zvolena nízká rychlost větru $v=0,5$ [m/s]



Graf 3.2-7: Úsek 1 v prostoru provětrávané dutiny

Vysvětlivky ke grafu:

- částečný tlak vodní páry [Pa] —————
- částečný tlak nasycené vodní páry [Pa] —————
- teplota vzduchu v provětrávané vrstvě [C] —————
- teplota rosného bodu v provětrávané vrstvě [C] —————
- teplota vnitřního povrchu vnějšího pláště [C] —————
- min. povrch. teplota vnějšího pláště potřebná k zajištění povrchové vlhkosti max. 90% —————



Graf 3.2-8: Úsek 2 v prostoru provětrávané dutiny

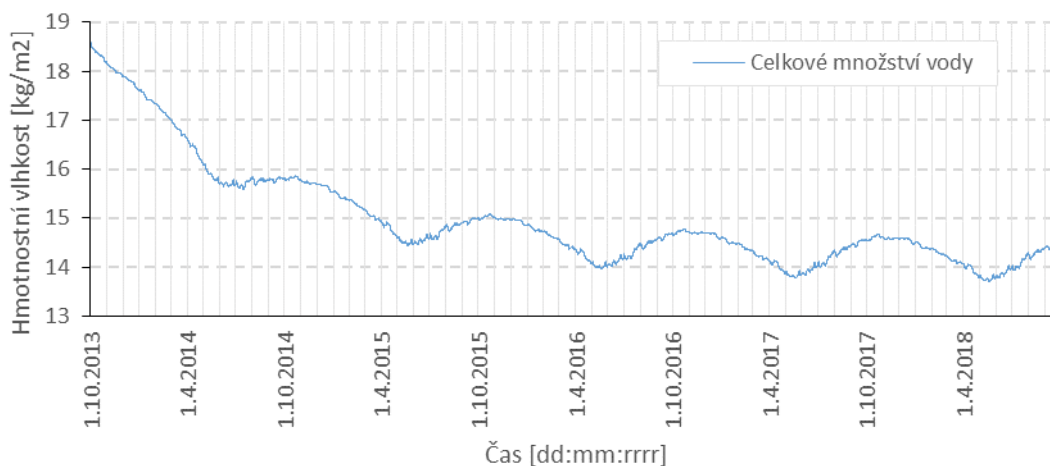
Komentář:

Při rychlosti větru 0,5 [m/s] jsou v původním stavu bez zateplení splněny oba požadavky dle ČSN 73 0540- 2 splněny. V prvním úseku dochází u vzduchu vstupujícím do dutiny k jeho oteplení z -13 °C na -9,09 °C. Vstupující chladnější vzduch ochlazuje spodní povrch horního pláště, proto se po zvýšení teploty vzduchu v dutině rovněž zvýší teplota spodního povrchu horního pláště. Avšak tato teplota je nižší než teplota vzduchu v dutině.

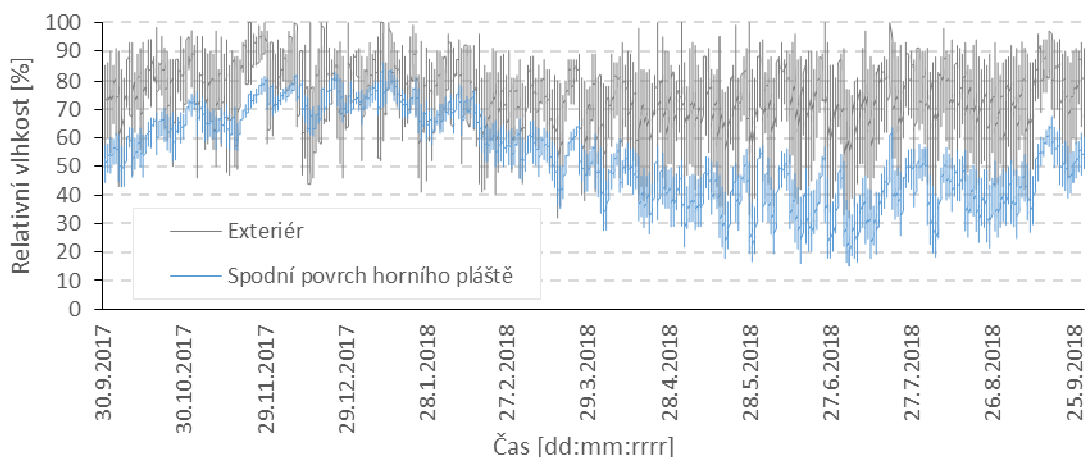
Ve druhém úseku dochází k již velmi mírnému nárůstu teploty vzduchu v prostoru dutiny. Částečný tlak vodních par roste jako v prvním úseku, avšak do hodnoty částečného tlaku nasycené vodní páry na konci úseku dutiny je bezpečná rezerva.

Nestacionární posouzení ploché dvouplášťové střechy

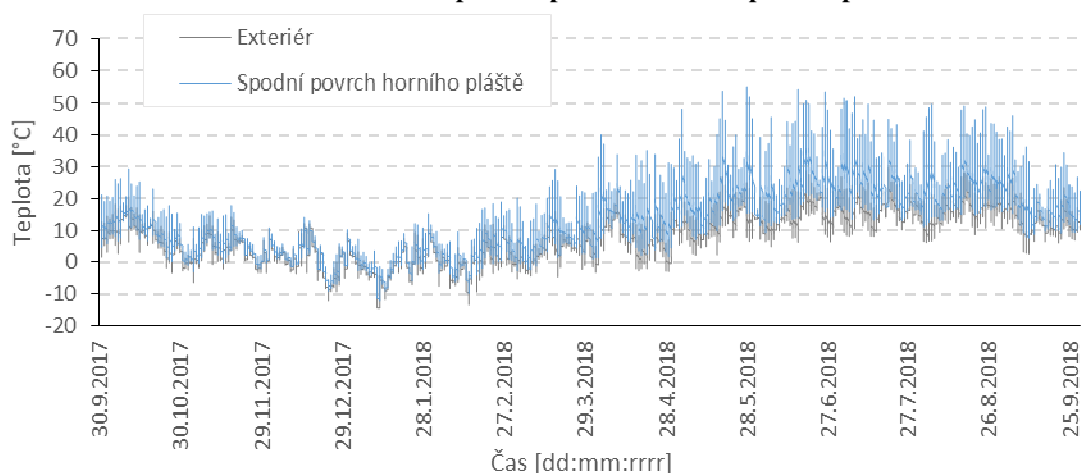
Výměna vzduchu v provětrávané dutině [10] byla zvolena jako 3[h⁻¹]. Tato hodnota vychází z publikace[5], kde byla tato problematika více rozvedena a podložena měřeními. Výpočet je zde uveden s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření.



Graf 3.2-9: Celkové množství vody v konstrukci dvouplášťové ploché střechy



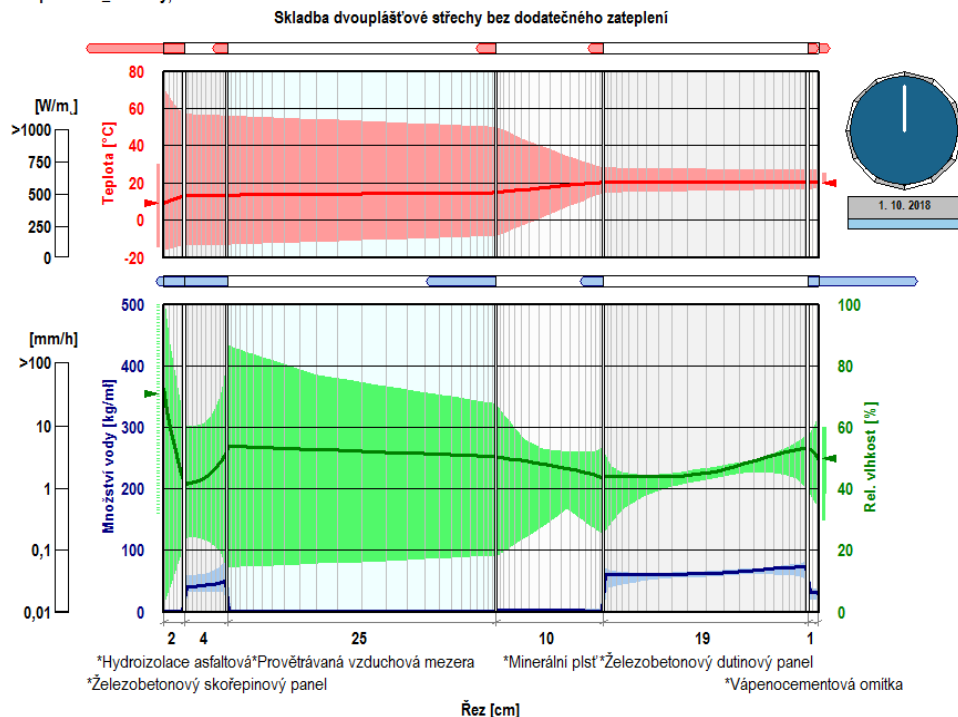
Graf 3.2-10: Průběh relativních vlhkostí na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem



Graf 3.2-11: Průběh teplot na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem

Vrstva	Start výpočtu	Konec výpočtu	Minimum	Maximum
	[kg/m ²]			
Hydroizolace asfaltová	0.00	0.00	0.00	0.00
Betonová skořepinový panel	2.32	1.76	1.43	2.78
Vzduchová mezera	0.00	0.00	0.00	0.00
Mínérální plst'	0.28	0.19	0.12	0.28
Železobetonový dutinový panel	15.64	12.28	11.21	15.64
Vápenocementová omítka	0.35	0.31	0.22	0.35
Celkové množství vody v konstrukci	18.59	14.52	13.70	18.59

Tabulka 3.2-3: Přehled hmotnostních vlhkostí během výpočtu



Graf 3.2-12: Průběhy teplot a relativních vlhkostí v konstrukci ploché střechy během modelového roku

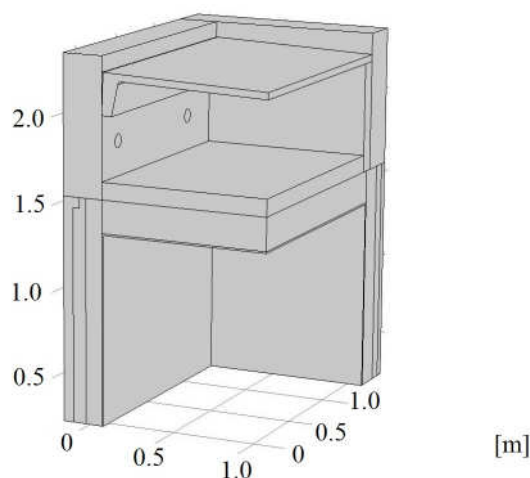
Komentář:

Z grafu 3.2-4 vyplývá, že i přes vyšší zabudovanou vlhkost konstrukce během 5 let dokázala snížit množství vody na ustálený stav. Simulace by mohla pokračovat i v horizontu více let, avšak změny hodnot jsou již nepatrné a pro přehlednost je zde uvedeno pouze prvních 5 let. Z průběhů relativních vlhkostí na spodním povrchu horního pláště je vidět, že nejvíce se relativní vlhkost přibližuje hodnotám exteriéru v zimním období naopak v letním období je tento rozdíl větší. Maximální hodnota relativní vlhkosti byla 85,94% dne 13.1. v 7:00. V letním období jsou teploty spodního povrchu horního pláště mnohdy o mnoho vyšší než teplota vnějšího vzduchu, to je zapříčiněno slunečním zářením, které povrch střechy ohřívá na více než 70 °C. Naopak v zimním období jsou rozdíly teplot menší. Poměrně často však také dochází v tomto období k tomu, že teplota na povrchu spodního pláště je vyšší než teplota v exteriéru. To může být způsobeno tepelnou setrvačností velmi hmotného železobetonového panelu, který za chladné noci nestihne zcela prochladnout.

Při těchto teplotách dochází k úplnému vysušení konstrukce při případné kondenzaci vodních par na spodním povrchu horního pláště. V zimě naopak krátkodobě klesá až k -15°C. To je nejspíše způsobeno vlivem dlouhovlnného záření, které způsobilo podchlazení horního pláště. Takovéto povětrnostní podmínky kladou velké nároky na hydroizolační souvrství.

3.2.2 Prostorové posouzení typických detailů

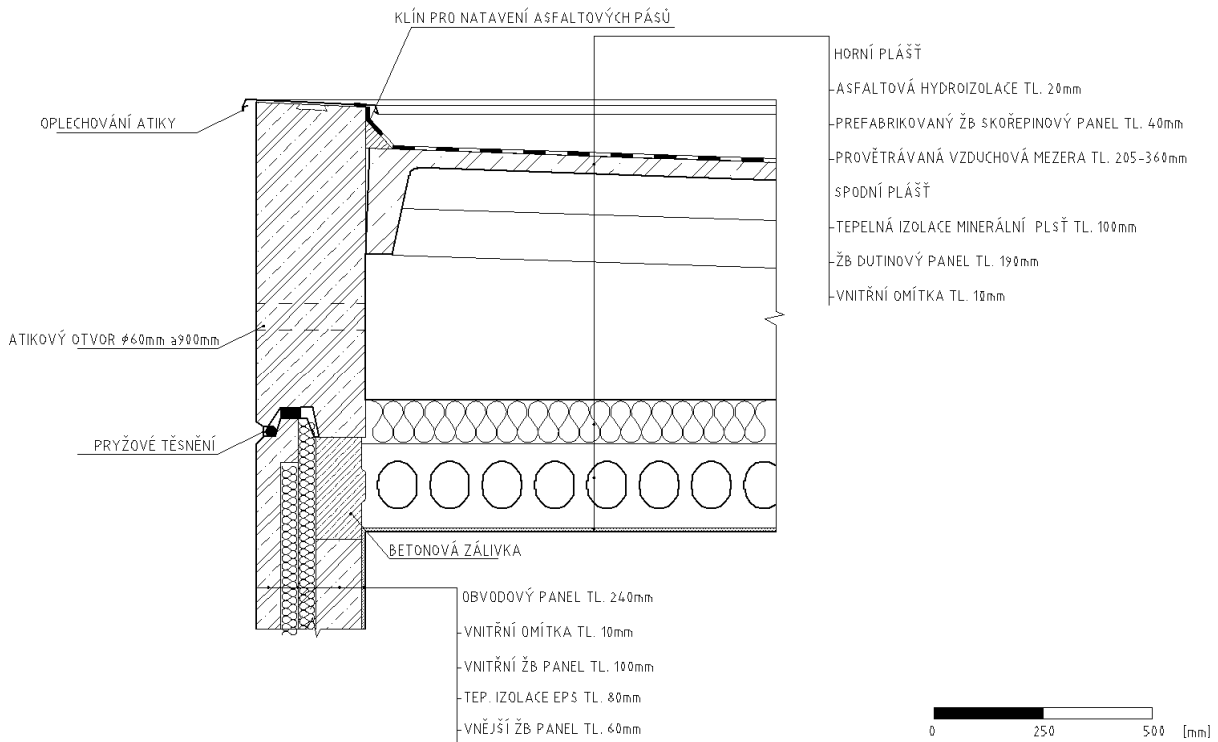
- Detail nároží



Obrázek 3.2-3: Schéma detailu nároží

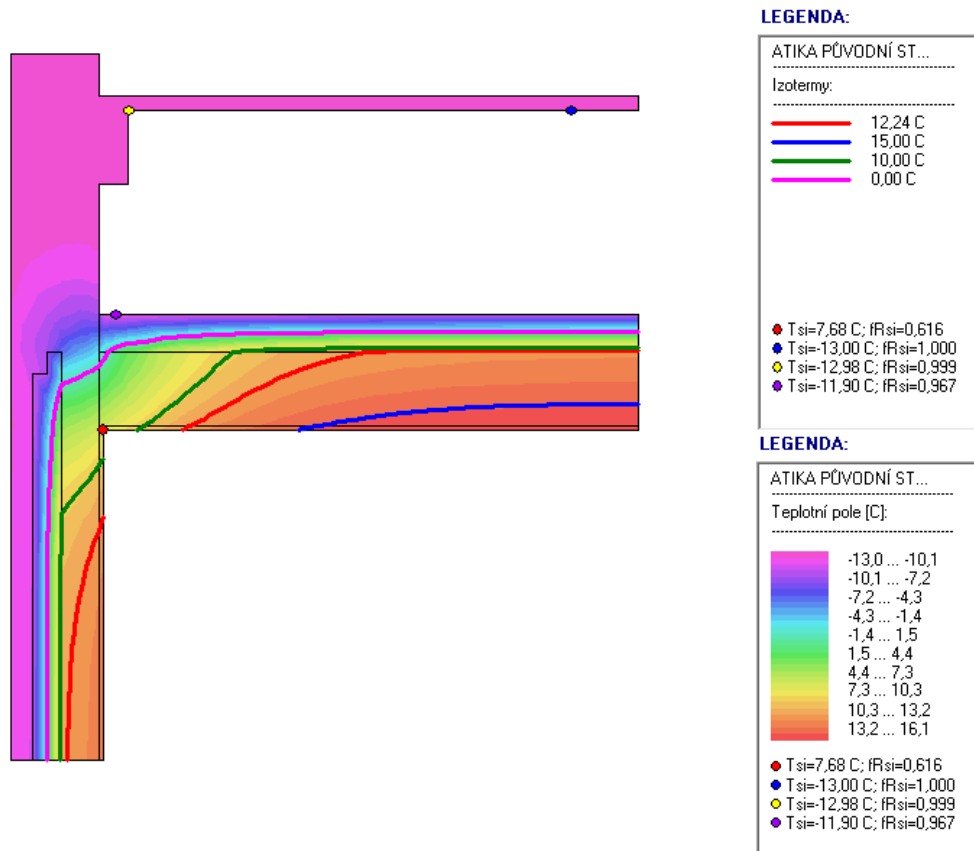
Jedním z typických detailů je nároží, kde dochází ke styku atiky obvodového stěnového panelu a atiky štítového panelu. V tomto detailu docházelo ke zcela typickým a často se opakujícím problémům s kondenzací vodní páry na vnitřním povrchu napříč všemi typy a druhy panelových soustav.

Nejdříve budou uvedeny 2D detaily atiky obvodového a štítového panelu (zde bude uveden pouze obvodový, jelikož konstrukční rozdíl je minimální a výsledky jsou téměř identické), nároží štítového a obvodového panelu. Poté následuje prostorový model s již celým nárožím.

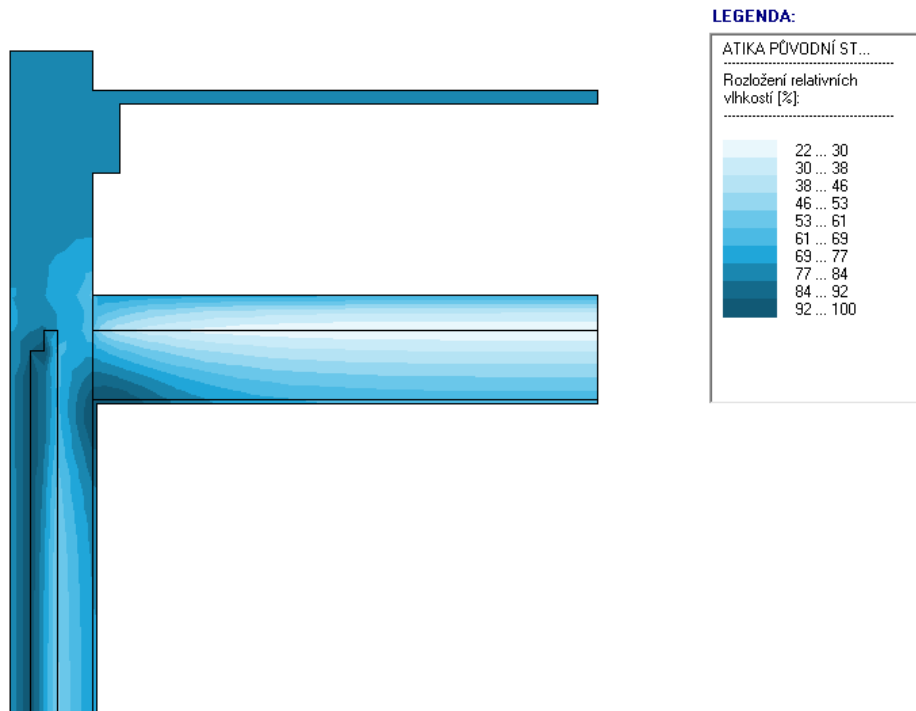


Obrázek 3.2-4: Detail atiky obvodové stěny [15]

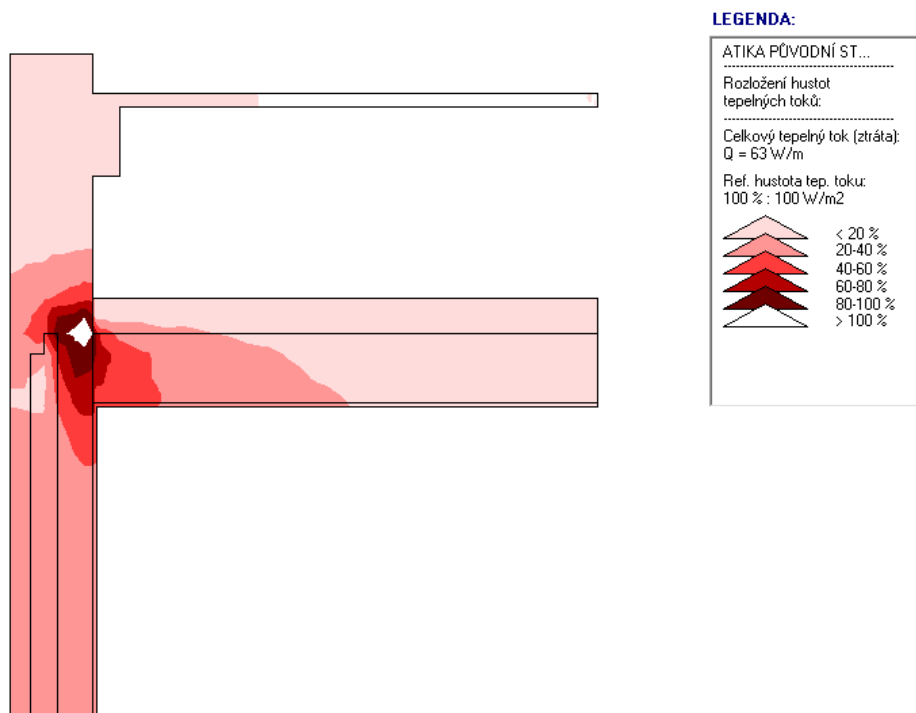
Plošné posouzení



Obrázek 3.2-5: Průběh teplot u atiky (PS)



Obrázek 3.2-6: rozložení relativních vlhkostí u atiky (PS)

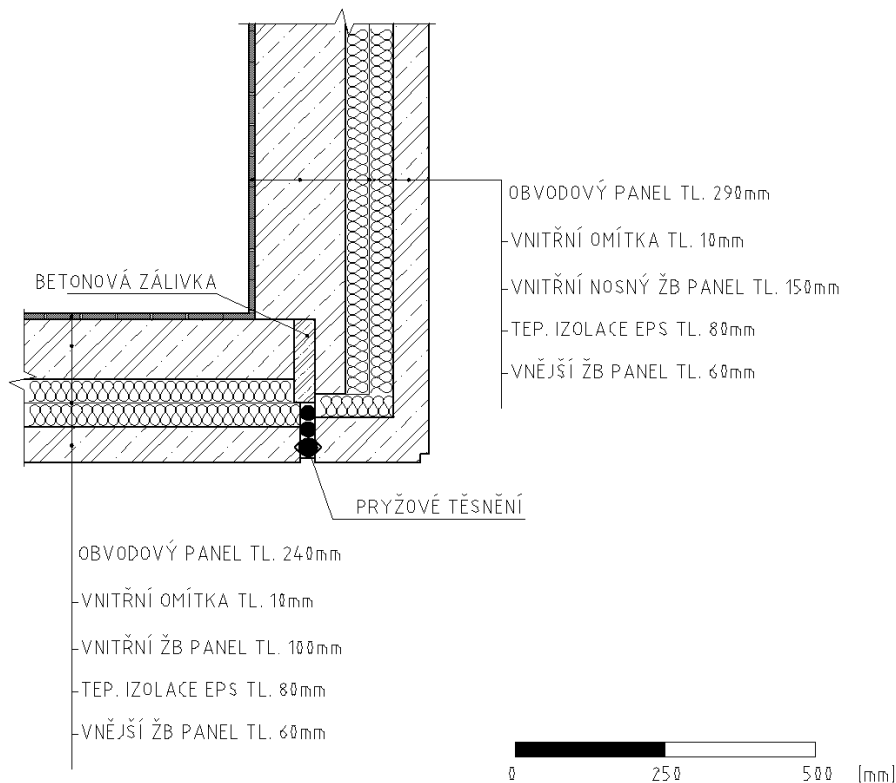


Obrázek 3.2-7: Rozložení hustot tepelných toků u atiky (PS)

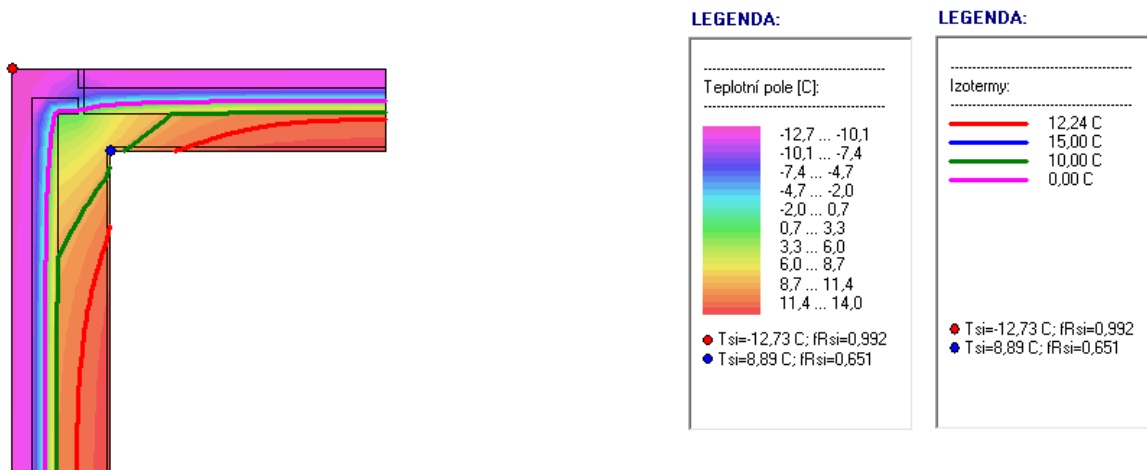
Komentář:

Nejnižší povrchová teplota je $7,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v místě styku stropní a stěnové konstrukce. Požadavek na minimální povrchovou teplotu $12,24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ není splněn. Dále je vidět, že horní plášť již téměř neovlivňuje teplotu na vnitřním povrchu. Toto je zřejmé i

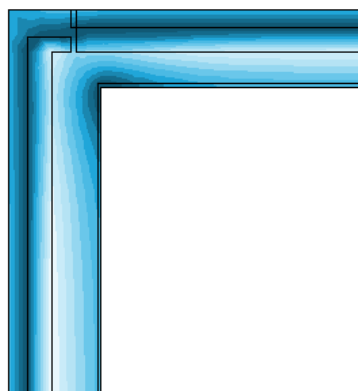
z obrázku 3.2-12, kde je hustota tepelného toku menší než 20% (hodnota 20% je způsobená rozlišovací škálou, ve skutečnosti je tento tok daleko menší v řádu %). Z důvodu poklesu povrchové teploty v místě rozhraní stropu a stěny je relativní vlhkost 100%, tudíž zde dochází ke kondenzaci. Další oblastí kondenzace je rozhraní mezi vnějším betonovým panelem a tepelnou izolací z EPS. Z průběhů relativních vlhkostí se zdá, že skladba spodního pláště je zcela bezproblémová. V místě uložení atikového panelu je patrná mezera v linii zateplení, kde proniká největší hustota tepelného toku. Obdobná situace je u štítové atiky. Zde vlivem spádového klínu klesla nejnižší povrchová teplota na 6,83 °C.



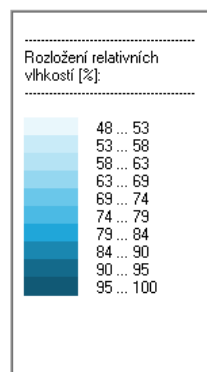
Obrázek 3.2-8: Detail půdorysu nároží stěnových panelů (PS) [15]



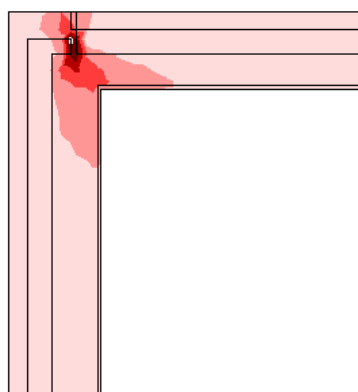
Obrázek 3.2-9: Průběh teplot detailu nároží stěnových panelů (PS)



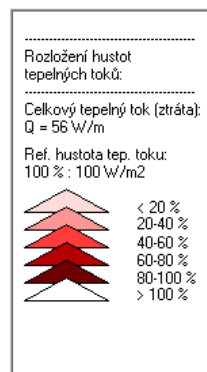
LEGENDA:



Obrázek 3.2-10: Rozložení relativních vlhkostí detailu nároží stěnových panelů (PS)



LEGENDA:

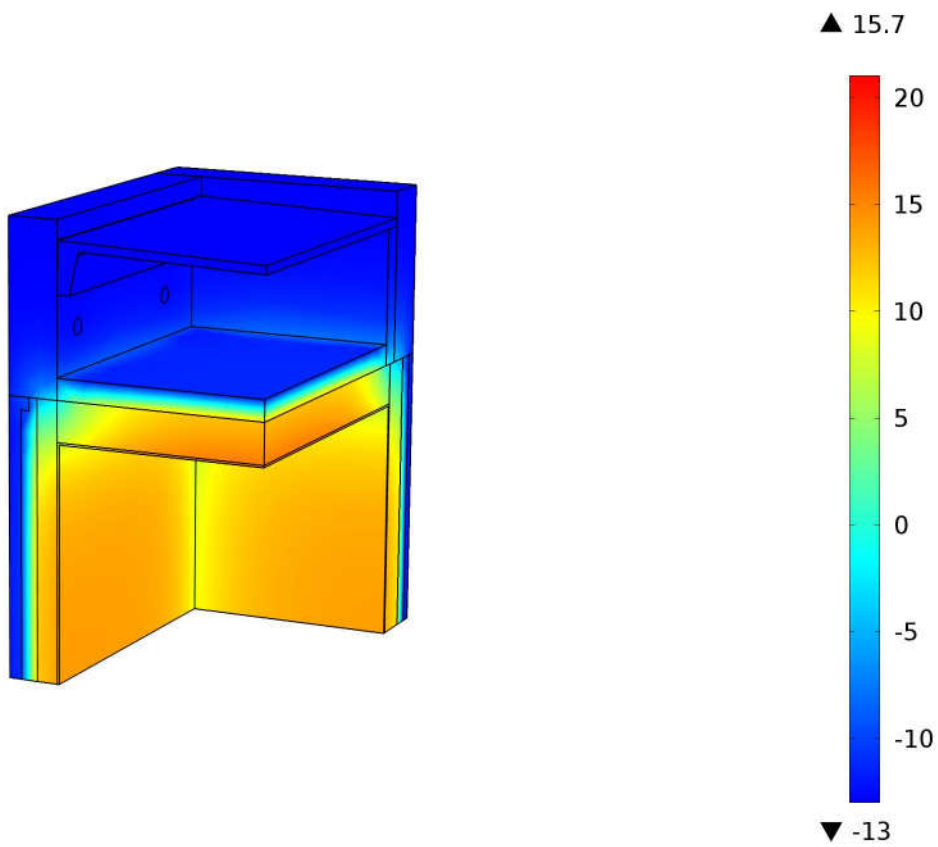


Obrázek 3.2-11: Rozložení hustot tepelných toků detailu nároží stěnových panelů (PS)

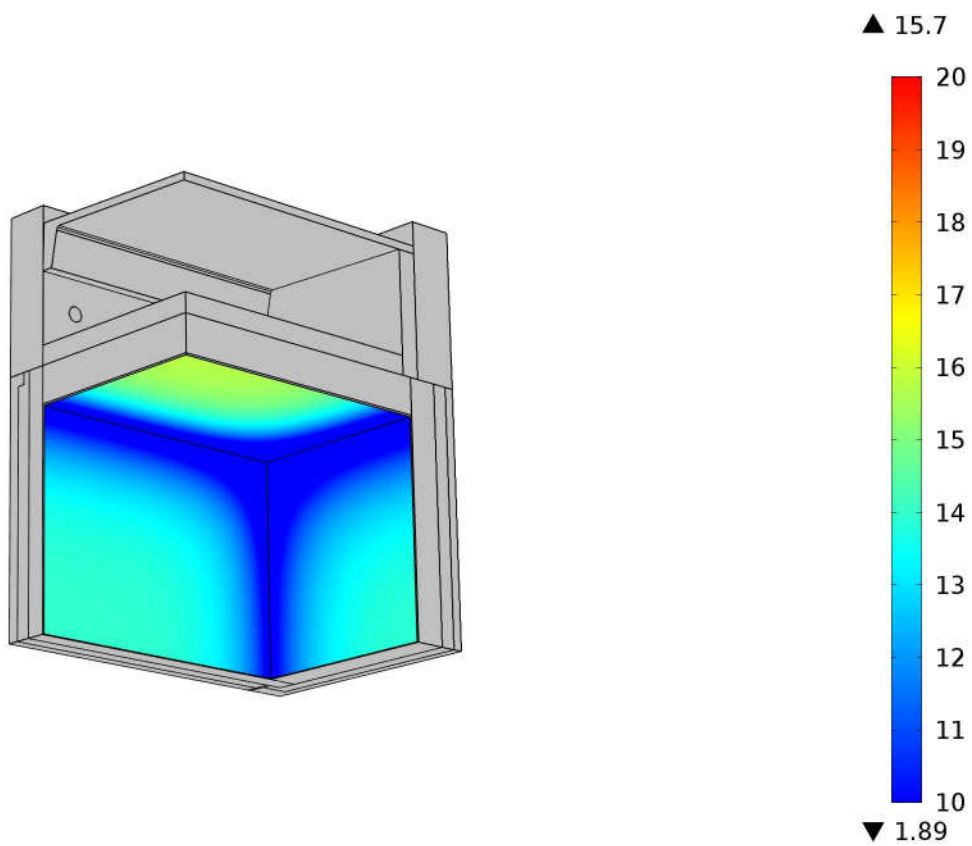
Komentář:

Nejnižší povrchová teplota je 8,89 °C. Podobně jako u detailu atiky zde na vnitřním povrchu není splněn požadavek na minimální povrchovou teplotu. V této oblasti na vnitřním povrchu dochází ke kondenzaci vodních par, jenž je způsobena poklesem povrchové teploty. Dalšími kondenzační zóny se nachází na rozhraní polystyrenu a vnější železobetonové vrstvy. Z rozložení hustoty tepelných toků je patrný tepelný most v místě napojení štítového a obvodového panelu, kde se v linii tepelné izolace nachází zálivkový beton, jenž spojuje jednotlivé panely.

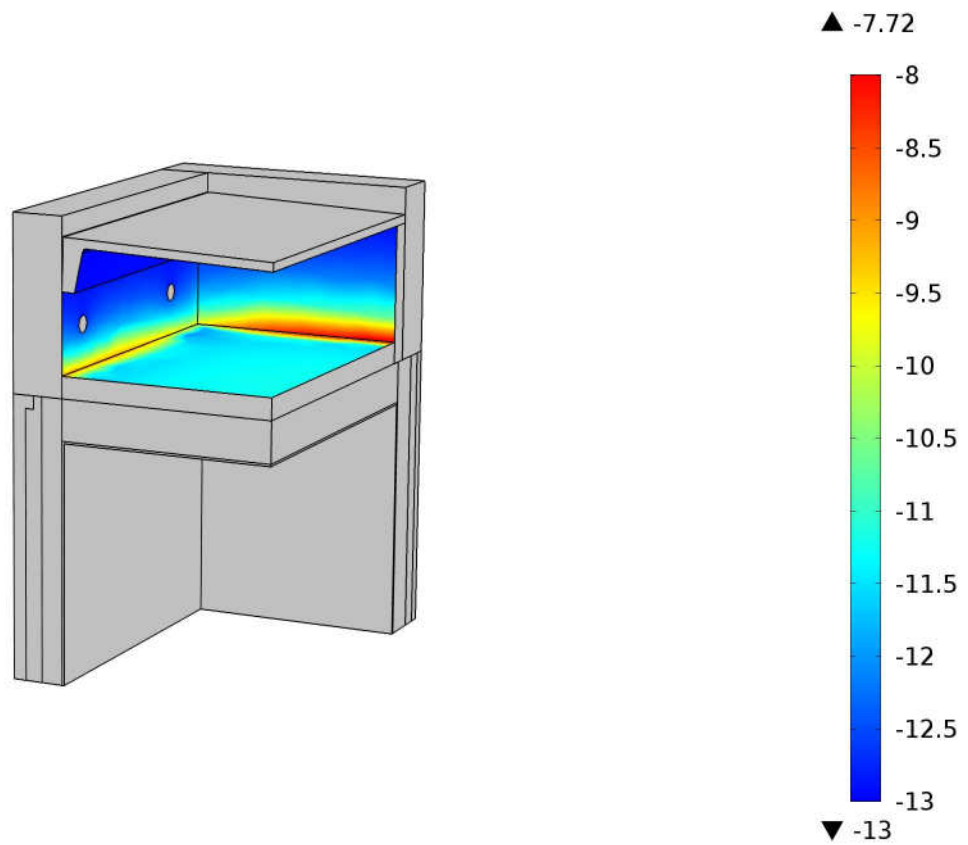
Prostorové posouzení



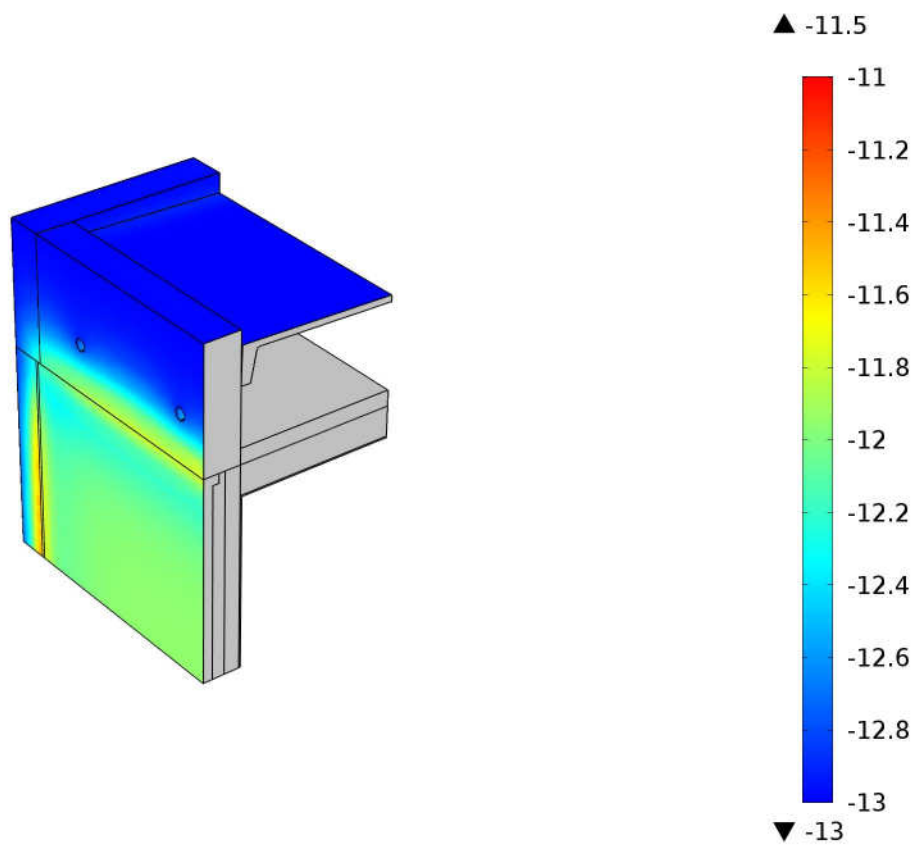
Obrázek 3.2-12: Průběh teplot [°C] detailu nároží (PS)



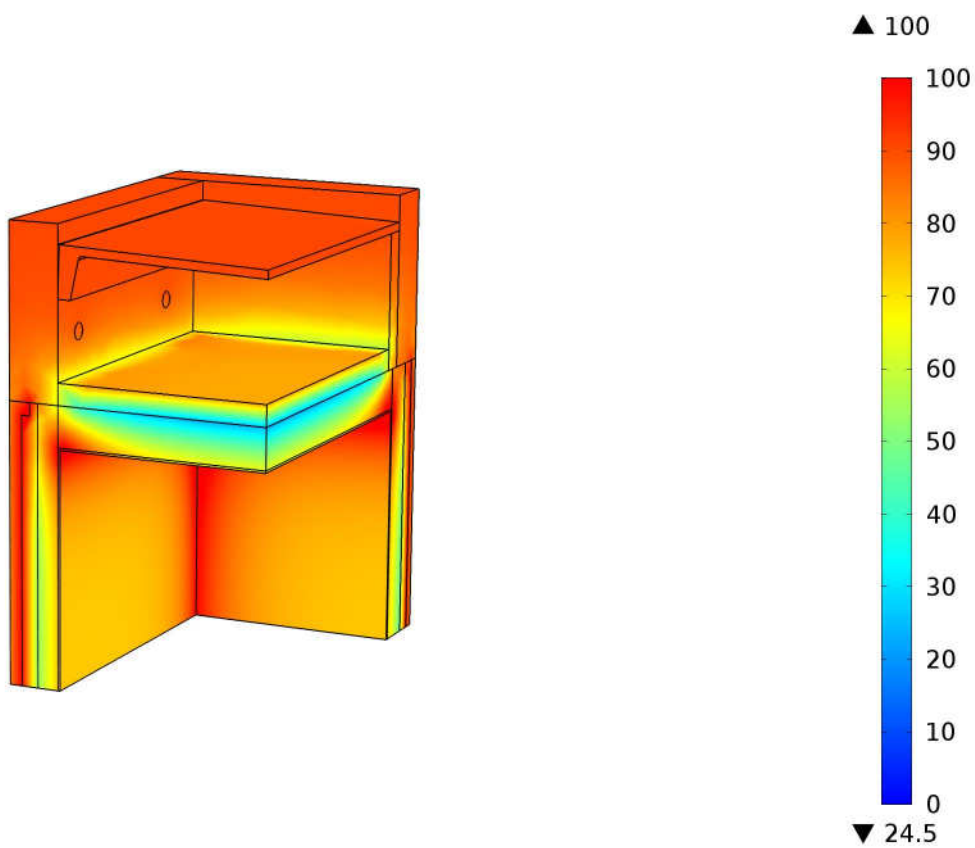
Obrázek 3.2-13: Průběhy teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu nároží (PS)



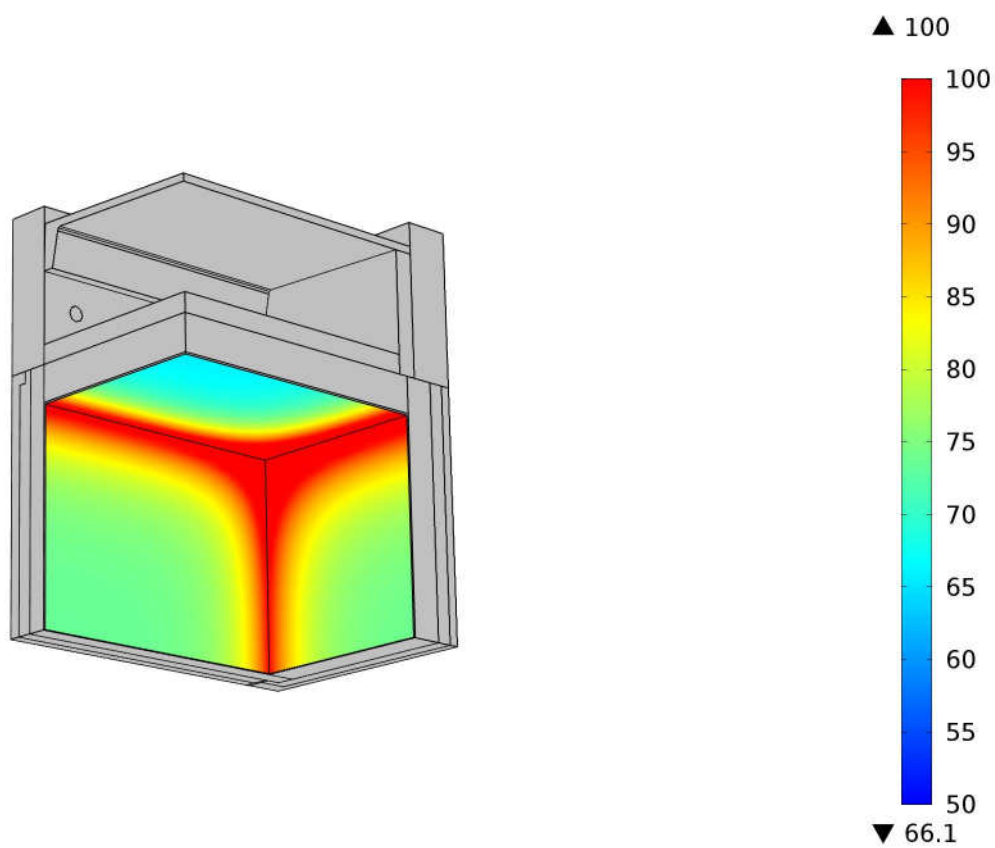
Obrázek 3.2-14: Průběh teplot [°C] v provětrávané dutině detailu nároží (PS)



Obrázek 3.2-15: Průběh teplot [°C] na vnějším povrchu detailu nároží (PS)



Obrázek 3.2-16: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu nároží (PS)

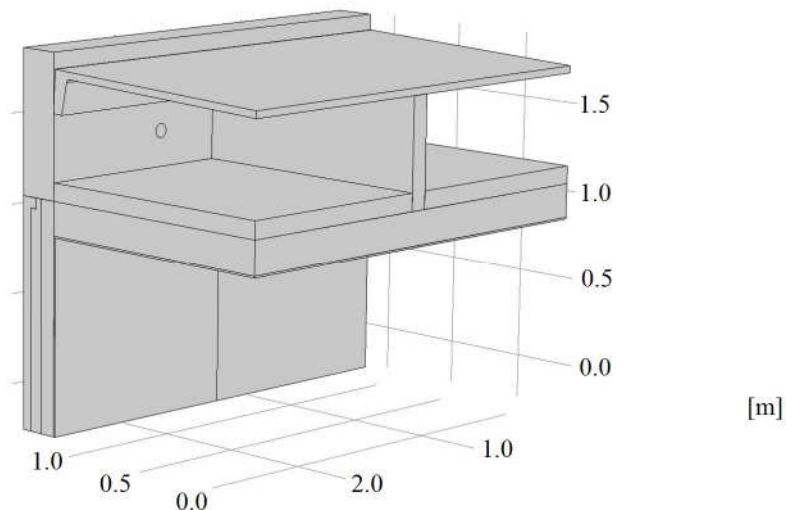


Obrázek 3.2-17: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu nároží (PS)

Komentář:

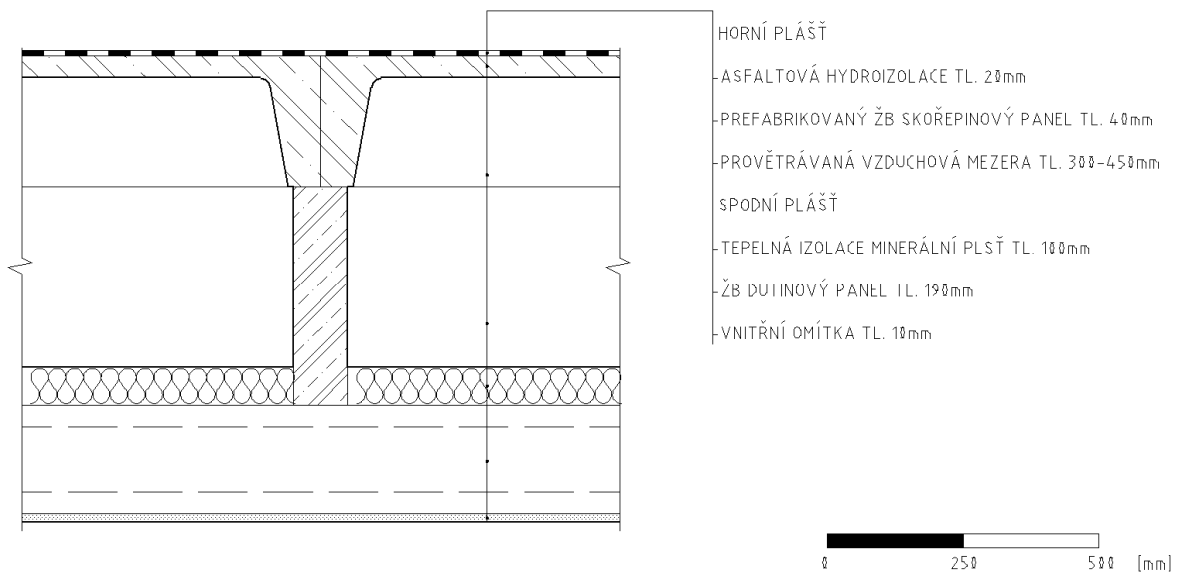
Prostorový model ukázal další pokles teploty na vnitřním povrchu oproti 2D modelům. Nejnižší povrchová teplota je $1,89^{\circ}\text{C}$. V prostoru vnitřního rohu pod stropní konstrukcí dochází k relativně velké oblasti, kde dochází ke kondenzaci vodních par a tudíž i k možnému růstu plísní. V oblasti provětrávané dutiny na rozhraní minerální plsti a spádového klínu je nejvyšší teplota $-7,72^{\circ}\text{C}$. Na vnějším povrchu se prokresluje zvýšením teploty tepelný most v oblasti nároží. V okolí větrací otvorů v atikových panelech je zřejmý pokles teploty.

- Detail styku atiky a spádového klínu

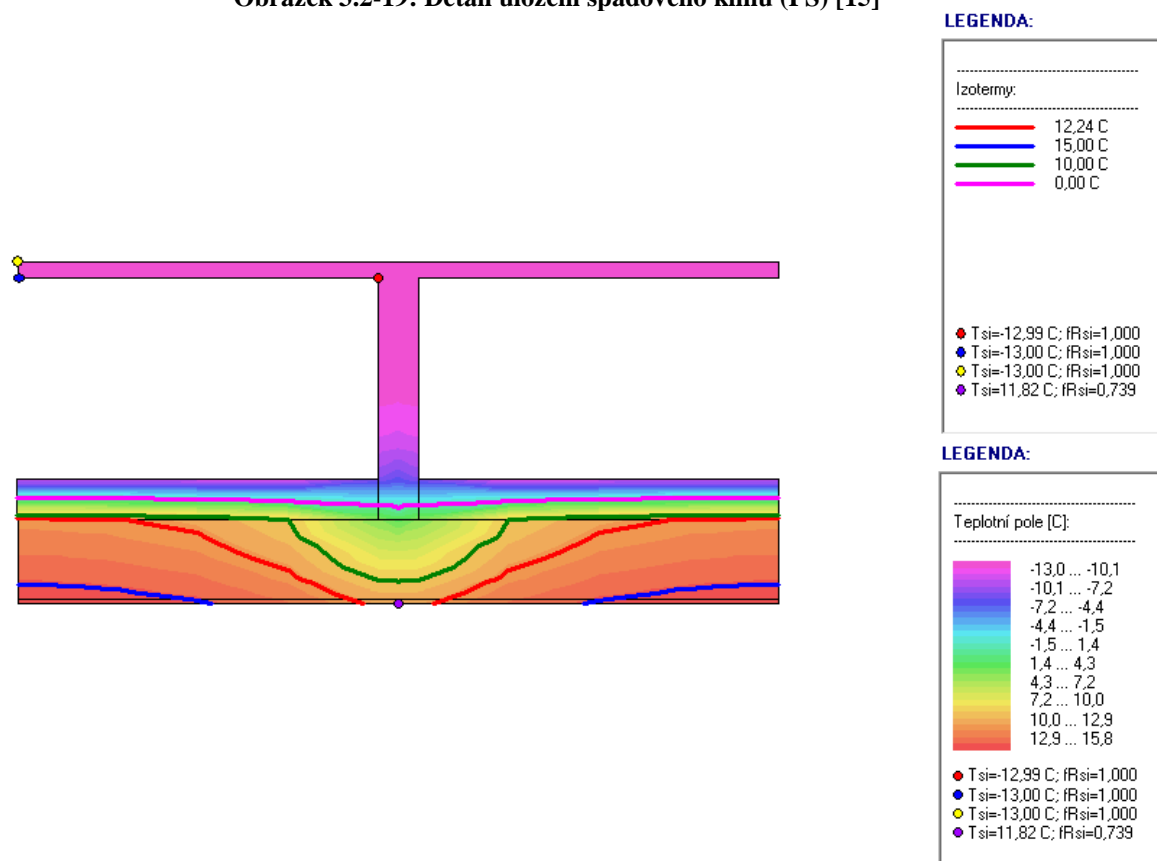


Obrázek 3.2-18: Schéma detailu styku atiky a spádového klínu (PS)

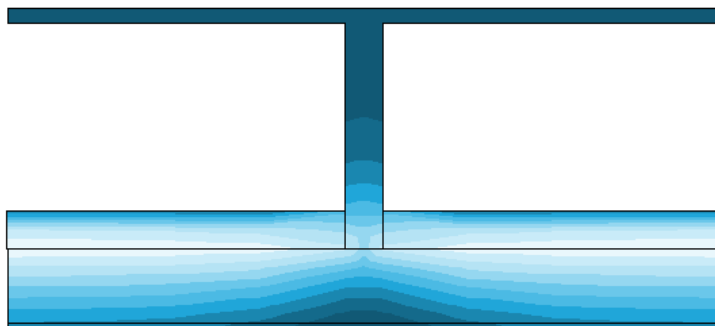
Další potenciálně problémový detail je styk atiky a spádového klínu. Střetávají se zde dvě linie oslabení tepelně izolační linie.



Obrázek 3.2-19: Detail uložení spádového klínu (PS) [15]



Obrázek 3.2-20: Průběh teplot detailu uložení spádového klínu (PS)

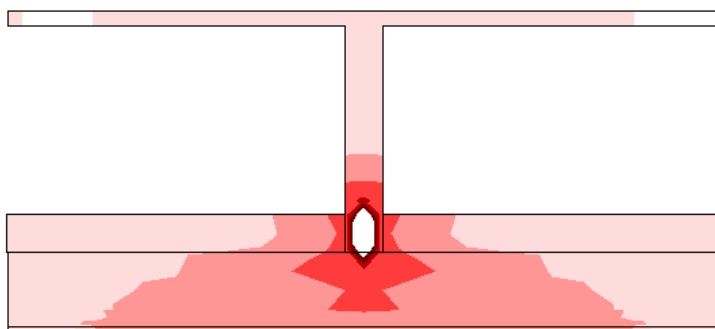


LEGENDA:

Rozložení relativních vlhkostí [%]:

14 ... 22
22 ... 29
29 ... 36
36 ... 44
44 ... 51
51 ... 58
58 ... 65
65 ... 73
73 ... 80
80 ... 87

Obrázek 3.2-21: Rozložení relativních vlhkostí detailu uložení spádového klínu (PS)



LEGENDA:

Rozložení hustot tepelných toků:

Celkový tepelný tok (ztráta):
 $Q = 45 \text{ W/m}$

Ref. hustota tep. toku:
100 % : 100 W/m²

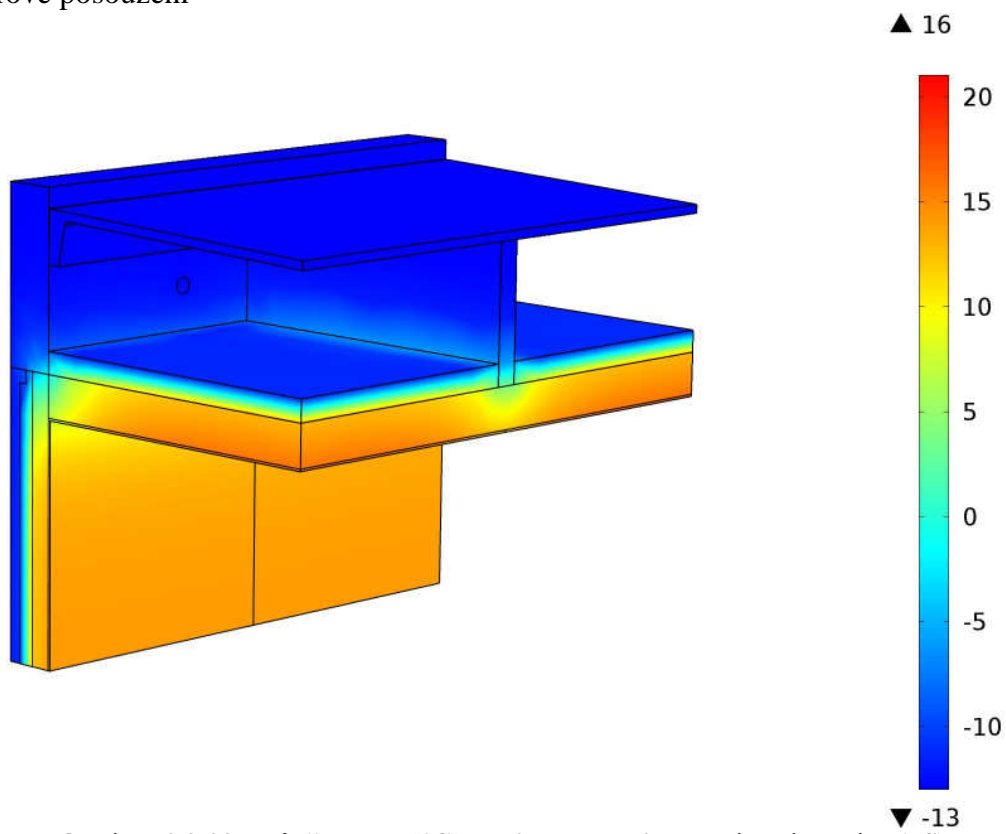
< 20 %
20-40 %
40-60 %
60-80 %
80-100 %
> 100 %

Obrázek 3.2-22: Rozložení hustoty tepelných toků detailu uložení spádového klínu (PS)

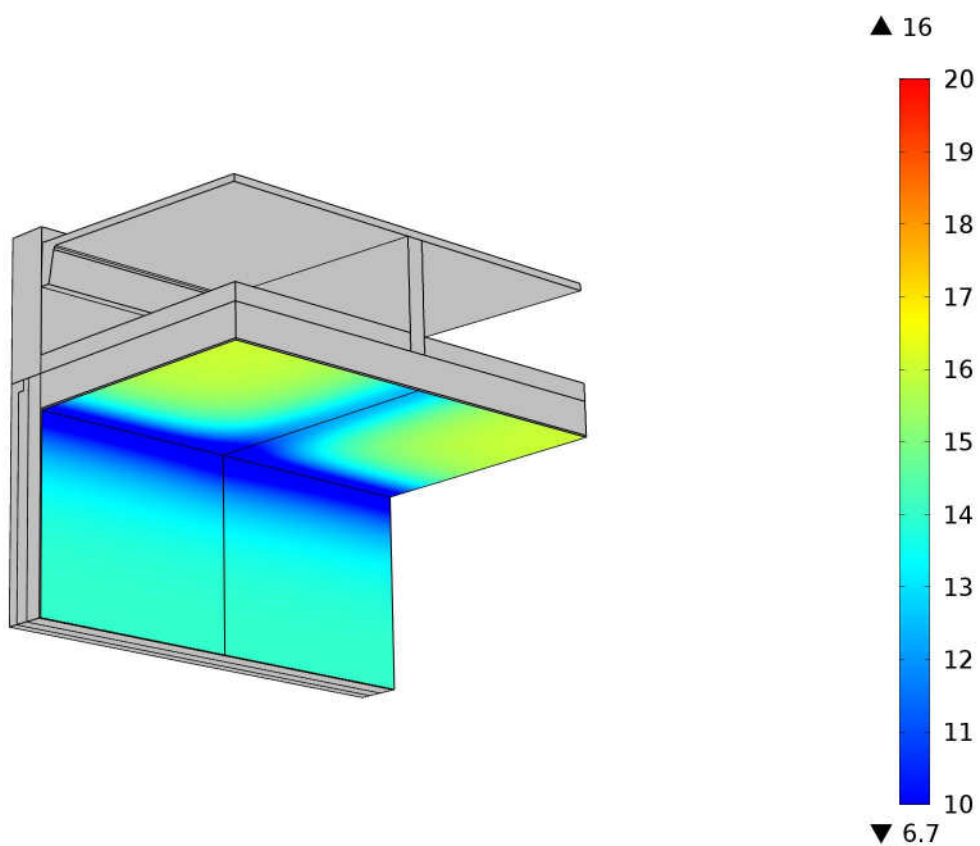
Komentář:

Nejnižší povrchová teplota činí 11,82 °C, není tak splněn požadavek na minimální povrchovou teplotu. V linii spádového klínu na vnitřním povrchu dochází k růstu relativní vlhkosti nad 80%, což umožňuje vznik a růst plísní. Z rozložení tepelných toků je evidentní mezera v tepelně izolační linii způsobená neizolovaným spádovým klímem.

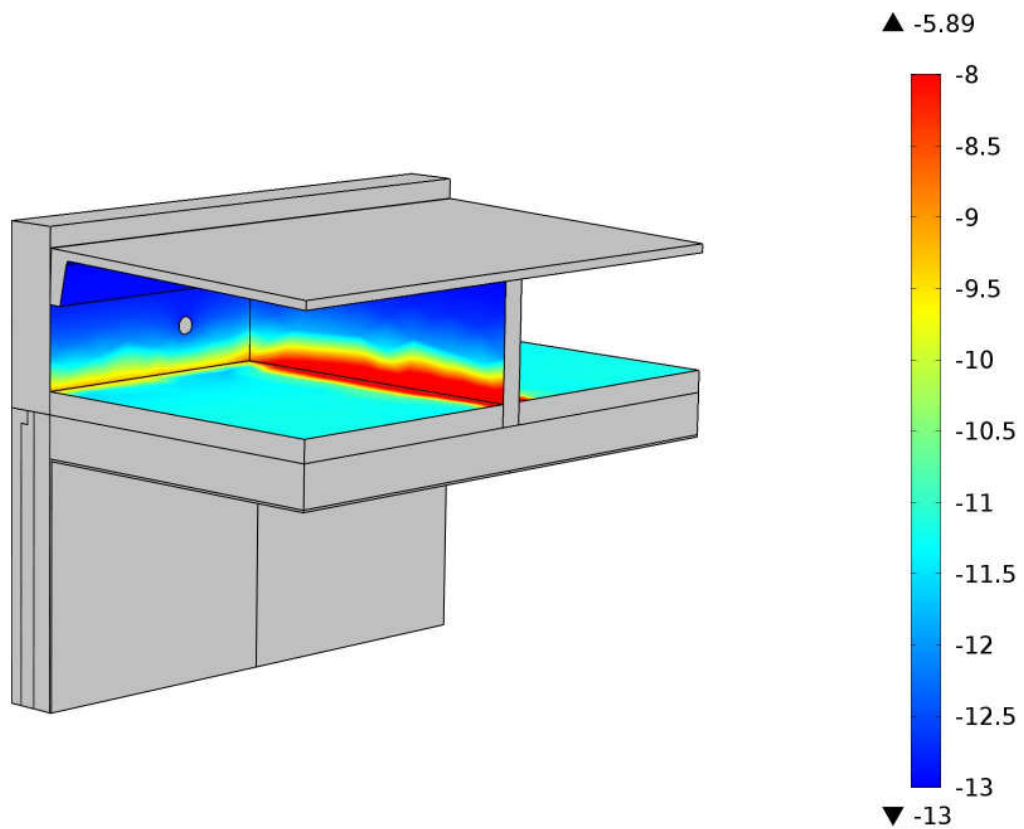
Prostorové posouzení



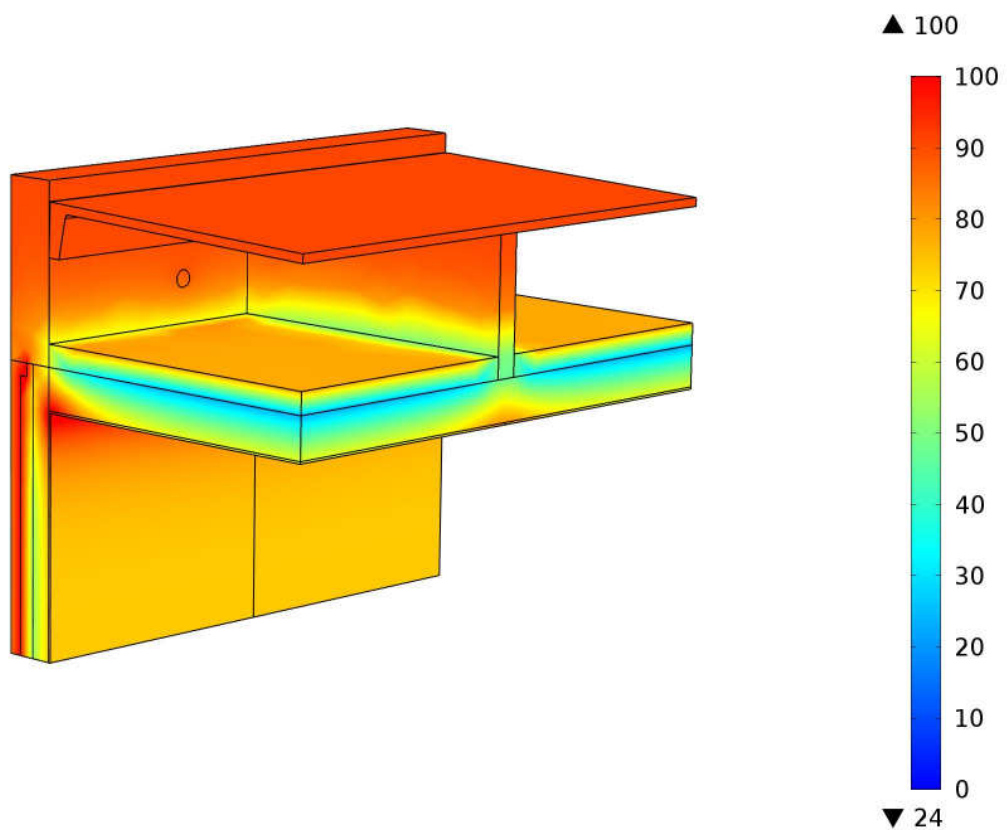
Obrázek 3.2-23: Průběh teplot [°C] detailu styku atiky a spádového klínu (PS)



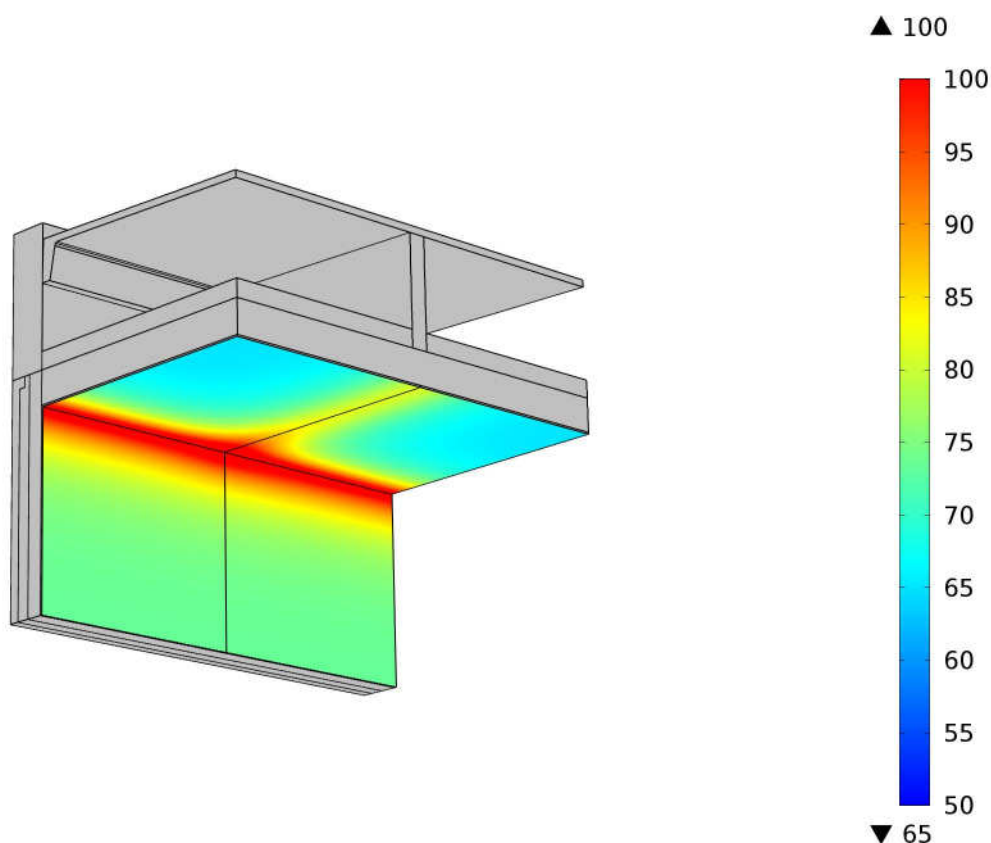
Obrázek 3.2-24: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu styku atiky a spádového klínu (PS)



Obrázek 3.2-25: Průběh teplot [°C] v provětrávané dutině detailu styku atiky a spádového klínu (PS)



Obrázek 3.2-26: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu styku atiky a spádového klínu (PS)

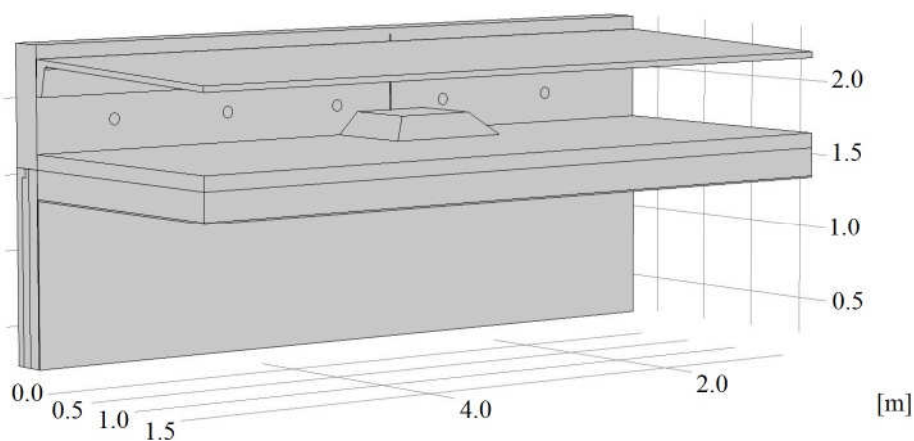


Obrázek 3.2-27: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu styku atiky a spádového klínu (PS)

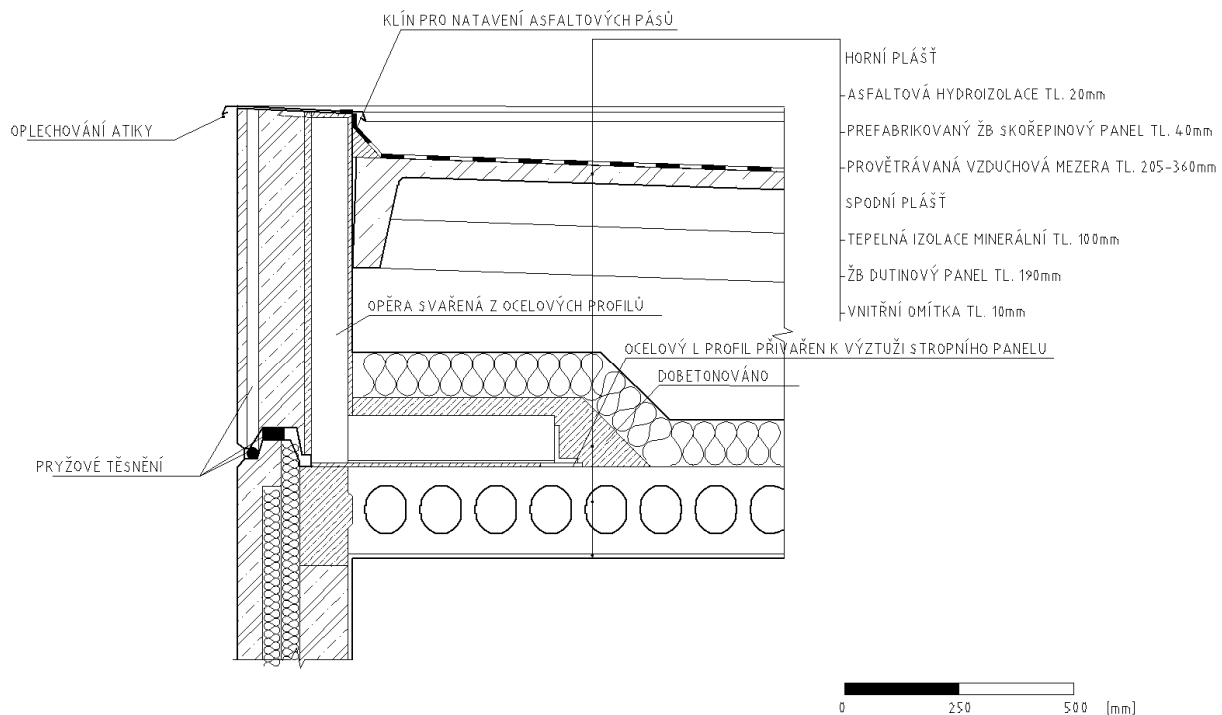
Komentář:

Vnitřní povrchová teplota na rozhraní stropu a stěny v obvyklém místě je 7,65 °C (Program Area 2014 Edu uvádí 7,68°C). Vlivem liniového tepelného mostu uložení spádového klínu klesá teplota na 6,70°C. Vlivem poklesu povrchové teploty v této části atiky také dochází k rozšíření kondenzační oblasti. V prostoru provětrávané dutiny je na rozhraní minerální plsti a spádového klínu nejvyšší teplota -5,89 °C. To značí, že se dochází k ohřevu povrchu vlivem tepelného mostu v podobě spádového klínu.

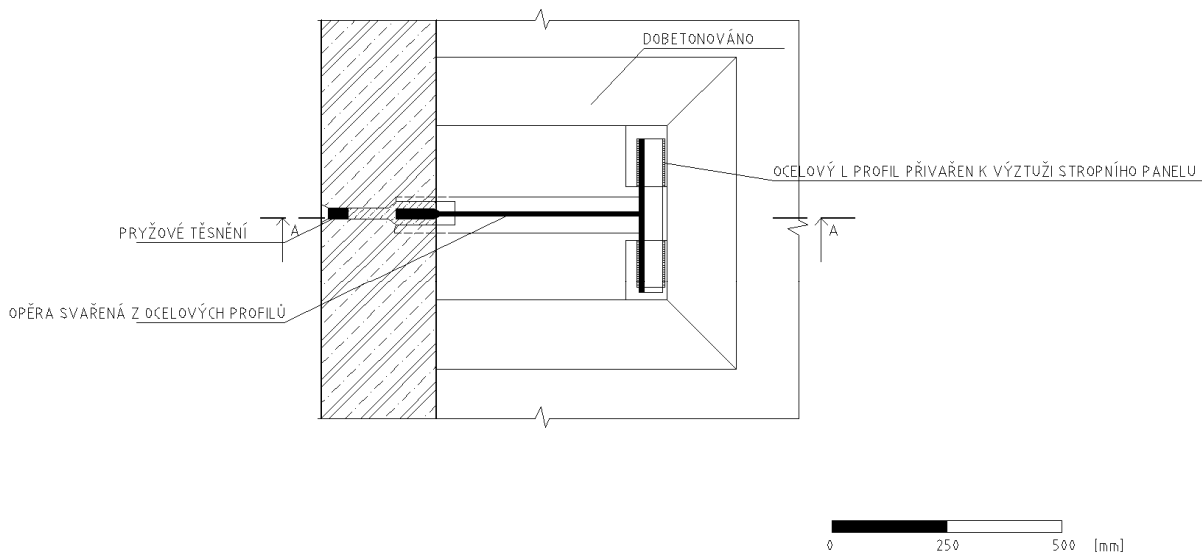
- Detail kotvení atikového panelu pomocí ocelových profilů



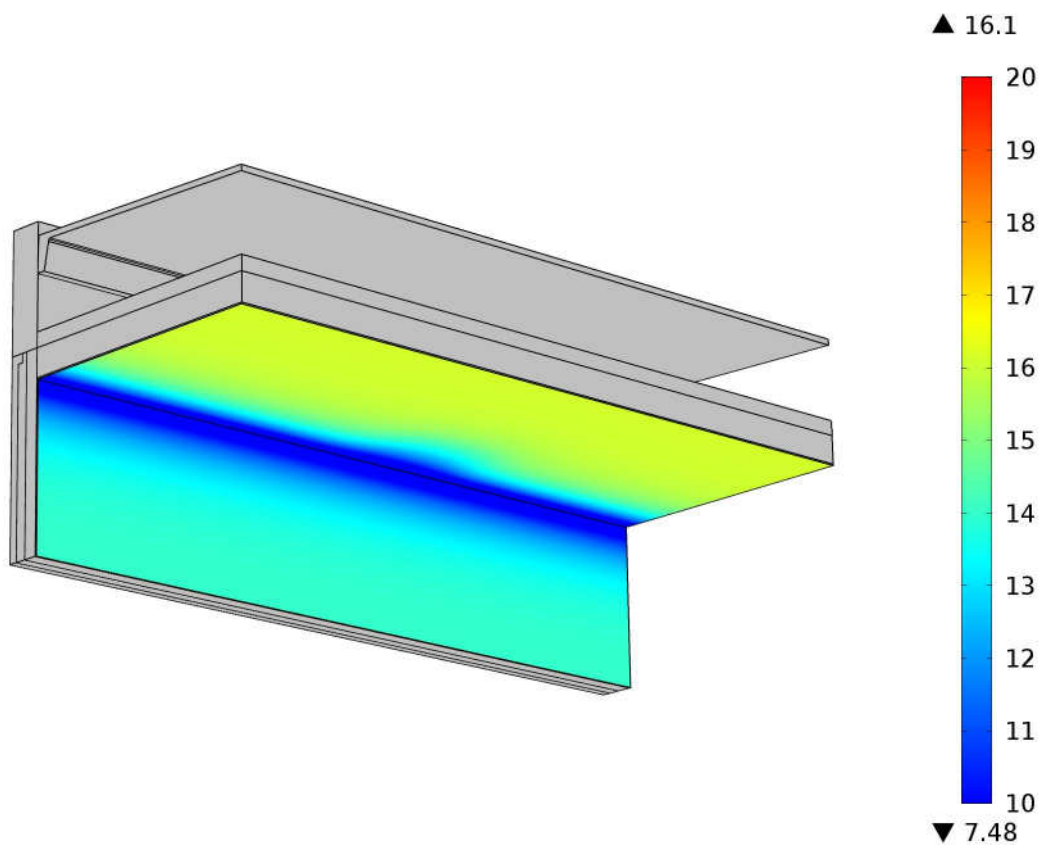
Obrázek 3.2-28: Schéma detailu kotvení atikového panelu (PS)



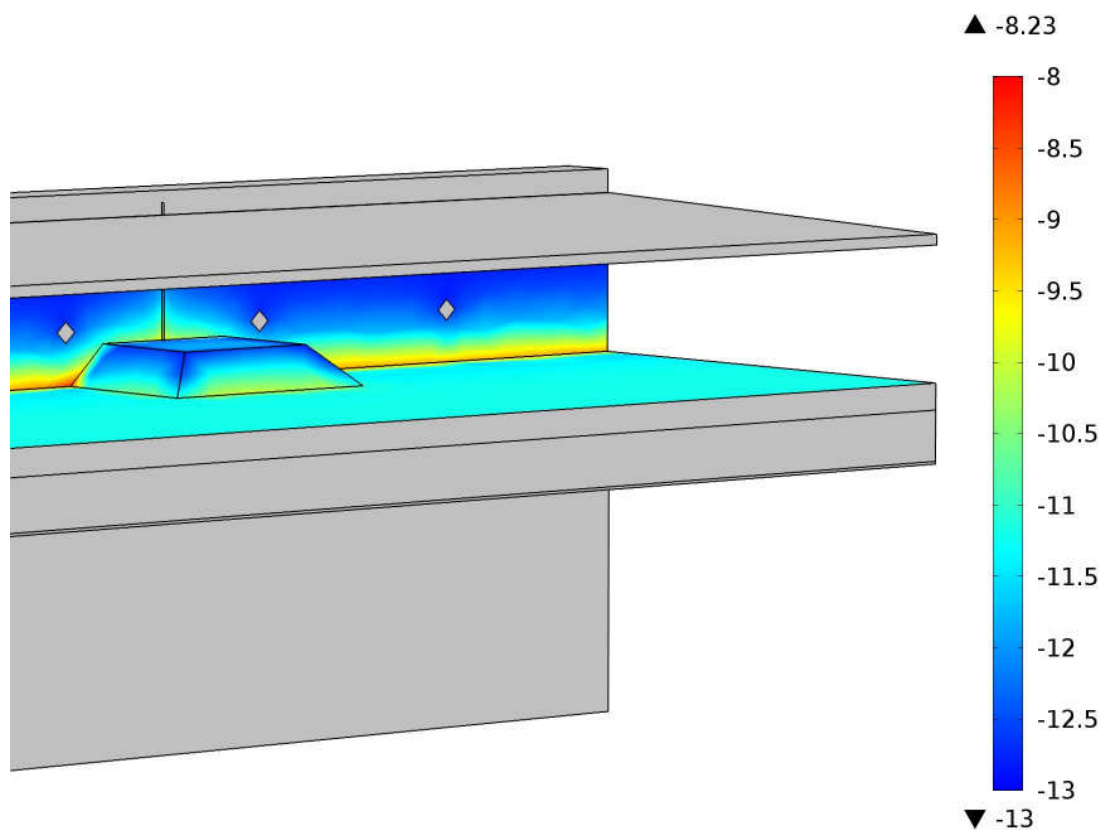
Obrázek 3.2-29: Detail kotvení atikového panelu- řez (PS) [15]



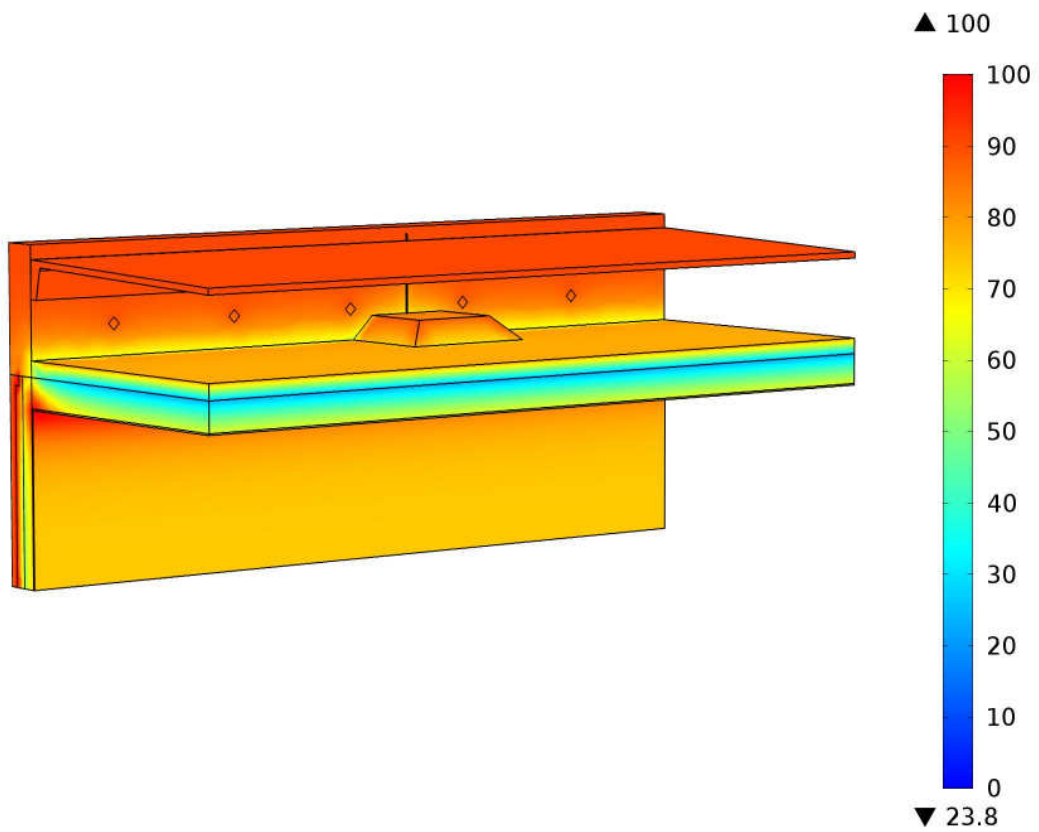
Obrázek 3.2-30: Detail kotvení atikového panelu- půdorys (PS) [15]



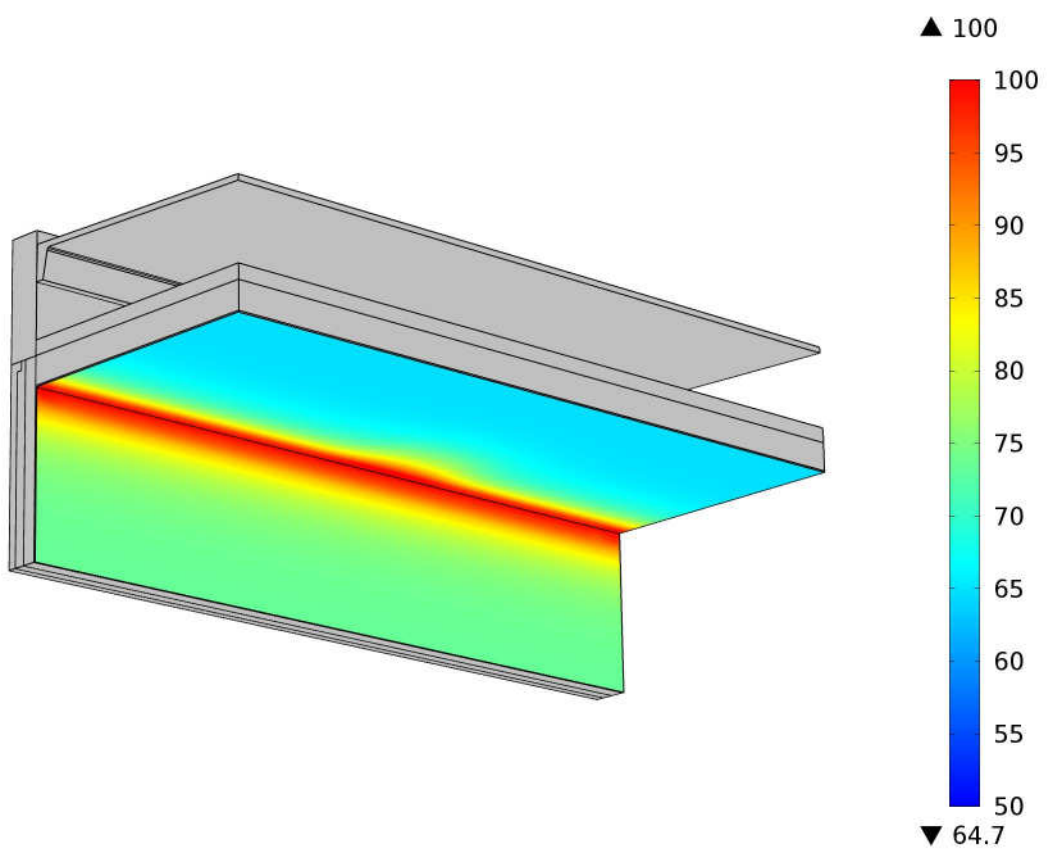
Obrázek 3.2-31: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu kotvení atikového panelu (PS)



Obrázek 3.2-32: Průběh teplot [°C] provětrávané dutiny detailu kotvení atikového panelu (PS)



Obrázek 3.2-33: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu kotvení atikového panelu (PS)

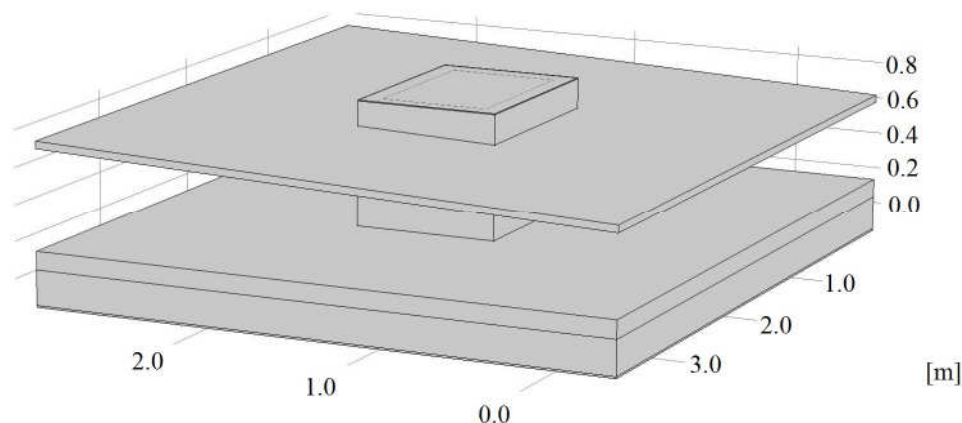


Obrázek 3.2-34: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu kotvení atikového panelu (PS)

Komentář:

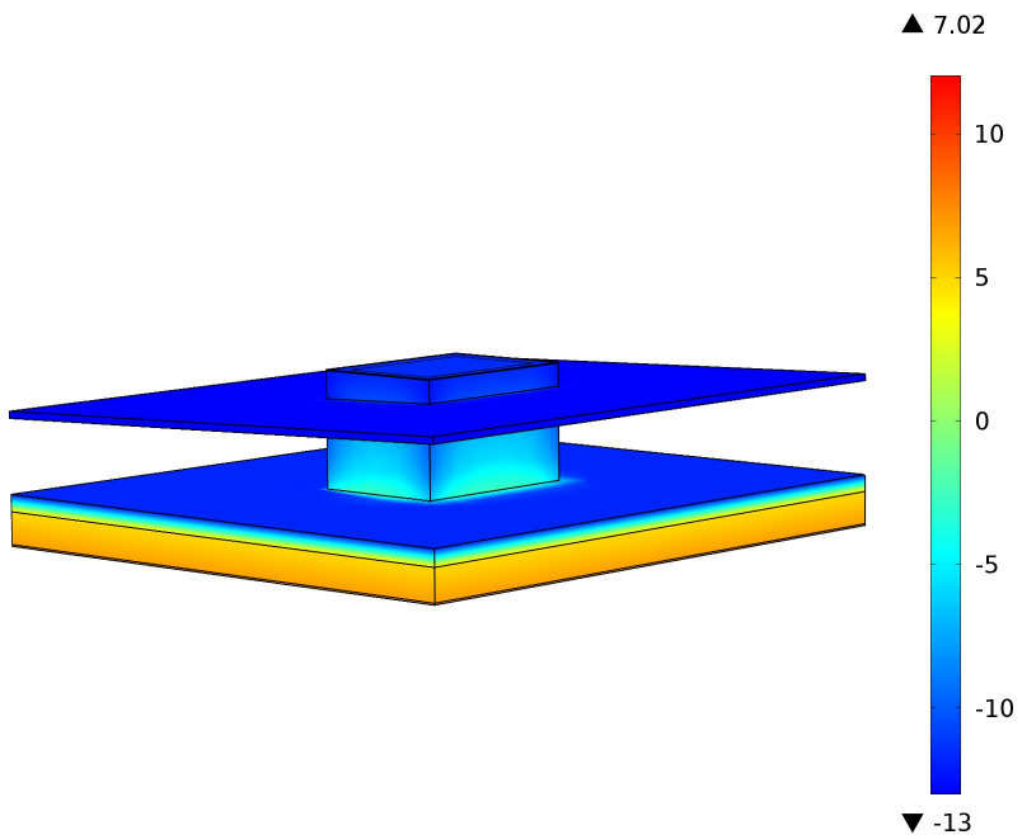
Předpokládaný vliv kotvení atikového panelu se potvrdil. Avšak jeho vliv není příliš významný. Na vnitřním povrchu klesla minimální povrchová teplota oproti typickému detailu atiky z 7,65 °C na 7,47°C. Poměrně velký vliv bude mít to, že betonová část kotvení umístěná na dutinovém panelu je obalená minerální plstí. Tím se zvětší ochlazovaný povrch a z toho důvodu zvětšuje tepelný tok. Dalším vlivem bude samotný ocelový profil. Těmito vlivy se projeví na vnitřní povrchové teplotě, která v těchto místech klesne pod obvyklou úroveň odpovídající pro příslušný detail atiky. Vlivem poklesu teploty zde mírně dojde k rozšíření kondenzační oblasti na vnitřním povrchu.

- Detail výlezu na střeche

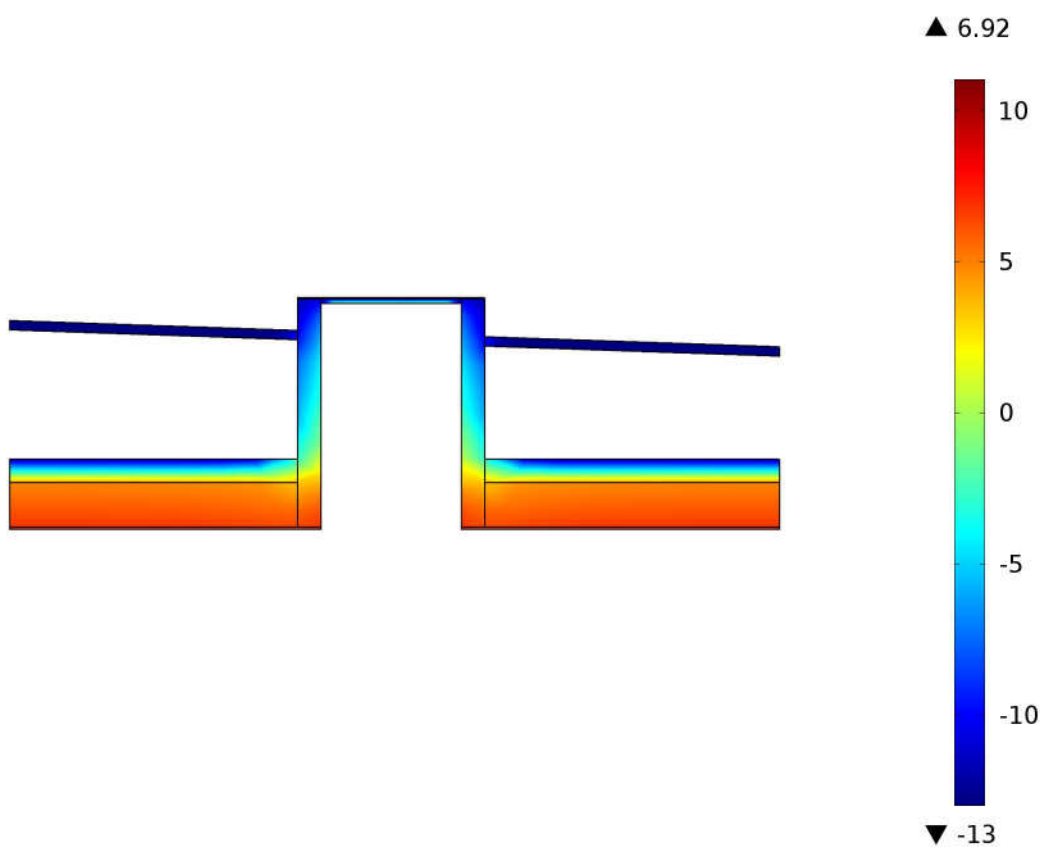


Obrázek 3.2-35: Schéma detailu výlezu na střeche (PS)

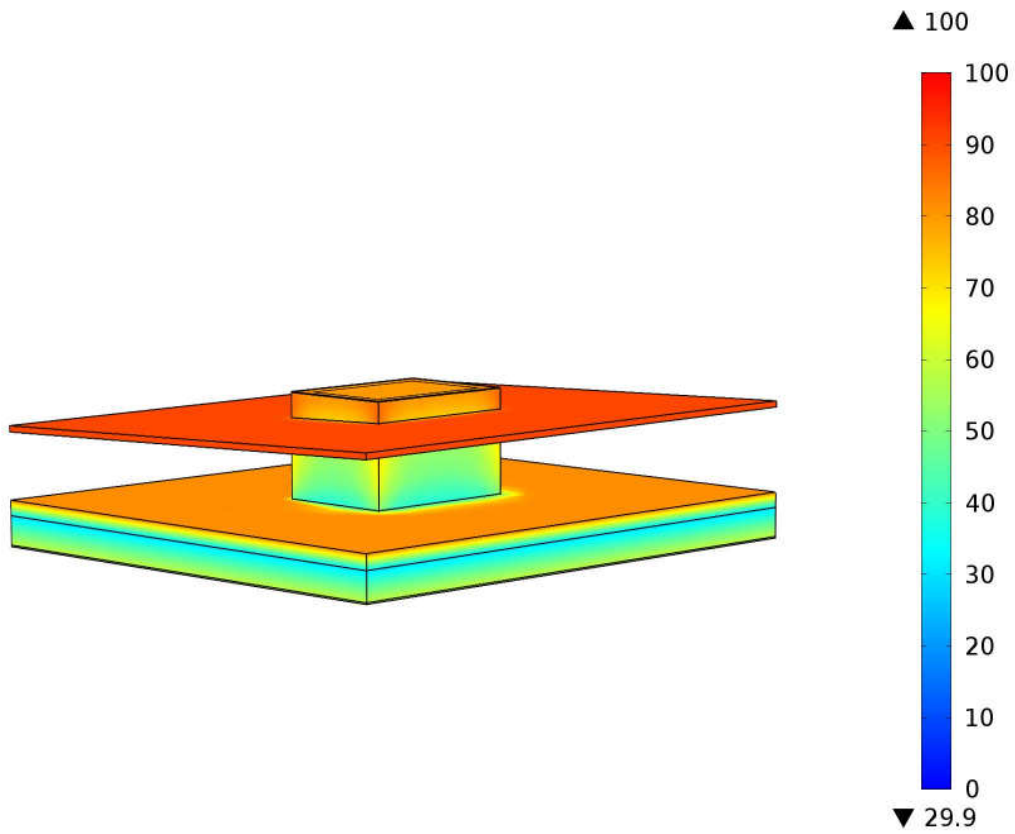
Bodový tepelný most, kde velkým problémem je samotný poklop. Dále pak celá jeho železobetonová konstrukce tloušťky 100mm, která vystupuje z linie zateplení. Výlez na střeche je umístěn nad chodbovým prostorem, tudíž je zde uvažována vnitřní výpočtová teplota interiéru 10 °C. Samotný poklop je zateplen 20mm EPS.



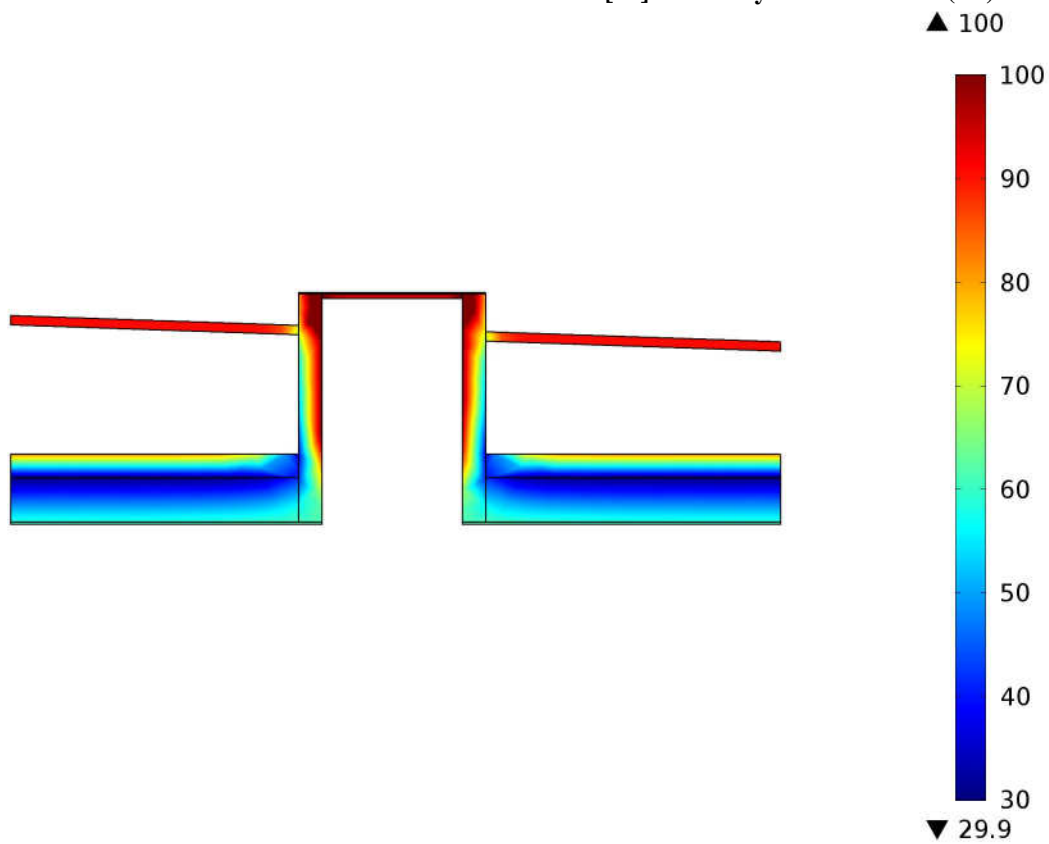
Obrázek 3.2-36: Průběh teplot [°C] detailu výlezu na střechu (PS)



Obrázek 3.2-37: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu výlezu na střechu (PS)



Obrázek 3.2-38: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu výlezu na střeche (PS)

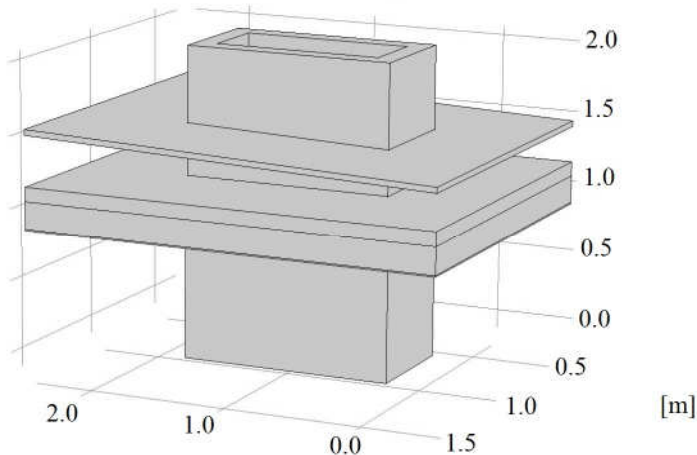


Obrázek 3.2-39: Rozložení relativních vlhkostí [%] v příčném řezu detailu výlezu na střeche (PS)

Komentář:

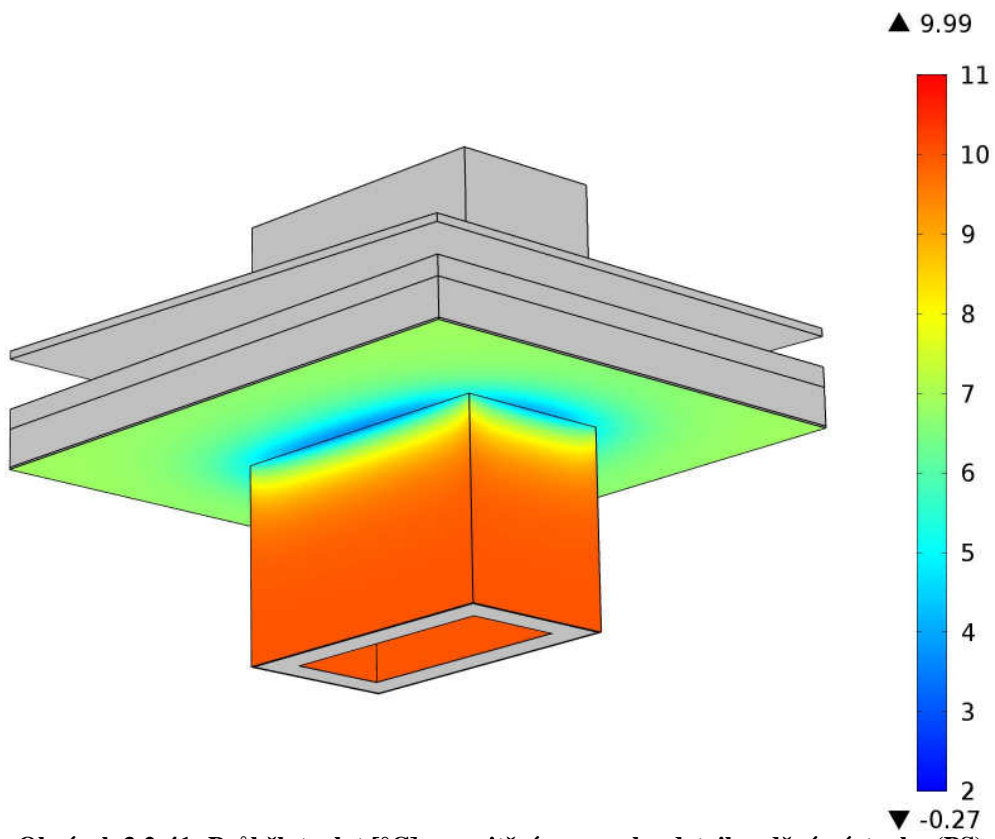
Nejnižší povrchová teplota se nachází na železobetonové konstrukci výlezu na střechu, její hodnota je $-10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na samotném povrchu poklopu je teplota $1,22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu horní části výlezu je relativní vlhkost 100%, dochází zde tak ke kondenzaci vodních par. Ukazuje se tak, že toto řešení je jedním ze slabých míst.

- Detail zděné nástavby

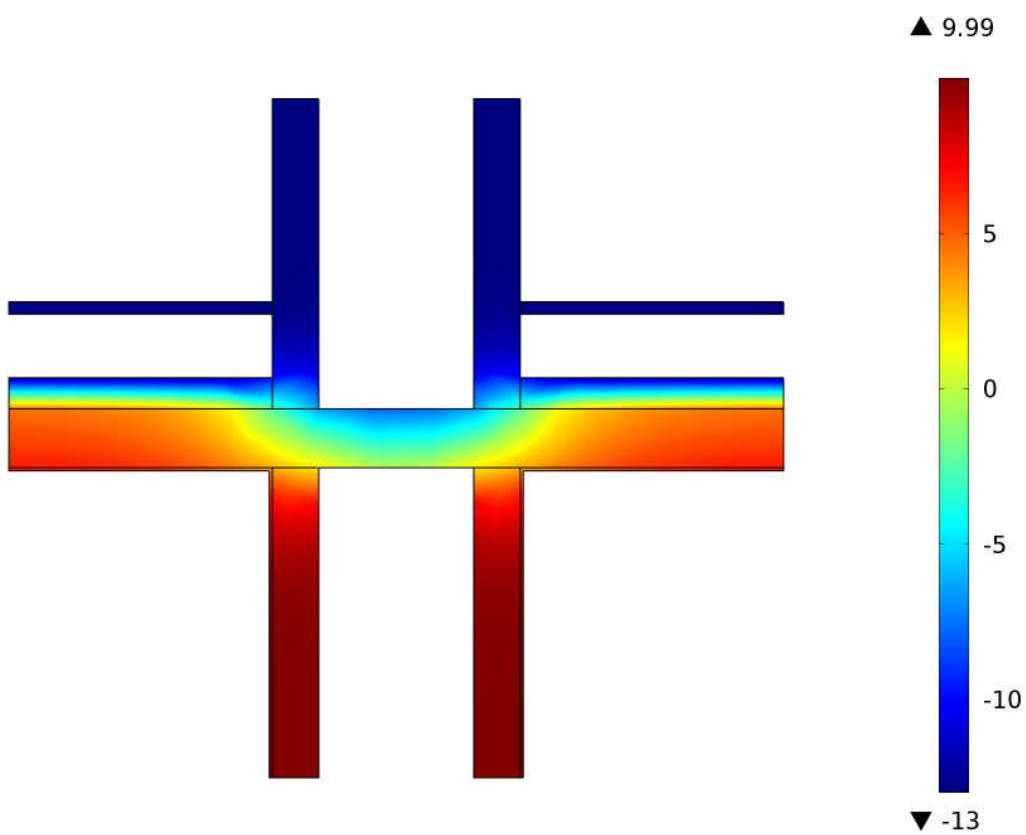


Obrázek 3.2-40: Schéma detailu zděné nástavby (PS)

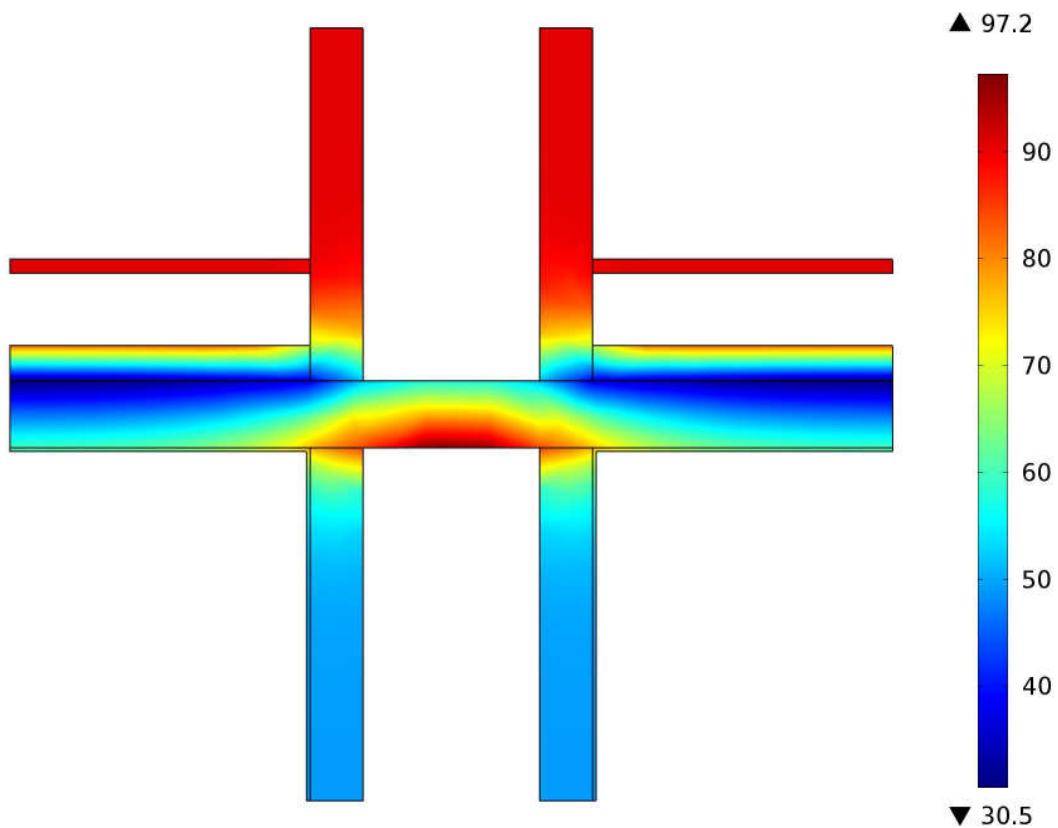
Zděná nástavba ze zdiva CPP tloušťky 150mm umístěná nad výtahovým prostorem. V původním stavu nebylo jakýmkoliv způsobem řešeno zateplení. Vnitřní prostory, tak odděluje od exteriéru pouze dutinový panel. Vzhledem k umístění nad výtahovým prostorem je zde uvažována vnitřní výpočtová teplota interiéru $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu nástavby je uvažováno prostředí exteriéru, avšak výpočtové hodnoty odporu při přestupu tepla byly uvažovány jako pro prostor dutiny. Toto řešení bylo zvoleno, jelikož proudění vzduchu uvnitř nástavby neodpovídá exteriérovým podmínkám.



Obrázek 3.2-41: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu zděné nástavby (PS)



Obrázek 3.2-42: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu zděné nástavby (PS)

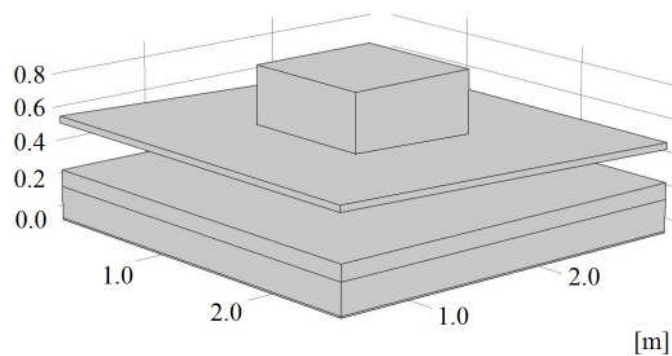


Obrázek 3.2-43: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu zděné nástavby (PS)

Komentář:

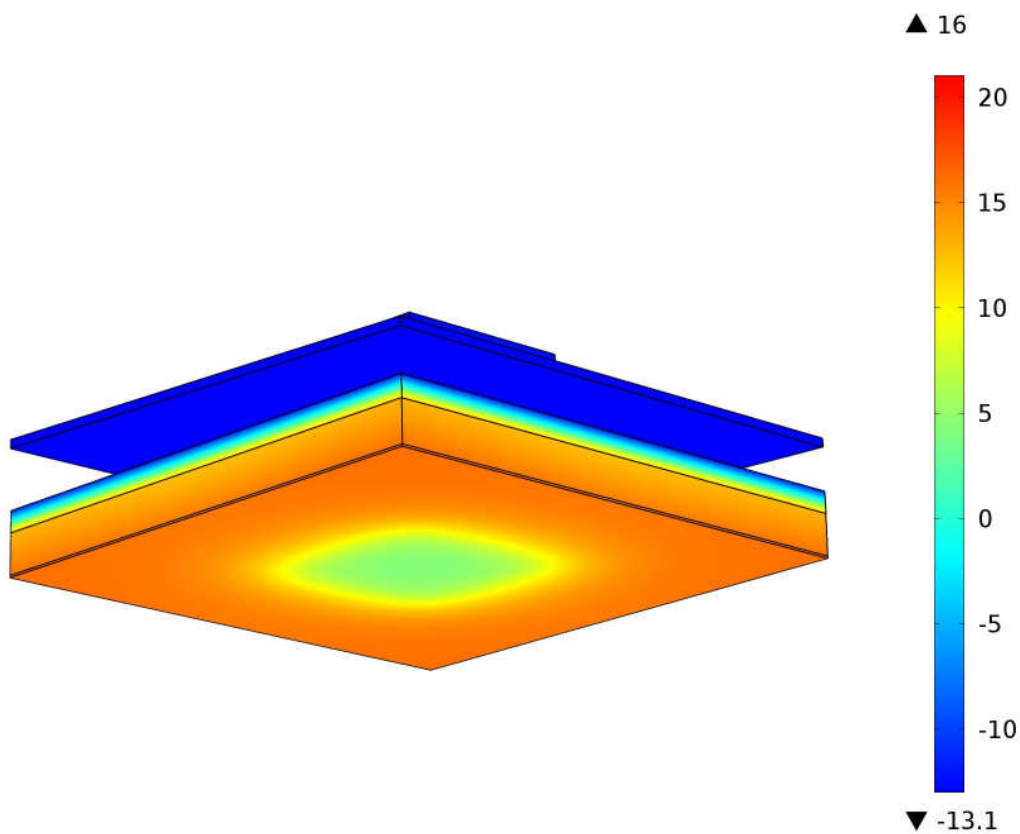
Dutinový panel o tloušťce 190mm zcela nevyhovuje jako obalová konstrukce. Nejnižší vnitřní povrchová teplota, která se nachází na dutinovém panelu, činí $-0,27^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu je hodnota relativní vlhkosti větší než 95%, to značí možné riziko vzniku a růstu plísní na vnitřním povrchu. Ukazuje se, že horní plášť neovlivňuje rozložení teplot ve zdivu, jelikož teplota již poklesla na úroveň vnějšího prostředí v místě jeho napojení na zdivo.

- Detail dřevěné nástavby-ukončení rozvodů TZB

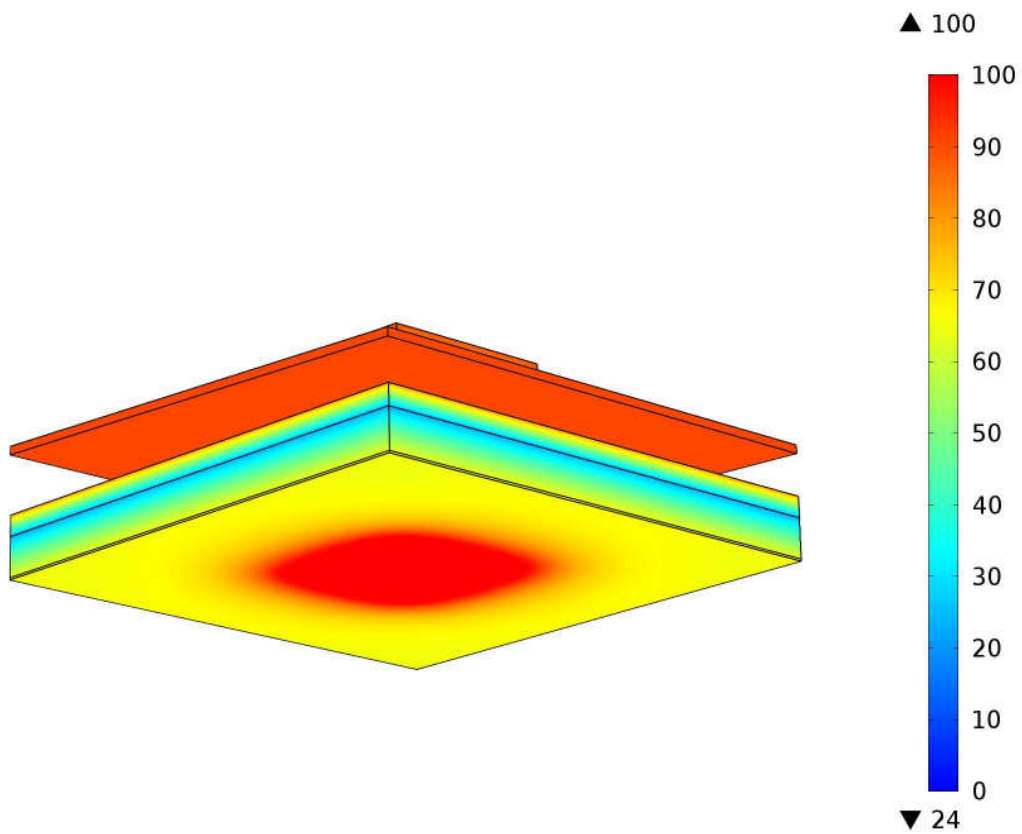


Obrázek 3.2-44: Schéma detailu dřevěné nástavby (PS)

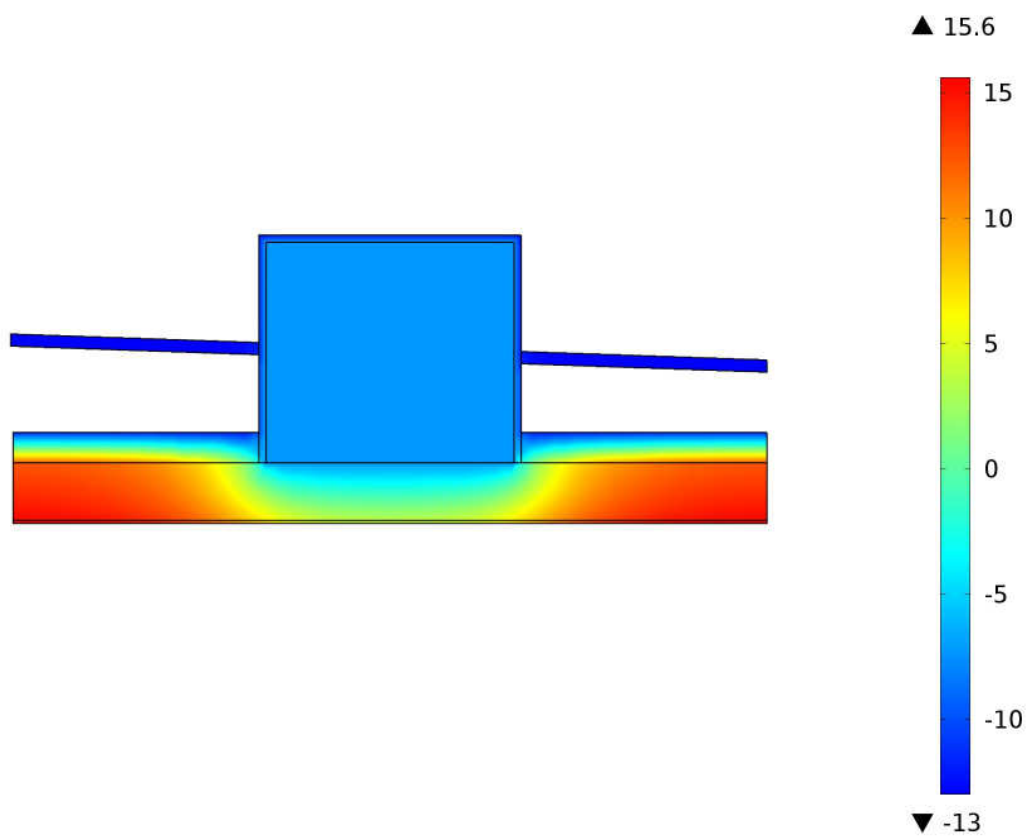
Vzhledem k tomu, že v místě nástavby nebyla provedena sonda, jedná se zde pouze o odhad, jak by mohla konstrukce a skladba vypadat. Konstrukce dřevěné nástavby je uvažovaná jako dřevěná z prken tloušťky 24mm. Konstrukce je uložena na stropním panelu. Samotný model uvažuje uvnitř se vzduchem s velmi vysokou tepelnou vodivostí ($\lambda=1000$ [W/m*K]). Tato idealizace nahrazuje proudění vzduchu, kdy chladný vzduch klesá ke stropnímu panelu, ohřeje se a poté stoupá vzhůru. Detailní analýza pomocí CFD modelů by mohla děje uvnitř nástavby více přiblížit. Dalším prvkem, jenž by mohl ovlivnit teplotu uvnitř dřevěné nástavby, je vedení odvětrávacího potrubí. Toto potrubí vede ohřátý odpadní vzduch a tím přináší teplo do dřevěné nástavby, vzhledem k těžko proveditelné simulaci bude tento vliv zanedbán.



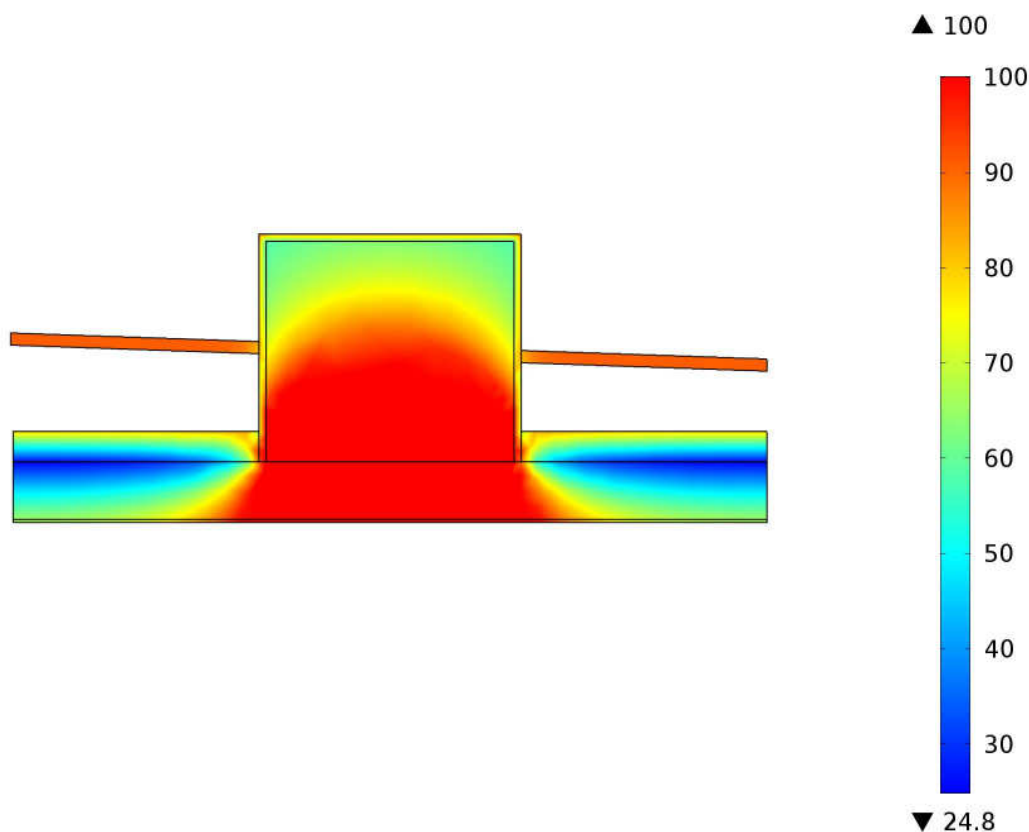
Obrázek 3.2-45: Průběh teplot [°C] detailu dřevěné nástavby (PS)



Obrázek 3.2-46: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu dřevěné nástavby (PS)



Obrázek 3.2-47: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu dřevěné nástavby (PS)



Obrázek 3.2-48: Rozložení relativních vlhkostí [%] v příčném řezu detailu dřevěné nástavby (PS)

Komentář:

Teplota uvnitř dřevěné nástavby činí méně jak $-7,21^{\circ}\text{C}$, což lze považovat za reálnou hodnotu. Nejnižší povrchová teplota je $4,28^{\circ}\text{C}$, což zcela nesplňuje požadavek na vnitřní povrchovou teplotu, která je $12,24^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu vlivem poklesu povrchové teploty dochází ke kondenzaci vodní páry. Tato z kondenzovaná voda velmi často ztékala prostorem instalační šachty, kde byla často zaměněna za únik z potrubí [12].

3.2.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla

Hodnoty lineárních a bodových činitelů budou stanoveny na základě plošných a prostorových modelů z předcházející podkapitoly. Jsou zdevšak použity jiné odpory při přestupu tepla.

Konstrukce	Tepelná propustnost	Liniový činitel prostupu tepla
	L	Ψ
	[W/mK]	[W/mK]
Atika obvodová stěna	2.14	0.118
Atika štítová stěna	2.21	0.216
Nároží stěnových panelů	1.887	-0.136
Spádový klín	1.511	0.407

Tabulka 3.2-4: Liniové činitele prostupu tepla

Konstrukce	Tepelný tok	Tepelná propustnost	Bodový číselník prostupu tepla
	Q	L	χ
	[W]	[W/K]	[W/K]
Nároží	162.14	4.83	-0.266
Spádový klín- atika	212.97	6.34	-0.111
Kotvení atikového panelu	434.01	12.92	0.724
Výlez na střechu	400.14	17.40	10.327
Dřevěná nástavba 0.57x1.03m	197.04	5.86	2.233
Dřevěná nástavba 0.87x0.87m	211.55	6.30	2.665
Zděná nástavba 1.5x0.8m	163.88	7.13	2.768

Tabulka 3.2-5: Bodové číselníky prostupu tepla

3.2.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období

Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období bude proveden na základě vypočtených liniových a bodových číselníků prostupu tepla. Začátek a konec otopného období stanovuje Vyhláška č. 194/2007 Sb. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.

Ztráty prostupem-Zóna 1-Bytové prostory $\theta_i=20.6$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.581	410.52	238.51
Plošné konstrukce celkem			238.51

Lineární tepelné mosty:	Lineární číselník prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.118	59.60	7.03
Atika- štítová stěna	0.216	16.28	3.51
Spádový klín	0.407	60.00	24.43
Lineární tepelné mosty celkem			34.96

Bodové tepelné mosty:	Bodový číselník prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Kotvení atikového panelu	0.724	18	13.04
Nároží	-0.266	3	-0.80
Spádový klín-atika	-0.111	10	-1.11
Dřevěná nástavba 0.87*0.87m	2.665	6	15.99
Dřevěná nástavba 0,57x1.03m	2.233	6	13.40
Bodové tepelné mosty celkem			40.51

Celkový měrný tepelný tok-zona 1

313.99 [W/K]

$$Q = Ht \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce t	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	5302.9
Únor	-0.9	678	4577.0
Březen	3.1	744	4088.1
Duben	7.6	720	2938.9
Květen	12.6	744	1868.9
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	1718.1
Říjen	8.4	744	2850.0
Listopad	3.0	720	3978.8
Prosinec	0.0	744	4812.3
Celkem			32135

Ztráty prostupem-Zóna 2-Chodbové prostory $\theta_i=10$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.581	44.00	25.57
Plošné konstrukce celkem			25.57

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.118	12.00	1.41
Lineární tepelné mosty celkem			1.41

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Zděná nástavba 1,5x0,8m	2.768	2	5.54
Výlez na střechu	10.327	2	20.65
Bodové tepelné mosty celkem			26.19

Celkový měrný tepelný tok-zóna 2

53.17 [W/K]

$$Q = Ht * (\theta_i - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce t	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	478.7
Únor	-0.9	678	392.9
Březen	3.1	744	273.0
Duben	7.6	720	91.9
Květen	12.6	744	0.0
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	0.0
Říjen	8.4	744	63.3
Listopad	3.0	720	268.0
Prosinec	0.0	744	395.6
Celkem			1963

Celková tepelná ztráta střechou přes otopné období $Q_T = 34098$ [kWh]

3.3 Střecha s železobetonovým horním pláštěm-Nový stav

U horního pláště se neuvažuje se zateplením (u střechy v Litoměřicích je to 80mm). Je to z důvodu toho, že při dodatečném zateplování metodou foukané izolace v současné době je toto řešení velmi neobvyklé a vyskytuje se jen velmi sporadicky. Daleko častější je skladba bez zateplení horního pláště. Pouze při posuzování provětrávané dutiny, zde bude variantně uvedena varianta se zateplením horního pláště 40mm EPS.

3.3.1 Plošné konstrukce

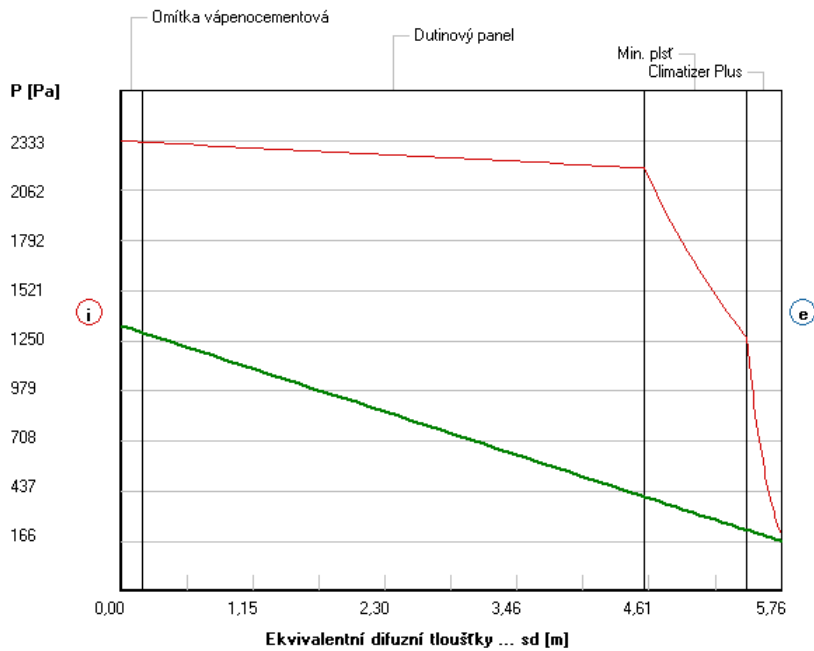
- Spodní plášť dvouplášťové střechy



Obrázek 3.3-1: Skladba spodního pláště dvouplášťové ploché střechy po zateplení

Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540



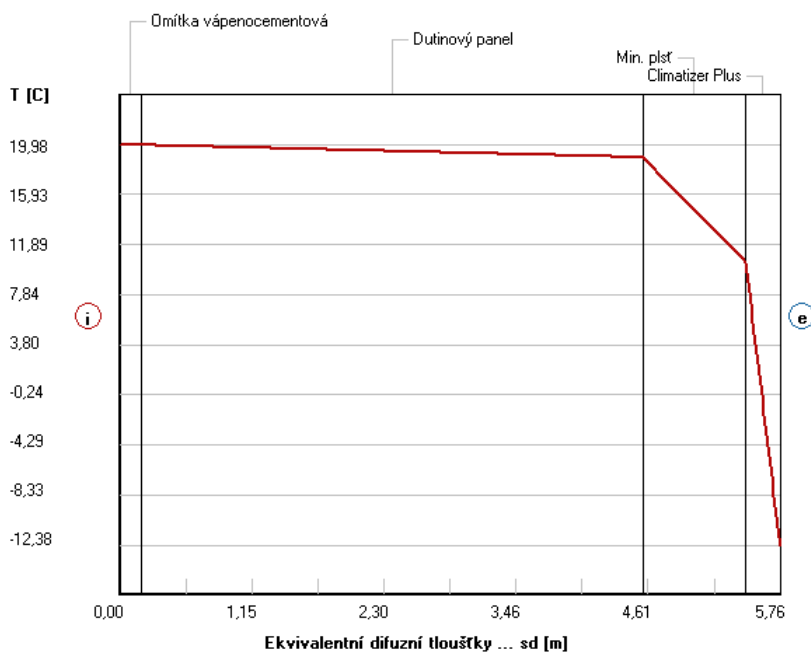
LEGENDA:

STROPNÍ KONSTRUKCE...	
Rozložení tlaků:	
Okr. podmínky:	
Interiér	20,6 C
	55,0 %
Exteriér	-13,0 C
	84,0 %
—	nasyc. tlak
—	teoret. tlak
—	skut. tlak
■	kond. zóna

Graf 3.3-1: Rozložení tlaků vodní páry ve spodním plášti- Nový stav

Rozložení teplot v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540



LEGENDA:

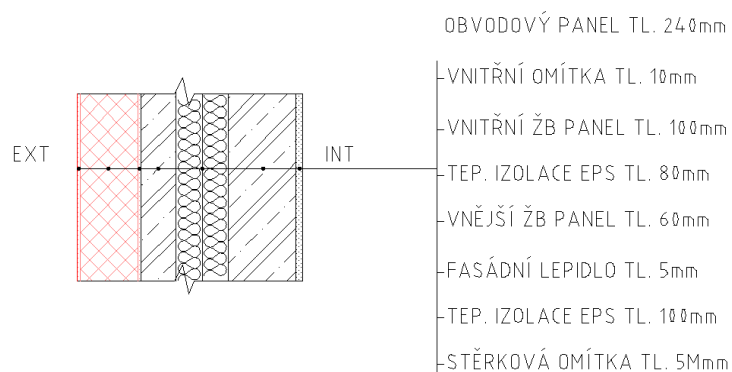
STROPNÍ KONSTRUKCE...	
Rozložení teplot:	
Okr. podmínky:	
Interiér	20,6 C
	55,0 %
Exteriér	-13,0 C
	84,0 %

Graf 3.3-2: Rozložení teplot ve spodním plášti- Nový stav

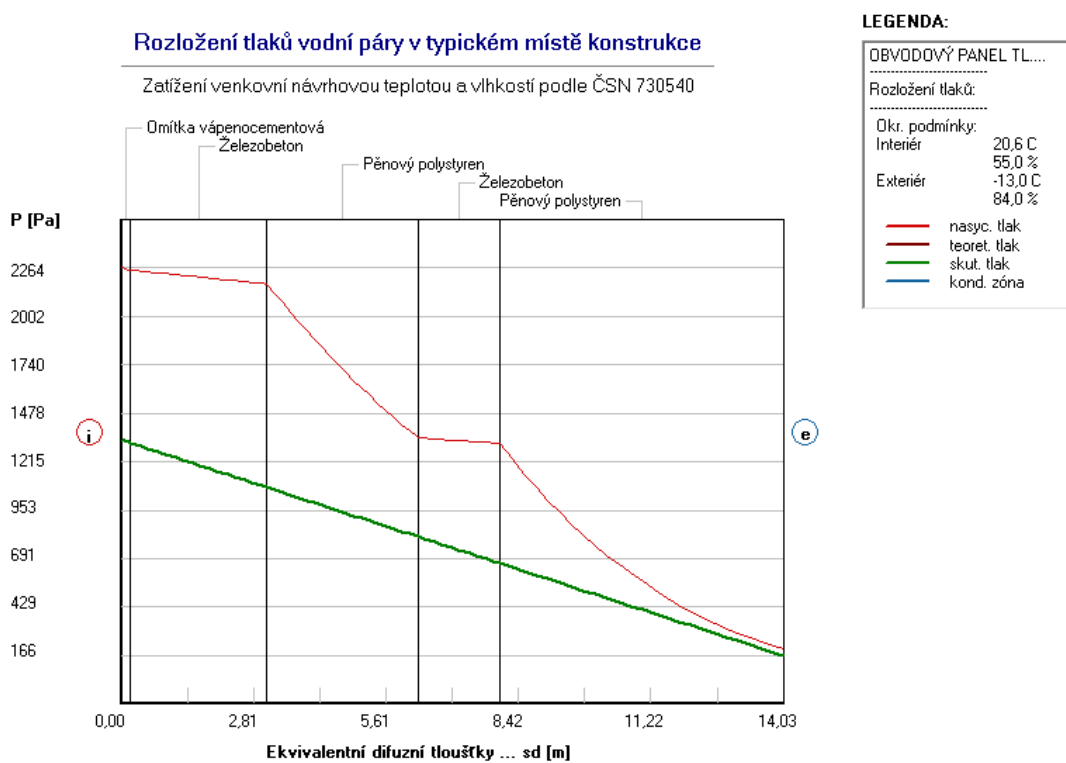
Komentář:

V konstrukci spodního pláště nedochází ke kondenzaci. To je patrné z průběhů rozložení tlaků vodních par. Minimální povrchová teplota je 19,08°C.

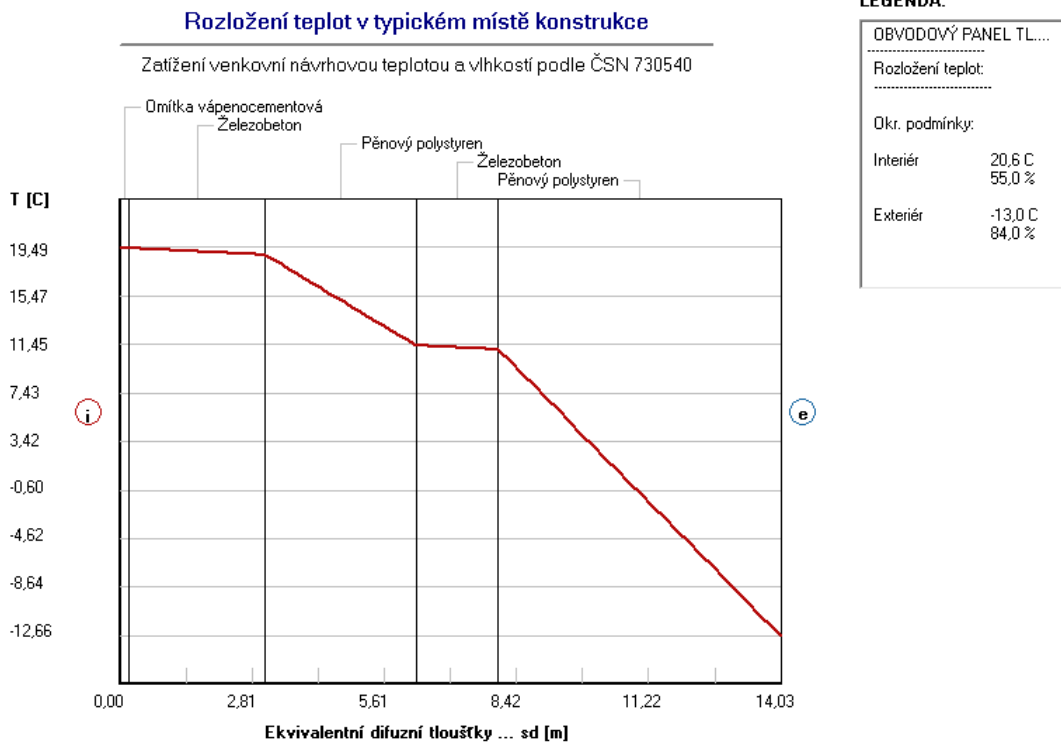
- Obvodový panel



Obrázek 3.3-2: Skladba obvodového stěnového panelu po zateplení



Graf 3.3-3: Rozložení tlaků vodní páry v obvodovém stěnovém panelu- Nový stav



Graf 3.3-4: Průběh teplot v obvodovém stěnovém panelu- Nový stav

Komentář:

V konstrukci při návrhových podmínkách nedochází ke kondenzaci vodních par.

Vnitřní povrchová teplota je 18,53°C.

Hodnocená konstrukce	Součinitel prostupu tepla	Požadovaný součinitel prostupu tepla	Zkondenzované množství vodní páry	Vypařitelné množství vodní páry
	U [W/m ² *K]	U_N [W/m ² *K]	$M_{c,a}$ [kg/m ² *a]	$M_{ev,a}$ [kg/m ² *a]
Obvodový panel	0.25	0.30	0	-
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	
Štitový panel	0.25	0.30	0	-
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	
Spodní plášť	0.19	0.24	0	-
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	

Tabulka 3.3-1: Přehled posouzení plošných konstrukcí- Nový stav

Hodnocená konstrukce	Teplotní faktor	Požadovaný teplotní faktor	Povrchová teplota	Požadovaná min. povrchová teplota
	f_{Rsi} [-]	$f_{Rsi,N}$ [-]	T_i [°C]	$T_{i,N}$ [°C]
Obvodový panel	0.938	0.751	18.53	12.23
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	
Štítový panel	0.939	0.751	18.55	12.23
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	
Spodní plášť	0.955	0.751	19.08	12.23
	Požadavek splněn		Požadavek splněn	

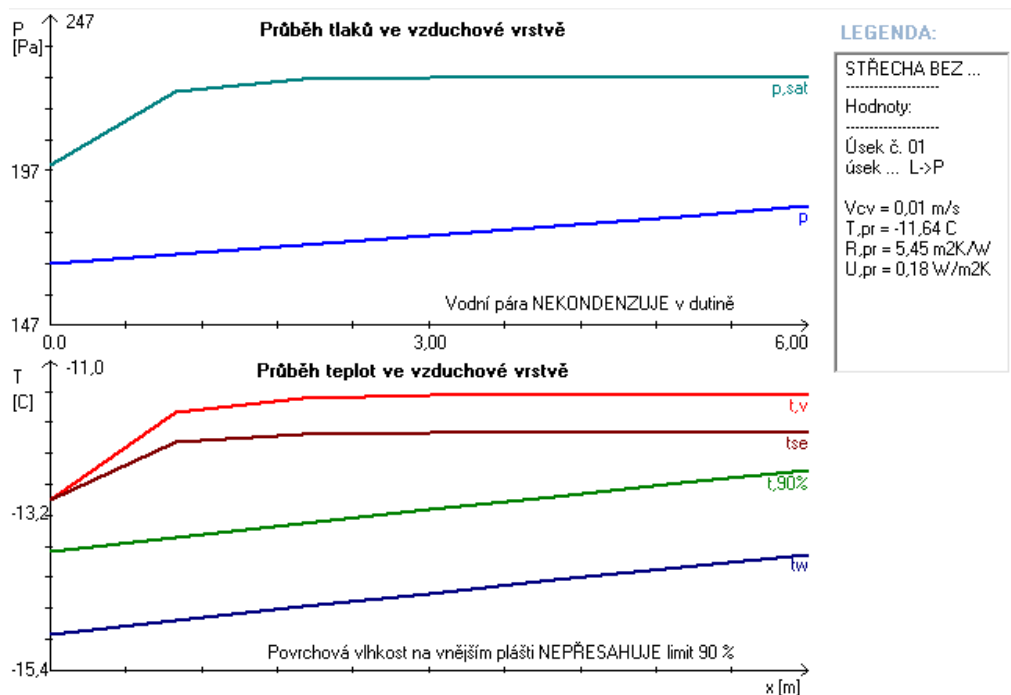
Tabulka 3.3-2: Přehled posouzení plošných konstrukcí- Nový stav

- Posouzení provětrávané dutiny

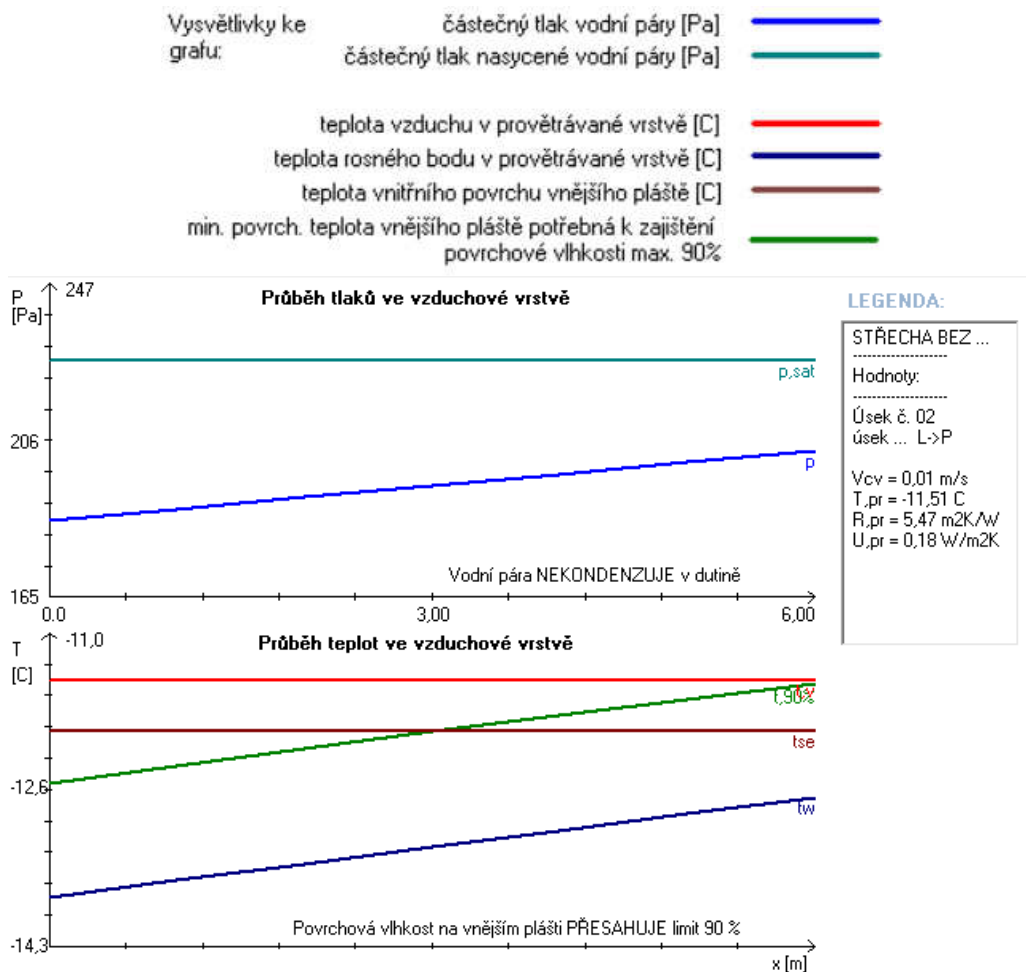
Stacionární posouzení

V novém stavu bude posouzeno několik variant. První varianta bude bez zateplení horního pláště s rychlostmi větru 0,5 a 1 [m/s]. Druhá varianta pak se zateplením horního pláště 40mm EPS s rychlostí větru 0,5 [m/s].

Zvolená rychlost větru 0,5 [m/s]



Graf 3.3-5: Úsek 1 v prostoru provětrávané dutiny bez zateplení horního pláště

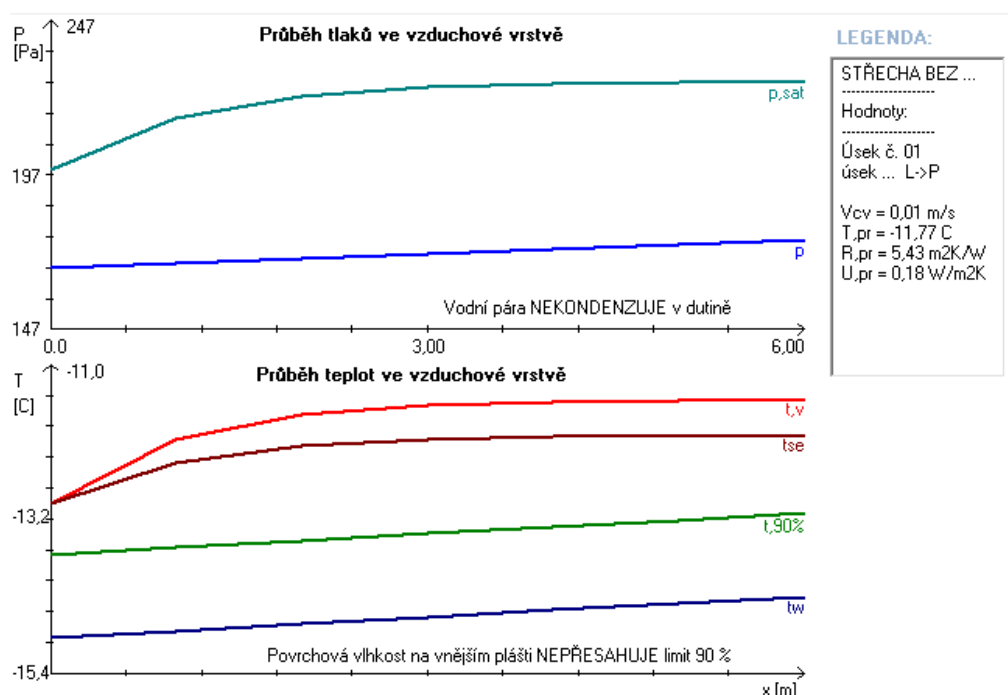


Graf 3.3-6: Úsek 2 v prostoru provětrávané dutiny bez zateplení horního pláště

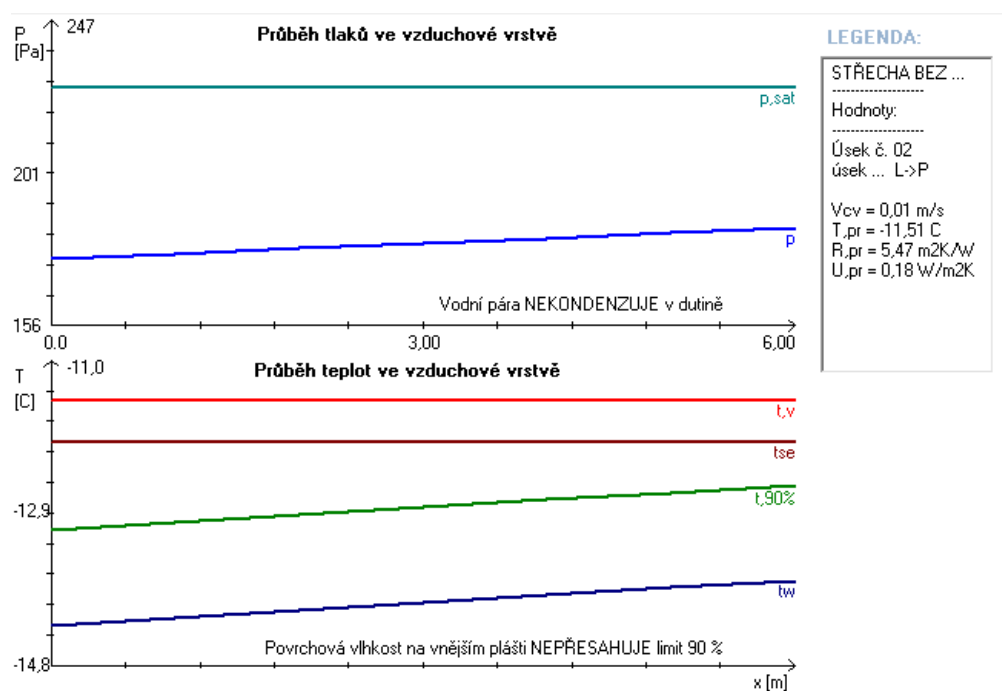
Komentář:

U pláště bez horního zateplení při rychlosti větru 0,5 [m/s] nejsou splněny oba požadavky dle normy ČSN 73 0540, konkrétně ve druhém úseku. V prvním úseku dochází u vzduchu vstupujícím do dutiny k jeho oteplení z -13 °C na -11,64 °C. Vstupující chladnější vzduch ochlazuje spodní povrch horního pláště, proto se po zvýšení teploty vzduchu v dutině rovněž zvýší teplota spodního povrchu horního pláště. Avšak tato teplota je vždy nižší než teplota vzduchu v dutině. Ve druhém úseku přesahuje povrchová vlhkost 90%, avšak ke kondenzaci nedochází jelikož teplota spodního povrchu horního pláště je vyšší než teplota rosného bodu vzduchu v dutině.

Zvolená rychlost větru 1 [m/s]



Graf 3.3-7: Úsek 1 v prostoru provětrávané dutiny bez zateplení horního pláště



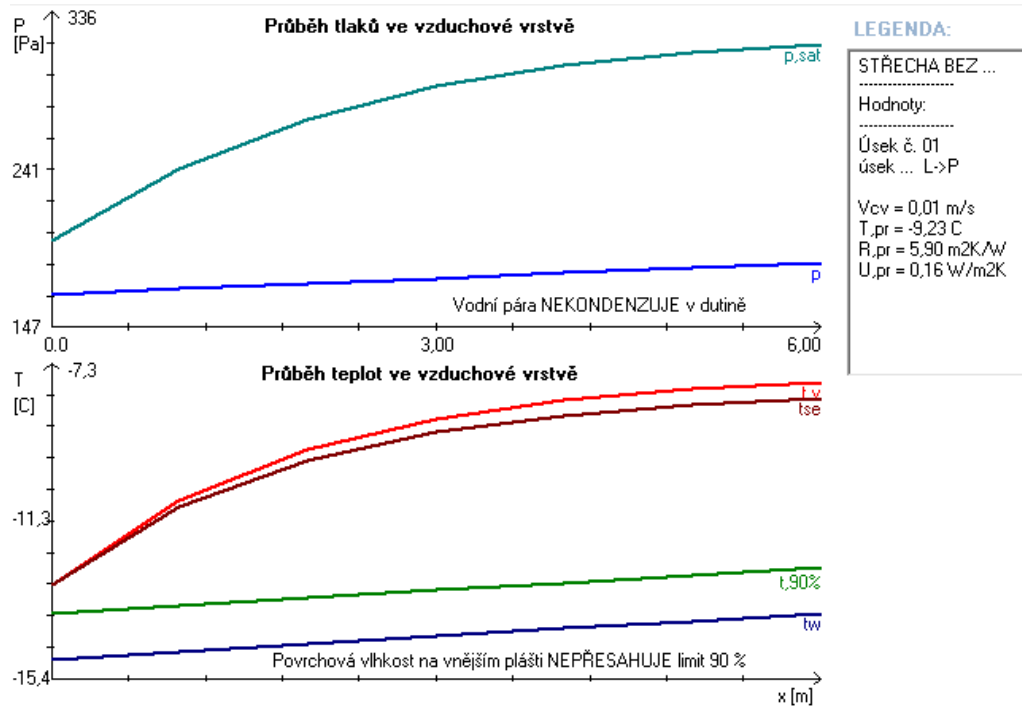
Graf 3.3-8: Úsek 2 v prostoru provětrávané dutiny bez zateplení horního pláště

Komentář:

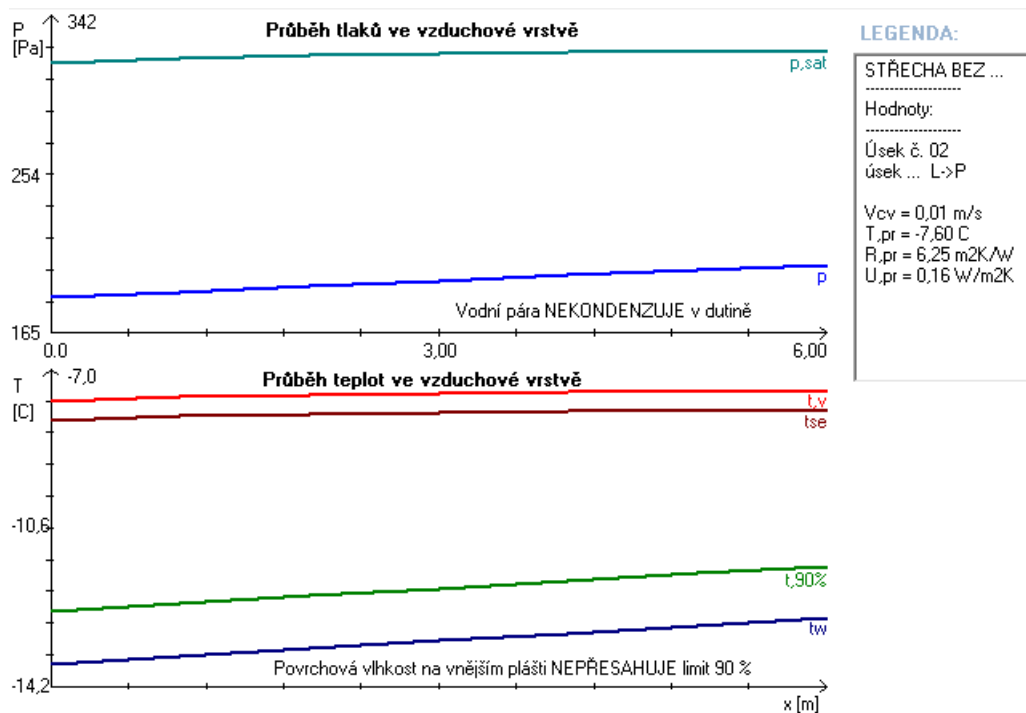
U pláště bez horního zateplení při zvýšení rychlosti větru na 1 [m/s] jsou již splněny oba požadavky dle normy ČSN 73 0540- 2 v obou úsecích. V prvním úseku dochází u vzduchu vstupujícím do dutiny k jeho oteplení z -13 °C na -11,77 °C. Teplota je tudíž

nižší než v předchozím případě, to je způsobeno větší výměnou vzduchu v dutině. Ve druhém úseku je teplota vzduchu v dutině $-11,51\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vodní pára na spodním povrchu nekondenzuje ani povrchová vlhkost na spodním plášti nepřesahuje 90%.

Zvolená rychlost větru $0,5\text{ [m/s]}$



Graf 3.3-9: Úsek 1 v prostoru provětrávané dutiny se zateplením horního pláště 40mm EPS



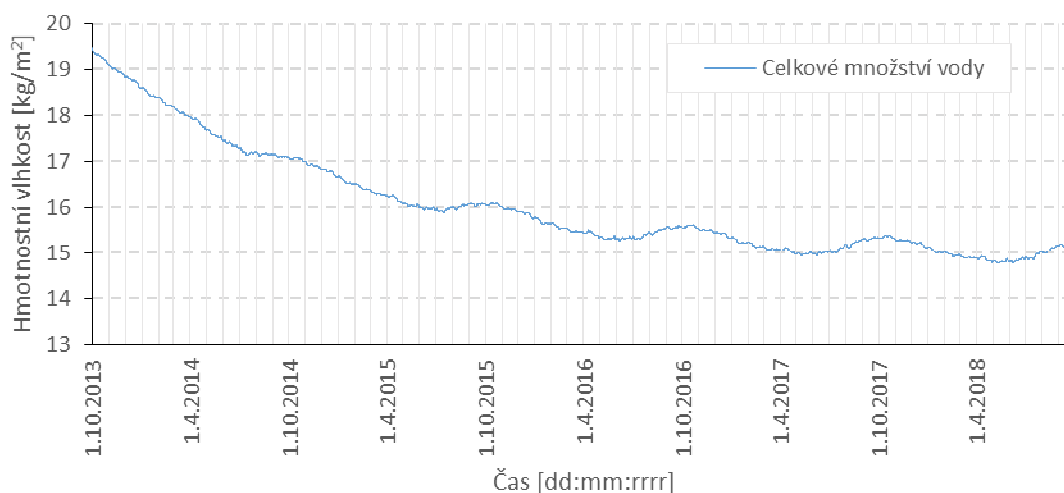
Graf 3.3-10: Úsek 2 v prostoru provětrávané dutiny se zateplením horního pláště 40mm EPS

Komentář:

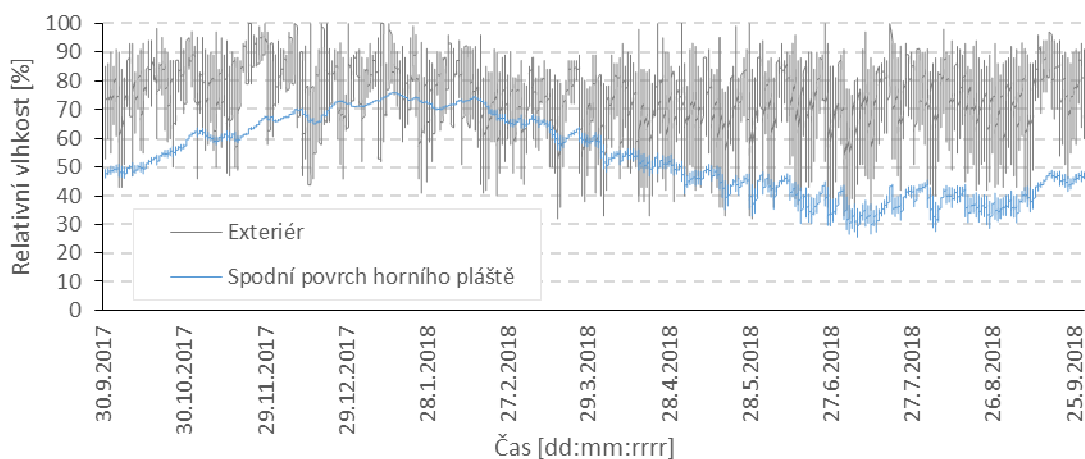
Horní plášť se zateplením 40mm EPS při rychlosti větru 0,5 [m/s] splňuje oba požadavky dle normy ČSN 73 0540- 2. V prvním úseku dochází u vzduchu vstupujícím do dutiny k jeho oteplení z -13 na -7,60°C. Zde je patrný velký rozdíl oproti nezateplenému hornímu plášti. Z průběhů v úseku grafu 3.3-6 je patrná velká rezerva mezi teplotou spodního povrchu horního pláště a teplotou při, které by povrchová vlhkost překonala hranici 90%. Další zajímavostí je menší rozdíl mezi teplotou spodního povrchu horního pláště a teplotou vzduchu v dutině. Tento menší rozdíl je zapříčiněn zateplením 40mm EPS a tudíž vyšším tepelným odporem konstrukce horního pláště.

Nestacionární posouzení ploché dvouplášťové střechy

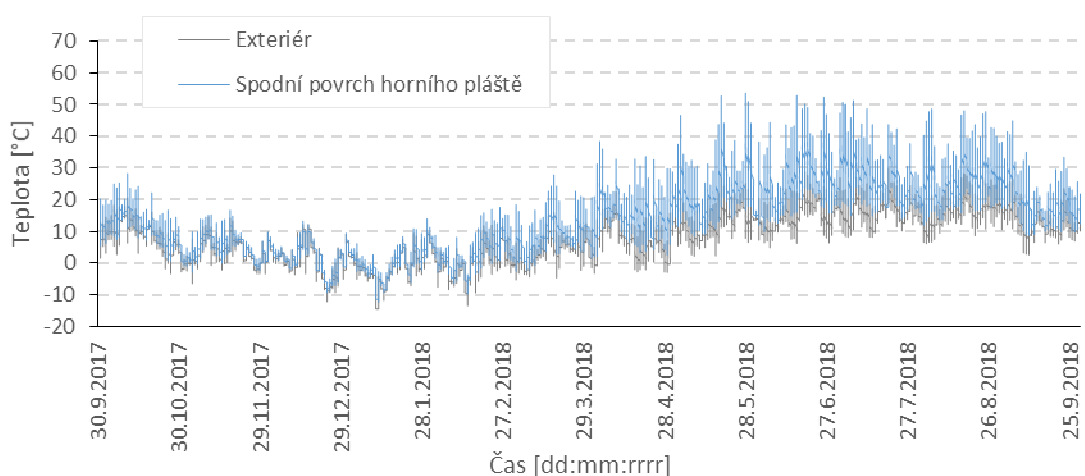
Výměna vzduchu v provětrávané dutině [10] byla po dodatečném zateplení foukanou izolací zvolena jako $1[h^{-1}]$. Tato hodnota vychází z publikace[5], kde byla tato problematika více rozvedena a podložena měřením. Nejdříve bude posouzena varianta bez zateplení horního pláště s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření a poté pouze s vlivem deště. Nakonec bude posouzena varianta se zateplením horního pláště 40mm EPS s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření.



Graf 3.3-11: Celkové množství vody v konstrukci dvouplášťové ploché střechy- bez zateplení horního pláště s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření



Graf 3.3-12: Průběh relativních vlhkostí na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem- bez zateplení horního pláště s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření



Graf 3.3-13: Průběh teplot na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem- bez zateplení horního pláště s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření

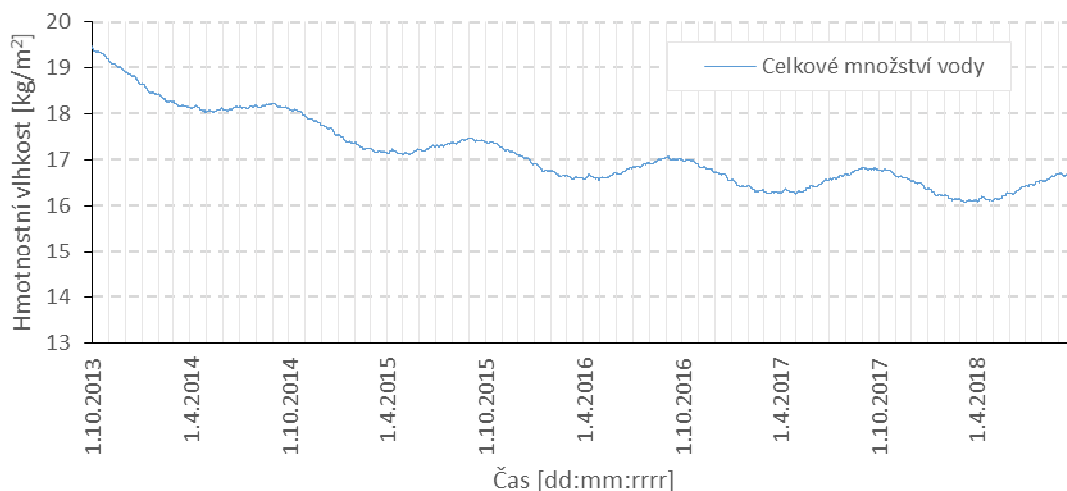
Vrstva	Start výpočtu	Konec výpočtu	Minimum	Maximum
	[kg/m ²]			
Hydroizolace asfaltová	0.00	0.00	0.00	0.00
Betonová skořepinový panel	2.32	1.66	1.48	3.14
Vzduchová mezera	0.00	0.00	0.00	0.01
Climatizer plus	0.87	0.63	0.56	1.14
Minerální plst'	0.28	0.17	0.12	0.31
Železobetonový dutinový panel	15.64	12.45	11.26	15.64
Vápenocementová omítka	0.35	0.31	0.21	0.35
Celkové množství vody v konstrukci	18.59	15.22	14.77	19.46

Tabulka 3.3-3: Množství vody v konstrukci- bez zateplení horního pláště s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření

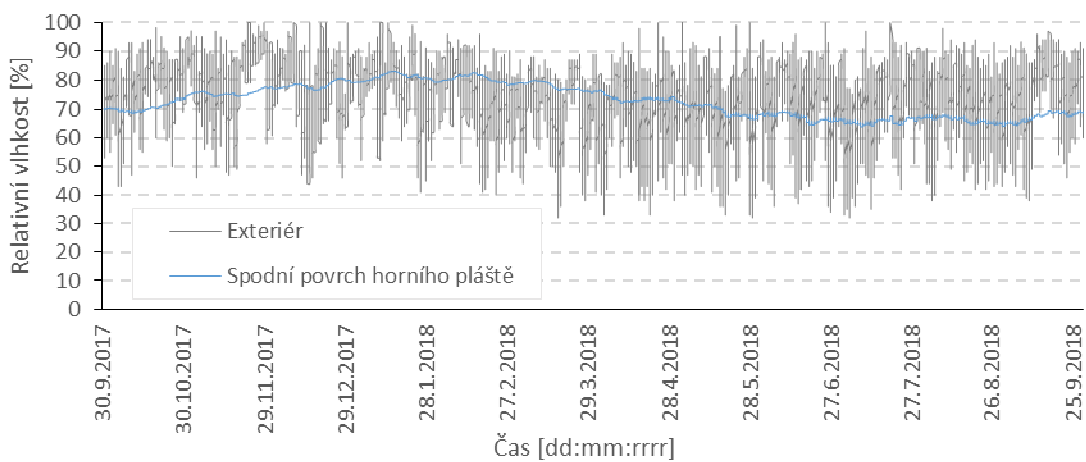
Komentář:

Z grafu 3.3-7 vyplývá, že v konstrukci trvale nenabývá vlhkost. Tak jako u původního stavu by simulace mohla pokračovat i v horizontu více let, avšak z důvodu přehlednosti je zde uvedených pouze prvních 5 let. Z průběhů relativních vlhkostí je vidět, že nejvíce

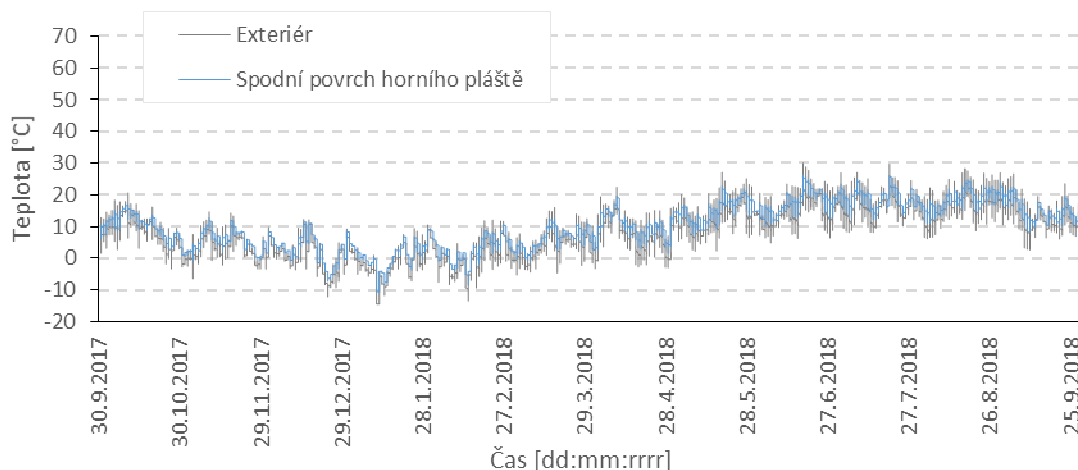
se relativní vlhkost zvyšuje v zimním období, kde její hodnoty jsou podobné vnějšímu prostředí, naopak v letním období je tento rozdíl větší. Maximální hodnota relativní vlhkosti byla 75,91% dne 16.1. v 11:00.



Graf 3.3-14: Celkové množství vody v konstrukci dvouplášťové ploché střechy- bez zateplení horního pláště bez vlivu dlouhovlnného a krátkovlnného záření



Graf 3.3-15: Průběh relativních vlhkostí na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem- bez zateplení horního pláště bez vlivu dlouhovlnného a krátkovlnného záření



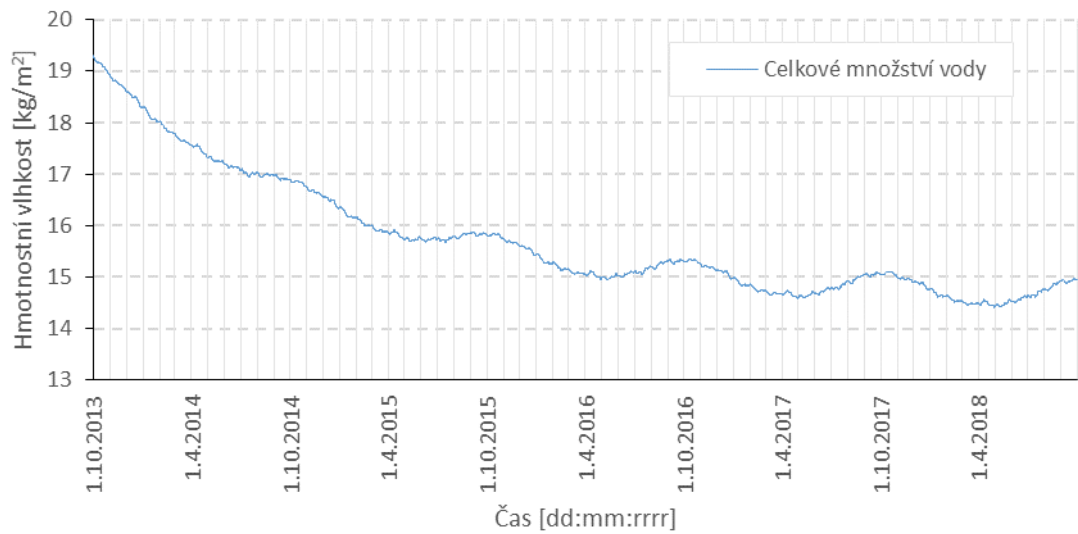
Graf 3.3-16: Průběh teplot na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem- bez zateplení horního pláště bez vlivu dlouhovlnného a krátkovlnného záření

Vrstva	Start výpočtu	Konec výpočtu	Minimum	Maximum
	[kg/m ²]			
Hydroizolace asfaltová	0.00	0.00	0.00	0.00
Betonová skořepinový panel	2.32	2.85	2.32	3.49
Vzduchová mezera	0.00	0.00	0.00	0.01
Climatizer plus	0.87	0.86	0.84	1.14
Mínérální plst'	0.28	0.19	0.14	0.28
Železobetnový dutinový panel	15.64	12.46	11.38	15.64
Vápenocementová omítka	0.35	0.31	0.21	0.35
Celkové množství vody v konstrukci	18.59	16.67	16.09	19.46

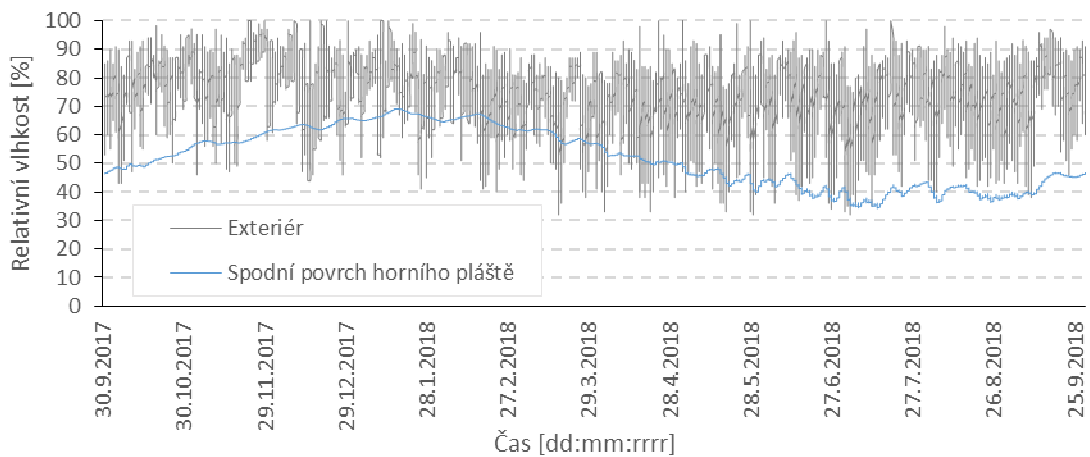
Tabulka 3.3-4: Množství vody v konstrukci- bez zateplení horního pláště bez vlivu dlouhovlnného a krátkovlnného záření

Komentář:

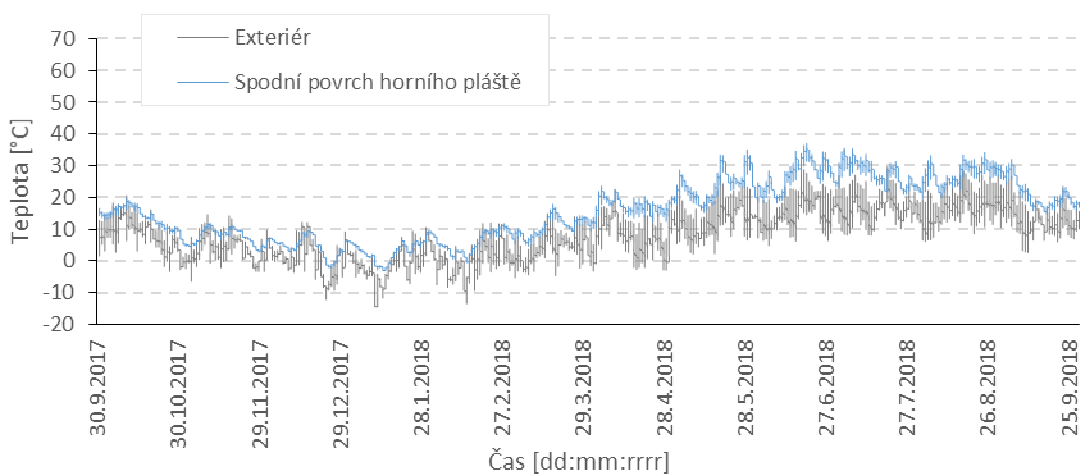
Z grafu 3.3-10 můžeme vidět, že bez vlivu krátkovlnného a dlouhovlnného záření je mírně vyšší množství vody v konstrukci. Oproti grafu 3.3-8 je zde patrné vyhlazení křivky průběhů relativních vlhkostí na spodním povrchu horního pláště. Z průběhů relativních vlhkostí je vidět, že v letním období nedochází ke snížení relativní vlhkosti v dutině oproti grafu 3.3-8. Tomu odpovídají i průběhy teplot, kde nejsou v letním období teploty přesahující 32 °C. Maximální hodnota relativní vlhkosti byla 82,99% dne 16.1. v 13:00.



Graf 3.3-17: Celkové množství vody v konstrukci dvouplášťové ploché střechy- se zateplením horního pláště 40mm EPS s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření



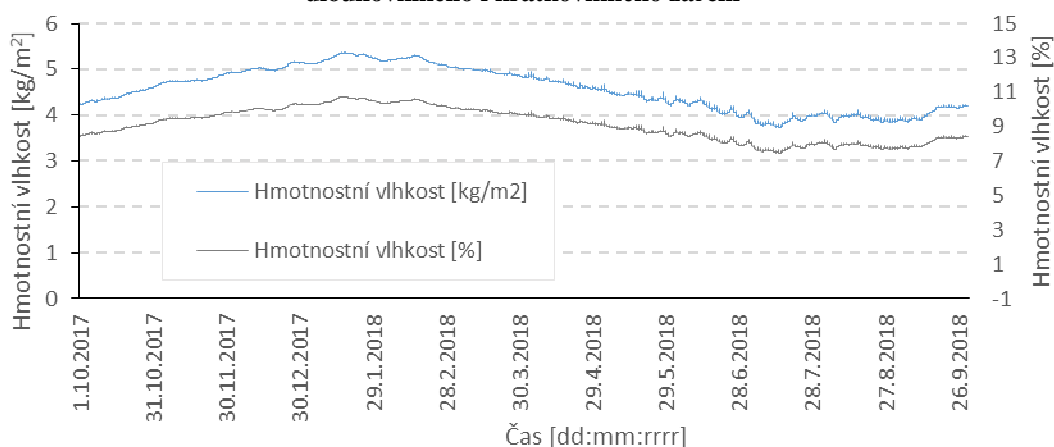
Graf 3.3-18: Průběh relativních vlhkostí na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem- se zateplením horního pláště 40mm EPS s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření



Graf 3.3-19: Průběh teplot na spodním povrchu horního pláště v porovnání s exteriérem- se zateplením horního pláště 40mm EPS s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření

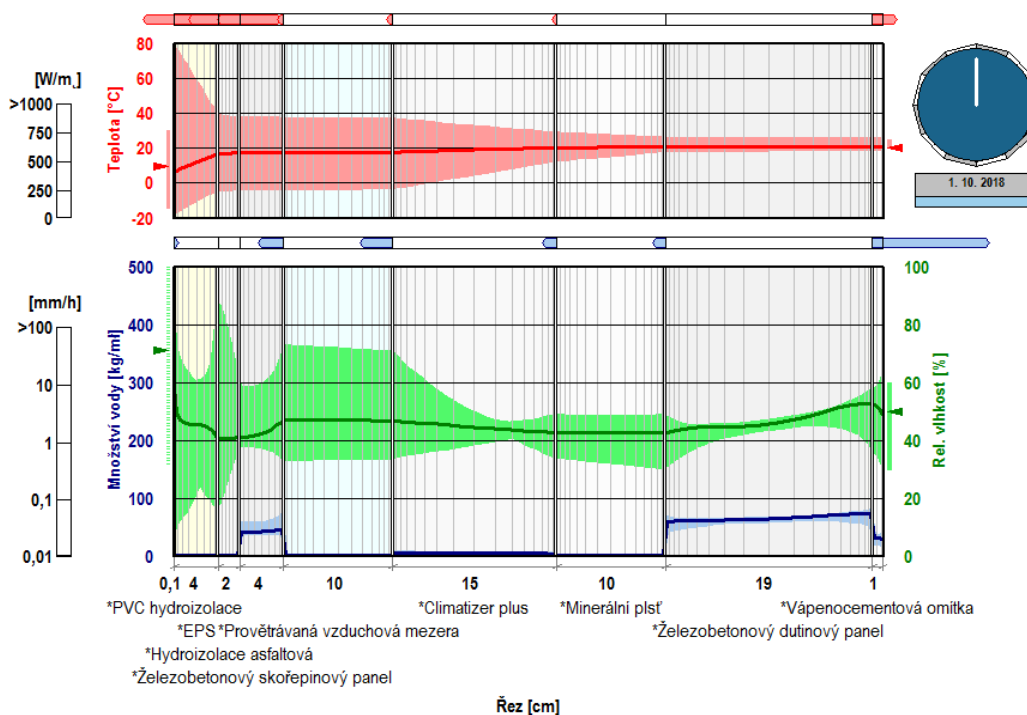
Vrstva	Start výpočtu	Konec výpočtu	Minimum	Maximum
	[kg/m ²]			
PVC hydroizolace	0.00	0.00	0.00	0.00
EPS	0.03	0.02	0.01	0.03
Hydroizolace asfaltová	0.00	0.00	0.00	0.04
Betonová skořepinový panel	2.32	1.69	1.57	2.94
Vzduchová mezera	0.00	0.00	0.00	0.00
Climatizer plus	0.87	0.63	0.58	0.98
Minerální plst'	0.28	0.17	0.13	0.28
Železobetonový dutinový panel	15.64	12.35	11.26	15.64
Vápenocementová omítka	0.35	0.31	0.21	0.35
Celkové množství vody v konstrukci	18.59	15.16	14.62	19.49

Tabulka 3.3-5: Množství vody v konstrukci - se zateplením horního pláště 40mm EPS s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření



Graf 3.3-20: Hmotnostní vlhkost v dodatečně nafoukané tepelné izolaci Climatizer Plus

Skladba dvouplášťové střechy s dodatečným zateplením



Graf 3.3-21: Průběhy teplot a relativních vlhkostí dvouplášťové ploché střechy v celoroční simulaci- se zateplením horního pláště 40mm EPS s vlivem deště, dlouhovlnného i krátkovlnného záření

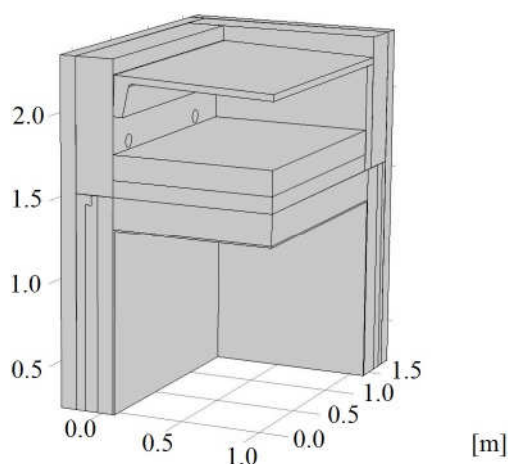
Komentář:

V konstrukci nedochází ke hromadění celkového množství vody (graf 3.3-13) Maximální hodnota relativní vlhkosti byla 69,13% dne 17.1. v 1:00. Z grafu s teplotami lze vidět, že po naprostou většinu času v průběhu roku je spodní povrch horního pláště teplejší než teplota vzduchu v exteriéru. Tento rozdíl je zapříčinen zateplením 40 mm EPS. V grafu 3.3-16 je průběh hmotnostní vlhkosti u dodatečně nafoukaného izolantu Climatizer Plus během roku. Zde lze na začátku května odečíst hodnotu kolem 9%. Tuto hodnotu potvrzují in-situ měření, kde se hodnoty pohybovaly v průměru kolem 8,4%.

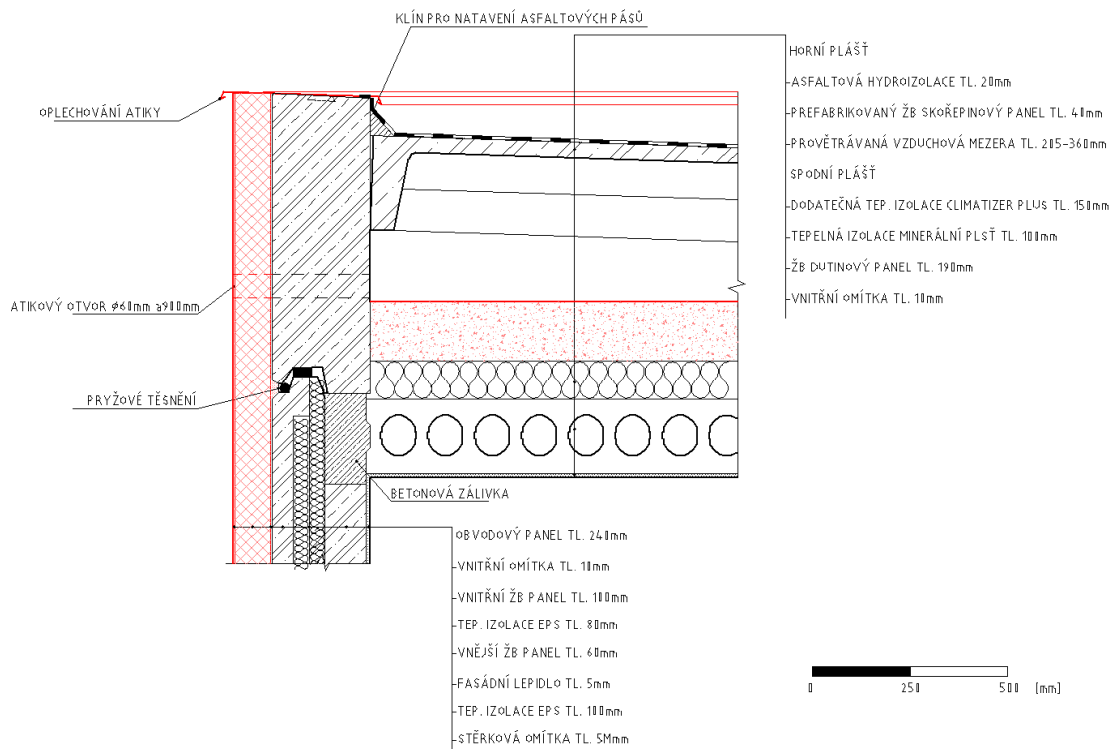
Z obrázku výše je patrné, že vlivem zateplení horního pláště stoupne teplota při letních dnech na povrchu hydroizolace na více než 80 °C. To je způsobeno tím, že díky tepelné izolaci 40 mm EPS nedochází k odvodu tepla do železobetonového panelu. Tyto vysoké teploty kladou extrémní nároky na hydroizolační souvrství.

3.3.2 Prostorové detaily

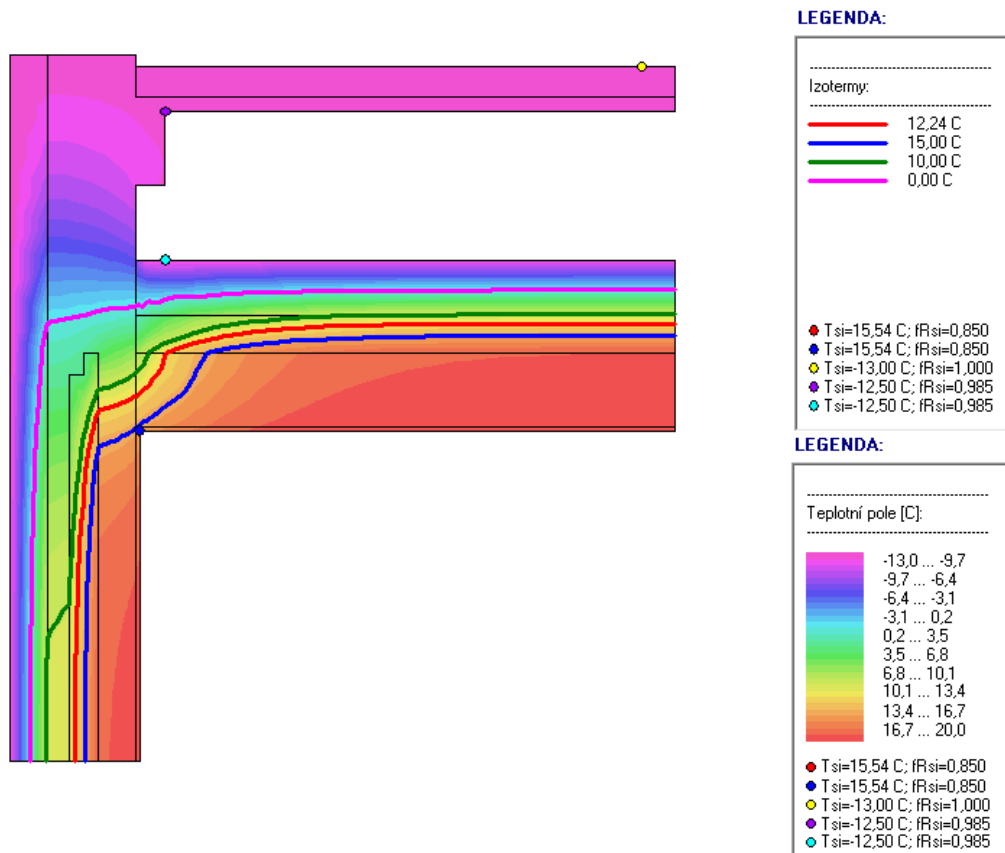
- Detail nároží



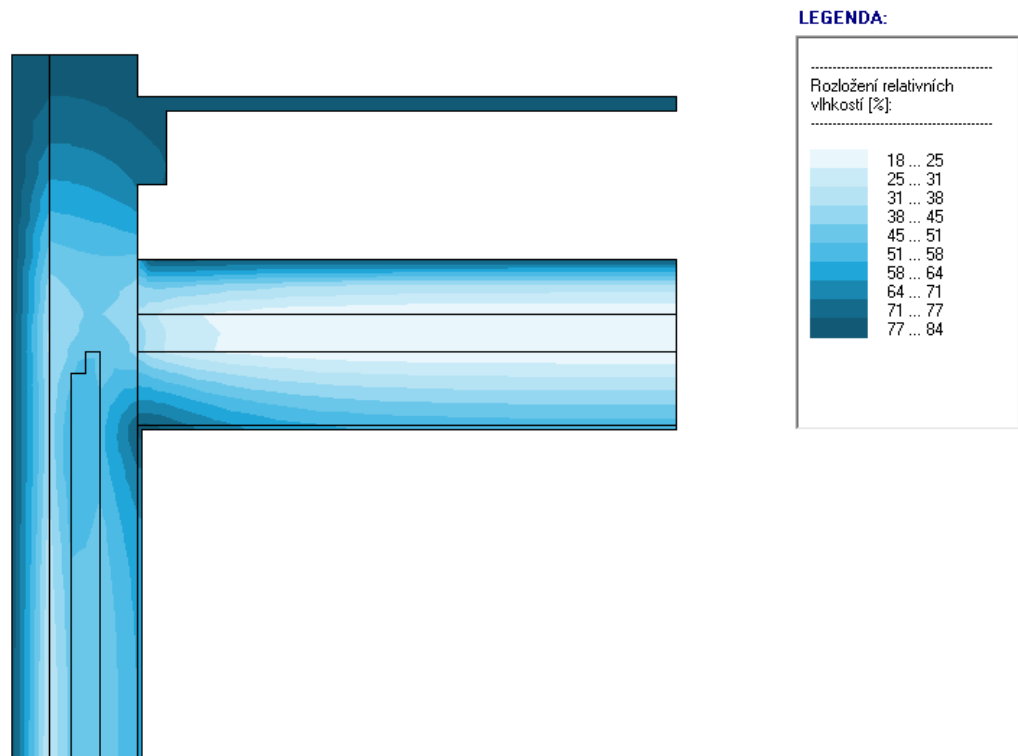
Obrázek 3.3-3: Schéma detailu nároží (NS)



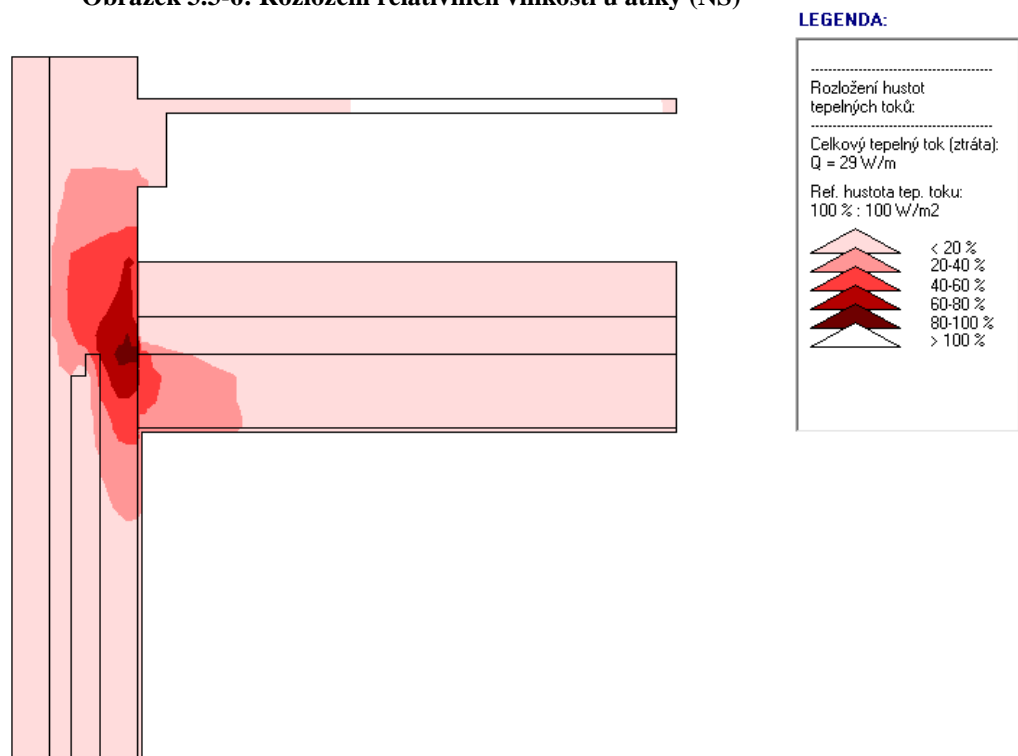
Obrázek 3.3-4: Detail atiky obvodové stěny (NS)



Obrázek 3.3-5: Průběh teplot u atiky (NS)



Obrázek 3.3-6: Rozložení relativních vlhkostí u atiky (NS)

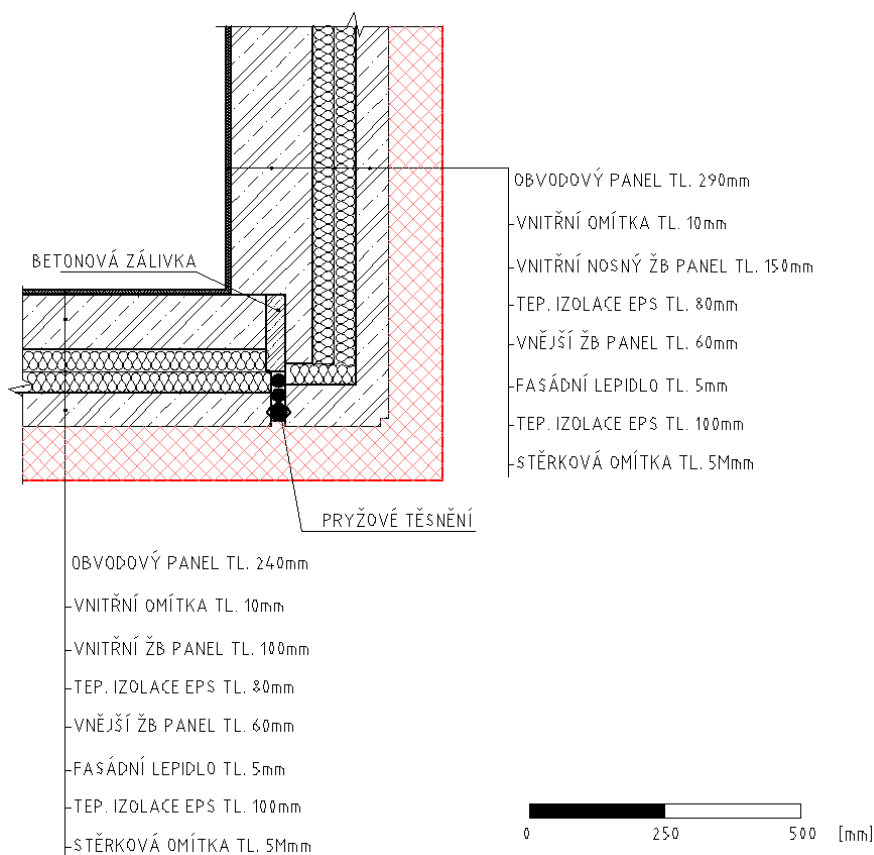


Obrázek 3.3-7: Rozložení hustot tepelných toků u atiky (NS)

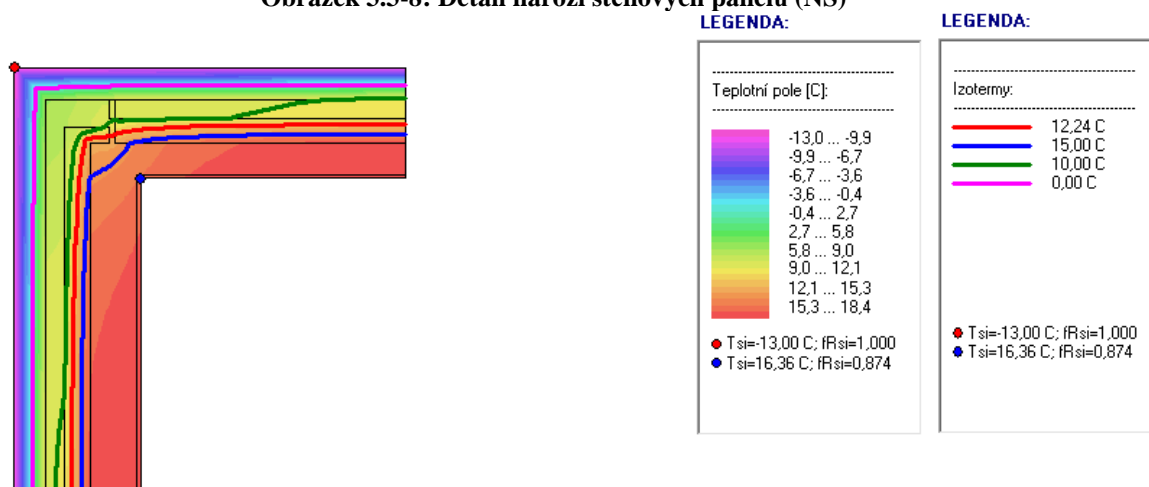
Komentář:

Nejnižší povrchová teplota je $12,81^\circ\text{C}$ v místě styku stropní a stěnové konstrukce. To je více než požadavek $12,24^\circ\text{C}$, tudíž konstrukce splňuje požadavky současných norem ma hodnotu minimální vnitřní povrchové teploty. Z rozložení tepelných toků je zřejmý

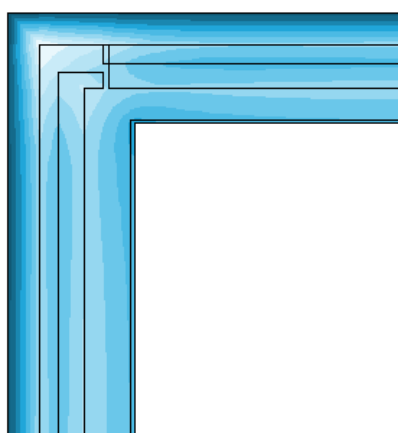
nedostatek dodatečného zateplení, kde povrch atiky v dutině není zateplen. Tudiž tímto povrchem „utíká“ relativně velké množství tepla. Na vnitřním povrchu není překročena hranice 80% povrchové relativní vlhkosti. Z rozložení relativních vlhkostí je patrná bezpečnost spodního pláště i obvodového panelu se zateplením. V případě štítové atiky, kde se nachází spádový klín je minimální vnitřní povrchová teplota 11,78 °C, tudíž požadavek není splněn. Na vnitřním povrchu je překročena hranice 80% relativní vlhkosti.



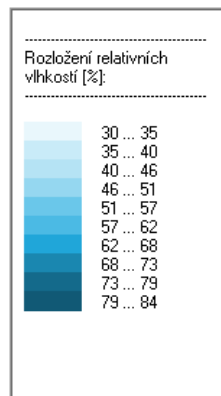
Obrázek 3.3-8: Detail nároží stěnových panelů (NS)



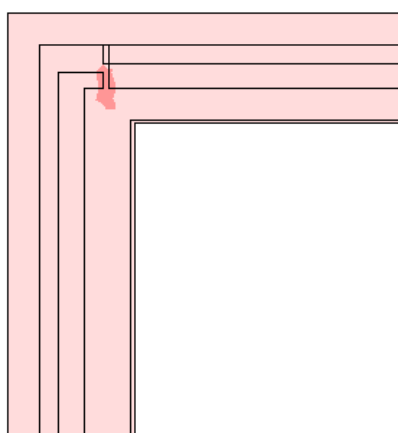
Obrázek 3.3-9: Průběh teplot v nároží stěnových panelů (NS)



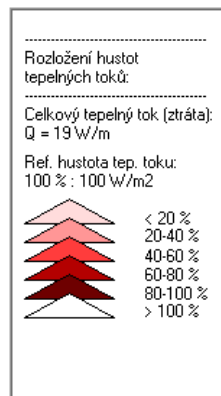
LEGENDA:



Obrázek 3.3-10: Rozložení relativních vlhkostí v nároží stěnových panelů (NS)



LEGENDA:

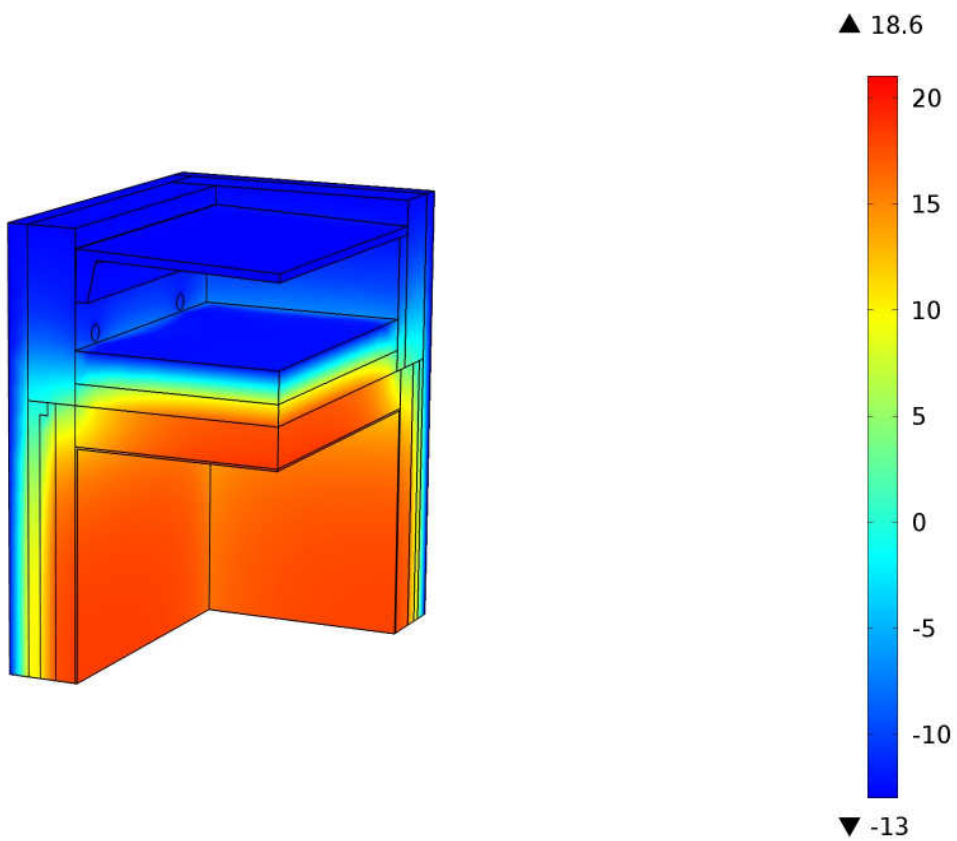


Obrázek 3.3-11: Rozložení hustot tepelných toků v nároží stěnových panelů (NS)

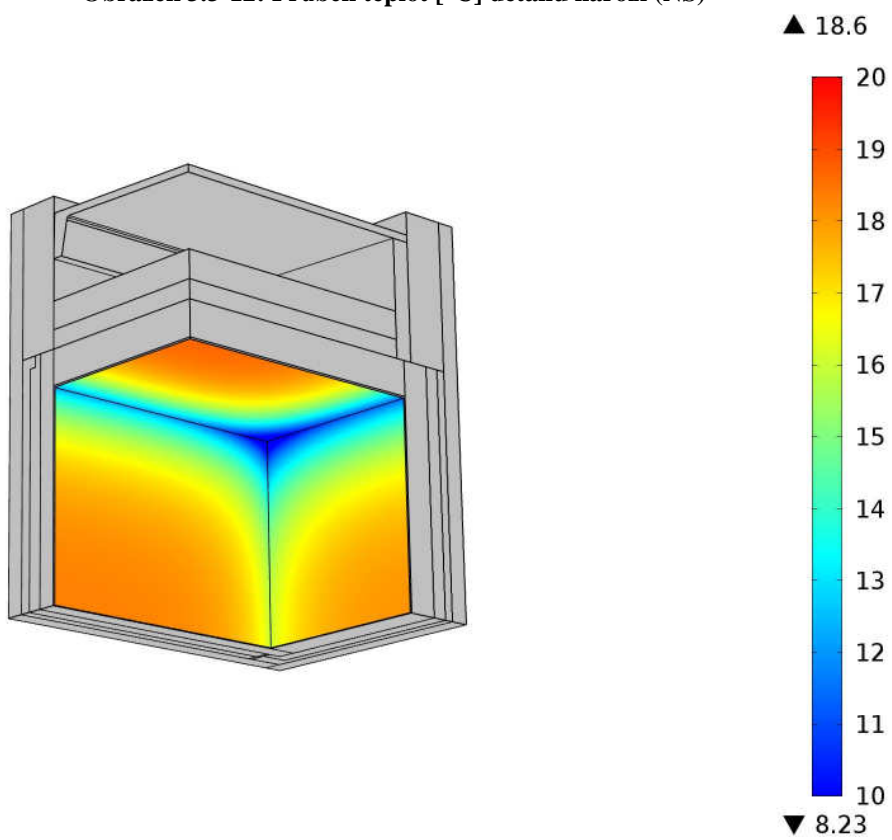
Komentář:

Nejnižší povrchová teplota je 16,36°C. Jako v předchozím detailu po zateplení je splněn požadavek na minimální vnitřní povrchovou teplotu. Z rozložení relativních vlhkostí se dá říci, že je tento detail bezpečný. Vliv tepelného mostu v místě napojení štítového a obvodového panelu je zde již nepatrný oproti původnímu stavu.

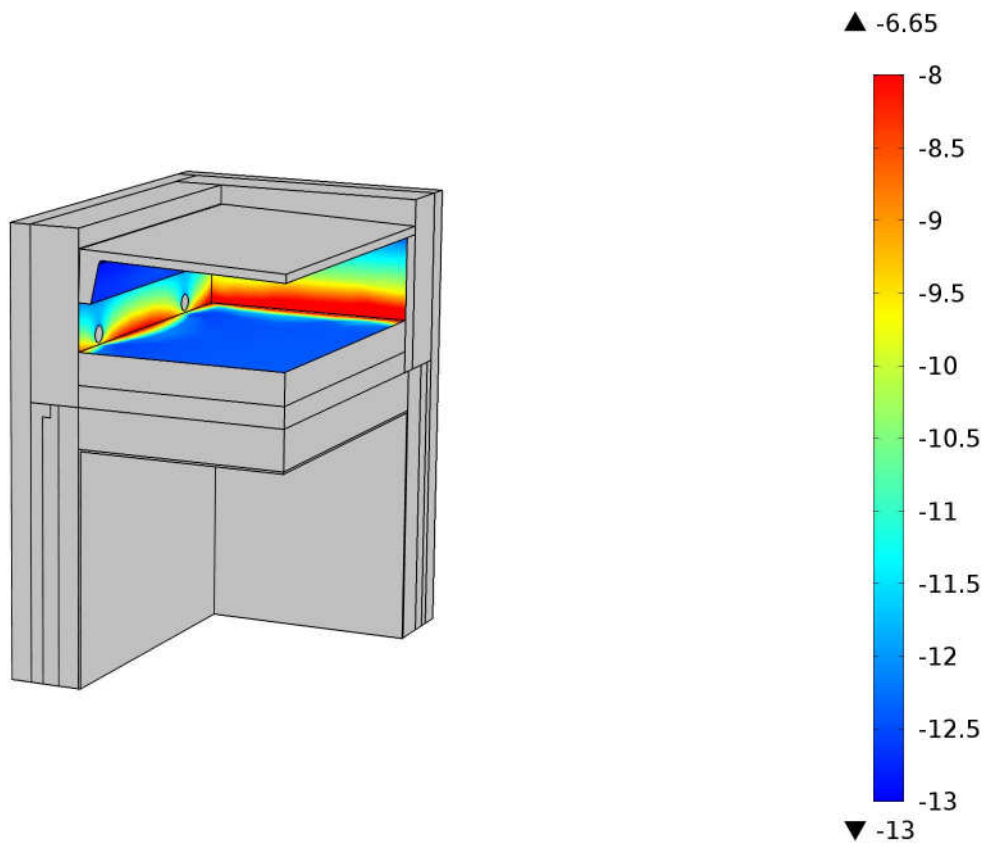
Prostorové posouzení



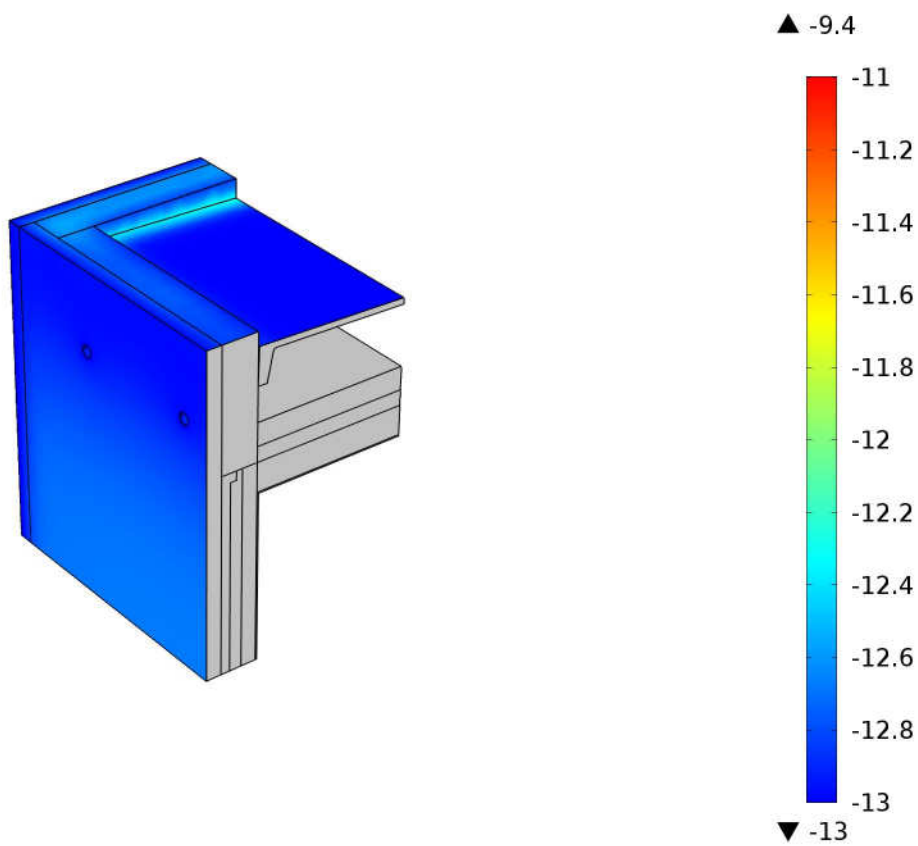
Obrázek 3.3-12: Průběh teplot [°C] detailu nároží (NS)



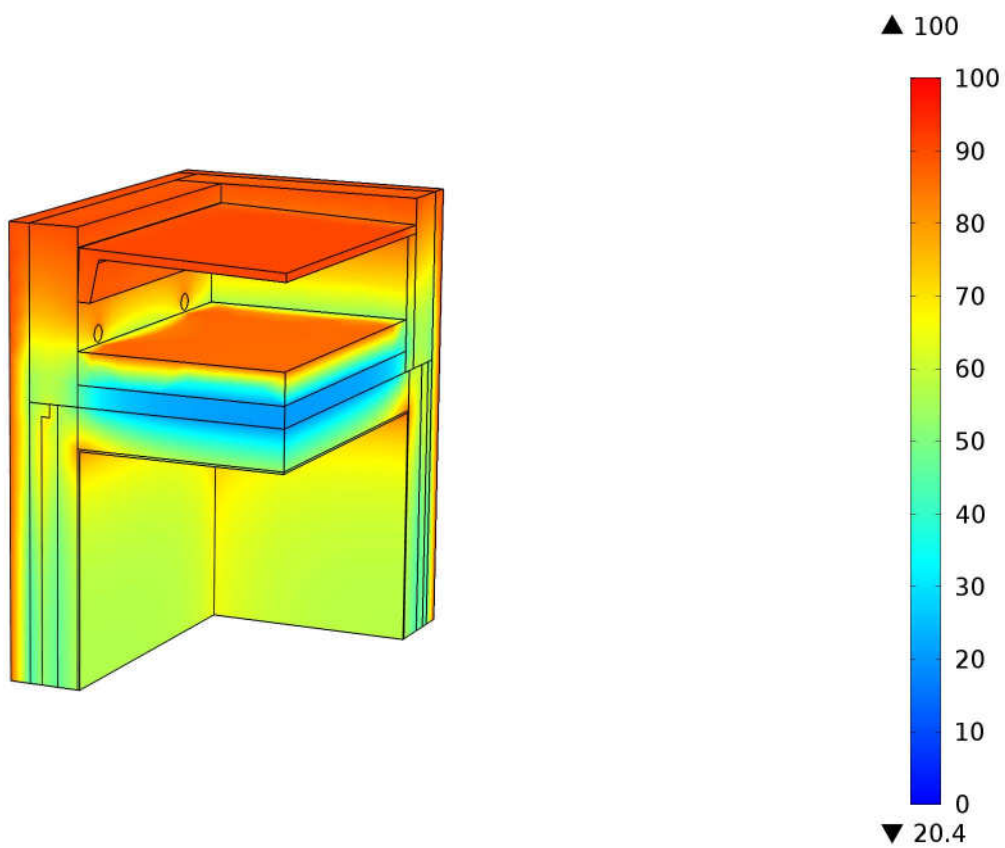
Obrázek 3.3-13: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu nároží (NS)



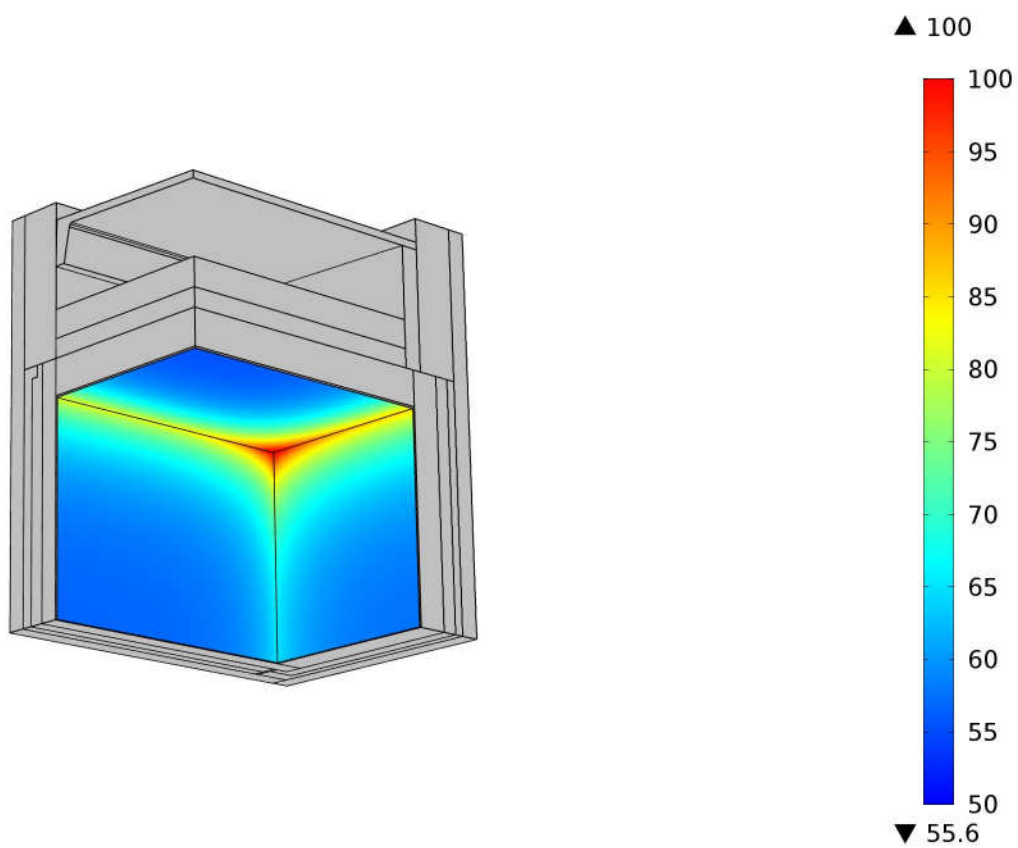
Obrázek 3.3-14: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu nároží (NS)



Obrázek 3.3-15: Průběh teplot [°C] na vnějším povrchu detailu nároží (NS)



Obrázek 3.3-16: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu nároží (NS)

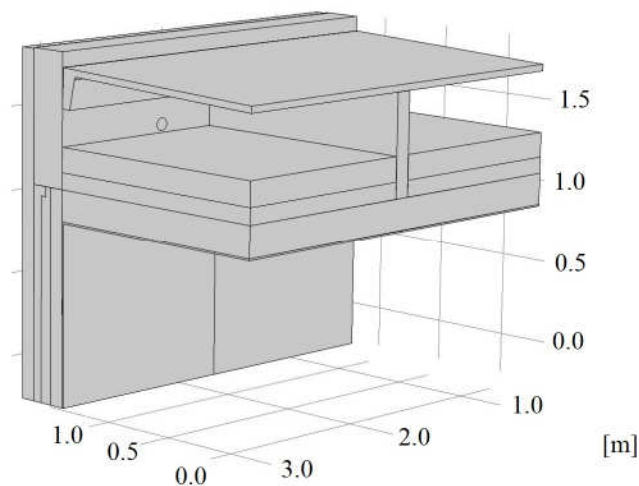


Obrázek 3.3-17: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu nároží (NS)

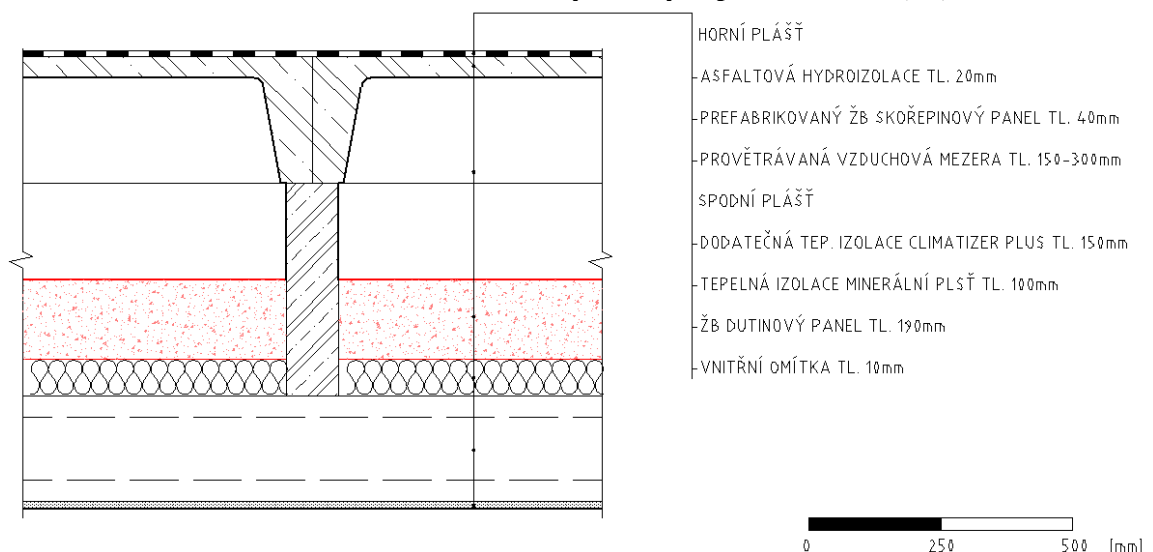
Komentář:

V předcházejících plošných modelech konstrukce splňovala všechny normové požadavky. Zde je nejnižší povrchová teplota $8,23^{\circ}\text{C}$ v prostoru vnitřního rohu pod stropní konstrukcí. Požadavek na minimální povrchovou teplotu $12,24^{\circ}\text{C}$ není splněn. V oblasti, kde klesá teplota pod hodnotu $12,24^{\circ}\text{C}$ se objevuje oblast, kde je překročena hranice 80% povrchové relativní vlhkosti. V menší oblasti dosahuje i 100%. Oproti původnímu stavu je tato oblast již daleko menší. V oblasti provětrávané dutiny na rozhraní minerální plsti a spádového klínu je nejvyšší teplota $-6,65^{\circ}\text{C}$. Naproti tomu na rozhraní atiky a minerální plsti mezi větracími otvory je teplota $-7,86^{\circ}\text{C}$. Tyto hodnoty jsou vyšší než v původním stavu. Jak již bylo zmíněno u plošného modelu atiky, povrchem atikového panelu uvnitř dutiny „utíká“ relativně velké množství tepla.

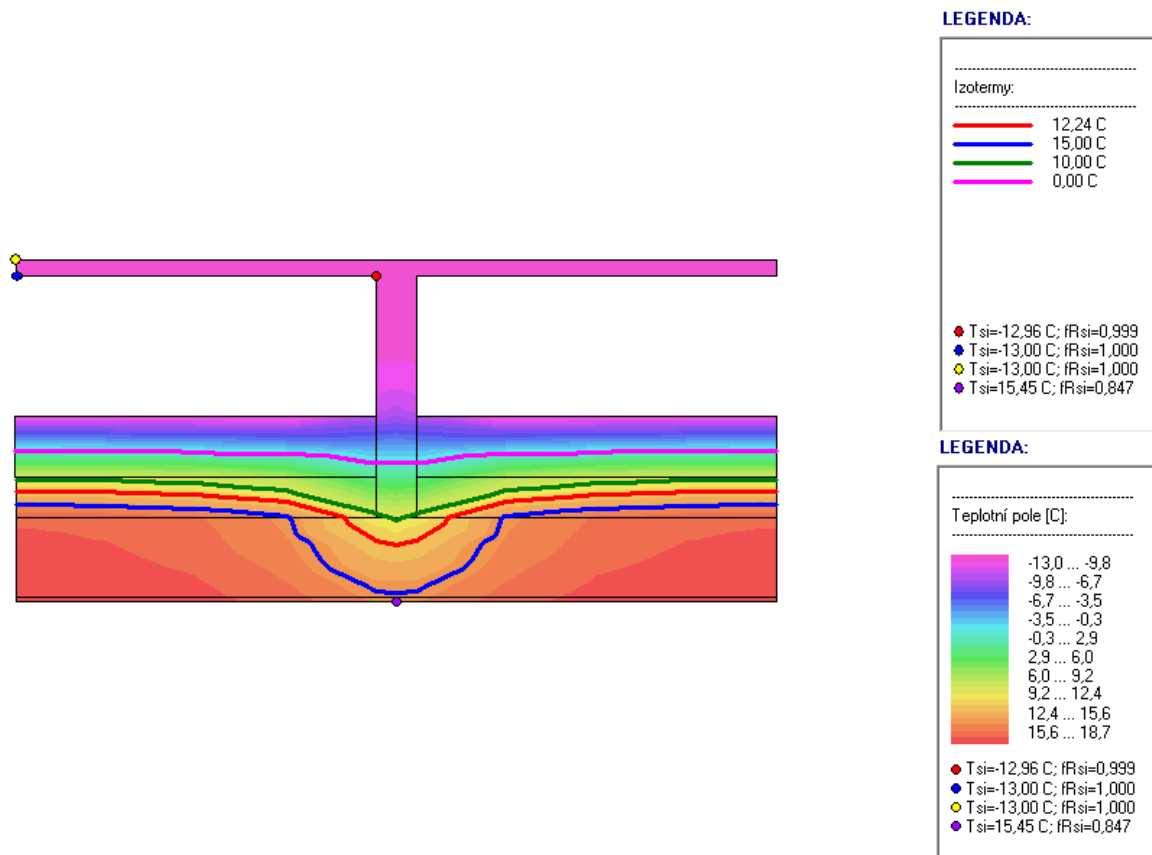
- Detail styku atiky a spádového klínu



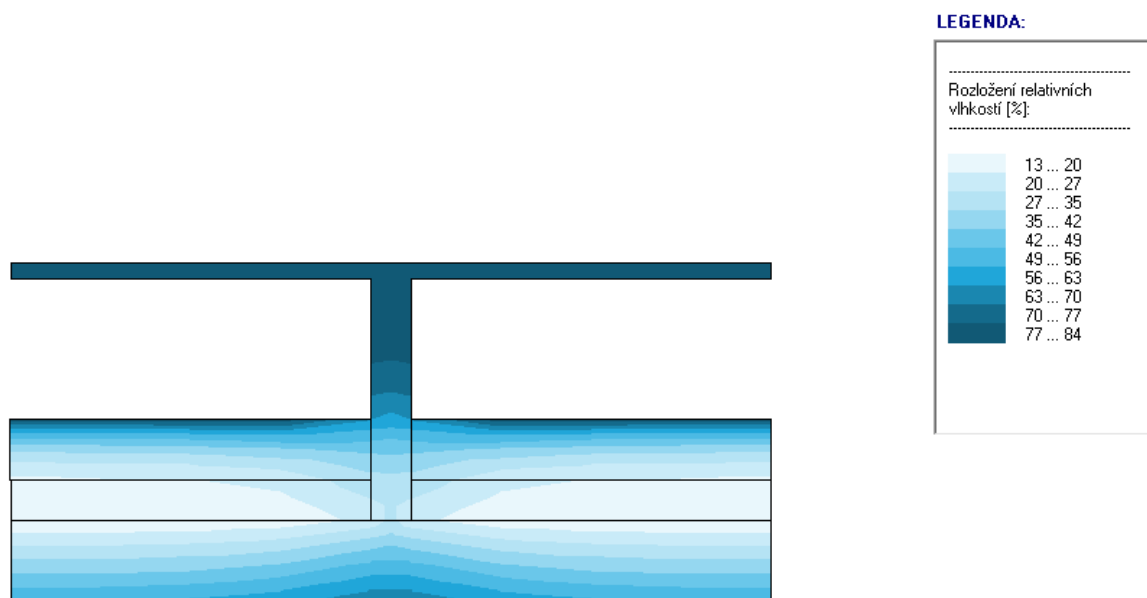
Obrázek 3.3-18: Schéma detailu styku atiky a spádového klínu (NS)



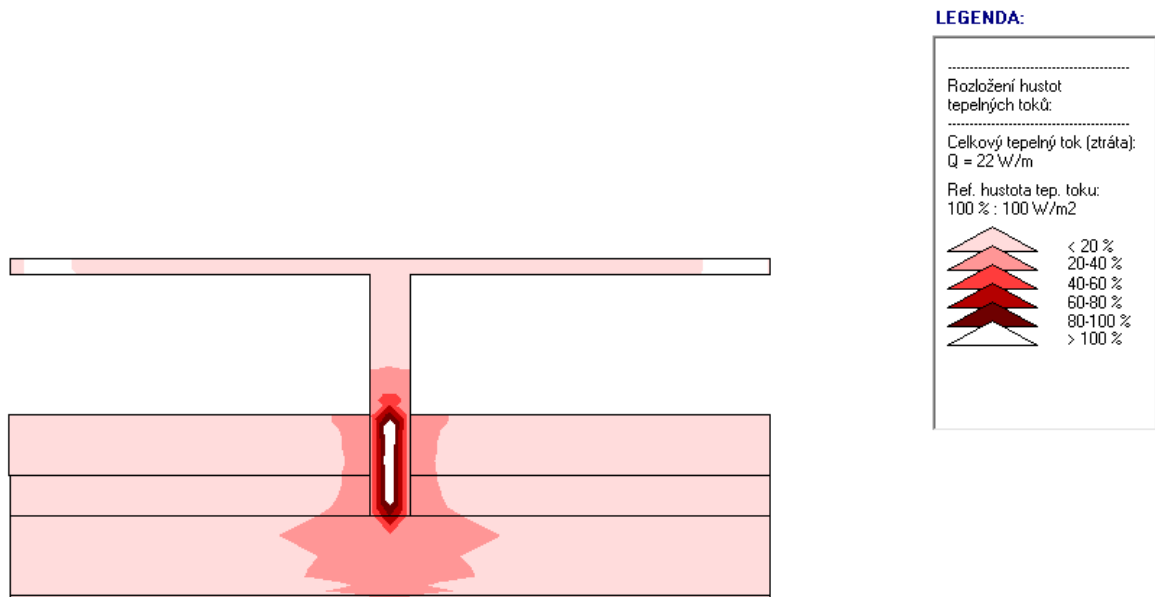
Obrázek 3.3-19: Detail uložení spádového klínu po dodatečném zateplení (NS)



Obrázek 3.3-20: Průběh teplot detailu uložení spádového klínu (NS)



Obrázek 3.3-21: Rozložení relativních vlhkostí detailu uložení spádového klínu (NS)

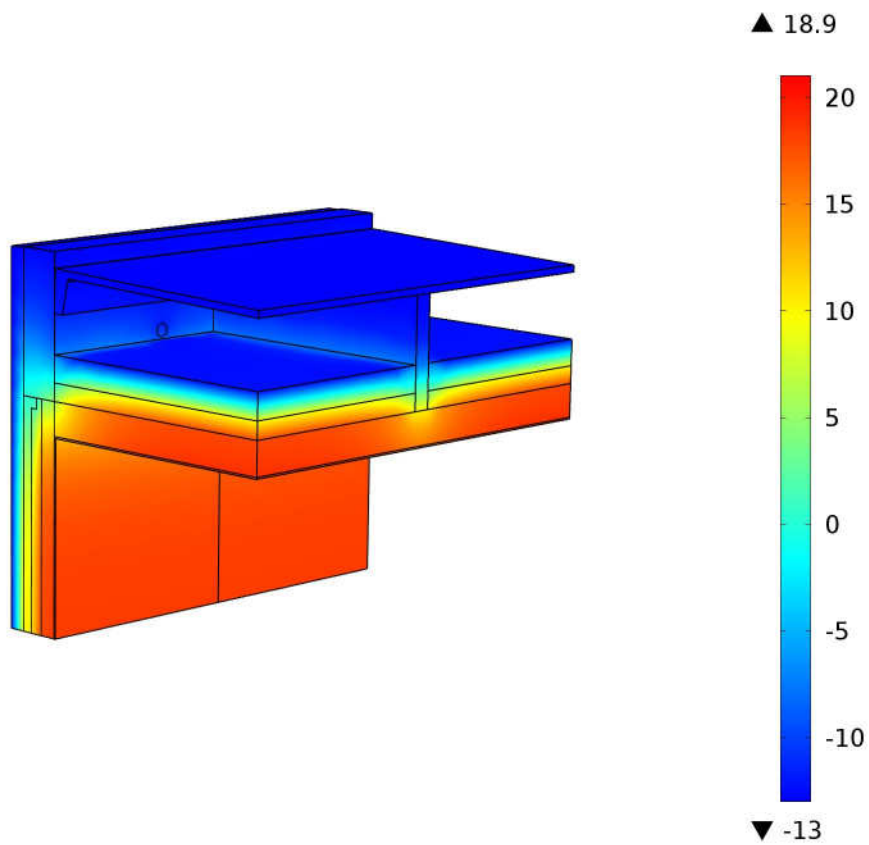


Obrázek 3.3-22: Rozložení hustoty tepelných toků detailu uložení spádového klínu (NS)

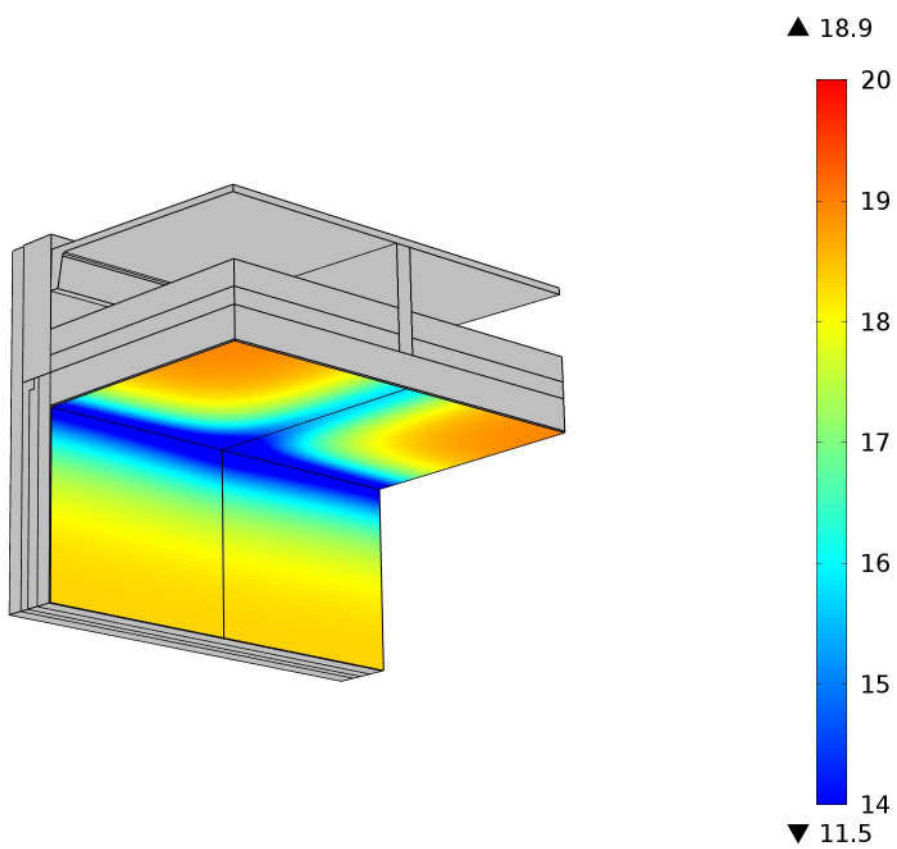
Komentář:

V místě linie uložení spádového klínu klesá povrchová teplota na 15,45°C. Je zde splněn požadavek na minimální vnitřní povrchovou teplotu. Na vnitřním povrchu nepřekračuje relativní vlhkost 80%, tudíž je konstrukce bezpečná z hlediska vzniku a růstu plísní. Avšak jako v původním stavu je z rozložení tepelných toků evidentní mezera v tepelně izolační linii způsobená neizolovaným spádovým klínem.

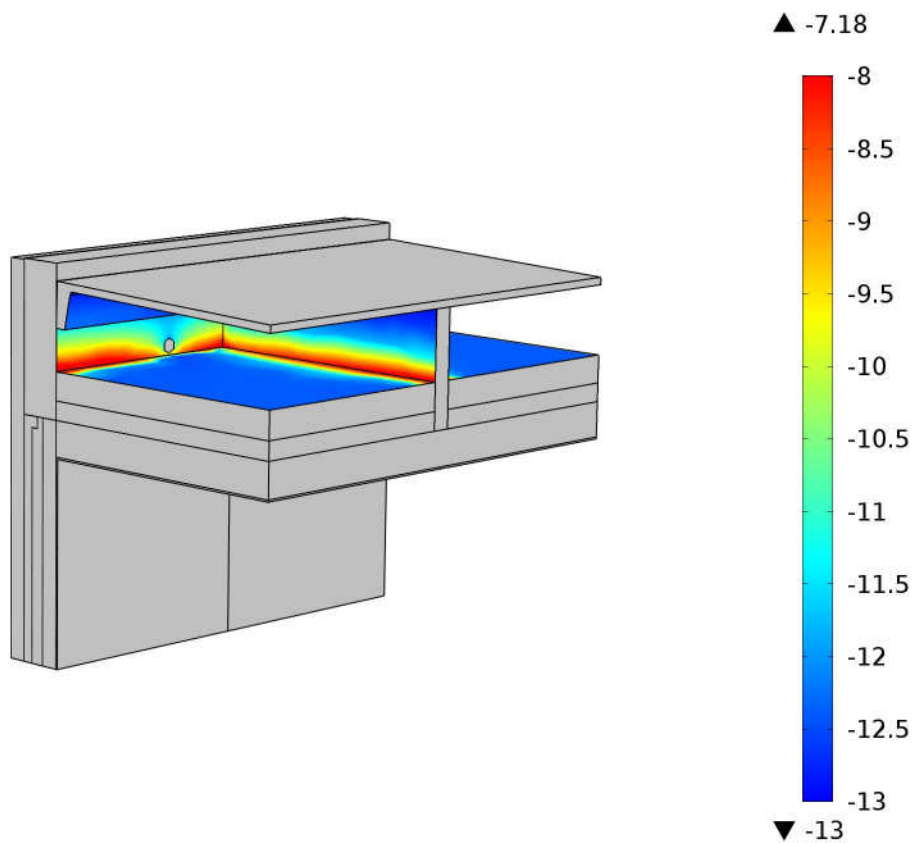
Prostorové posouzení



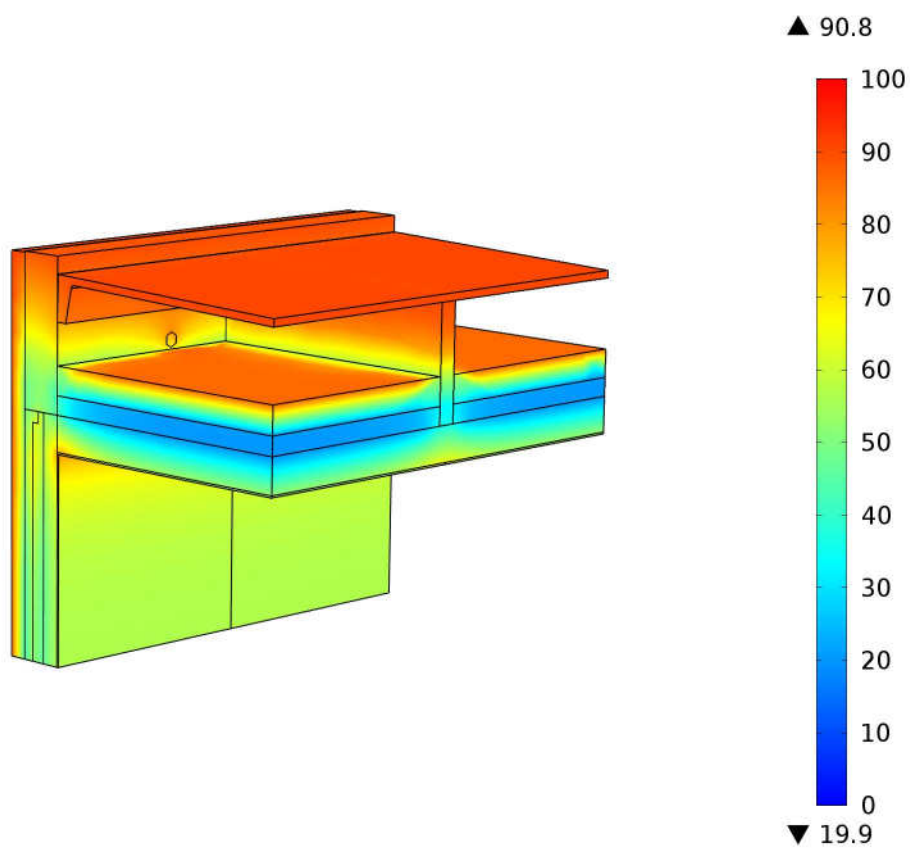
Obrázek 3.3-23: Průběh teplot [°C] detailu styku atiky a spádového klínu (NS)



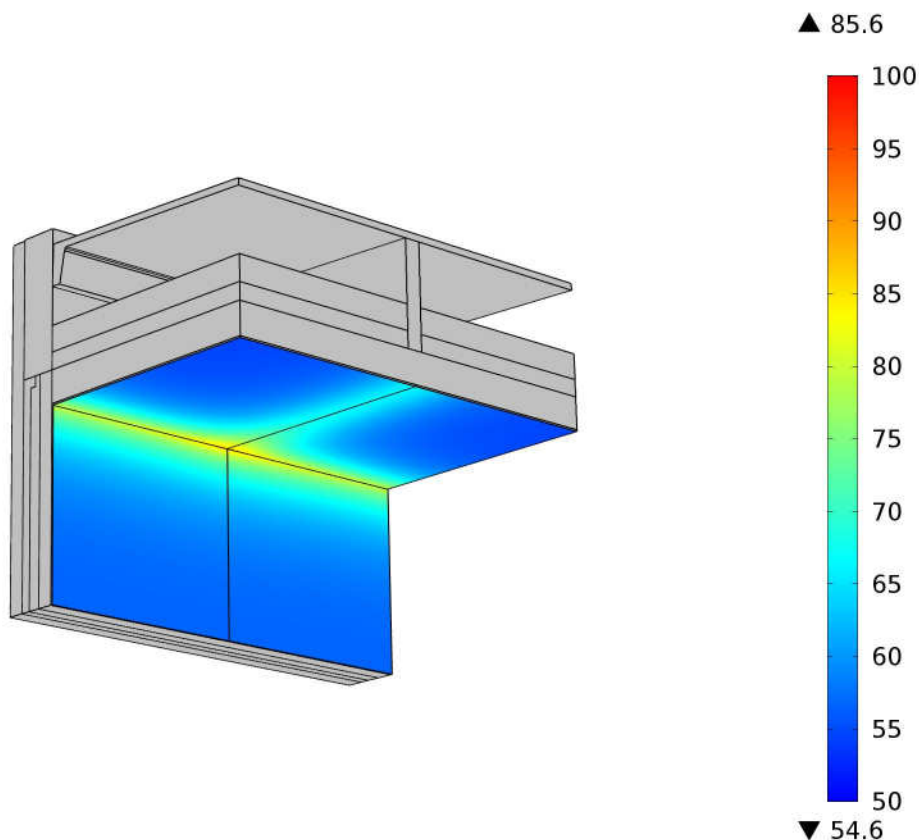
Obrázek 3.3-24: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu styku atiky a spádového klínu (NS)



Obrázek 3.3-25: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu styku atiky a spádového klínu (NS)



Obrázek 3.3-26: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu styku atiky a spádového klínu (NS)

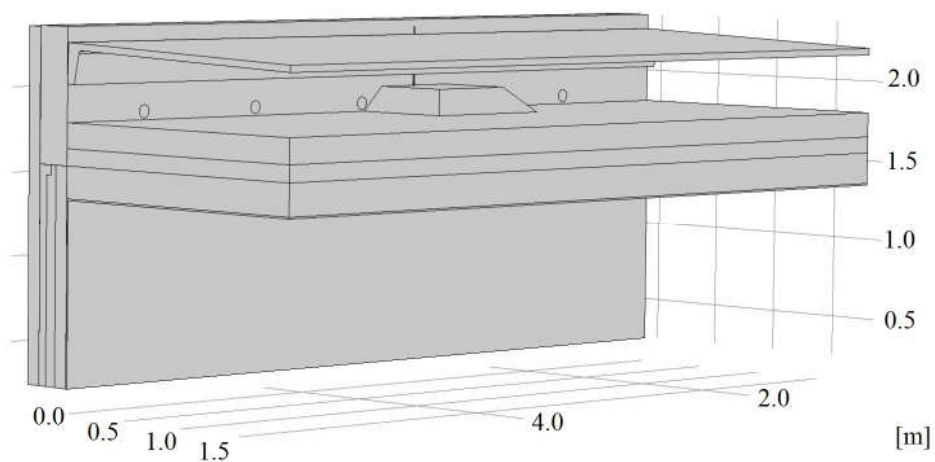


Obrázek 3.3-27: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu styku atiky a spádového klínu (NS)

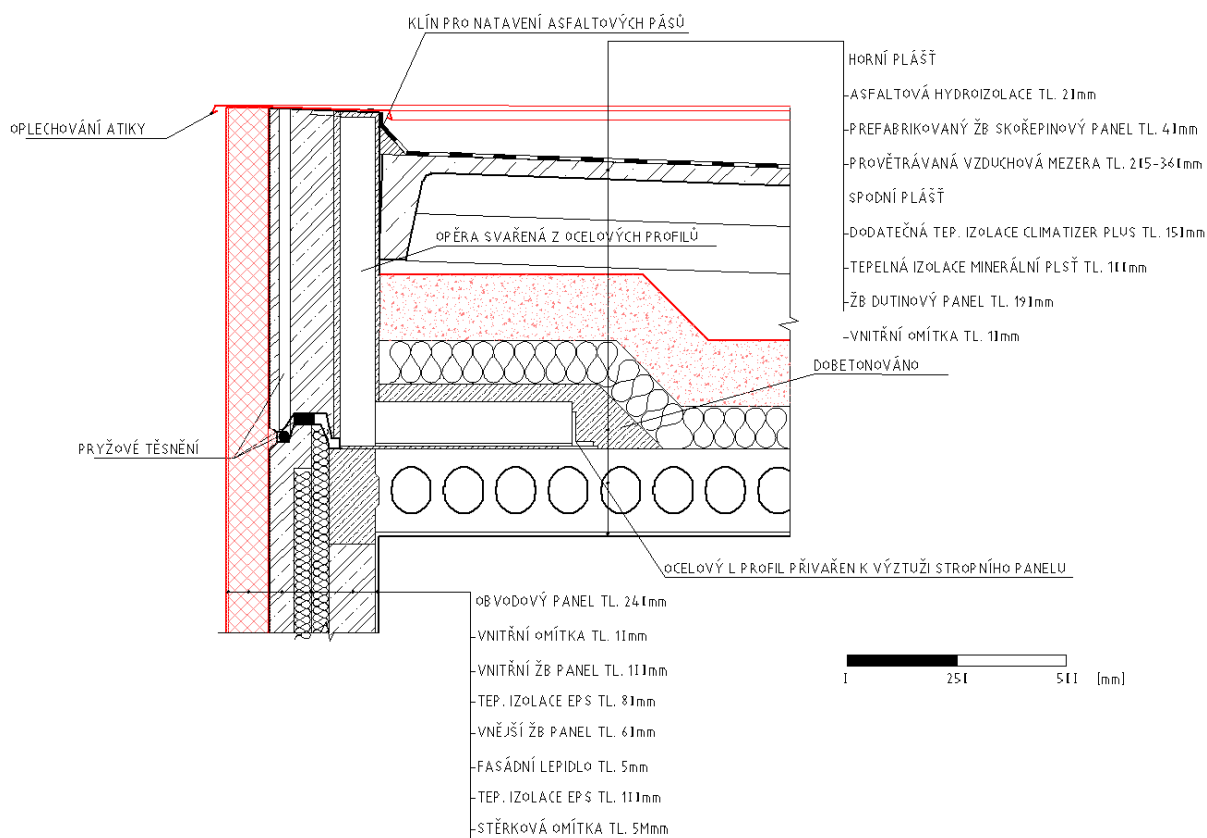
Komentář:

Vnitřní povrchová teplota na rozhraní stropu a stěny v obvyklém místě je 12,63°C (Program Area 2014 Edu uvádí 12,81°C). Vlivem liniového tepelného mostu uložení spádového klínu zde klesá teplota na 11,50 °C. Požadavek na minimální vnitřní povrchovou teplotu, tak není splněn. V této části atiky na vnitřním povrchu dochází k růstu relativní vlhkosti nad 80%, avšak nepřekračuje 86%. Oproti tomu v typickém místě atiky není překročena hodnota relativní vlhkosti na povrchu 80%. Z rozložení teplot v prostoru provětrávané dutiny jsou zřejmé tepelné mosty v podobě spádového klínu a atikového panelu.

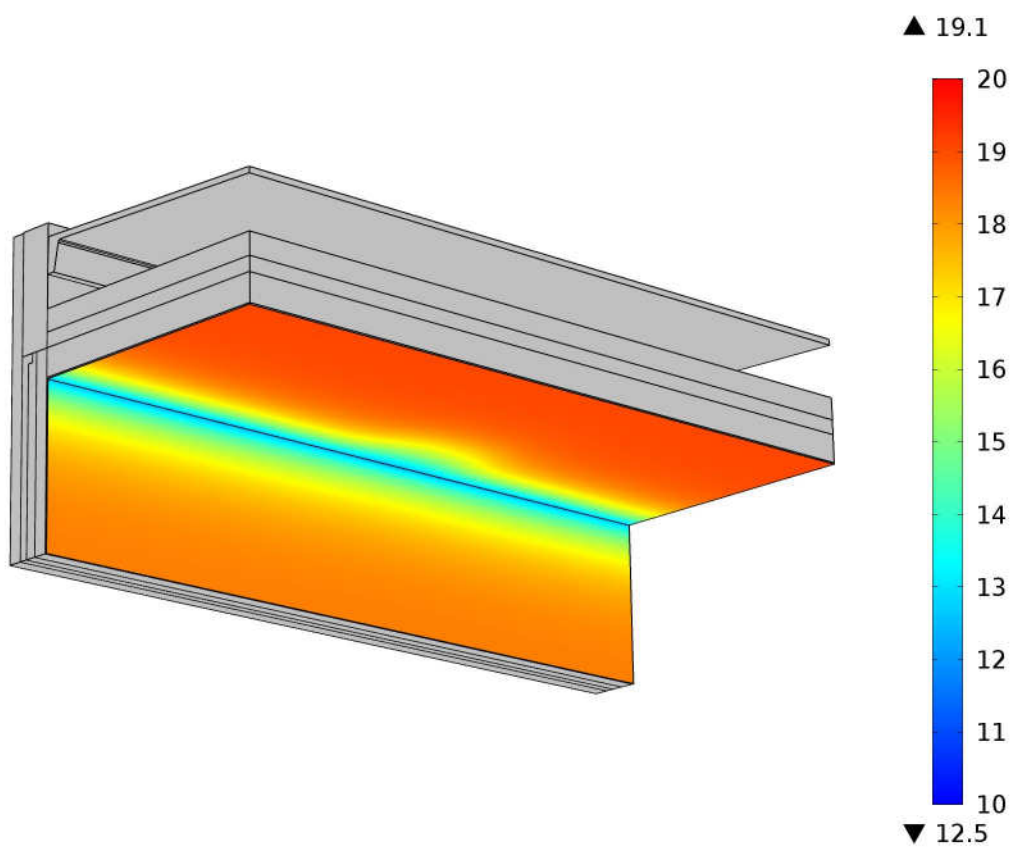
- Detail kotvení atiky pomocí ocelových profilů



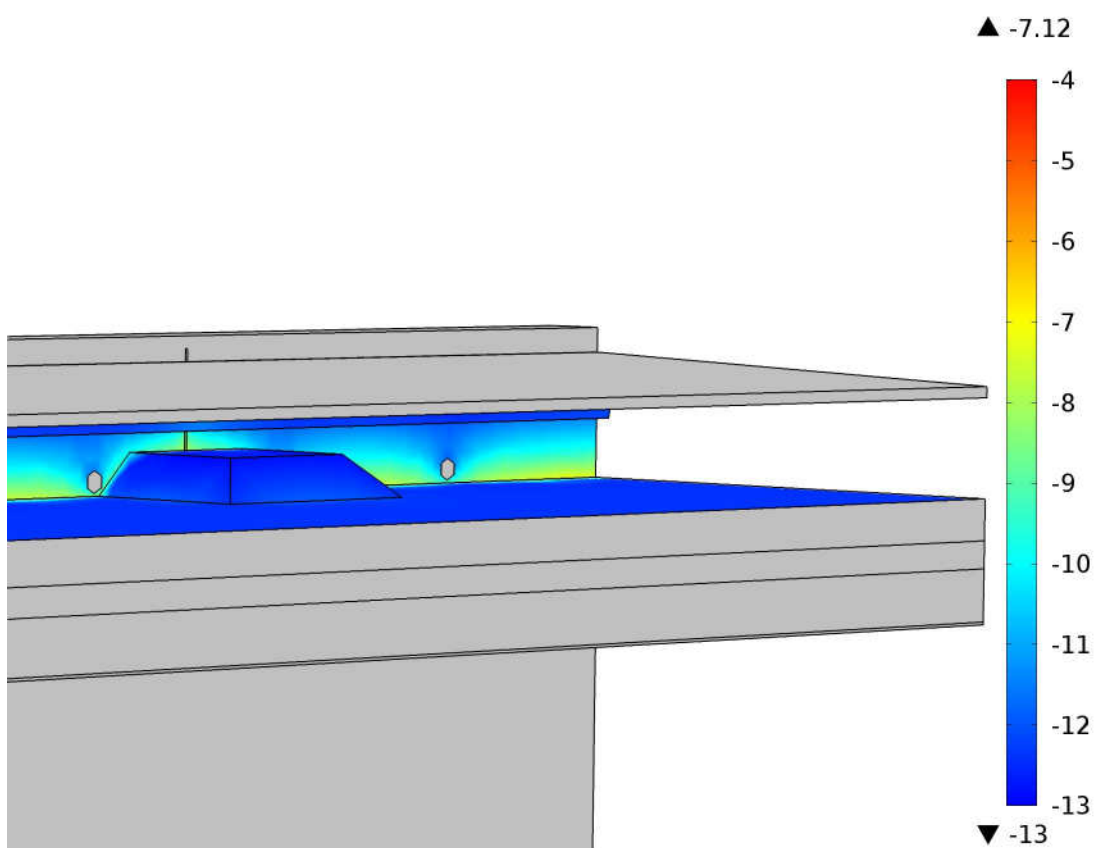
Obrázek 3.3-28: Schéma detailu kotvení atikového panelu (NS)



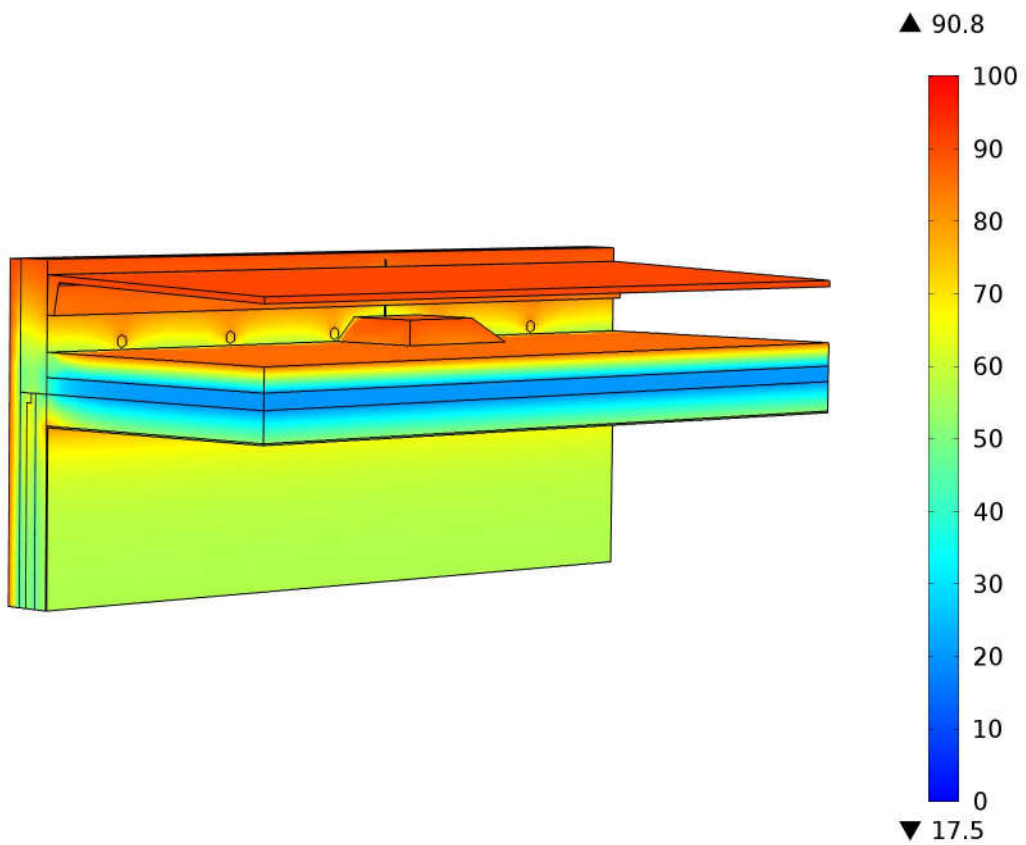
Obrázek 3.3-29: Detail kotvení atikového panelu (NS)



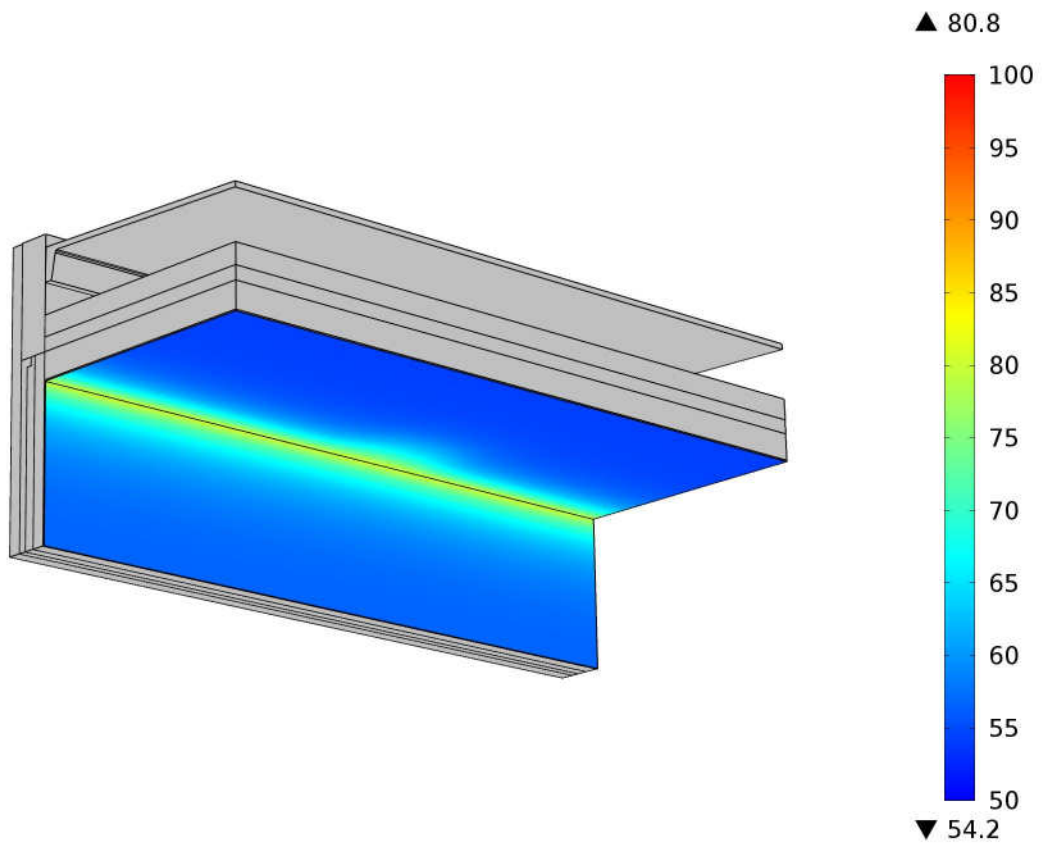
Obrázek 3.3-30: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu kotvení atikového panelu (NS)



Obrázek 3.3-31: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu kotvení atikového panelu (NS)



Obrázek 3.3-32: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu kotvení atikového panelu (NS)

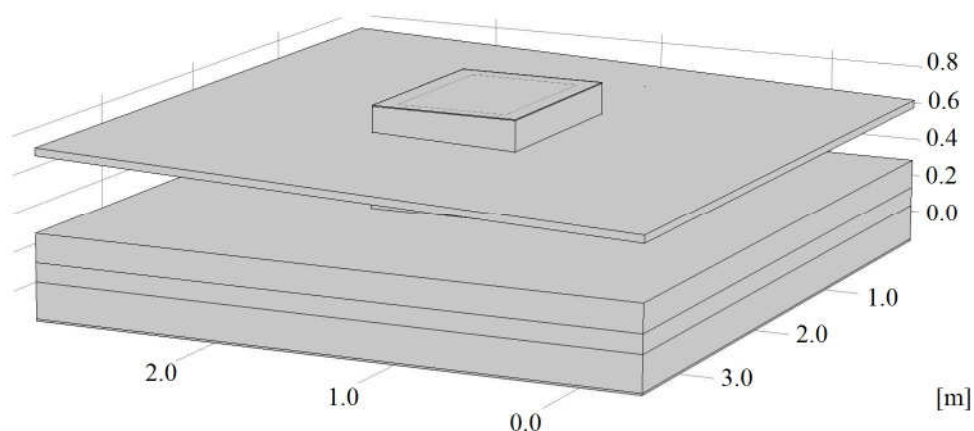


Obrázek 3.3-33: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu kotvení atikového panelu (NS)

Komentář:

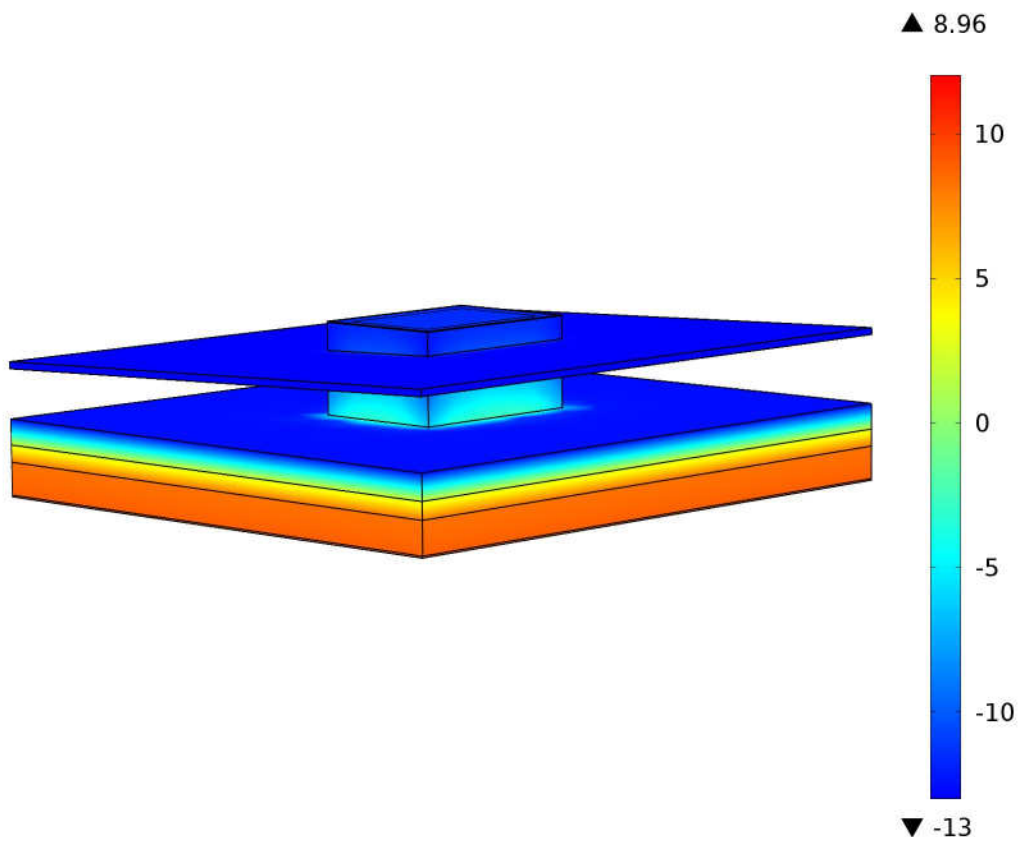
Už v původním stavu byl vliv kotvení atikového panelu poměrně malý. Po zateplení je tento vliv ještě menší. Nejnižší povrchová teplota je 12,50 °C. Požadavek na minimální povrchovou teplotu 12,24 °C je zde splněn. Povrchová relativní vlhkost velmi mírně překračuje 80% v místě kotvení. Dá se tedy říci, že po dodatečném zateplení je tento problematický úsek bezpečný.

- Detail výlezu na střechu

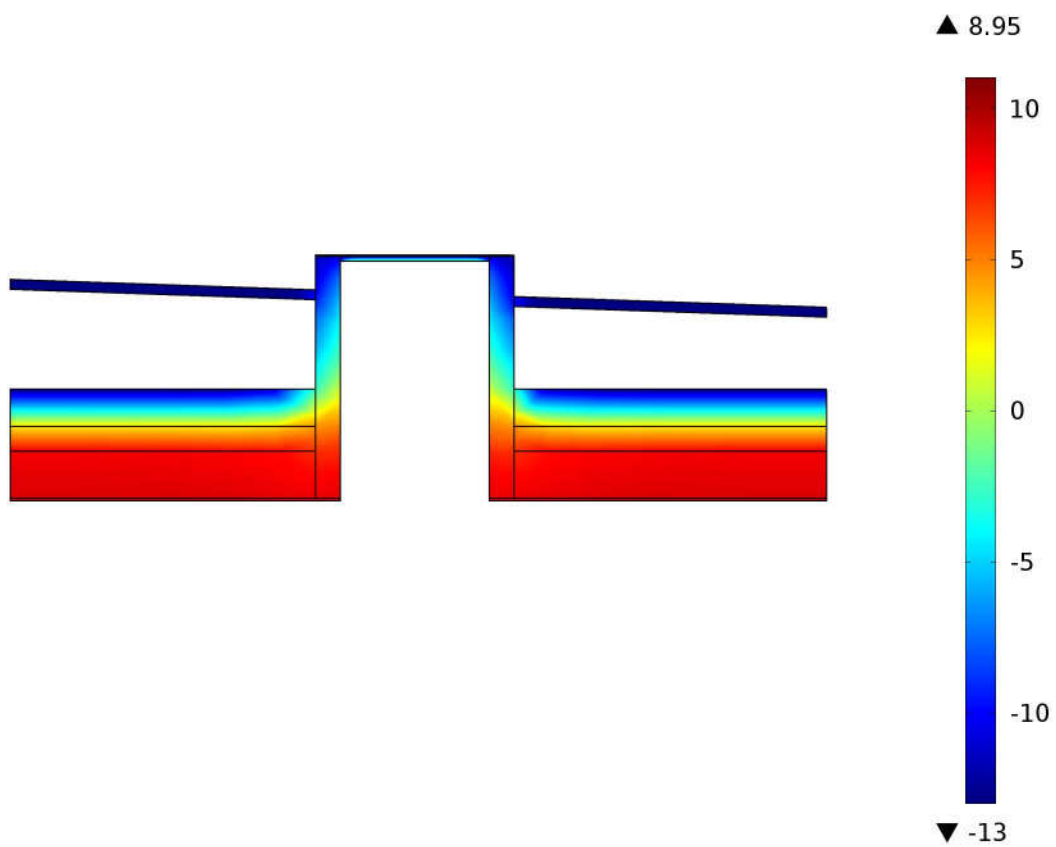


Obrázek 3.3-34: Schéma detailu výlezu na střechu

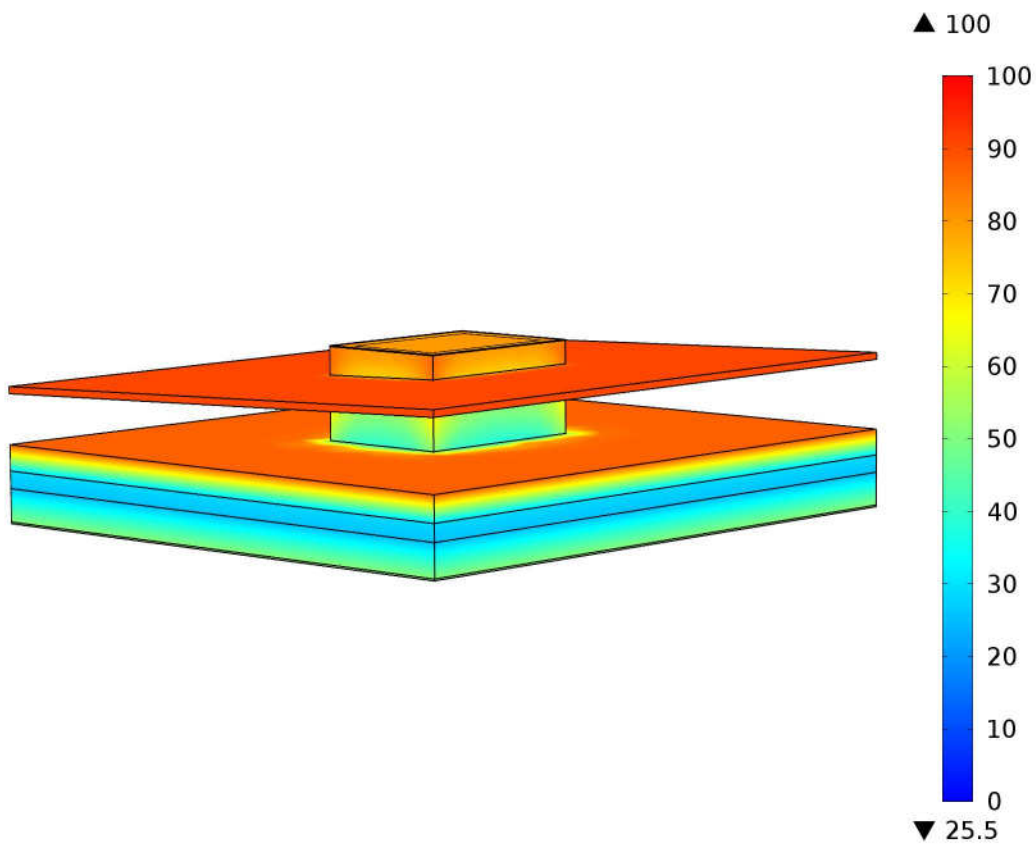
Po dodatečném zateplení střechy zůstala konstrukce výlezu na střechu téměř beze změny. Výlez na střechu je umístěn nad chodbovým prostorem, tudíž je zde uvažována vnitřní výpočtová teplota interiéru 10 °C. Na skutečné střeše je horní plášť opatřen 80mm EPS a tenčí vrstvou je pravděpodobně obalen i samotná konstrukce výlezu. Tudíž je tento model méně výhodný než skutečná konstrukce, avšak v prostoru dutiny již nikterak zateplen není, tak jako v tomto modelu [12].



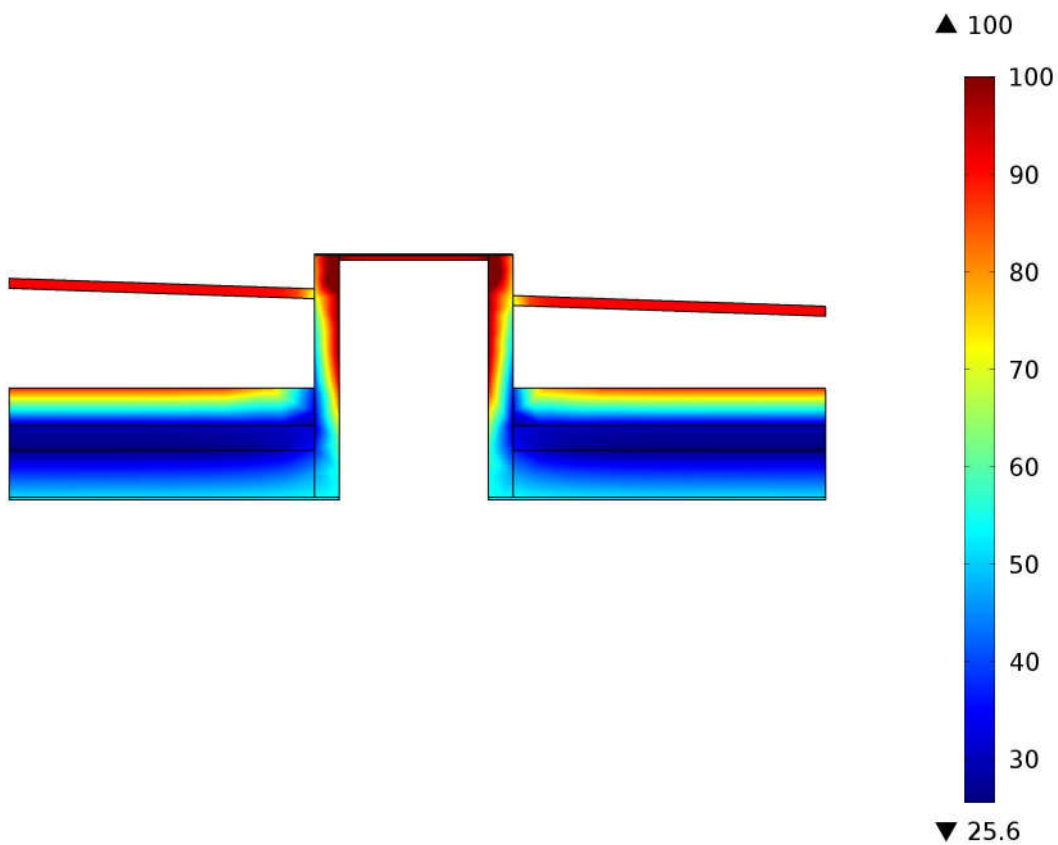
Obrázek 3.3-35: Průběh teplot [°C] detailu výlezu na střechu (NS)



Obrázek 3.3-36: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu výlezu na střechu (NS)



Obrázek 3.3-37: : Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu výlezu na střechnu (NS)

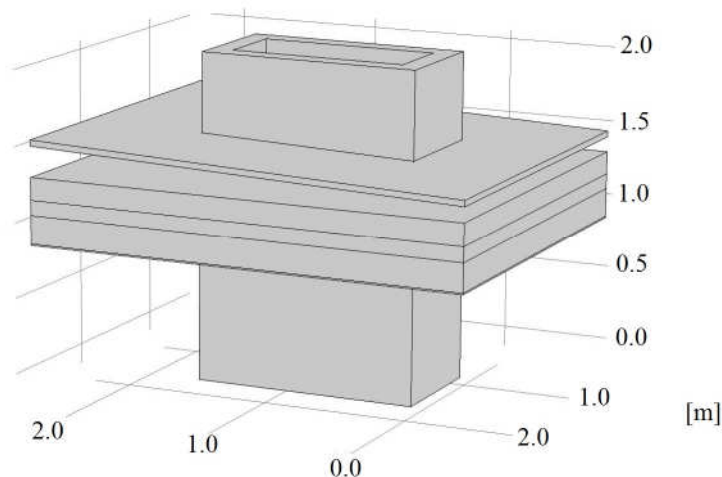


Obrázek 3.3-38: : Rozložení relativních vlhkostí [%] v příčném řezu detailu výlezu na střechnu (NS)

Komentář:

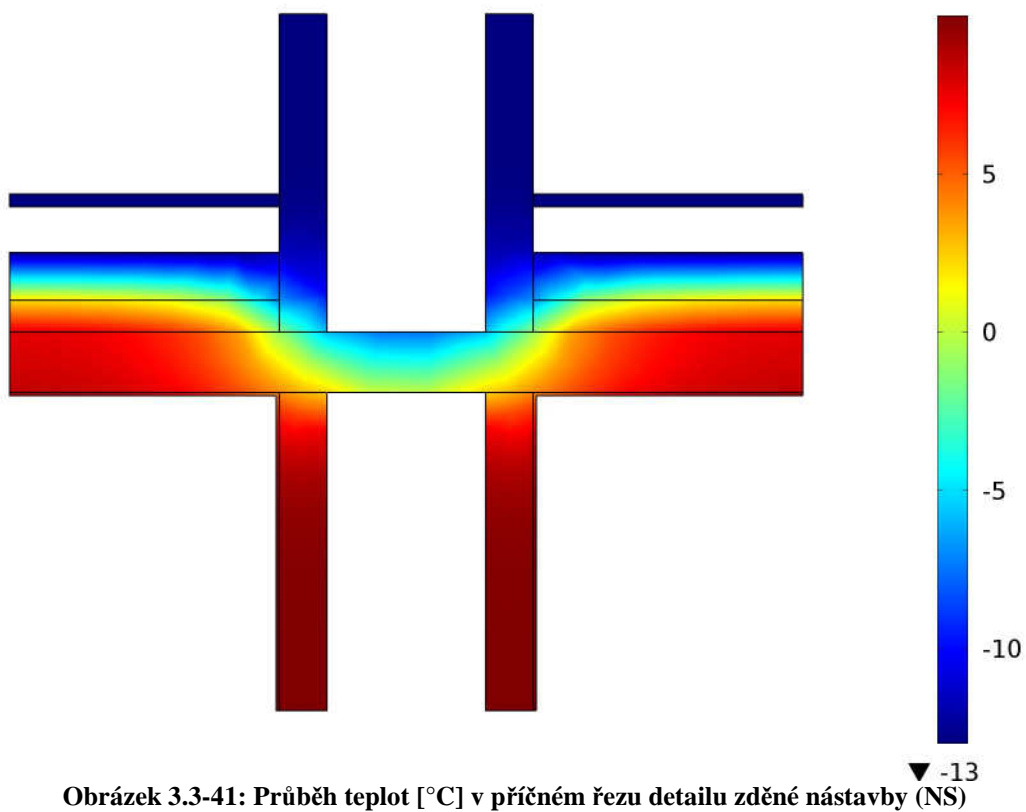
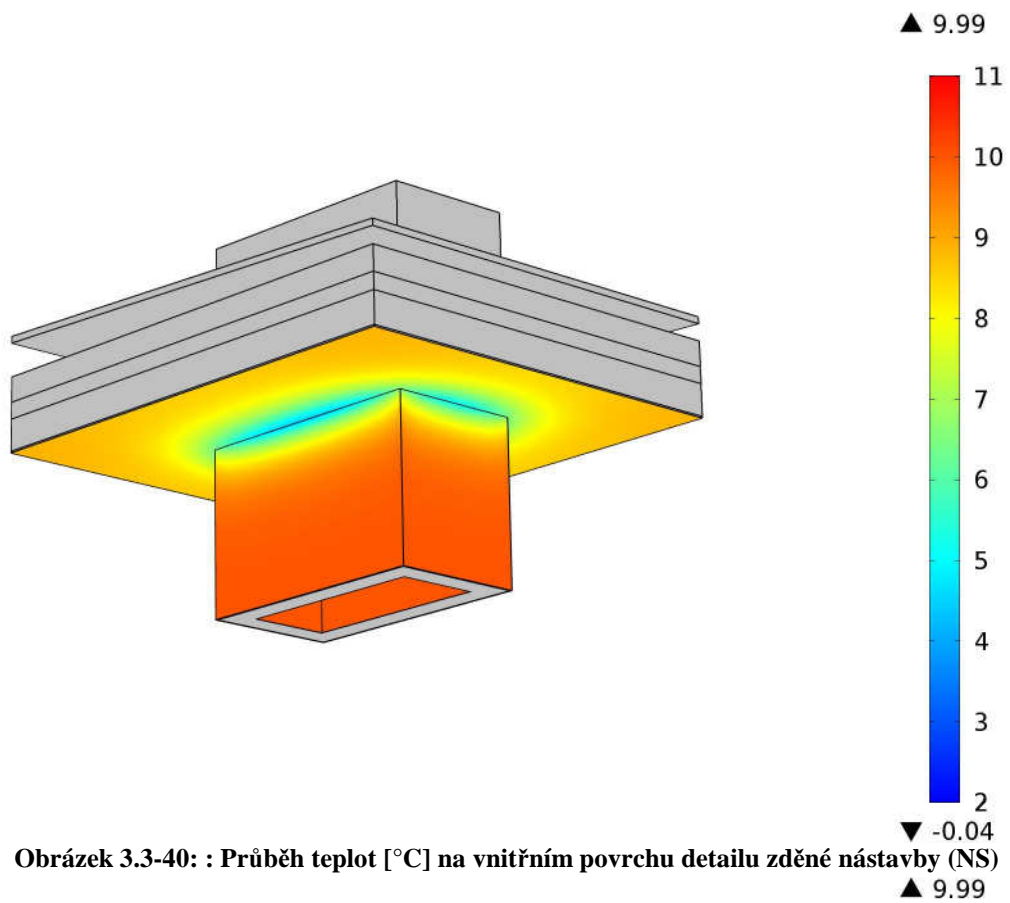
Povrchová teplota na spodním povrchu stropu se oproti původnímu stavu zvýšila. Naproti tomu povrchové teploty na výlezu na střechu zůstaly téměř nezměněny, nejnižší teplota přesahuje $-10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, na povrchu poklopu je téměř $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hodnota relativní vlhkosti v horní části výlezu dosahuje 100%. Tyto nevyhovující hodnoty nejsou až tak překvapivé, jelikož po zateplení spodního pláště, nebyl zateplen samotný výlez na střechu. Samotná konstrukce poklopu je nevyhovující a nekoresponduje s tepelně izolačními vlastnostmi dodatečně zatepleného spodního pláště.

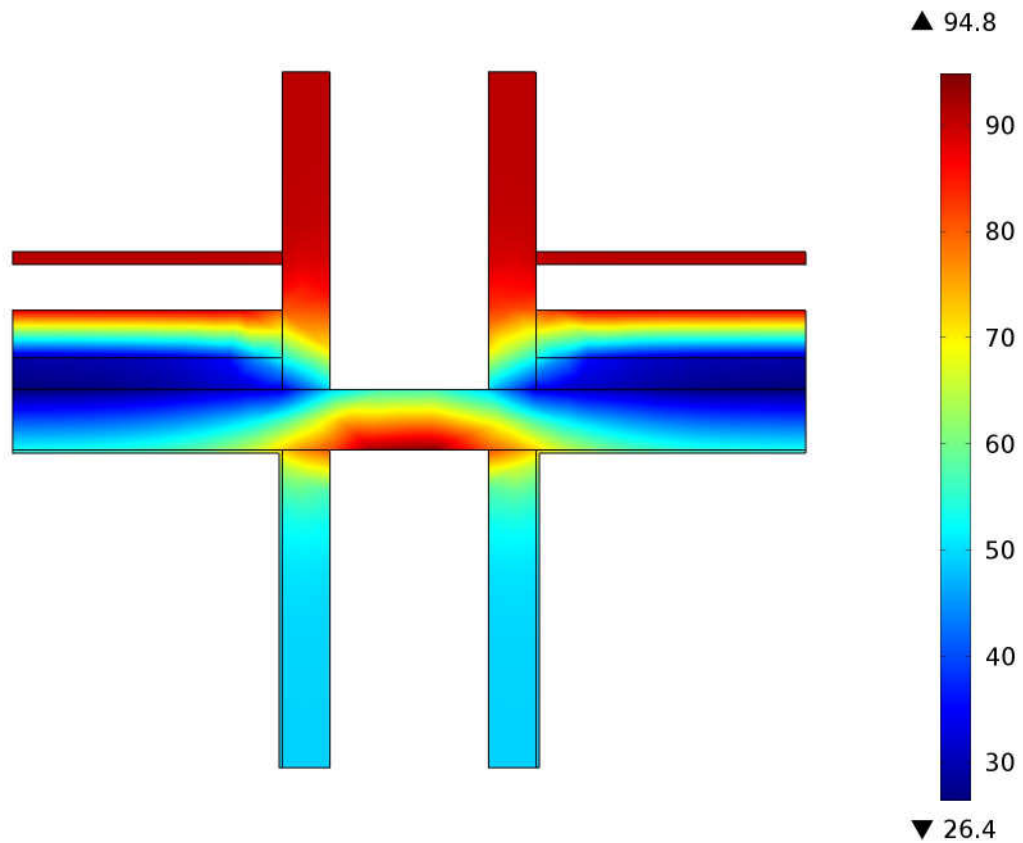
- Detail zděné nástavby



Obrázek 3.3-39: Schéma detailu zděné nástavby

Zděná nástavba umístěná nad výtahovým prostorem. V původním stavu nebylo jakýmkoliv způsobem řešeno zateplení. Vnitřní prostory, tak odděluje od exteriéru pouze dutinový panel. Vzhledem k umístění nad výtahovým prostorem je zde uvažována vnitřní výpočtová teplota interiéru $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu nástavby je uvažován exteriér, avšak výpočtové hodnoty odporu při přestupu tepla byly uvažovány jako pro prostor dutiny. Toto řešení bylo zvoleno, jelikož proudění vzduchu uvnitř nástavby neodpovídá exteriérovým podmínkám.

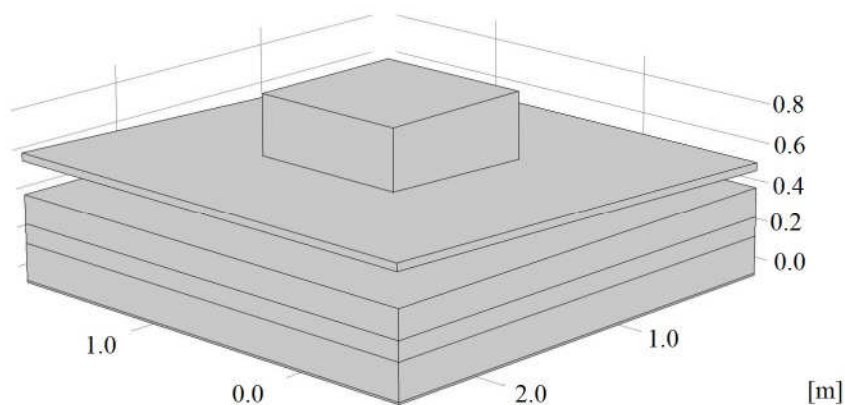




Obrázek 3.3-42: Rozložení relativních vlhkostí [°C] v příčném řezu detailu zděné nástavby (NS)

Při dodatečném zateplování zůstala zděná nástavba zcela bez jakékoli změny oproti původnímu stavu (obrázek 2.1-2). Nejnižší vnitřní povrchová teplota na dutinovém panelu činí $-0,04^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu je hodnota relativní vlhkosti vyšší než 90%, to značí možné riziko vzniku a růstu plísní na vnitřním povrchu. Ukazuje se, že horní plášť neovlivňuje rozložení teplot ve zdivu, jelikož teplota již poklesla na úroveň vnějšího prostředí v místě jeho napojení na zdivo.

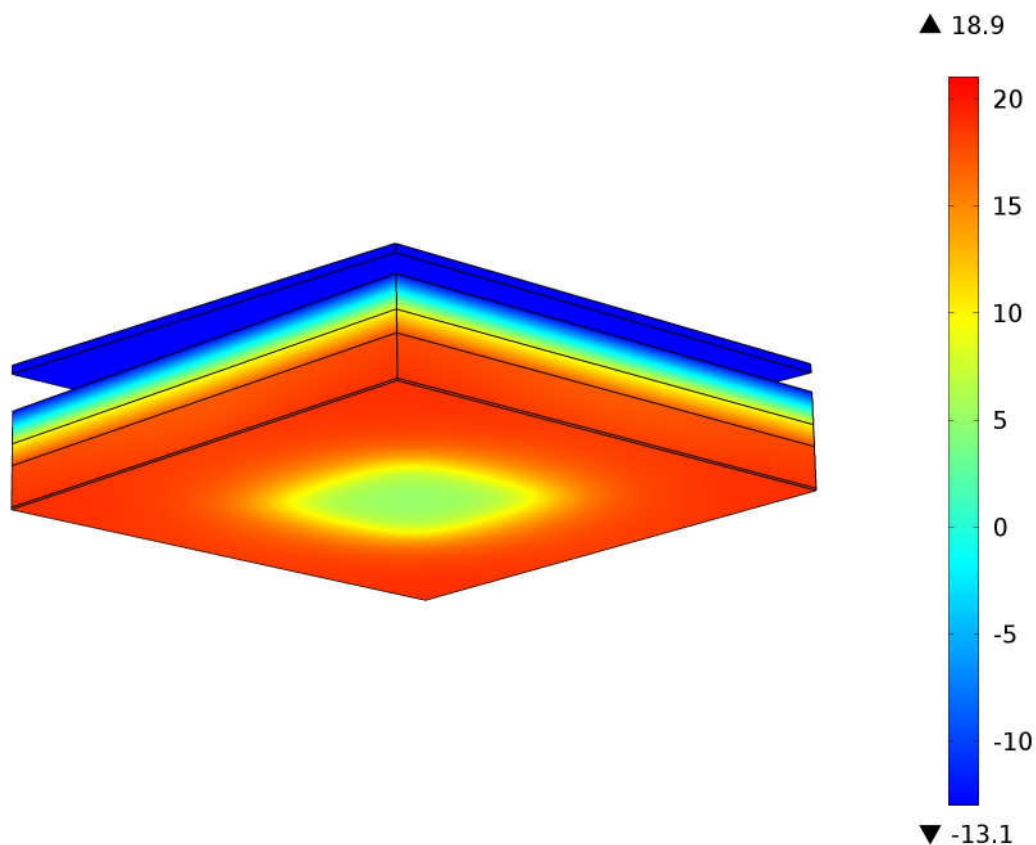
- Detail dřevěné nástavby-ukončení rozvodů TZB



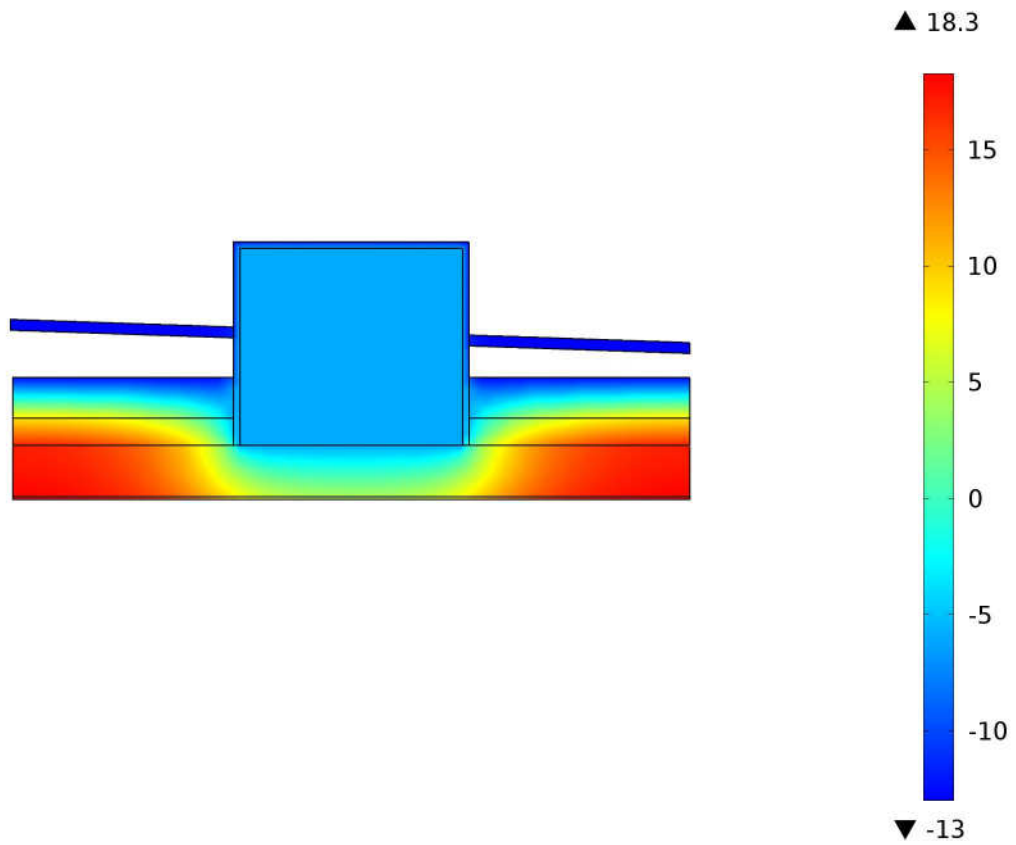
Obrázek 3.3-43: Schéma detailu dřevěné nástavby

Vzhledem k tomu, že v místě nástavby nebyla provedena sonda, jedná se zde pouze o odhad, jak by mohla konstrukce a skladba vypadat. Je zde uvedena nejméně příznivá situace, kdy samotná konstrukce dřevěné nástavby zůstala beze změny. Další možností je, že je konstrukce nástavby nad povrchem horního pláště zateplena polystyrenem. Nejčastěji v tloušťce 20mm. Toto řešení není příliš efektivní, jelikož v prostoru dutiny je prostředí podobné exteriéru a není zde konstrukce nástavby chráněna tepelnou izolací. Poslední z častých možností je, že je konstrukce dřevěné nástavby zcela rozebrána a izolant je umístěn na samotný povrch stropní konstrukce. Poslední řešení téměř zcela eliminuje vznik tepelného mostu. [12]

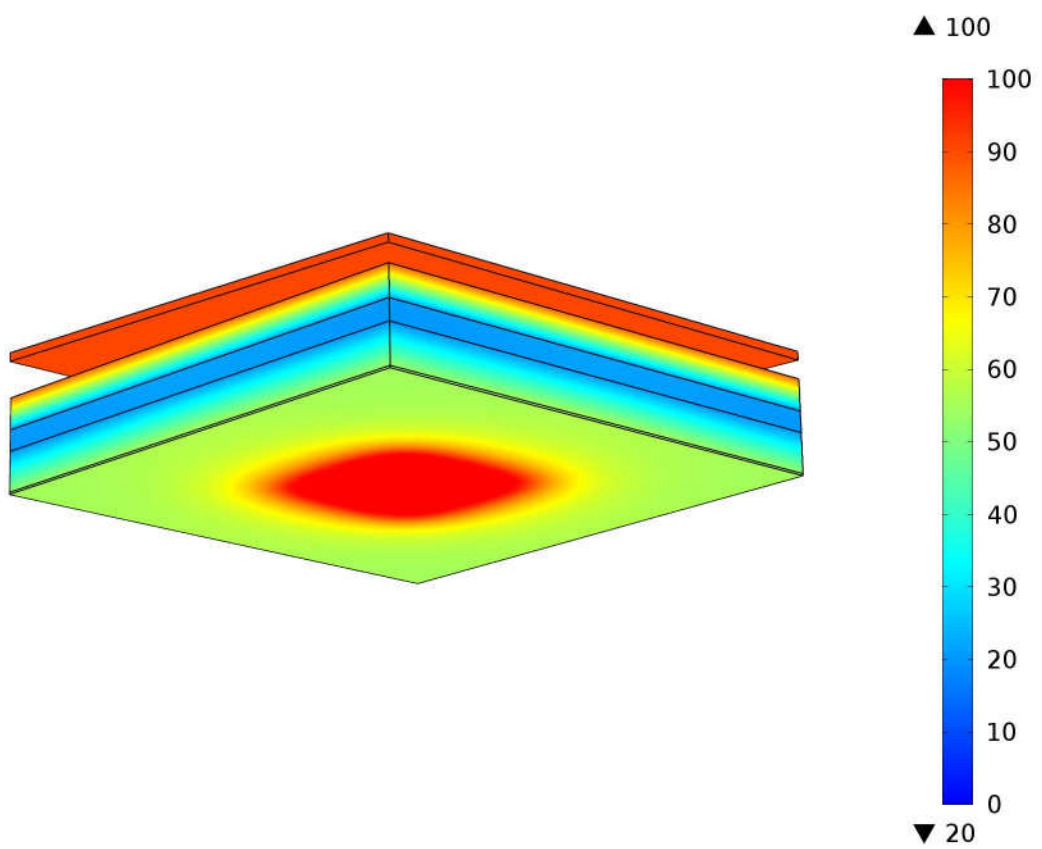
Samotný model uvažuje uvnitř se vzduchem s velmi vysokou tepelnou vodivostí ($\lambda=1000$ [W/m*K]) jako při tvorbě modelu v původním stavu.



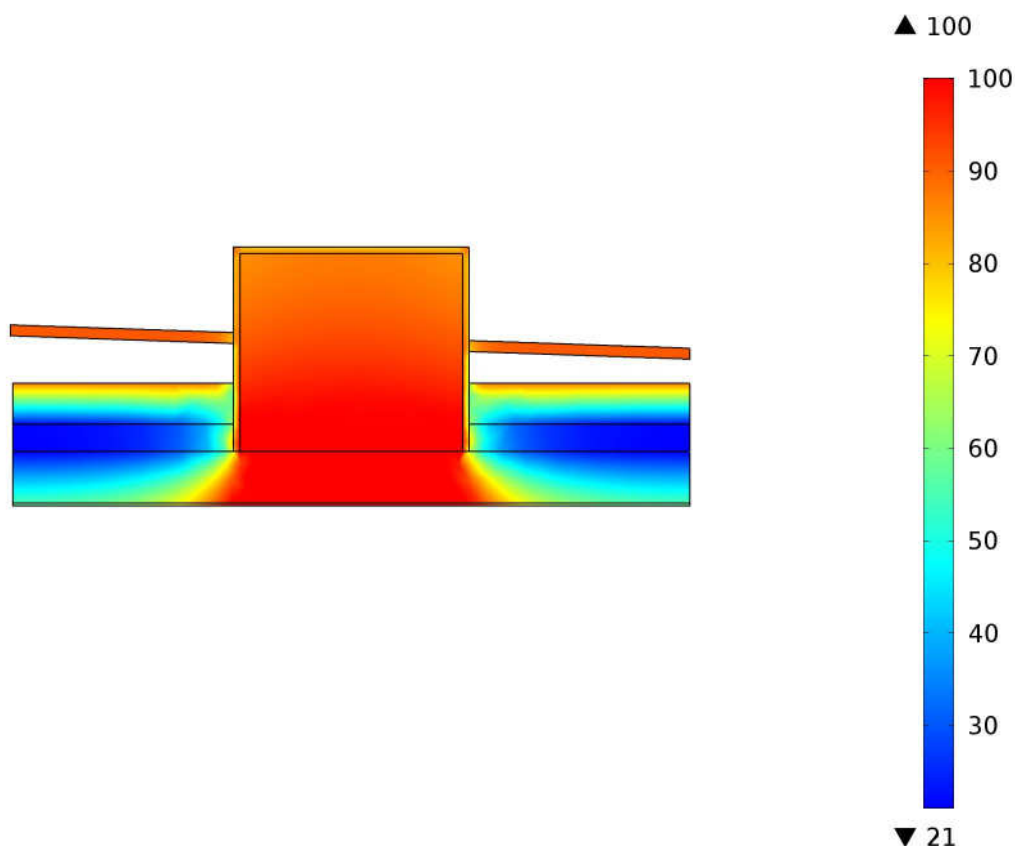
Obrázek 3.3-44: Průběh teplot [°C] detailu dřevěné nástavby (NS)



Obrázek 3.3-45: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu dřevěné nástavby (NS)



Obrázek 3.3-46: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu dřevěné nástavby (NS)



Obrázek 3.3-47: Rozložení relativních vlhkostí [%] v příčném řezu detailu dřevěné nástavby (NS)

Komentář:

Teplota uvnitř dřevěné nástavby se pohybuje kolem $-6,0^{\circ}\text{C}$, tudíž vlivem zateplení zde stoupla teplota o $1,2^{\circ}\text{C}$ oproti původnímu stavu. Nejnižší povrchová teplota je $5,06^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu ale i uvnitř nástavby dochází ke kondenzaci vodní páry. Tato zkondenzovaná voda velmi často ztékala prostorem instalační šachty, kde byla často zaměněna za únik z potrubí [12].

3.3.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla

Hodnoty lineárních a bodových činitelů budou stanoveny na základě plošných a prostorových modelů z předcházející podkapitoly. Jsou zde, však použity jiné odpory při přestupu tepla.

Konstrukce	Tepelná propustnost	Liniový činitel prostupu tepla
	L	Ψ
	[W/mK]	[W/mK]
Atika obvodová stěna	0.934	0.256
Atika štítová stěna	1.043	0.368
Nároží stěnových panelů	0.602	-0.051
Spádový klín	0.712	0.359

Tabulka 3.3-6: Liniové činitele prostupu tepla (NS)

Konstrukce	Tepelný tok	Tepelná propustnost	Bodový činitel prostupu tepla
	Q	L	χ
	[W]	[W/K]	[W/K]
Nároží	78.36	2.33	-0.260
Spádový klín- atika	99.21	2.95	-0.102
Kotvení atikového panelu	184.39	5.49	1.455
Výlez na střechu	240.50	10.46	8.193
Dřevěná nástavba 0.57x1.03m	123.98	3.69	2.527
Dřevěná nástavba 0.87x0.87m	142.87	4.25	3.090
Zděná nástavba 1.5x0.8m	108.15	4.70	3.307

Tabulka 3.3-7: Bodové činitele prostupu tepla (NS)

3.3.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období

Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období bude proveden na základě vypočtených liniových a bodových činitelů prostupu tepla. Začátek a konec otopného období stanovuje Vyhláška č. 194/2007 Sb. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.

Ztráty prostupem-Zóna 1-Bytové prostory $\theta_i=20.6$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dodatečně zateplený	0.186	401.72	74.72
Spodní plášť nezateplený	0.581	8.80	5.11
Plošné konstrukce celkem			79.83

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.256	59.60	15.28
Atika- štítová stěna	0.368	16.28	5.99
Spádový klín	0.359	60.00	21.52
Lineární tepelné mosty celkem			42.78

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Kotvení atikového panelu	1.455	18	26.18
Nároží	-0.260	3	-0.78
Spádový klín-atika	-0.102	10	-1.02
Dřevěná nástavba 0.87*0.87m	3.090	6	18.54
Dřevěná nástavba 0,57x1.03m	2.527	6	15.16
Bodové tepelné mosty celkem			58.09

Celkový měrný tepelný tok-zona 1

180.70 [W/K]

$$Q = Ht \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce t	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	3051.9
Únor	-0.9	678	2634.1
Březen	3.1	744	2352.8
Duben	7.6	720	1691.4
Květen	12.6	744	1075.6
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	988.8
Říjen	8.4	744	1640.2
Listopad	3.0	720	2289.9
Prosinec	0.0	744	2769.5
Celkem			18494

Ztráty prostupem-Zóna 2-Chodbové prostory $\theta_i=10$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.186	44.00	8.18
Plošné konstrukce celkem			8.18

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.256	12.00	3.08
Lineární tepelné mosty celkem			3.08

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Zděná nástavba 1,5x0,8m	3.307	2	6.61
Výlez na střechu	8.193	2	16.39
Bodové tepelné mosty celkem			23.00

Celkový měrný tepelný tok-zóna 2

34.26 [W/K]

$$Q = Ht \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce t	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	308.4
Únor	-0.9	678	253.2
Březen	3.1	744	175.9
Duben	7.6	720	59.2
Květen	12.6	744	0.0
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	0.0
Říjen	8.4	744	40.8
Listopad	3.0	720	172.7
Prosinec	0.0	744	254.9
Celkem			1265

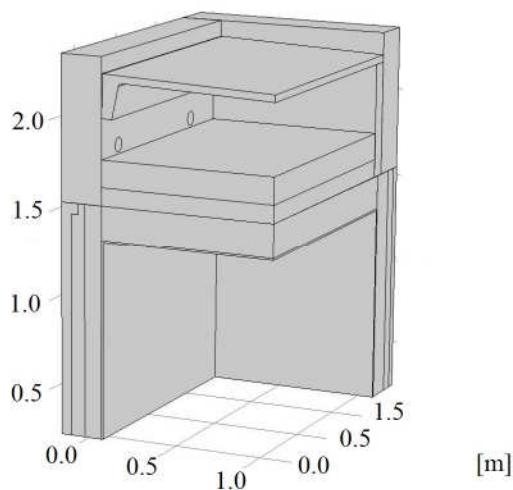
Celková tepelná ztráta střechou přes otopné období $Q_i = 19759 \text{ [kWh]}$

3.4 Střecha s železobetonovým horním pláštěm-Zateplena pouze střecha

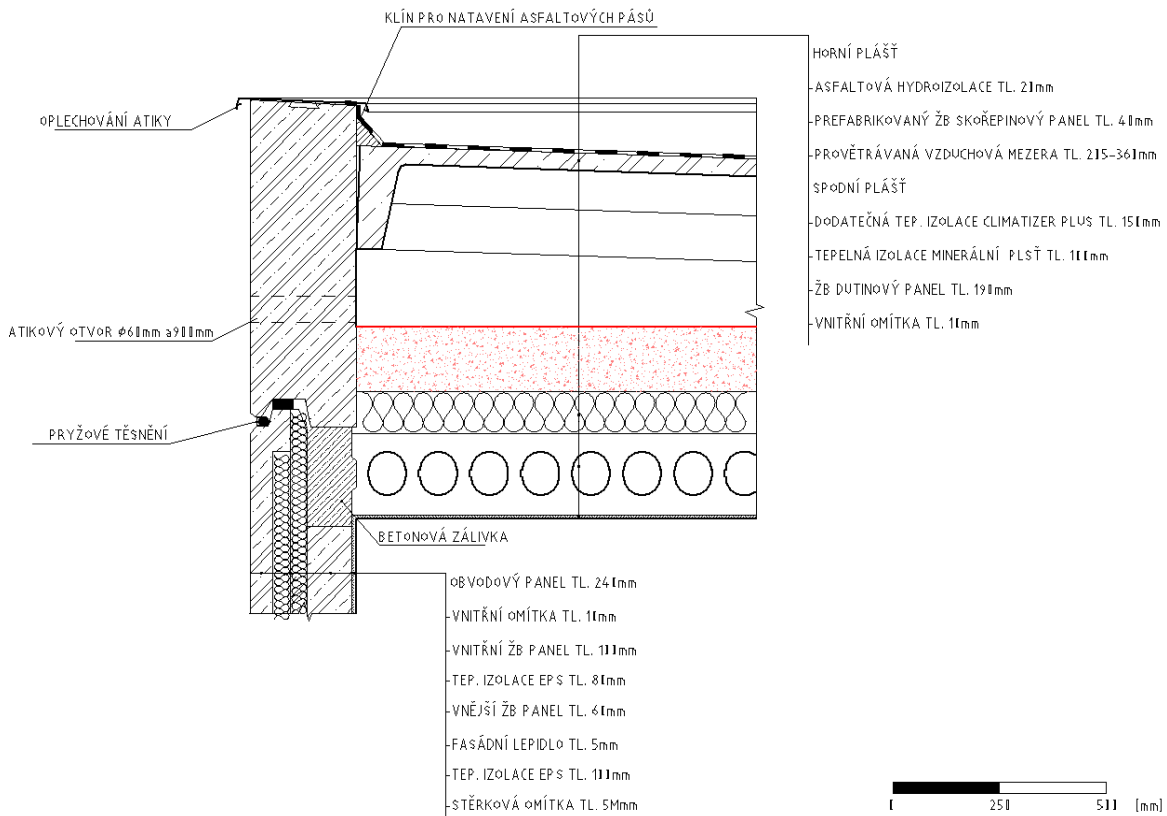
Vzhledem k tomu, že zateplení střechy (obvodové, atikové a štítové panely zůstanou nezatepleny) u většiny detailů neovlivňuje tepelně technické hodnocení konstrukce, budou modelovány u této varianty pouze některé detaily.

3.4.1 Prostorové detaily

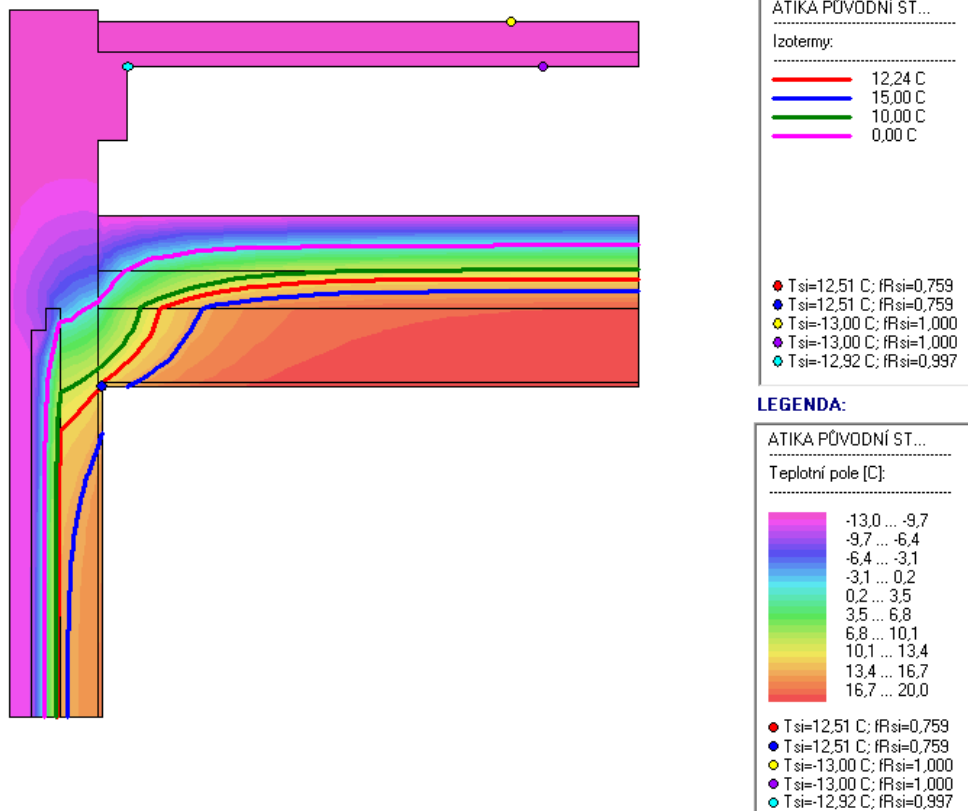
- Detail nároží



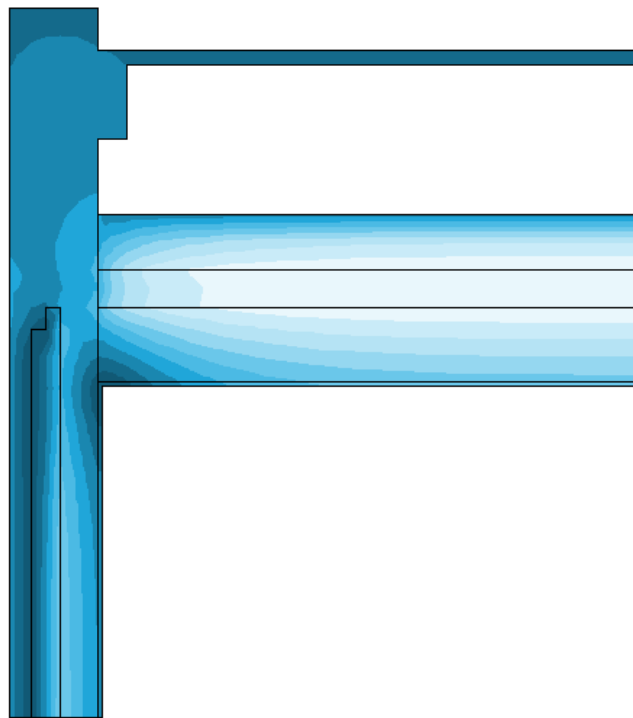
Obrázek 3.4-1: Schéma detailu nároží(S)



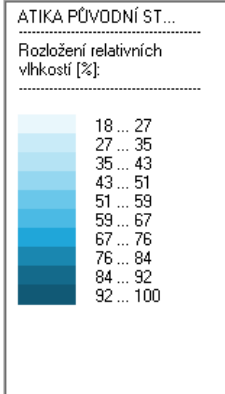
Obrázek 3.4-2: Detail atiky obvodového stěnového panelu po zateplení střechy (S)



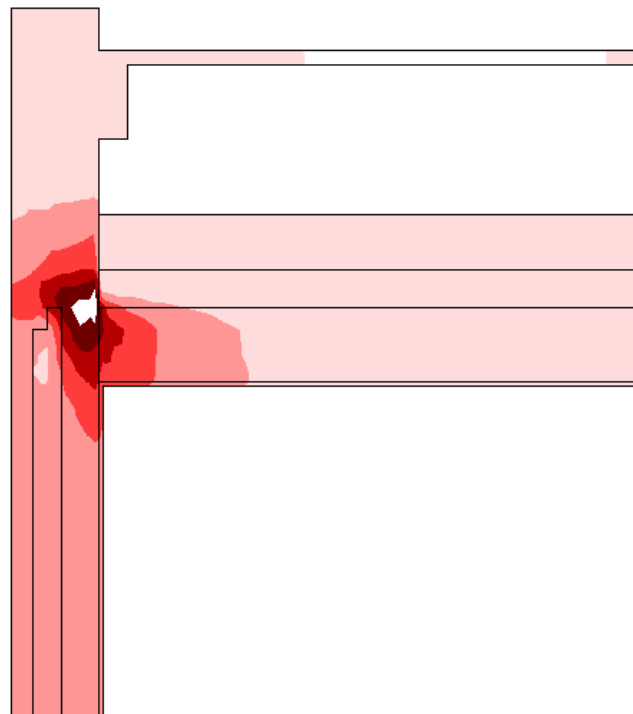
Obrázek 3.4-3: Průběh teplot u atiky (S)



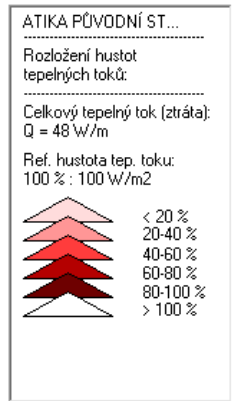
LEGENDA:



Obrázek 3.4-4: Rozložení relativních vlhkostí u atiky (S)



LEGENDA:

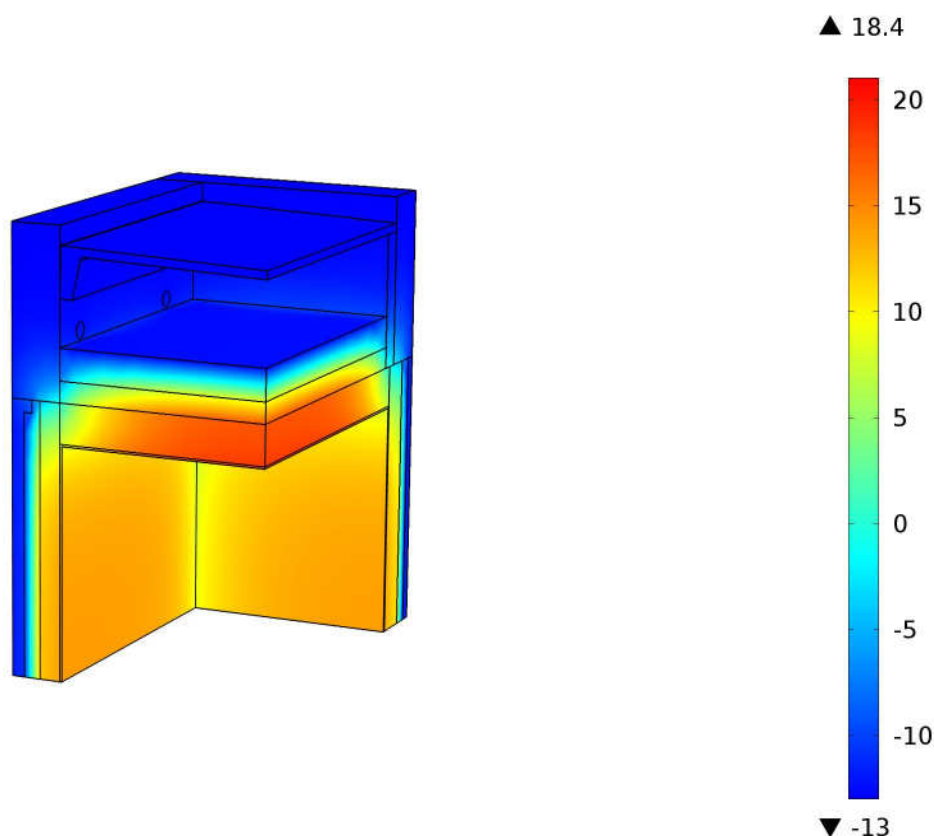


Obrázek 3.4-5: Rozložení hustot tepelných toků u atiky (S)

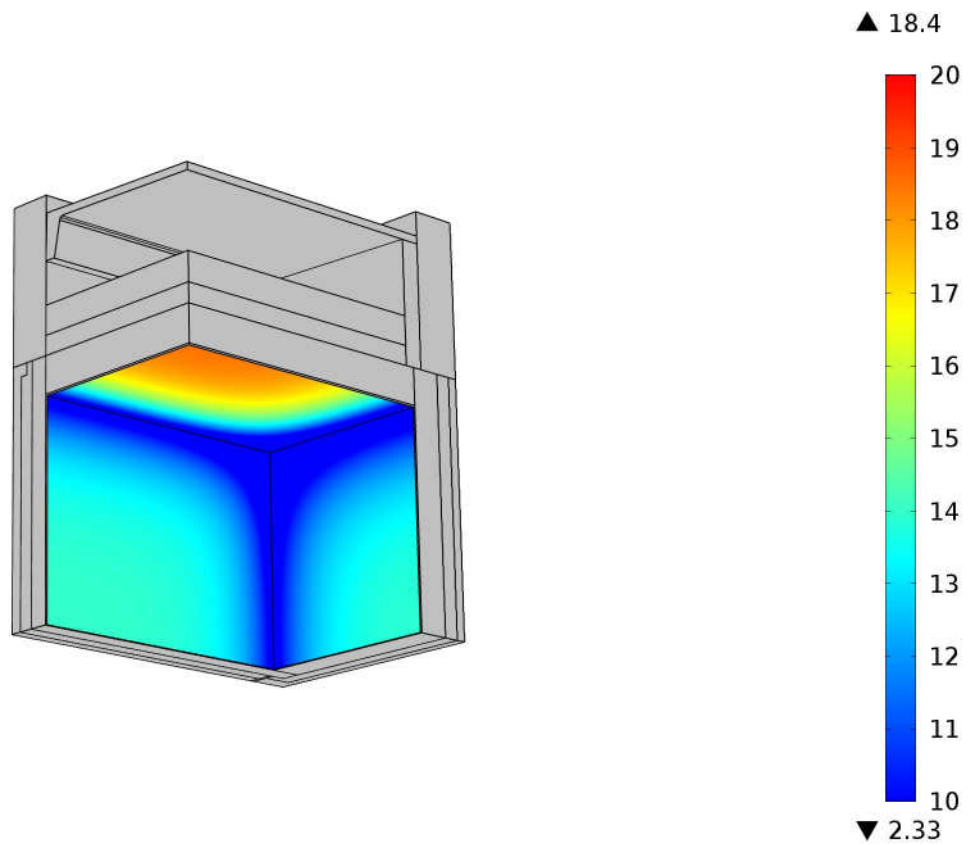
Komentář:

Nejnižší povrchová teplota je $8,64^{\circ}\text{C}$ v místě styku stropní a stěnové konstrukce. Požadavek na minimální povrchovou teplotu není splněn. Vlivem poklesu povrchové teploty na rozhraní stropu a stěny je relativní vlhkost 100%, tudíž zde dochází ke kondenzaci. Další oblastí kondenzace je rozhraní mezi vnějším betonovým panelem a tepelnou izolací z EPS. Kondenzační oblasti se příliš neliší od původního stavu. Z průběhů relativních vlhkostí se zdá, že skladba spodního pláště je zcela bezproblémová. V místě uložení atikového panelu došlo k nárustu tepelného toku oproti původnímu stavu. U štítového panelu jsou hodnoty velmi podobné, nejnižší povrchová teplota je $7,81^{\circ}\text{C}$. Na vnitřním povrchu u styku stropu a štítového panelu dochází ke kondenzaci vodních par.

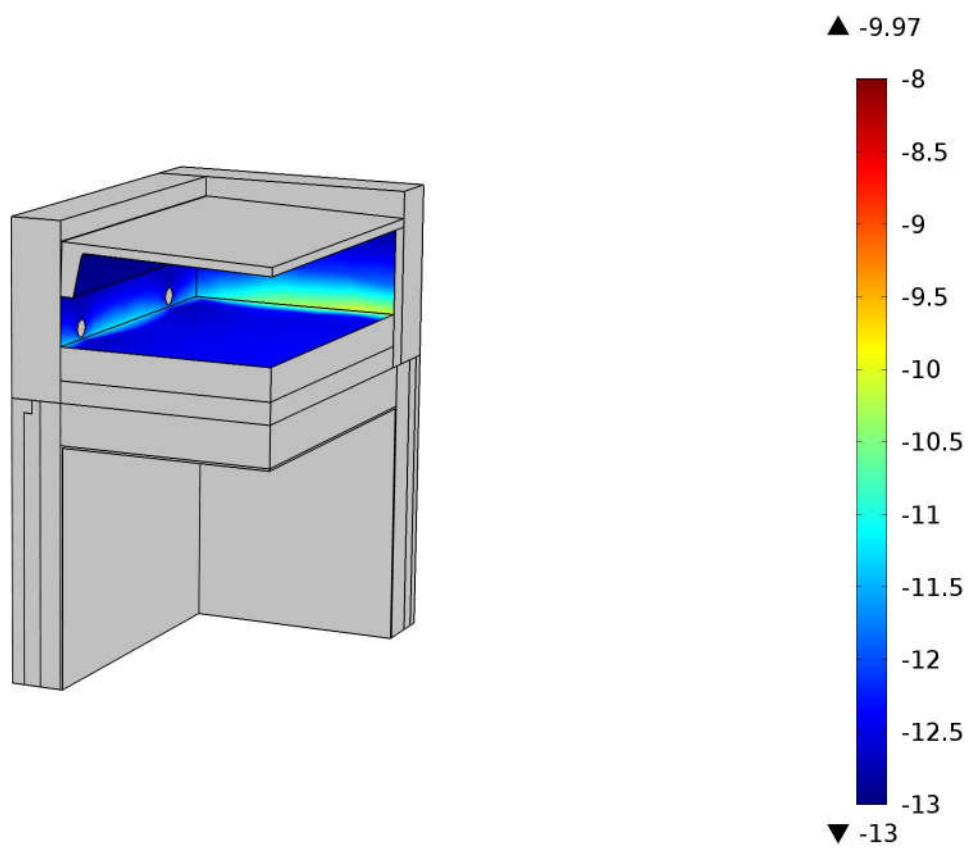
Prostorové posouzení



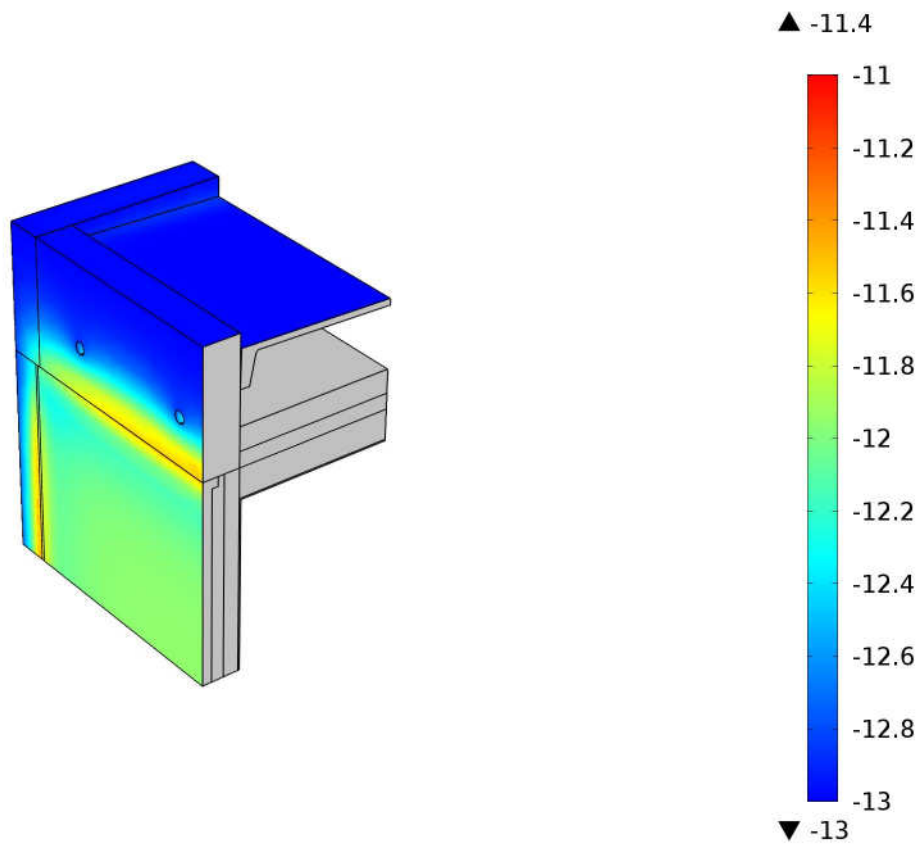
Obrázek 3.4-6: Průběh teplot [$^{\circ}\text{C}$] detailu nároží (S)



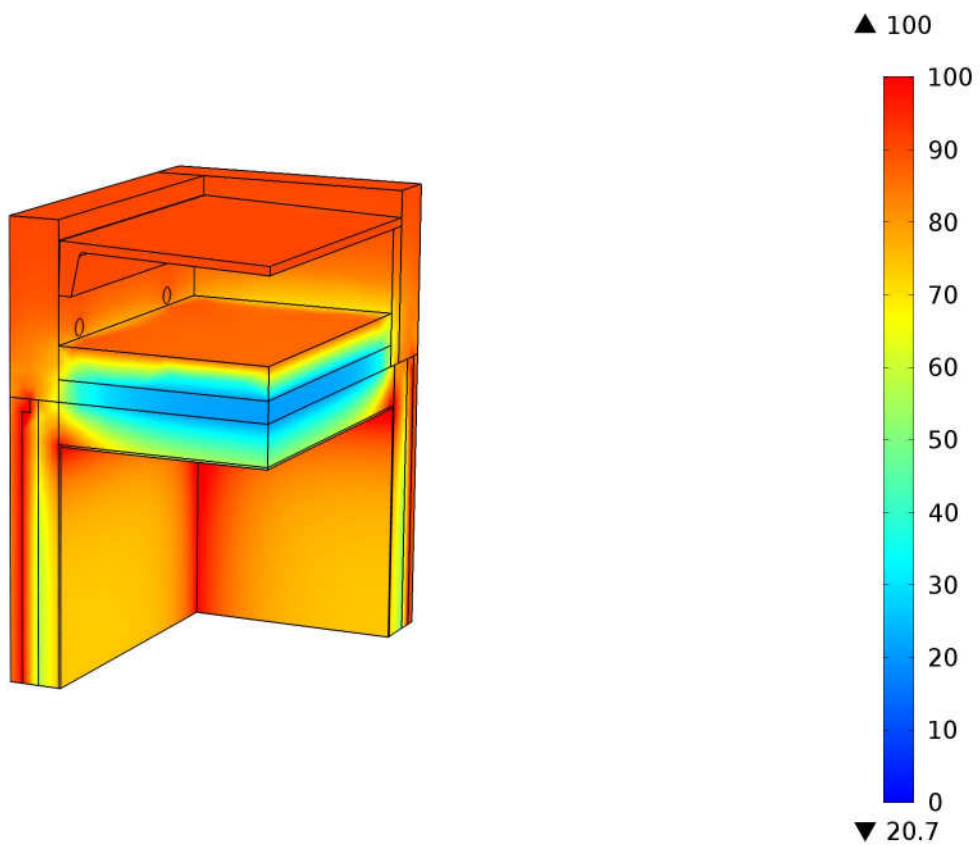
Obrázek 3.4-7: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu nároží (S)



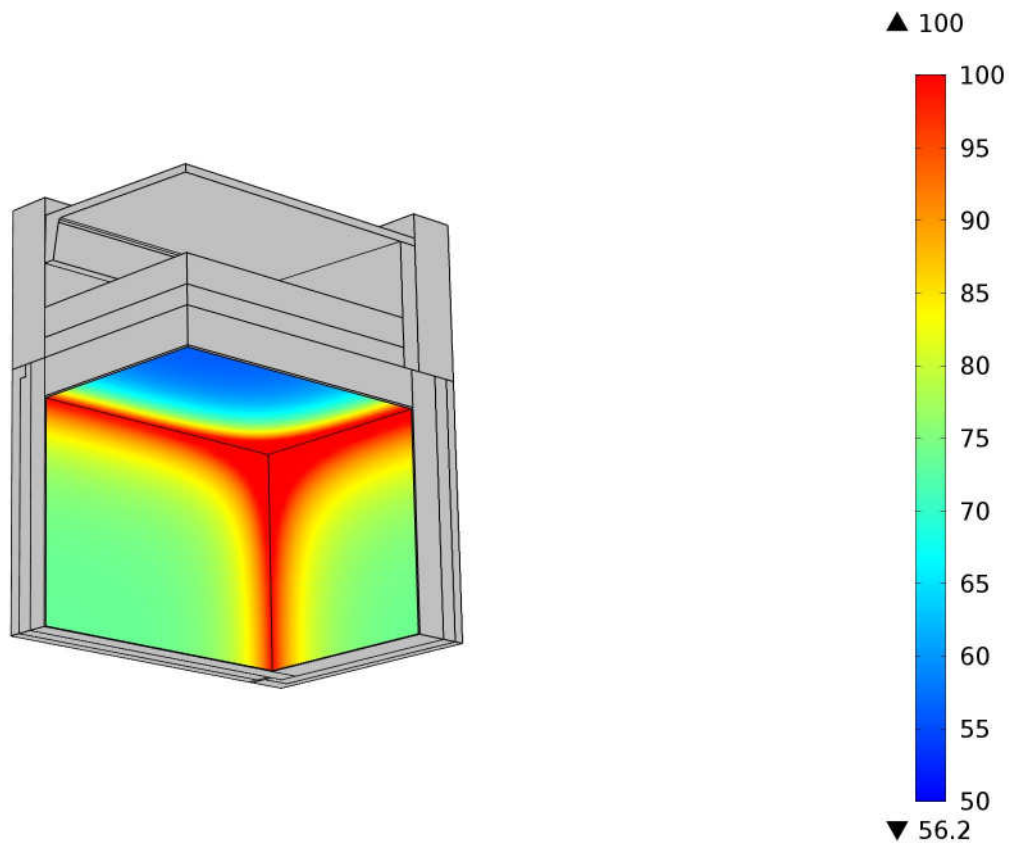
Obrázek 3.4-8: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu nároží (S)



Obrázek 3.4-9: : Průběh teplot [°C] na vnějším povrchu detailu nároží (S)



Obrázek 3.4-10: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu nároží (S)

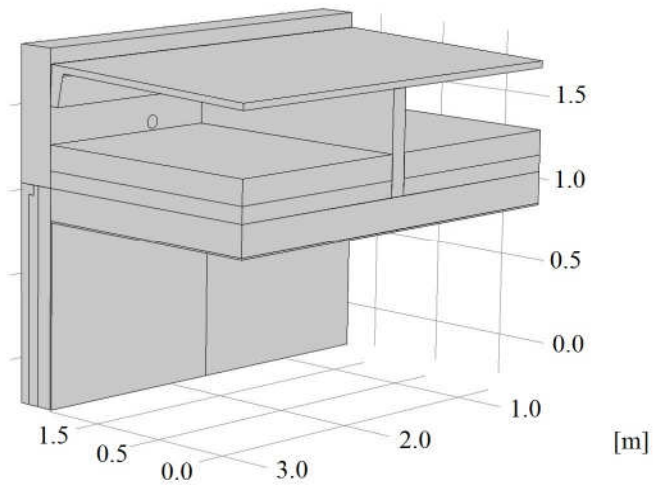


Obrázek 3.4-11: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu nároží (S)

Komentář:

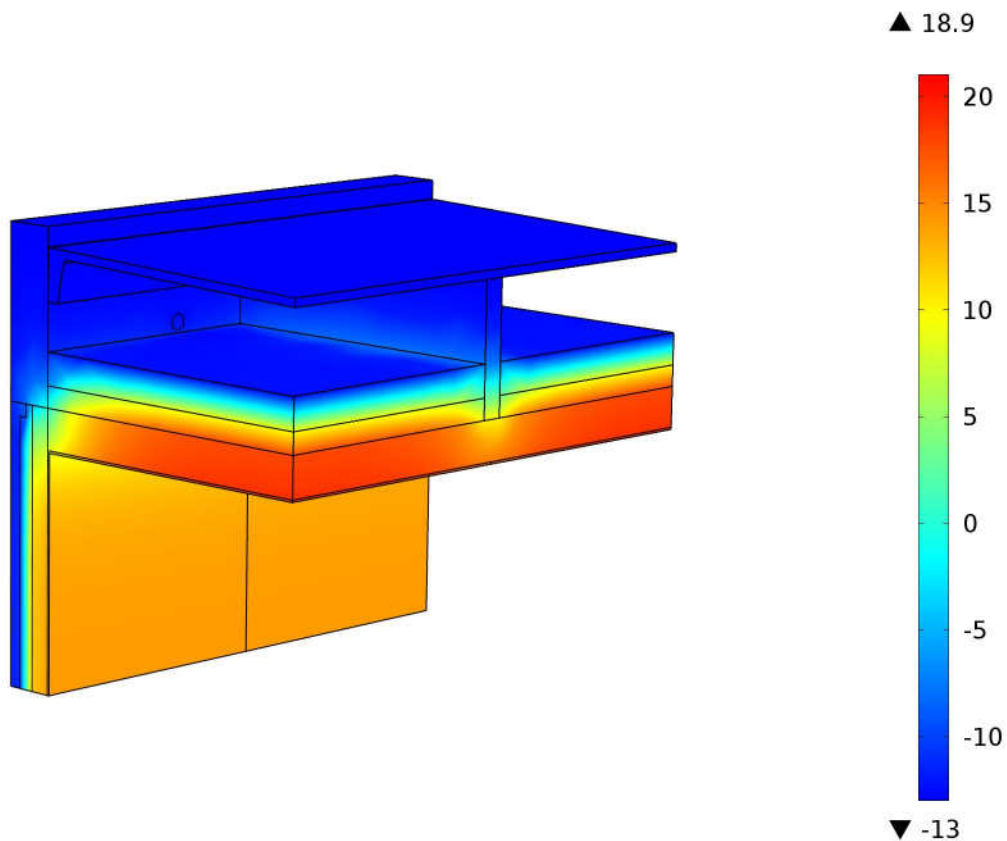
Nejnižší povrchová teplota je $2,33^{\circ}\text{C}$ a nachází se v prostoru nároží pod stropní konstrukcí. To je prakticky stejná hodnota jako u původního stavu. Zateplení spodního pláště nekompensuje nedostatky stěnových panelů. Oblast kondenzace se oproti původnímu stavu zmenšila pouze v oblastech stropu. V oblasti provětrávané dutiny na rozhraní minerální plsti a spádového klínu je nejvyšší teplota $-9,97^{\circ}\text{C}$. Oproti novému stavu je zde teplota nižší. Je to způsobeno tím, že se tepelný tok rozložil v atikovém panelu na stranu exteriéru i dutiny. U nového stavu vlivem vnějšího zateplení došlo k usměrnění toku do prostoru dutiny.

- Detail styku atiky a spádového klínu

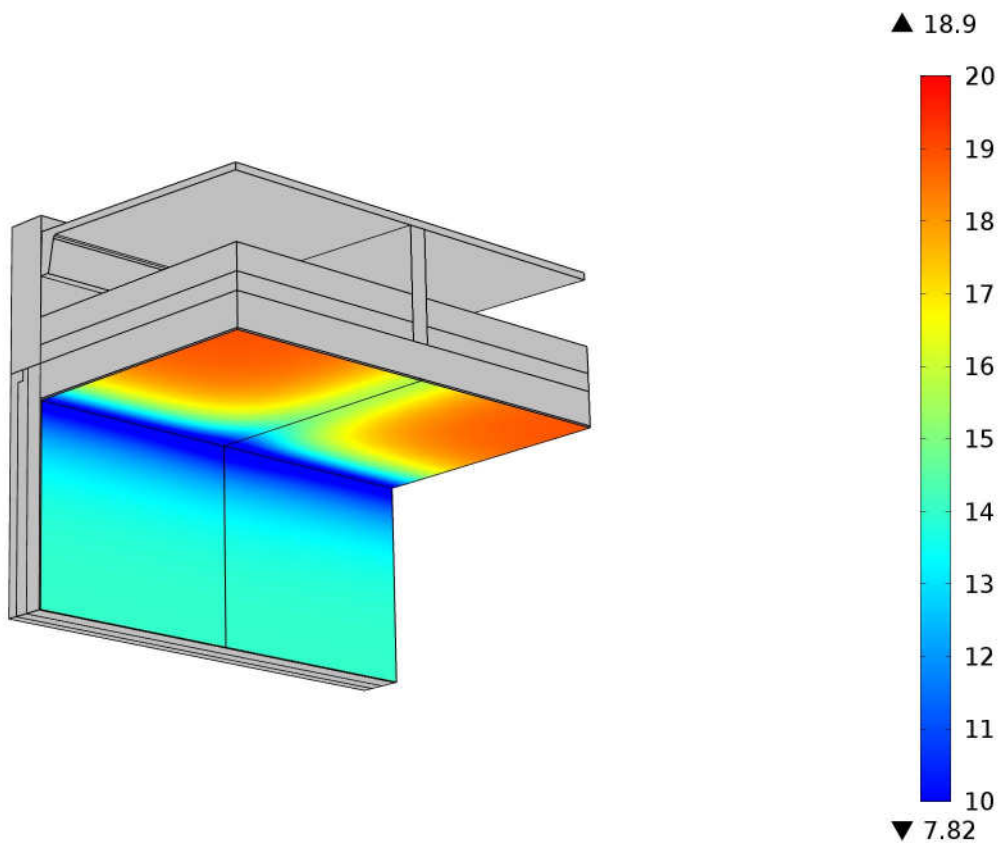


Obrázek 3.4-12: Schéma detailu styku atiky a spádového klínu (S)

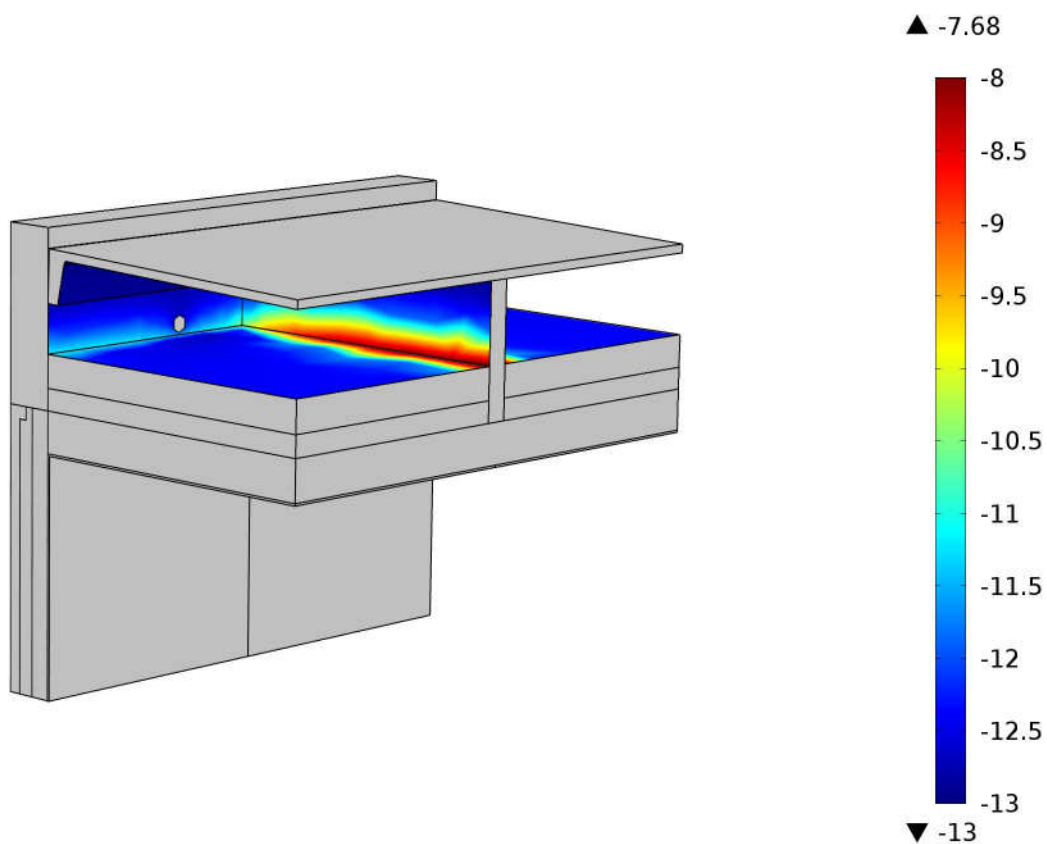
Dalším typickým detailem je styk atiky a spádového klínu. Střetávají se zde dvě linie oslabení tepelně izolační linie.



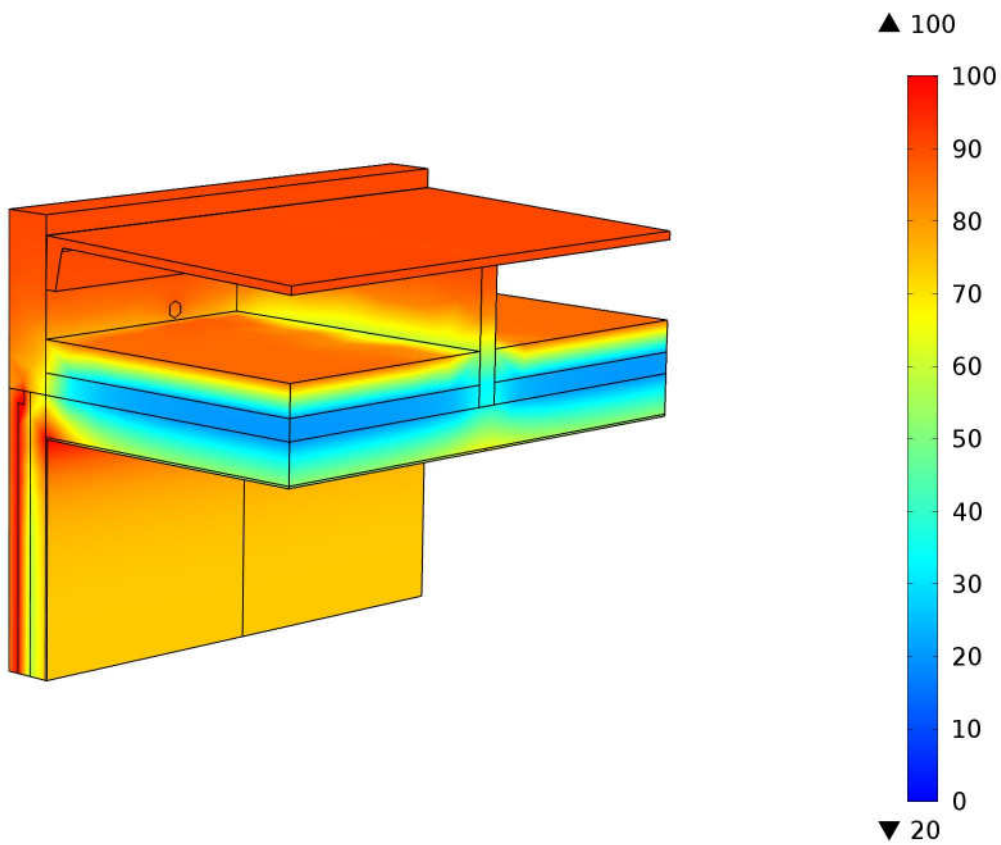
Obrázek 3.4-13: Průběh teplot [°C] detailu styku atiky a spádového klínu (S)



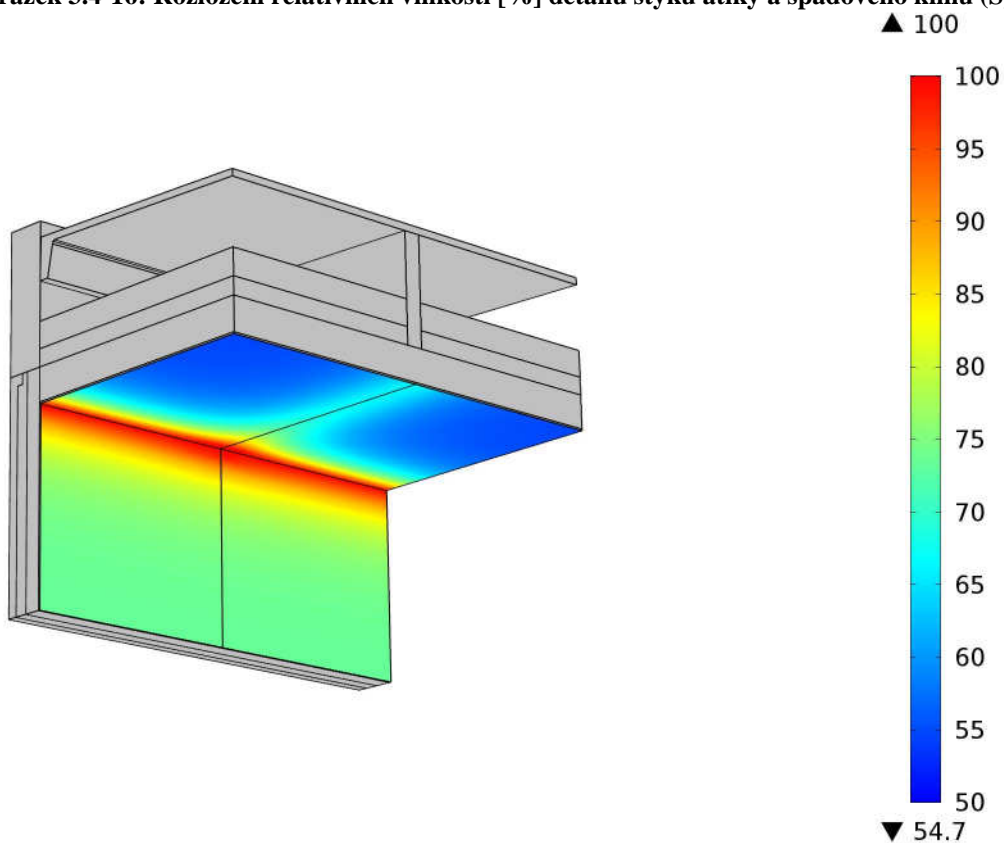
Obrázek 3.4-14: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu styku atiky a spádového klínu (S)



Obrázek 3.4-15: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu styku atiky a spádového klínu (S)



Obrázek 3.4-16: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu styku atiky a spádového klínu (S)

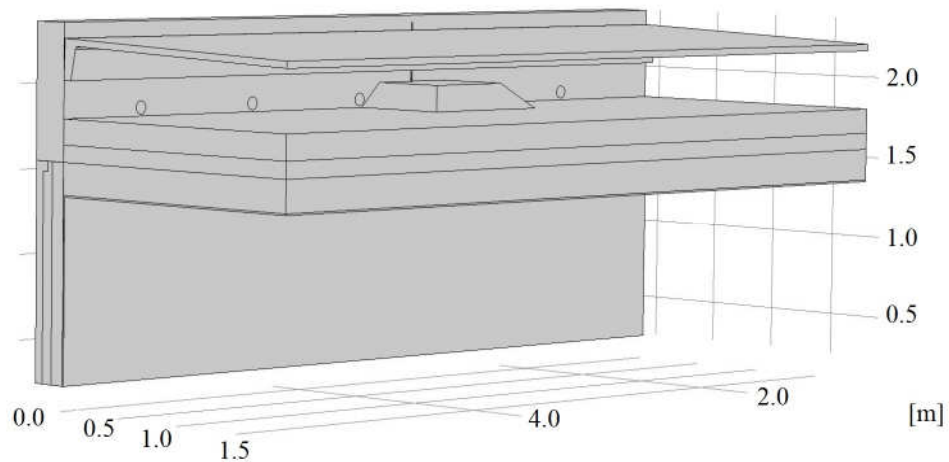


Obrázek 3.4-17: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu styku atiky a spádového klínu (S)

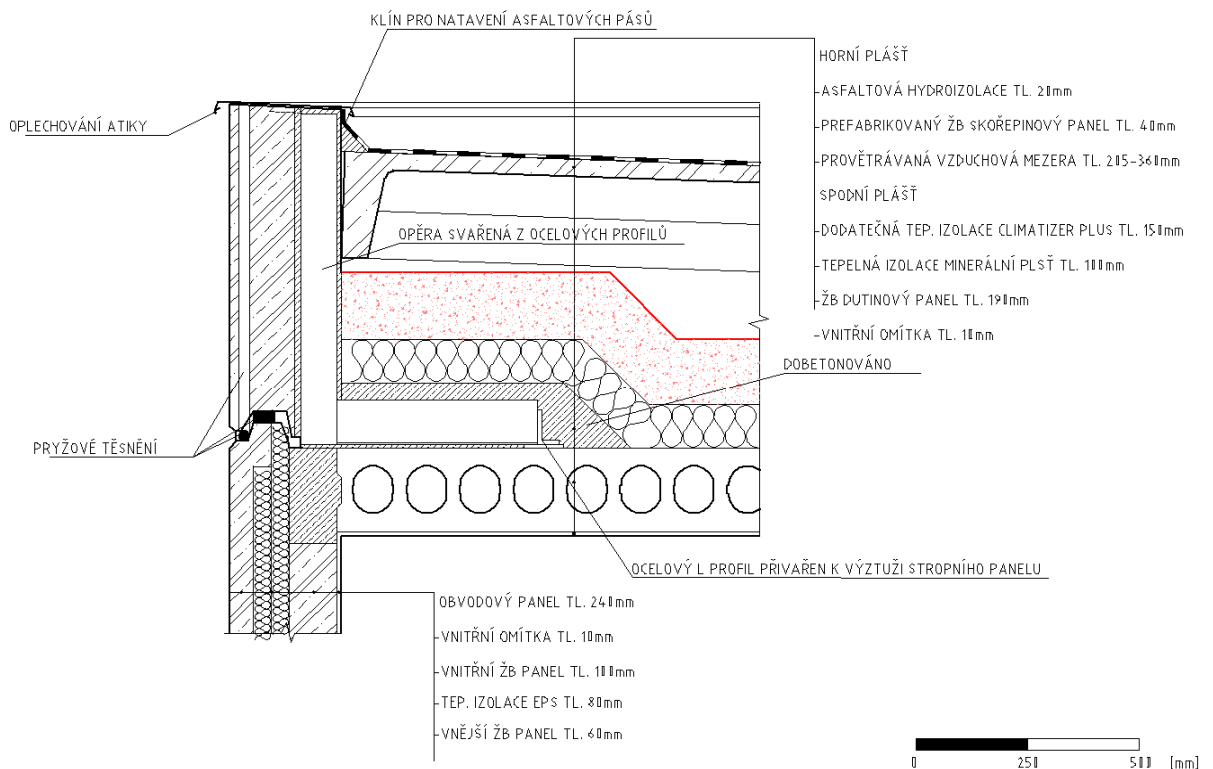
Komentář:

Vnitřní povrchová teplota na rozhraní stropu a stěny v obvyklém místě je 8,63° C (Program Area 2014 Edu uvádí 8,64°C). Vlivem liniového tepelného mostu uložení spádového klínu klesá teplota na 7,72 °C oproti původnímu stavu s 6,71°C. V této části atiky také dochází k rozšíření kondenzační oblasti.

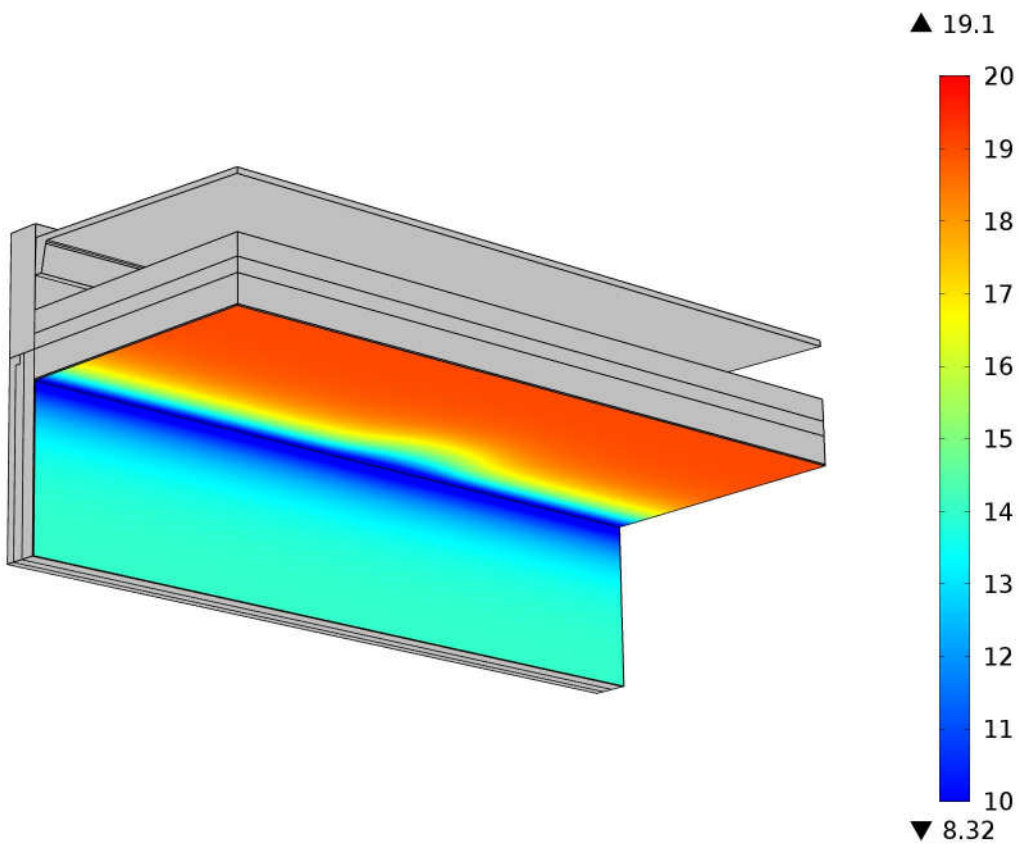
- Detail kotvení atiky pomocí ocelových profilů



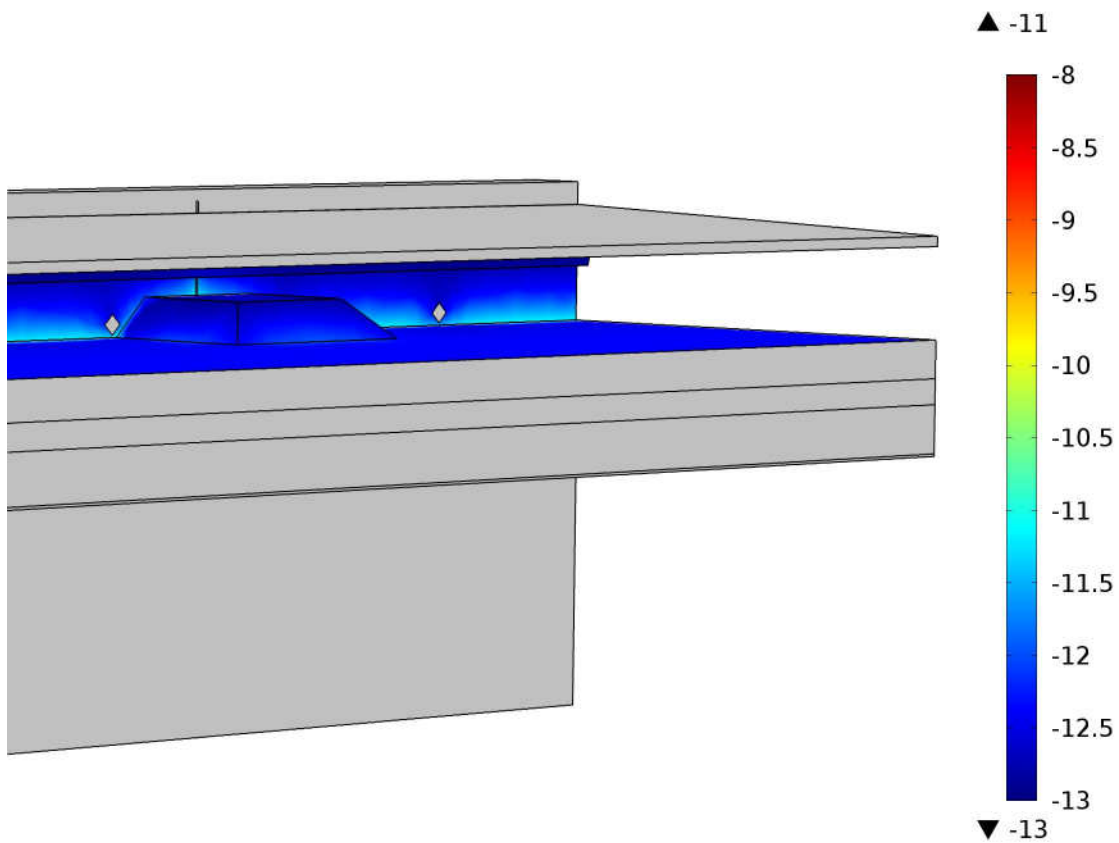
Obrázek 3.4-18: Schéma detailu kotvení atikového panelu (S)



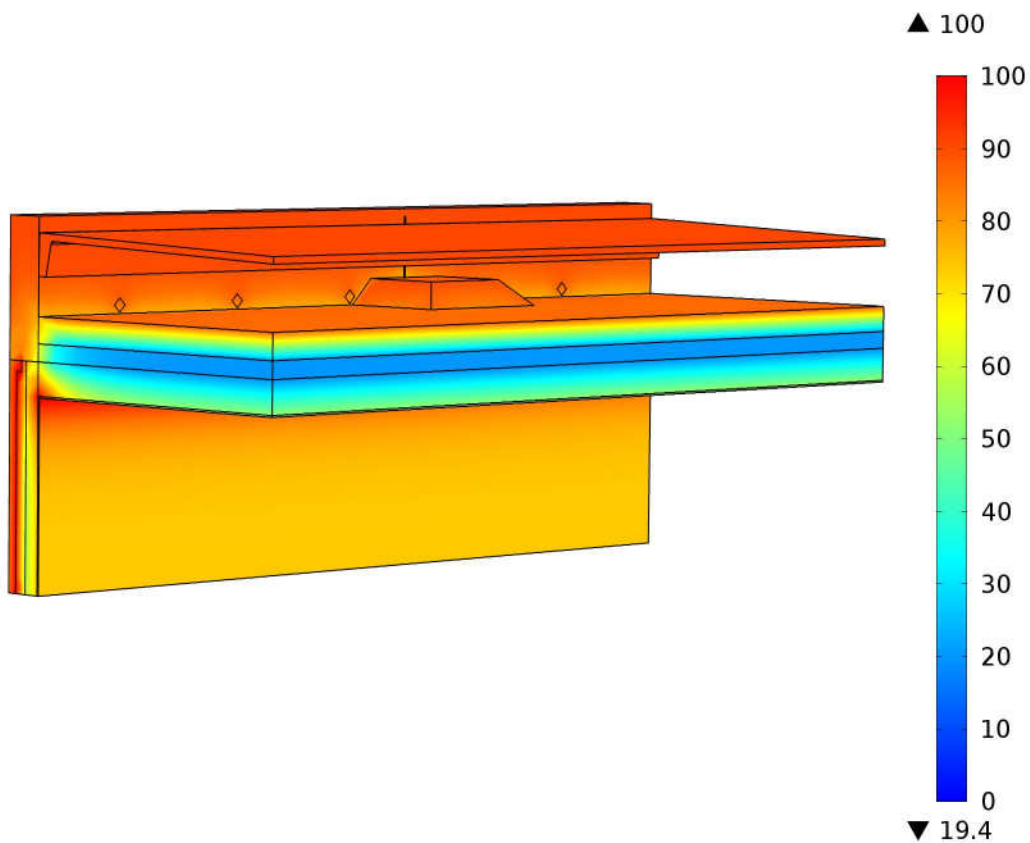
Obrázek 3.4-19: Detail kotvení atikového panelu se zateplením spodního pláště (S)



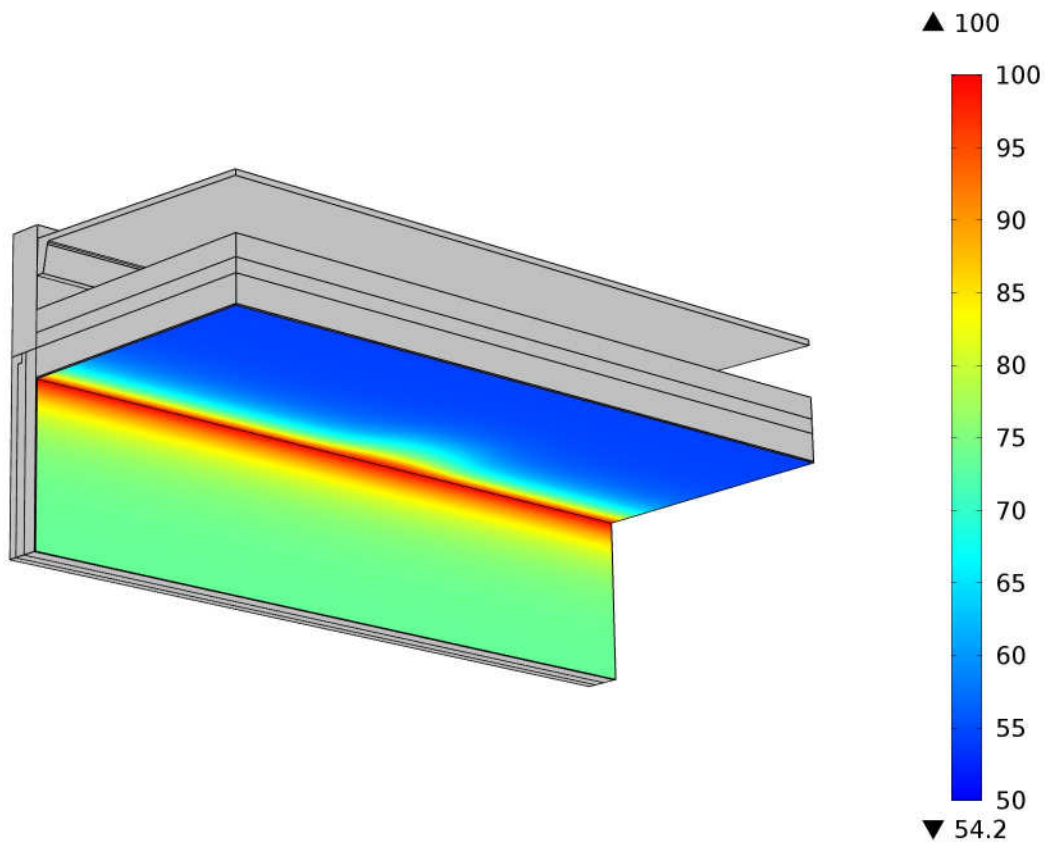
Obrázek 3.4-20: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu kotvení atikového panelu (S)



Obrázek 3.4-21: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu kotvení atikového panelu (S)



Obrázek 3.4-22: Rozložení relativních vlhkostí [%] detailu kotvení atikového panelu (S)



Obrázek 3.4-23: Rozložení relativních vlhkostí [%] na vnitřním povrchu detailu kotvení atikového panelu (S)

Komentář:

Po dodatečném zateplení spodního pláště se teplota oproti původnímu stavu vzrostla ze 7,47°C na 8,32 °C. Požadavek na minimální povrchovou teplotu není splněn. V místě poklesu teploty dochází k mírnému rozšíření oblasti s povrchovou relativní vlhkostí 100%.

3.4.2 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla

Hodnoty lineárních a bodových činitelů budou stanoveny na základě plošných a prostorových modelů z předcházející podkapitoly. Jsou zde však použity jiné odpory při přestupu tepla.

Konstrukce	Tepelná propustnost	Liniový činitel prostupu tepla
	L	Ψ
	[W/mK]	[W/mK]
Atika obvodová stěna	1.62	0.140
Atika štítová stěna	1.707	0.227

Tabulka 3.4-1: Liniové činitele prostupu tepla (S)

Konstrukce	Tepelný tok	Tepelná propustnost	Bodový činitel prostupu tepla
	Q	L	χ
	[W]	[W/K]	[W/K]
Nároží	146.76	4.37	-0.285
Spádový klín- atika	165.14	4.91	-0.195
Kotvení atikového panelu	318.64	9.48	0.738

Tabulka 3.4-2: Bodové činitele prostupu tepla (S)

3.4.3 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období

Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období bude proveden na základě vypočtených liniových a bodových činitelů prostupu tepla. Začátek a konec otopného období stanovuje Vyhláška č. 194/2007 Sb. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.

Ztráty prostupem-Zóna 1-Bytové prostory $\theta_i=20.6$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dodatečně zateplený	0.186	401.72	74.72
Spodní plášť nezateplený	0.581	8.80	5.11
Plošné konstrukce celkem			79.83

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.140	59.60	8.35
Atika- štítová stěna	0.227	16.28	3.70
Spádový klín	0.359	60.00	21.52
Lineární tepelné mosty celkem			33.56

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Kotvení atikového panelu	0.738	18	13.29
Nároží	-0.285	3	-0.86
Spádový klín-atika	-0.195	10	-1.95
Dřevěná nástavba 0.87*0.87m	3.090	6	18.54
Dřevěná nástavba 0,57x1.03m	2.527	6	15.16
Bodové tepelné mosty celkem			44.18

Celkový měrný tepelný tok-zona 1

157.58 [W/K]

$Q = Ht * (\theta_i - \theta_e) * t$ [kWh]

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	2661.3
Únor	-0.9	678	2297.0
Březen	3.1	744	2051.6
Duben	7.6	720	1474.9
Květen	12.6	744	937.9
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	862.3
Říjen	8.4	744	1430.3
Listopad	3.0	720	1996.8
Prosinec	0.0	744	2415.1
Celkem			16127

Ztráty prostupem-Zóna 2-Chodbové prostory $\theta_i=10$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]	Plocha [m ²]	Měrný tepelný tok [W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.186	44.00	8.18
Plošné konstrukce celkem			8.18

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla [W/m*K]	Délka [m]	Měrný tepelný tok [W/K]
Atika- obvodová stěna	0.140	12.00	1.68
Lineární tepelné mosty celkem			1.68

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla [W/K]	Počet [-]	Měrný tepelný tok [W/K]
Zděná nástavba 1,5x0,8m	3.307	2	6.61
Výlez na střechu	8.193	2	16.39
Bodové tepelné mosty celkem			23.00

Celkový měrný tepelný tok-zóna 2

32.87 [W/K]

$$Q = Ht * (\theta_i - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	295.9
Únor	-0.9	678	242.9
Březen	3.1	744	168.7
Duben	7.6	720	56.8
Květen	12.6	744	0.0
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	0.0
Říjen	8.4	744	39.1
Listopad	3.0	720	165.6
Prosinec	0.0	744	244.5
Celkem			1214

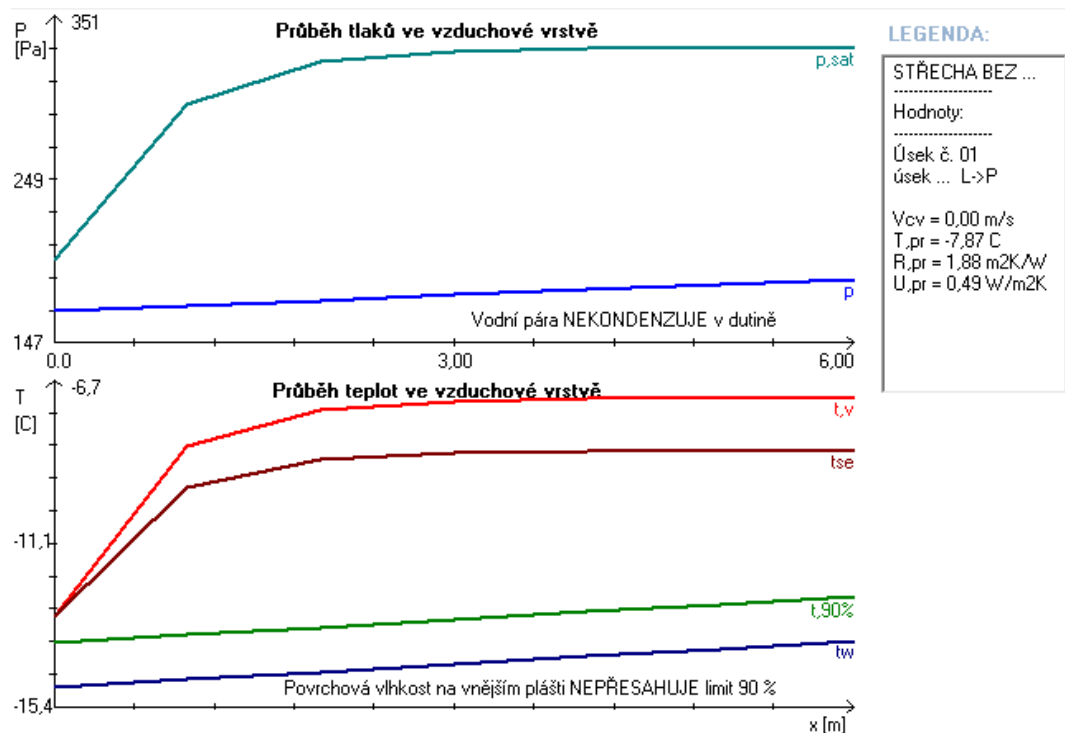
Celková tepelná ztráta střechou přes otopné období $Q_i = 17341$ [kWh]

3.5 Střecha s dřevěným horním pláštěm-Původní stav

Alternativa ke střeše se železobetonovým horním pláštěm v Litoměřicích. Ze střechy v Litoměřicích byla převzata geometrie střechy, počet nástaveb apod. Toto řešení bylo zvoleno, aby bylo možné porovnat potřeby tepla jednotlivých variant zastřešení.

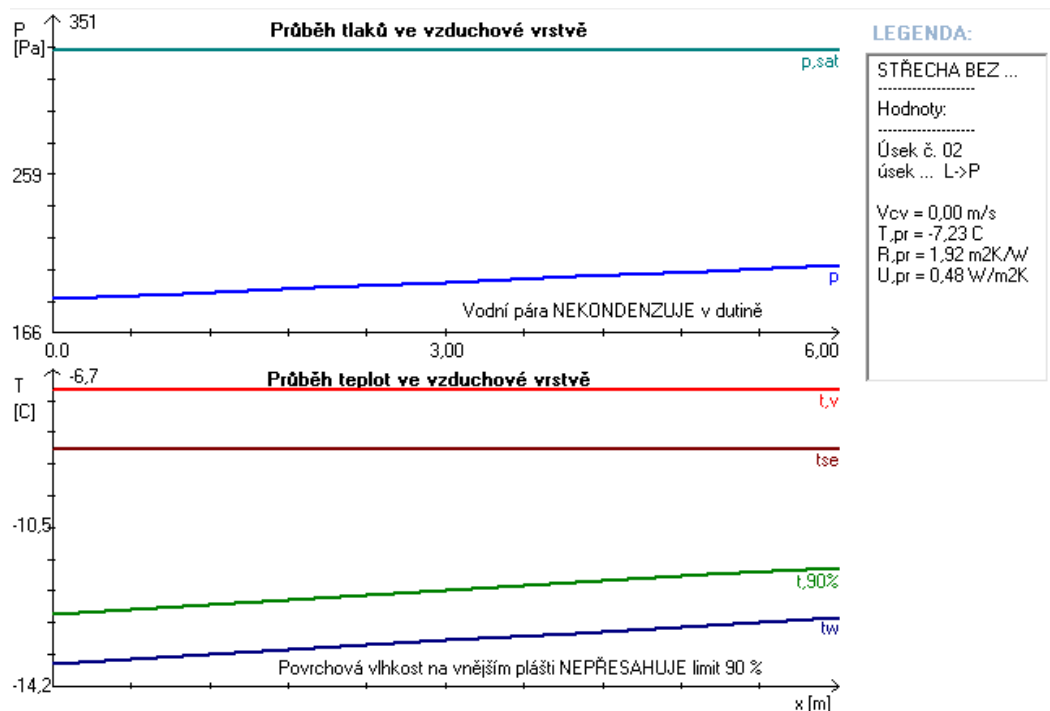
3.5.1 Plošné konstrukce

Základní posouzení byla provedena u varianty s železobetonovým pláštěm v kapitole 3.2.1. Zde bude pouze posouzena provětrávaná dutina stacionárním modelem.



Graf 3.5-1: Úsek 1 v prostoru provětrávané dutiny původní stav

Vysvětlivky ke grafu:	částečný tlak vodní páry [Pa]	
	částečný tlak nasycené vodní páry [Pa]	
	teplota vzduchu v provětrávané vrstvě [C]	
	teplota rosného bodu v provětrávané vrstvě [C]	
	teplota vnitřního povrchu vnějšího pláště [C]	
	min. povrch. teplota vnějšího pláště potřebná k zajištění povrchové vlhkosti max. 90%	



Graf 3.5-2: Úsek 2 v prostoru provětrávané dutiny původní stav

Komentář:

Tak jako u železobetonové varianty horního pláště i zde skladba dvouplášťové ploché střechy bez problému vyhovuje při rychlosti větru 0,5 [m/s]. Oproti železobetonové variantě jsou zde mírně teploty vyšší přibližně o 1 °C v prostoru dutiny u obou úseků. To je zapříčiněno vyšším tepelným odporem horního pláště, který je zde tvořen prkny tloušťky 24mm.

3.5.2 Prostorové detaily

Vzhledem k tomu, že autor této práce neměl možnost navštívení dvouplášťové ploché střechy s horním pláštěm v klasické podobě (tím je myšleno, že v rámci in-situ měření byla navštívena střecha 15. ZŠ v Plzni, kde je horní plášť na bázi dřeva, avšak její konstrukce je do velké míry atypická a neshoduje se s obvyklou konstrukcí na typickém bytovém objektu) budou převzaty fotografie a informace o konstrukci z publikace [4].

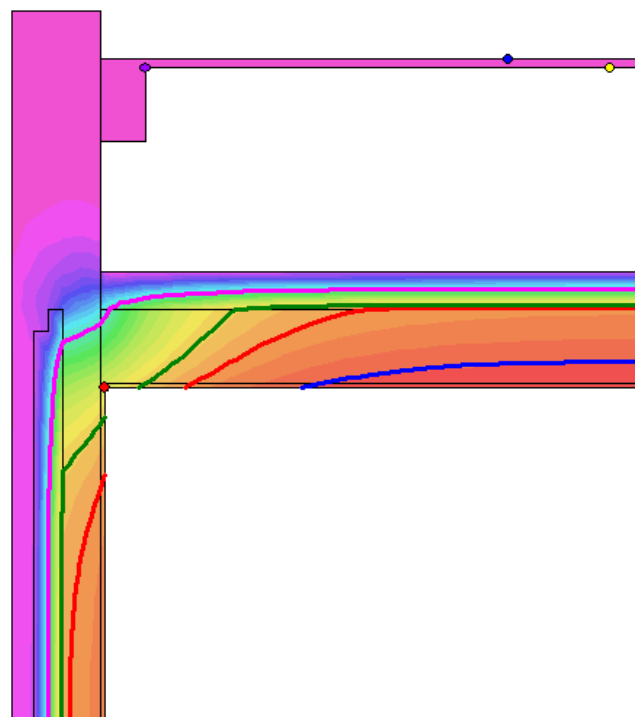


Obrázek 3.5-1: Detail uložení vaznic na sloupky [4]



Obrázek 3.5-2: Detail uložení vaznice na atikový panel [4]

Obvodový panel:



LEGENDA:

Izotermny:

- 12,24 C
- 15,00 C
- 10,00 C
- 0,00 C

- T si=7,67 C; fR si=0,615
- T si=-13,00 C; fR si=1,000
- T si=-13,00 C; fR si=1,000
- T si=-13,00 C; fR si=1,000

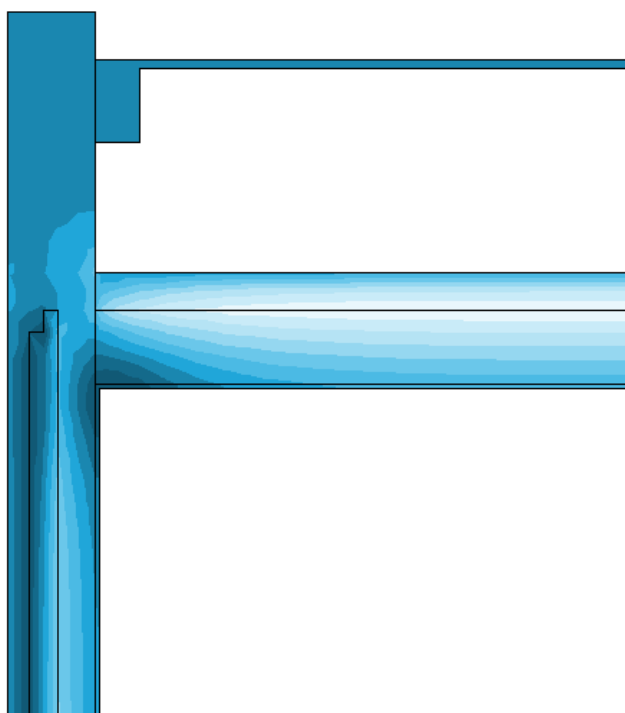
LEGENDA:

Teplotní pole [C]:

- 13,0 ... -10,1
- 10,1 ... -7,2
- 7,2 ... -4,3
- 4,3 ... -1,4
- 1,4 ... 1,5
- 1,5 ... 4,4
- 4,4 ... 7,3
- 7,3 ... 10,3
- 10,3 ... 13,2
- 13,2 ... 16,1

- T si=7,67 C; fR si=0,615
- T si=-13,00 C; fR si=1,000
- T si=-13,00 C; fR si=1,000
- T si=-13,00 C; fR si=1,000

Obrázek 3.5-3: Průběh teplot u atiky

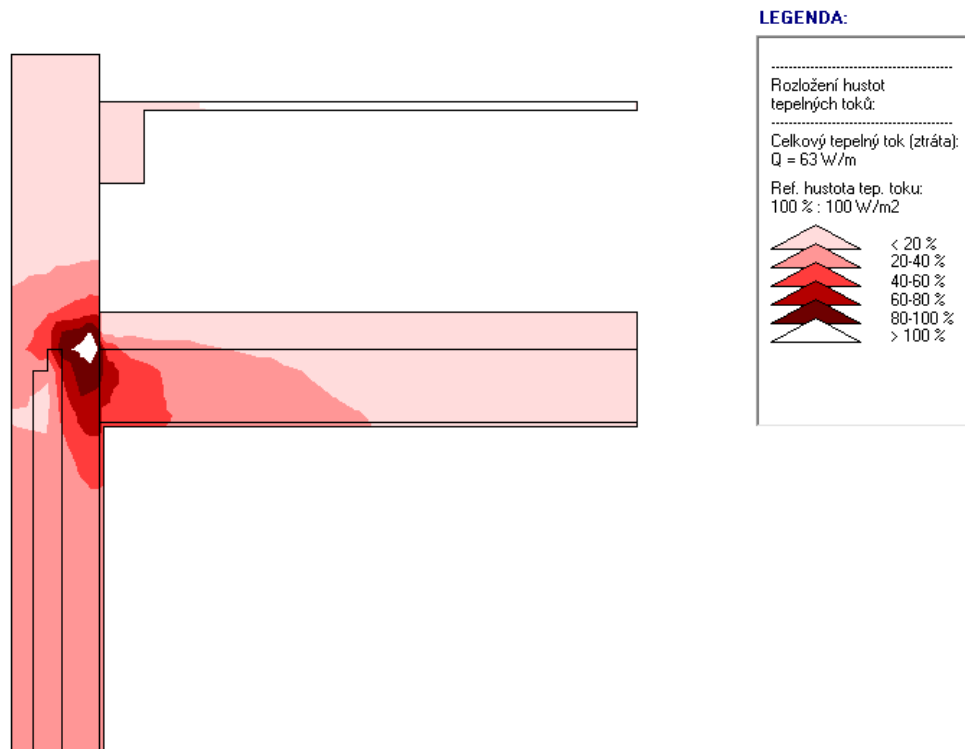


LEGENDA:

Rozložení relativních vlhkostí [%]:

- 22 ... 30
- 30 ... 38
- 38 ... 46
- 46 ... 53
- 53 ... 61
- 61 ... 69
- 69 ... 77
- 77 ... 84
- 84 ... 92
- 92 ... 100

Obrázek 3.5-4: Rozložení relativních vlhkostí u atiky

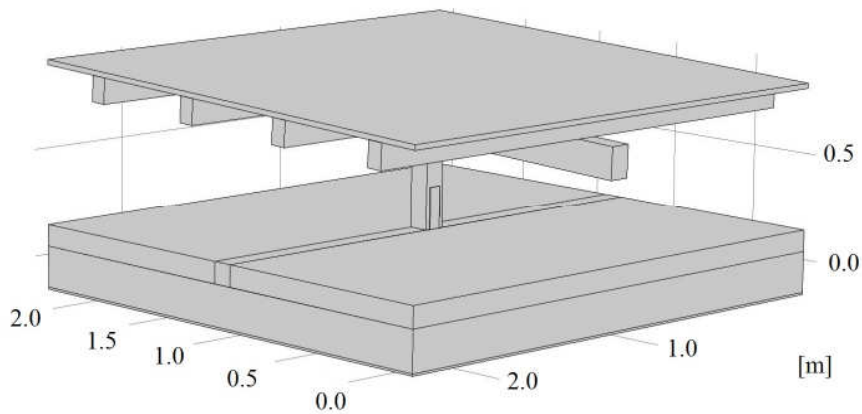


Obrázek 3.5-5: Rozložení hustot tepelných toků u atiky

Komentář:

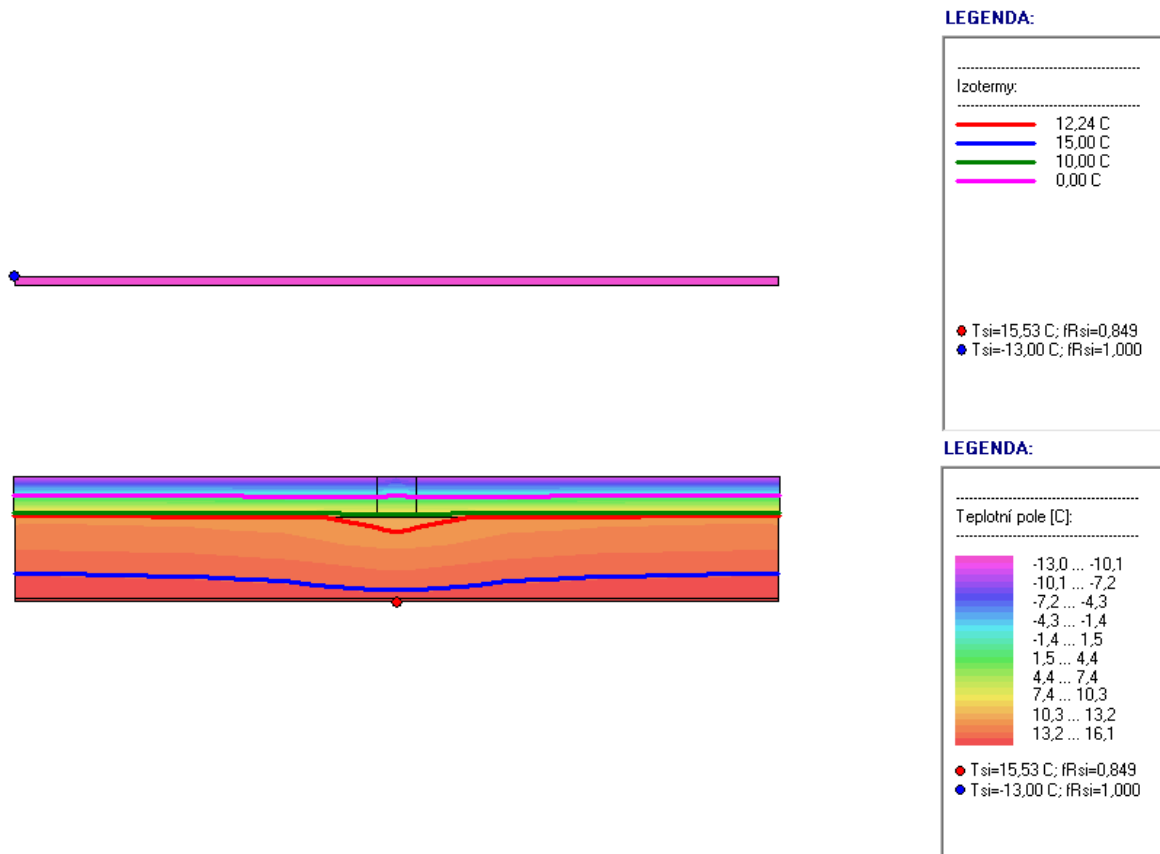
Výše uvedené průběhy teplot a rozložení relativních vlhkostí ukazují, že oproti variantě s horním železobetonovým pláštěm, zde nedochází ke změně. Nejnižší povrchová teplota je zde $7,67 \text{ }^\circ\text{C}$, u varianty s železobetonovým pláštěm je to $7,68 \text{ }^\circ\text{C}$. Rozložení hustot tepelných toků také neukazuje výrazné rozdíly. Proto zde již nebudou uvedeny další konstrukce u atiky případně střešních nástaveb, které již byly řešeny u předcházejících stavů, jelikož rozdíly způsobené změnou horního pláště jsou naprosto zanedbatelné. U štítového panelu jsou průběhy velmi podobné, nejnižší povrchová teplota je zde $7,93 \text{ }^\circ\text{C}$. Po dodatečném zateplení vzrostla na teplota $13,02 \text{ }^\circ\text{C}$, je tak splněn požadavek na minimální povrchovou teplotu.

- Detail dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu

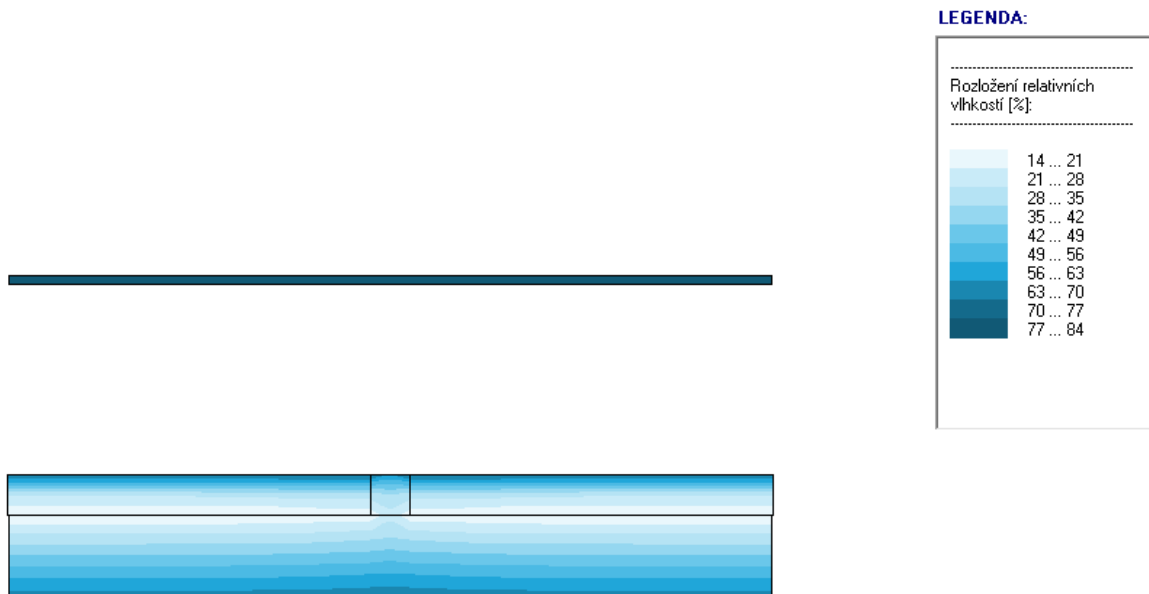


Obrázek 3.5-6: Schéma detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu

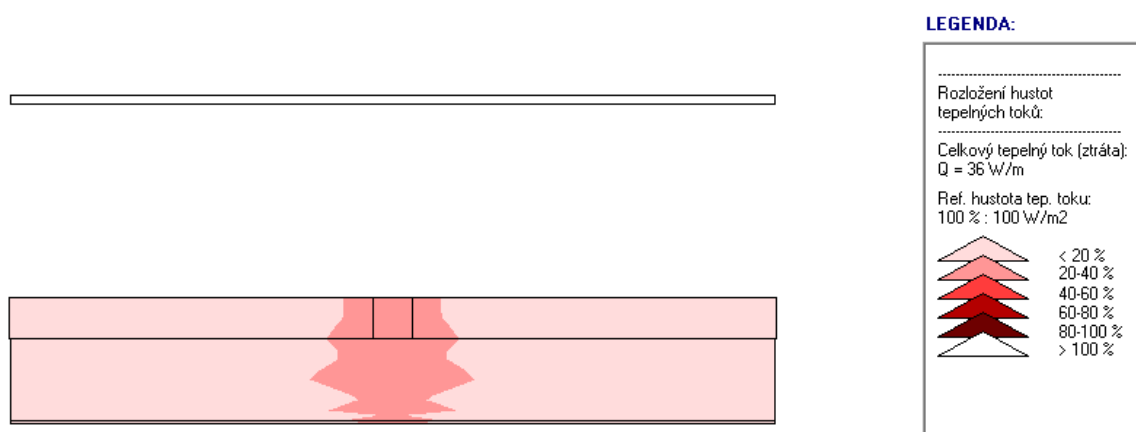
Dřevěný práh



Obrázek 3.5-7: Průběh teplot u dřevěného prahu



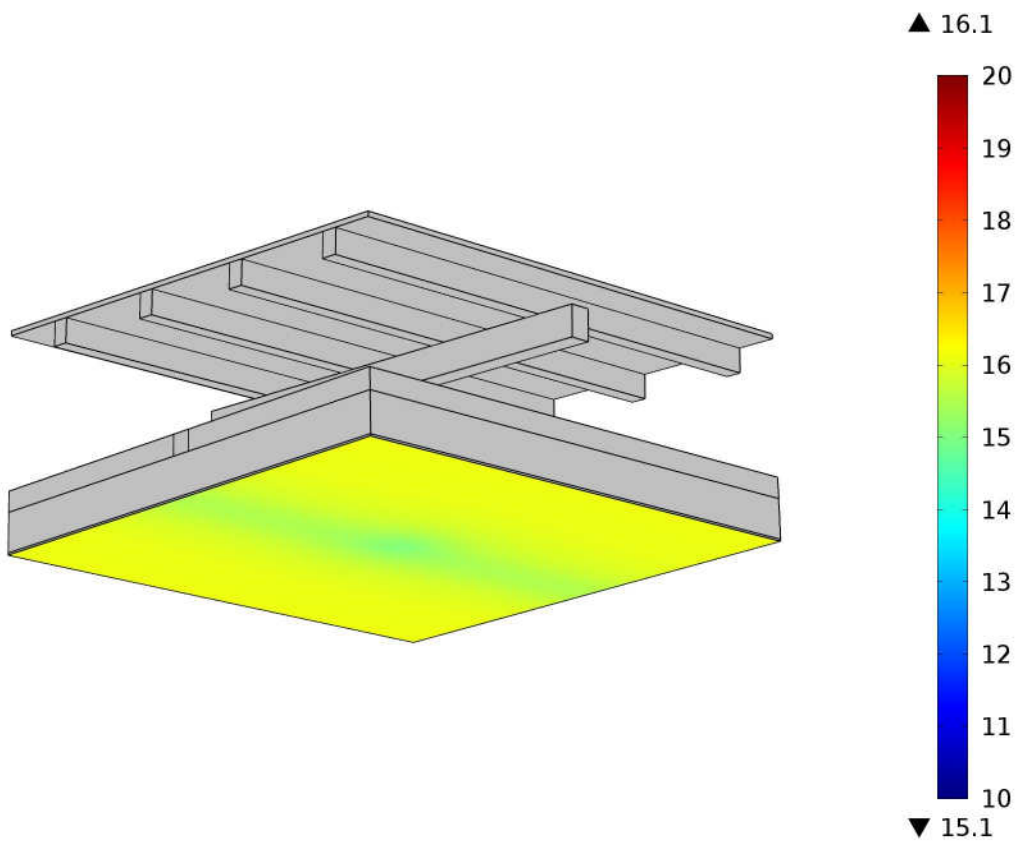
Obrázek 3.5-8: Rozložení relativních vlhkostí u dřevěného prahu



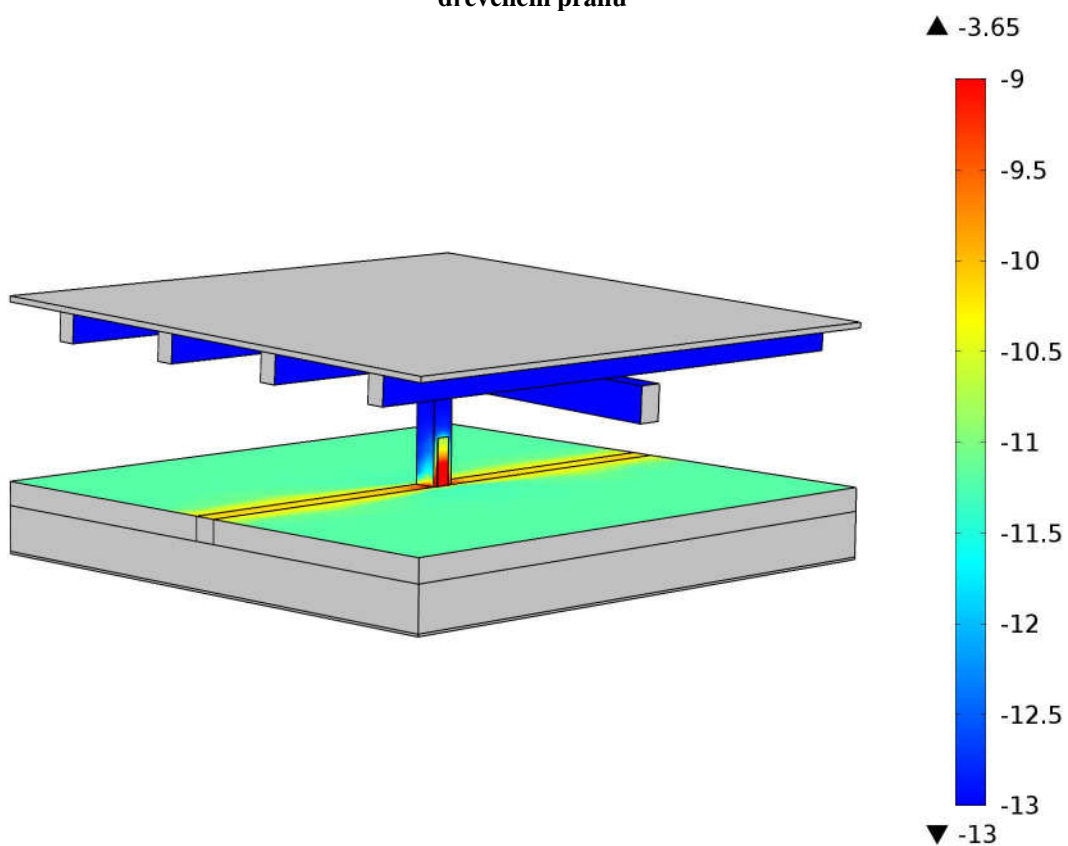
Obrázek 3.5-9: Rozložení hustot tepelných toků u dřevěného prahu

Komentář:

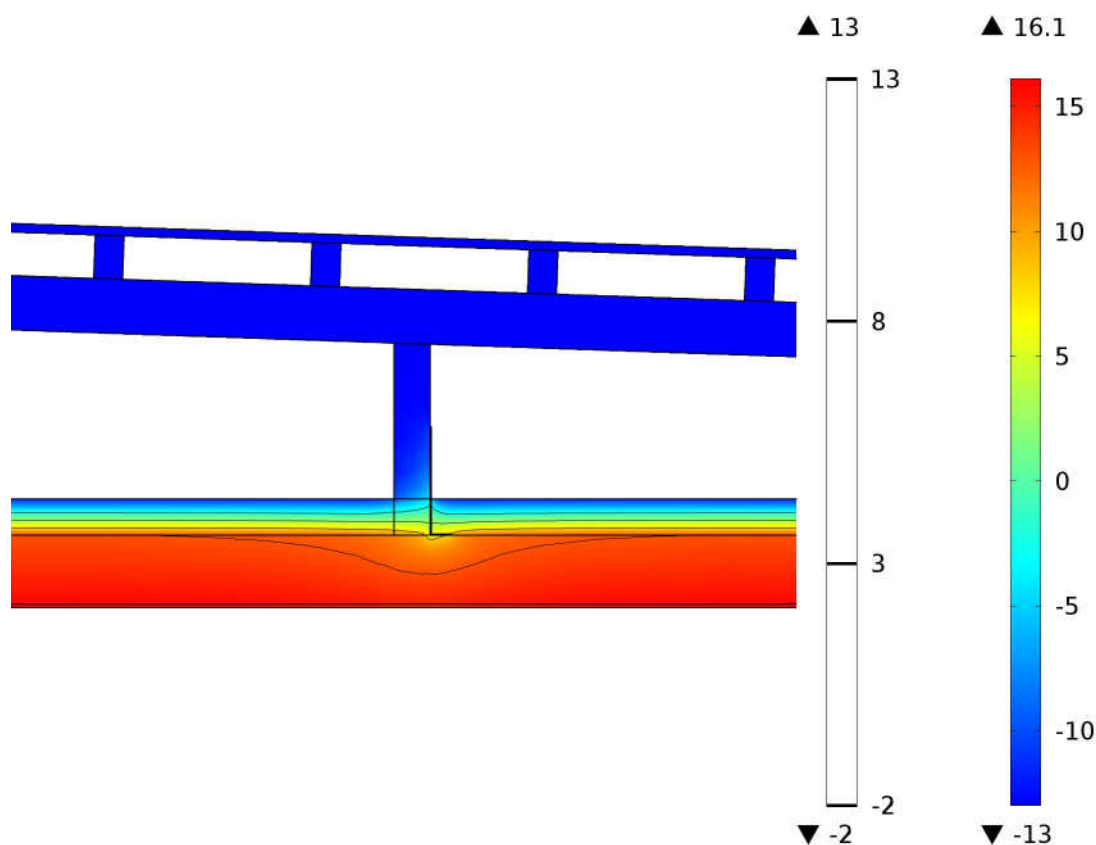
Nejnižší povrchová teplota 15,53 °C zcela splňuje požadavek 12,24 °C i přes tepelný most v podobě nechráněného dřevěného prahu položeného na stropním panelu. Na vnitřním povrchu není překročena relativní vlhkost 80%, tudíž je konstrukce bezpečná. Z rozložení hustot tepelných toků je evidentní mírný nárůst hustoty v oblasti kolem dřevěného prahu.



Obrázek 3.5-10: Průběh teplot [°C] na vnitřním povrchu detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu



Obrázek 3.5-11: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu



Obrázek 3.5-12: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu

Komentář:

Oproti plošnému modelu zde klesla nejnižší povrchová teplota z 15,53 °C na 15,10 °C. Vliv dřevěného sloupku a ocelového kotvení je tedy minimální. Vliv ocelového kotvení je patrný z obrázku 3.5-12, kde jsou průběhy izoterm mírně ovlivněny. Z průběhů teplot v prostoru provětrávané dutiny je vidět vyšší teplota na ocelové pasovině, která má násobně vyšší tepelnou vodivost oproti dřevěným prvkům.

3.5.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla

Hodnoty lineárních a bodových činitelů budou stanoveny na základě plošných a prostorových modelů z předcházející podkapitoly. Jsou zde však použity jiné odpory při přestupu tepla.

Konstrukce	Tepelná propustnost	Liniový činitel prostupu tepla
	L	Ψ
	[W/mK]	[W/mK]
Atika obvodová stěna	2.14	0.118
Atika štítová stěna	2.142	0.148
Uložení dřevěného prahu	1.163	0.059

Tabulka 3.5-1: Liniové činitele prostupu tepla

Konstrukce	Tepelný tok	Tepelná propustnost	Bodový číselník prostupu tepla
	Q	L	χ
	[W]	[W/K]	[W/K]
Dřevěný sloupek na prahu	122.80	3.65	0.021
Nároží	158.20	4.71	-0.665
Výlez na střechu	373.35	16.233	9.162
Dřevěná nástavba 0.87x0.87m	211.16	6.285	2.653
Zděná nástavba 1.5x0.8m	163.85	7.124	2.766

Tabulka 3.5-2: Bodové činitele prostupu tepla

3.5.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období

Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období bude proveden na základě vypočtených liniových a bodových číselníků prostupu tepla. Začátek a konec otopného období stanovuje Vyhláška č. 194/2007 Sb. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.

Ztráty prostupem-Zóna 1-Bytové prostory $\theta_i=20.6$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.581	410.52	238.51
Plošné konstrukce celkem			238.51

Lineární tepelné mosty:	Lineární číselník prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.118	59.60	7.03
Atika- štítová stěna	0.148	16.28	2.40
Dřevěný práh	0.059	107.40	6.35
Lineární tepelné mosty celkem			15.78

Bodové tepelné mosty:	Bodový číselník prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Kotvení atikového panelu	0.724	18	13.04
Nároží	-0.266	3	-0.80
Dřevěný sloupek na prahu	0.021	33	0.69
Dřevěná nástavba 0.87*0.87m	2.653	6	15.92
Dřevěná nástavba 0,57x1.03m	2.233	6	13.40
Bodové tepelné mosty celkem			42.25

Celkový měrný tepelný tok-zona 1

296.54 [W/K]

$$Q = Ht * (\theta_i - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	5008.2
Únor	-0.9	678	4322.6
Březen	3.1	744	3860.9
Duben	7.6	720	2775.6
Květen	12.6	744	1765.0
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	1622.7
Říjen	8.4	744	2691.6
Listopad	3.0	720	3757.7
Prosinec	0.0	744	4544.9
Celkem			30349

Ztráty prostupem-Zóna 2-Chodbové prostory $\theta_i=10$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.581	44.00	25.57
Plošné konstrukce celkem			25.57

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.118	12.00	1.41
Lineární tepelné mosty celkem			1.41

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Zděná nástavba 1,5x0,8m	2.768	2	5.54
Výlez na střechu	10.327	2	20.65
Bodové tepelné mosty celkem			26.19

Celkový měrný tepelný tok-zóna 2

53.17 [W/K]

$$Q = Ht \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	478.7
Únor	-0.9	678	392.9
Březen	3.1	744	273.0
Duben	7.6	720	91.9
Květen	12.6	744	0.0
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	0.0
Říjen	8.4	744	63.3
Listopad	3.0	720	268.0
Prosinec	0.0	744	395.6
Celkem			1963

Celková tepelná ztráta střechou přes otopné období $Q_T = 32312$ [kWh]

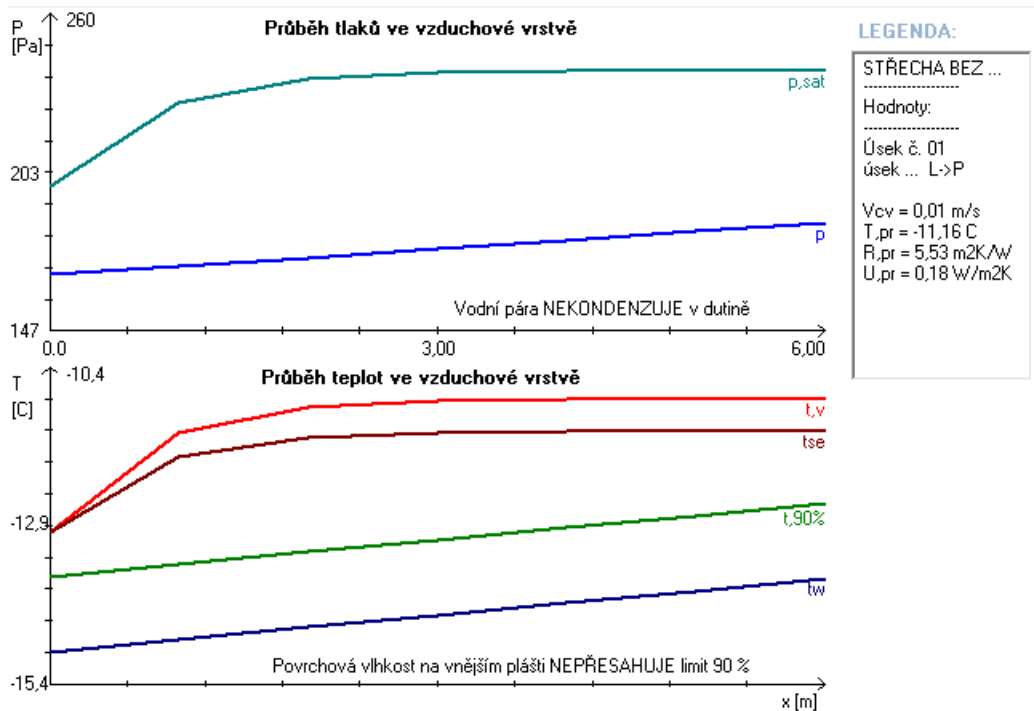
3.6 Střecha s dřevěným horním pláštěm- Nový stav

Alternativa ke střeše se železobetonovým horním pláštěm v Litoměřicích. Ze střechy v Litoměřicích byla převzata geometrie střechy, počet nástaveb apod. Toto řešení bylo zvoleno, aby bylo možné porovnat potřeby tepla jednotlivých variant.

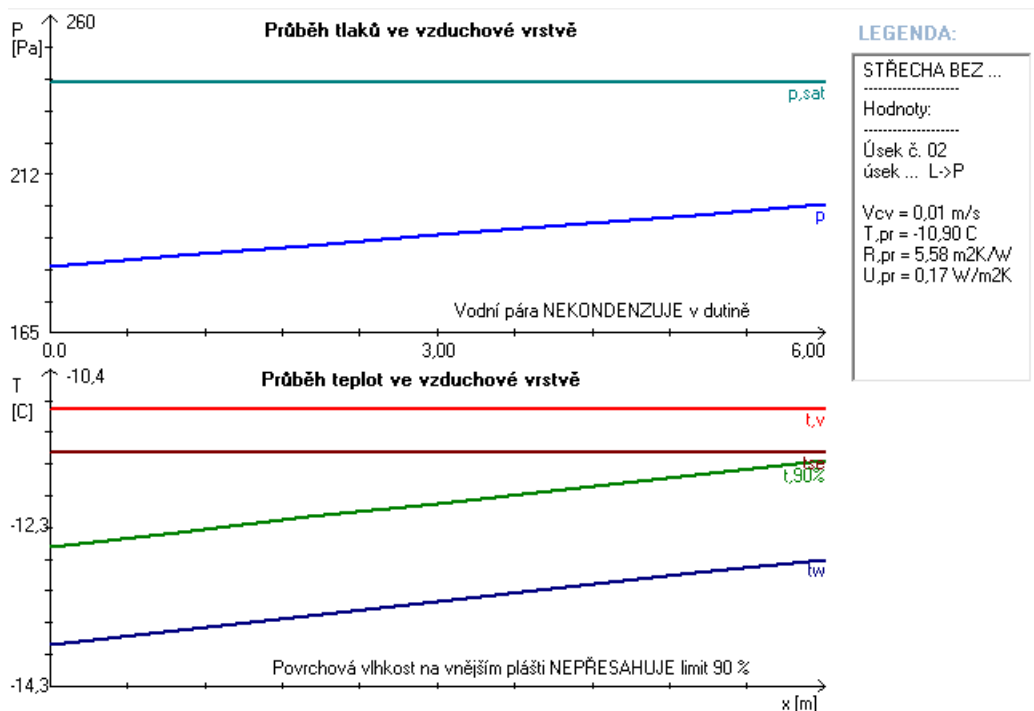
3.6.1 Plošné konstrukce

Základní posouzení byla provedena u varianty s železobetonovým pláštěm v kapitole 3.3.1. Zde bude pouze posouzena provětrávaná dutina stacionárním modelem.

Střecha byla rozdělena na 2 úseky dle tvaru střechy. U dřevěného horního pláště není posouzena varianta se zateplením horního pláště. Toto řešení zde není doporučeno (kongres Kutnar- Ploché střechy 2003).



Graf 3.6-1: Úsek 1 v prostoru provětrávané dutiny nový stav



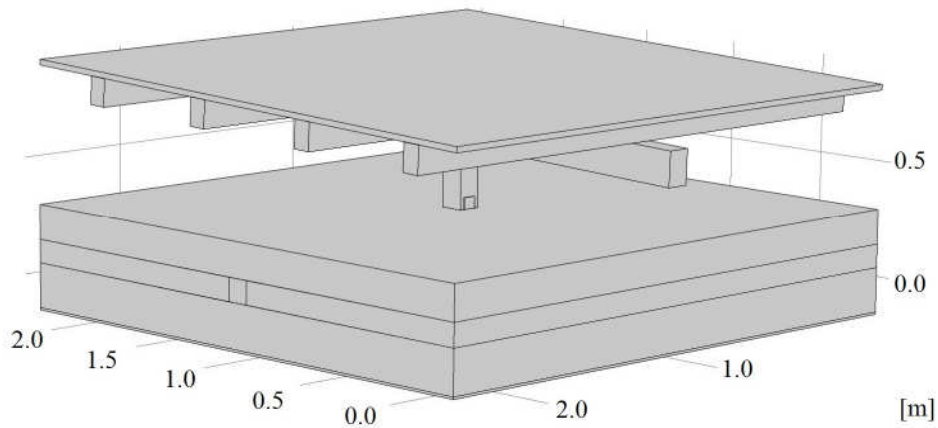
Graf 3.6-2: Úsek 2 v prostoru provětrávané dutiny nový stav

Komentář:

Na rozdíl od železobetonové varianty horní pláště, kde po zateplení bylo nutné zvýšit rychlost větru na 1 [m/s], zde konstrukce vyhoví i s rychlostí 0,5 [m/s]. Vlivem horního dřevěného pláště, který má vyšší tepelný odpor jsou teploty v provětrávané dutině mírně vyšší. Nelze opomenout pozitivní vliv přítomnosti odvětrávacích komínků, které zde nejsou zahrnuty.

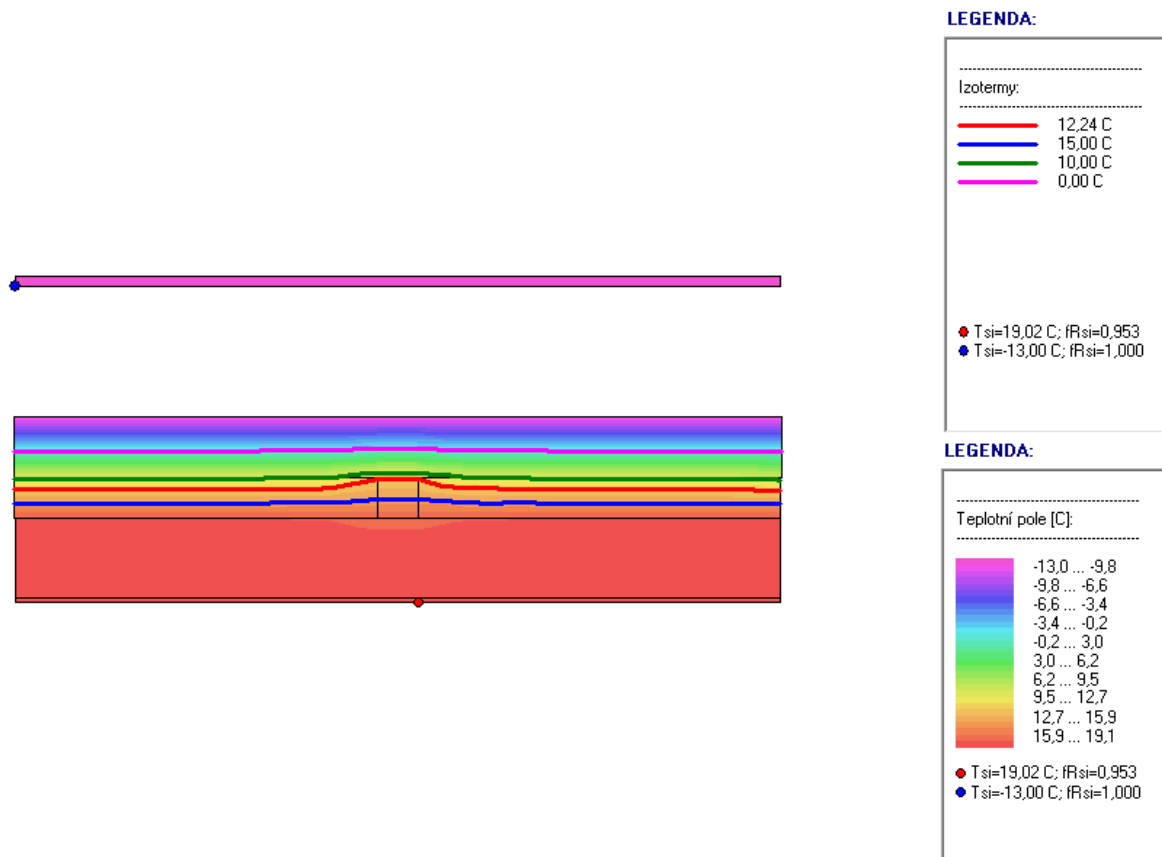
3.6.2 Prostorové detaily

- Detail dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu



Obrázek 3.6-1: Schéma detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu

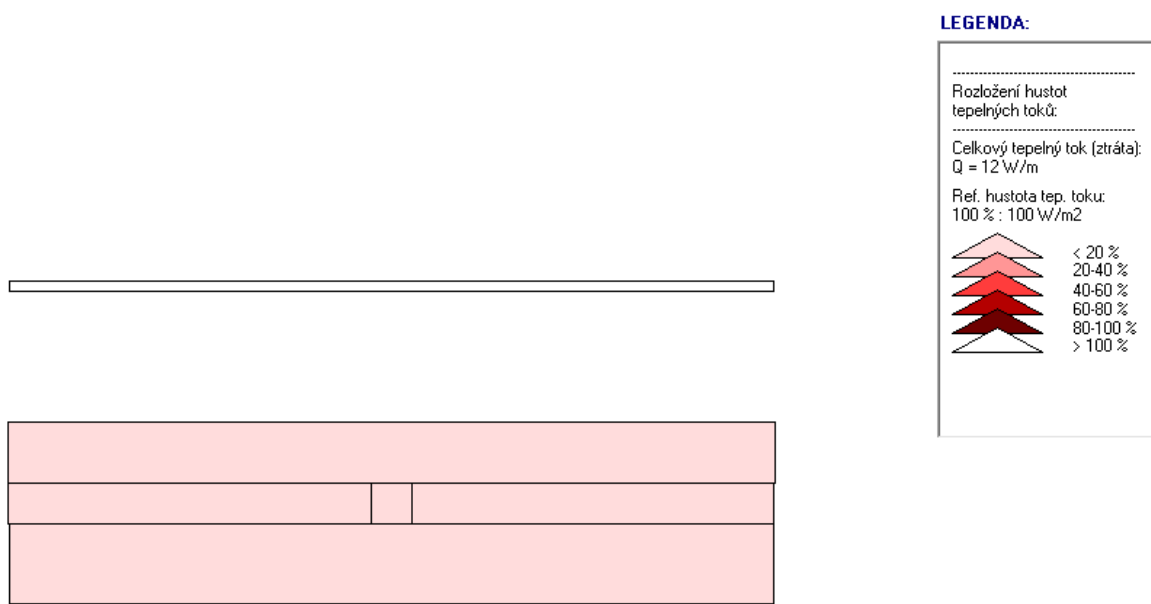
Dřevěný práh



Obrázek 3.6-2: Průběh teplot u dřevěného prahu



Obrázek 3.6-3: Rozložení relativních vlhkostí u dřevěného prahu

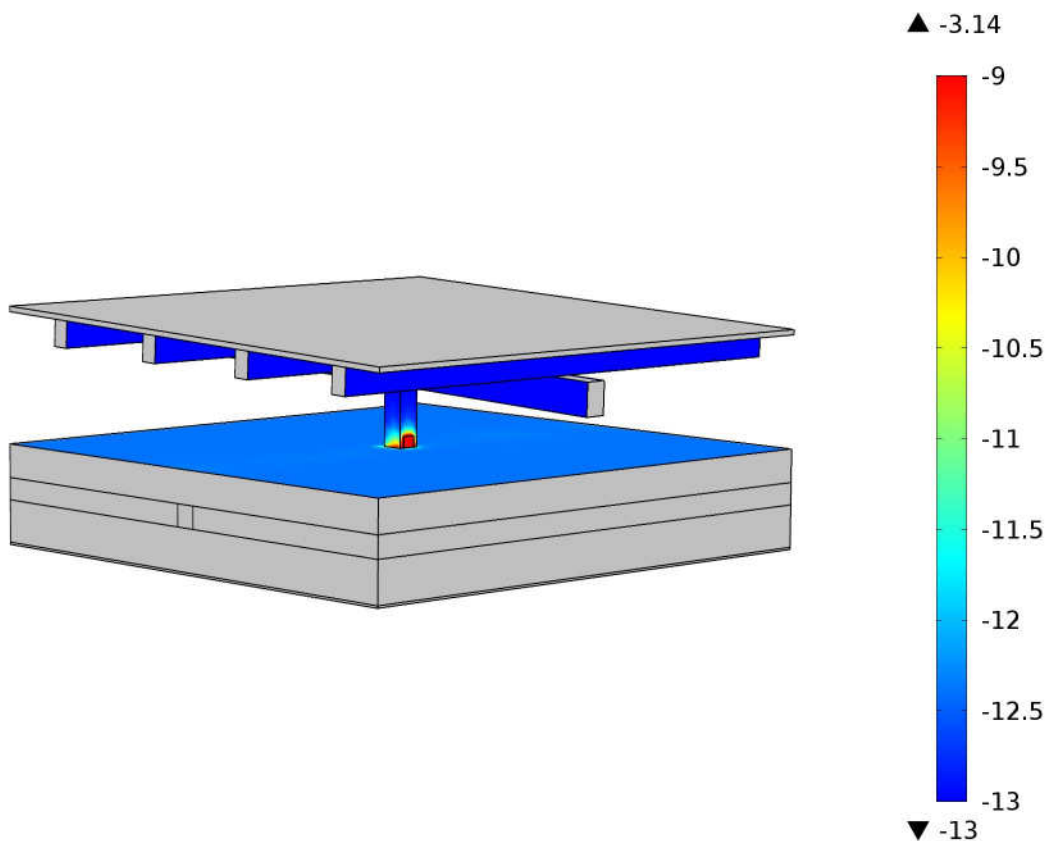


Obrázek 3.6-4: Rozložení hustot tepelných toků u dřevěného prahu

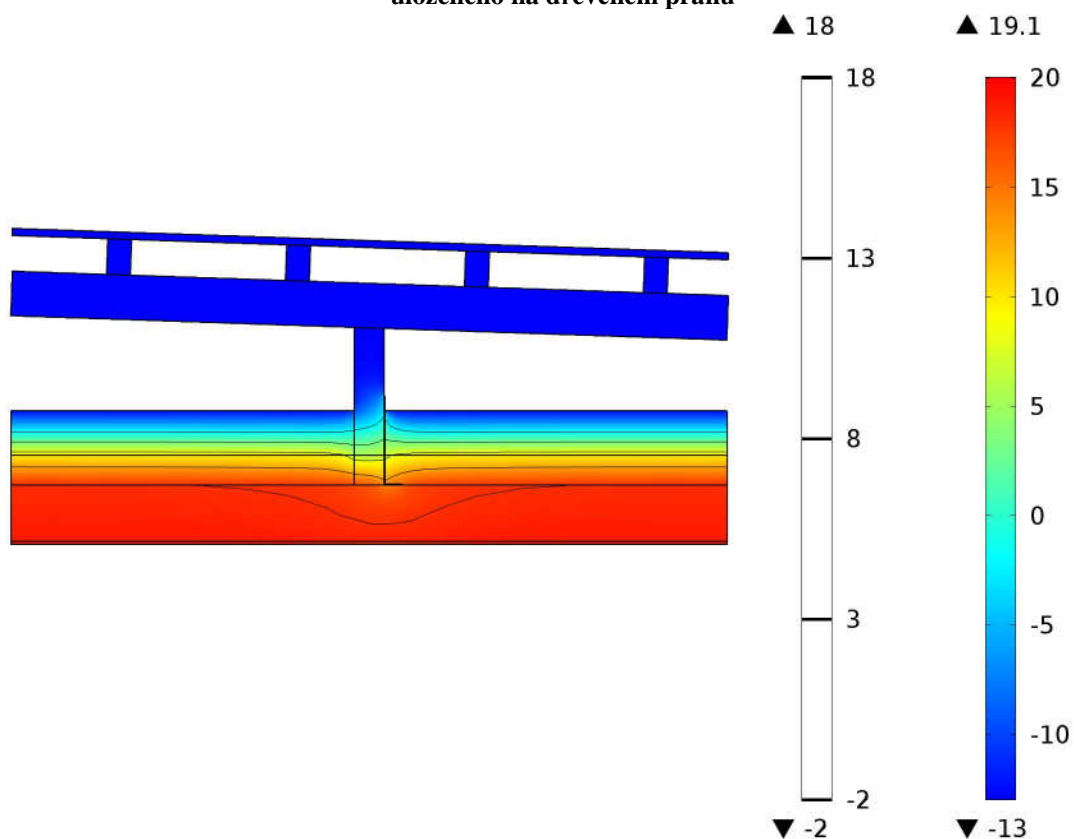
Komentář:

Z průběhů teplot je zde vidět velmi nepatrný pokles v místě uložení dřevěného prahu.

Z rozložení relativních vlhkostí je patrné, že konstrukce je zcela bezpečná.



Obrázek 3.6-5: Průběh teplot [°C] v prostoru provětrávané dutiny detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu



Obrázek 3.6-6: Průběh teplot [°C] v příčném řezu detailu dřevěného sloupku uloženého na dřevěném prahu

Komentář:

V prostorovém modelu zde nejsou uvedeny vnitřní povrchové teploty, je to z důvodu, že vliv dřevěného sloupku s ocelovým kotvením snížil nejnižší povrchovou teplotu na 18,62 °C. Z toho důvodu by zde nebyly čitelné výsledky při zachování stupnice v legendě. V prostoru dutiny se mírně zvýšila teplota na povrchu ocelové pásoviny z 3,65 °C na 3,14 °C. To je způsobeno dodatečným zateplením, kdy je na menší ploše ocelového prvku zvýšená hustota tepelného toku.

3.6.3 Stanovení liniových a bodových činitelů prostupu tepla

Hodnoty lineárních a bodových činitelů budou stanoveny na základě plošných a prostorových modelů z předcházející podkapitoly. Jsou zde však použity jiné odpory při

přestupu tepla.

Konstrukce	Tepelná propustnost	Liniový činitel prostupu tepla
	L	Ψ
	[W/mK]	[W/mK]
Atika obvodová stěna	0.934	0.256
Atika štítová stěna	0.923	0.248
Uložení dřevěného prahu	0.35733	0.004

Tabulka 3.6-1: Liniové činitele prostupu tepla

Konstrukce	Tepelný tok	Tepelná propustnost	Bodový činitel prostupu tepla
	Q	L	χ
	[W]	[W/K]	[W/K]
Dřevěný sloupek na prahu	38.71	1.15	0.026
Nároží	74.87	2.23	-0.204
Výlez na střechu	240.25	10.446	8.182
Dřevěná nástavba 0.87x0.87m	211.16	4.234	3.071
Zděná nástavba 1.5x0.8m	108.08	4.699	3.304

Tabulka 3.6-2: Bodové činitele prostupu tepla

3.6.4 Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období

Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období bude proveden na základě vypočtených liniových a bodových činitelů prostupu tepla. Začátek a konec otopného období stanovuje Vyhláška č. 194/2007 Sb. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.

Ztráty postupem-Zóna 1-Bytové prostory $\theta_i=20.6$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]	Plocha [m ²]	Měrný tepelný tok [W/K]
Spodní plášť dodatečně zateplený	0.186	401.72	74.72
Spodní plášť nezateplený	0.581	8.80	5.11
Plošné konstrukce celkem			79.83

Lineární tepelné mosty:	Lineární číselník prostupu tepla [W/m*K]	Délka [m]	Měrný tepelný tok [W/K]
Atika- obvodová stěna	0.256	59.60	15.28
Atika- štítová stěna	0.248	16.28	4.04
Dřevěný práh	0.004	107.40	0.42
Lineární tepelné mosty celkem			19.74

Bodové tepelné mosty:	Bodový číselník prostupu tepla [W/K]	Počet [-]	Měrný tepelný tok [W/K]
Kotvení atikového panelu	1.455	18	26.18
Nároží	-0.266	3	-0.80
Dřevěný sloupek na prahu	0.021	33	0.69
Dřevěná nástavba 0.87*0.87m	3.071	6	18.43
Dřevěná nástavba 0,57x1.03m	2.527	6	15.16
Bodové tepelné mosty celkem			59.67

Celkový měrný tepelný tok-zona 1

159.24 [W/K]

$$Q = Ht * (\theta_i - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	2689.3
Únor	-0.9	678	2321.2
Březen	3.1	744	2073.3
Duben	7.6	720	1490.5
Květen	12.6	744	947.8
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	871.4
Říjen	8.4	744	1445.4
Listopad	3.0	720	2017.9
Prosinec	0.0	744	2440.5
Celkem			16297

Ztráty prostupem-Zóna 2-Chodbové prostory $\theta_i=10$ [°C]

Plošné konstrukce:	Součinitel prostupu tepla	Plocha	Měrný tepelný tok
	[W/m ² *K]	[m ²]	[W/K]
Spodní plášť dvouplášťové střechy	0.186	44.00	8.18
Plošné konstrukce celkem			8.18

Lineární tepelné mosty:	Lineární činitel prostupu tepla	Délka	Měrný tepelný tok
	[W/m*K]	[m]	[W/K]
Atika- obvodová stěna	0.256	12.00	3.08
Lineární tepelné mosty celkem			3.08

Bodové tepelné mosty:	Bodový činitel prostupu tepla	Počet	Měrný tepelný tok
	[W/K]	[-]	[W/K]
Zděná nástavba 1,5x0,8m	3.304	2	6.61
Výlez na střechu	8.182	2	16.36
Bodové tepelné mosty celkem			22.97

Celkový měrný tepelný tok-zóna 2

34.23 [W/K]

$$Q = Ht * (\theta_i - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Průměrná teplota exteriéru	Délka měsíce	Tepelná ztráta
	θ_e	t	Q
	[°C]	[hodin]	[kWh]
Leden	-2.1	744	308.2
Únor	-0.9	678	253.0
Březen	3.1	744	175.7
Duben	7.6	720	59.2
Květen	12.6	744	0.0
Červen	15.4	720	0.0
Červenec	17.2	744	0.0
Srpen	16.6	744	0.0
Září	13.0	720	0.0
Říjen	8.4	744	40.8
Listopad	3.0	720	172.5
Prosinec	0.0	744	254.7
Celkem			1264

Celková tepelná ztráta střechou přes otopné období $Q_t = 17561$ [kWh]

4 Diskuze a vyhodnocení

4.1 Plošné konstrukce

Stacionárním posouzení

V původním stavu spodní plášť i obě varianty stěnových panelů vyhověly s výjimkou součinitele prostupu tepla na všechny současné požadavky dle ČSN 73 0540- 2. U obou stěnových panelů docházelo ke kondenzaci vodních par na rozhraní vnější železobetonové krycí vrstvy a tepelné izolace polystyrenu. V rámci celoroční bilance v letním období konstrukce bezpečně vyschla. V novém stavu po zateplení stěnových panelů již v konstrukci nedochází ke kondenzaci. U spodního pláště po zateplení 150mm celulózové izolace Climatizer Plus také nedochází ke kondenzaci vodních par. V novém stavu tak konstrukce stěn a spodního pláště splňují všechny současné požadavky (Tabulka 3.3-1 a 3.3-2).

Stav	Plášť	Tepelný odpor	Ekvivalentní difuzní tloušťka
		R	s_d
		[m^2K/W]	[m]
Před sanací	Spodní	1.52	5.46
	Horní	0.17	343.16
Po sanaci	Spodní	5.18	5.76
	Horní	0.17	343.16

Tabulka 4.1-1: Porovnání základních tepelnětechnických vlastností střešních plášťů před a po dodatečném zateplení

Z výše uvedené tabulky 4.1-1 je patrný růst tepelného odporu spodního pláště o více než trojnásobek. Naproti tomu ekvivalentní difuzní tloušťkaspodního pláště se téměř nezměnila. Horní plášť zůstal beze změny. Z toho plynou vyšší nároky na provětrávanou vzduchovou dutinu oproti původnímu stavu, tato problematika je více popsána v kapitole 1.3.Proto byla provětrávaná dutina posouzena stacionárním a nestacionárním modelem. Účelem bylo ověření, zda nemůže relativní vlhkost vzduchu v provětrávané dutině přesáhnout 90%, případně dojít ke vzniku kondenzace na spodním povrchu horního pláště.

Posouzení provětrávané dutiny- Stacionární model

V současné platné normě ČSN 73 0540 je požadováno, aby dvouplášťové konstrukce byly posuzovány za stavu bezvětrí. Z grafu 3-1 je patrné, že stav úplného bezvětrí téměř nenastává. V případě posouzení za stavu bezvětrí by tato konstrukce pravděpodobně nevyhověla, jelikož příváděcí a odváděcí otvory v atikovém panelu jsou ve

stejně rovině, není zde žádná další síla, která by umožnila provětrávání vzduchové dutiny.

V případě původních stavů byla střecha posouzena při rychlosti 0,5 [m/s]. Dřevěný horní plášť díky vyššímu tepelnému odporu dosahoval lepších hodnot, avšak obě konstrukce bezpečně vyhověly.

Při novém stavu nebylo uvažováno se střešními komínky, tudíž je tento výpočet na straně bezpečnosti. V novém stavu byla posouzena skladba bez zateplení horního pláště v rychlostech 0,5 a 1 [m/s] a se zateplením 40mm polystyrenu na horním plášti s rychlostí větru 0,5 [m/s]. U všech posuzovaných střech došlo po vstupu vzduchu do dutiny k jeho ohřátí, nejnižší teplota -11,77 °C vzduchu byla u varianty bez zateplení horního pláště. Naopak nejvyšší teplota -9,23 °C téměř shodná v původních stavech je u zateplení horního pláště. V případě dřevěného horního pláště byly všechny požadavky splněny při rychlosti 0,5 [m/s], proto nebylo nutné zvyšovat intenzitu větru.

Jediná varianta kde by mohla být překročena hranice 90% relativní vlhkosti vzduchu v provětrávané dutině, je varianta s dodatečným zateplením spodního pláště, bez zateplení horního pláště při rychlosti větru na 0,5 [m/s]. Naopak poslední varianta se zateplením horního pláště vyhověla bez nejmenších problémů.

Posouzení provětrávané dutiny- Nestacionární model

V původním stavu se ukázalo, že je konstrukce bezpečná, jelikož maximální hodnota relativní vlhkosti na spodním povrchu horního pláště byla 85,94%. V případě dodatečného zateplení 150mm celulózové izolace bylo modelováno několik variant. V první bylo uvažováno s vlivem deště, krátkovlnného i dlouhovlnného záření. V další variantě se uvažovalo pouze s vlivem deště. U těchto dvou variant byl horní plášť tvořen železobetonovým panelem a asfaltovou hydroizolací. U poslední varianty bylo uvažováno s vlivem deště, krátkovlnného i dlouhovlnného záření. Na rozdíl od předešlých variant, zde byla na původní hydroizolaci umístěna 40mm vrstva polystyrenu a PVC hydroizolace.

V případě varianty bez vlivů záření je patrné přiblížení exteriérovým parametrům prostředí. Průběhy relativních vlhkostí i teplot v prostoru provětrávané dutiny do určité míry kopírují exteriérové podmínky. Nejvyšší relativní vlhkost na spodním povrchu horního pláště byla 82,99%. Tato varianta je ale ve skutečnosti málo odpovídající skutečným podmínkám na střeše. Jelikož drtivá většina střešních panelových objektů není stíněna a tak především v letním období dosahují teploty na horním povrchu horního pláště vysokých hodnot. To ostatně potvrzuje i varianta s vlivem záření. Kde se teploty v letním období mohou dostat až za hranici 80 °C.

Varianta s vlivy záření ukazuje velmi vysoké teploty v letním období v prostoru dutiny a tudíž nízkou úroveň relativních vlhkostí. To by mělo působit příznivě na případné vysychání konstrukce. V zimním období dochází v menší míře k podchlazování horního pláště vlivem dlouhovlnného záření mrazivé zimní oblohy. Nejvyšší relativní vlhkost na spodním povrchu horního pláště byla 75,91%. Obecně se dá říci, že v zimním období je teplota spodního povrchu horního pláště velmi podobná exteriérovým podmínkám.

Poslední varianta se dodatečným zateplením horního pláště stává velmi spolehlivou variantou, kde maximální hodnota relativní vlhkosti na spodním povrchu horního pláště je 69,13%. Na základě in-situ měření provedeného na střeše v Litoměřicích (skladba střechy je zde velmi podobná), byla porovnána hmotnostní vlhkost ve vzorku celulózové izolace Climatizer Plus s výpočetním modelem. Vzorky měly průměrnou hodnotu přibližně 8,4% a byly odebrány 3. května. Pro toto období se pohybuje hmotnostní vlhkost Climatizeru Plus ve výpočetním modelu kolem 9% hmotnostní vlhkosti. Lze tedy usoudit, že hodnoty ve výpočetním modelu jsou odpovídající odebraným vzorkům a provedeným měřením. V zimním období již nedochází k podchlazování horního pláště vlivem dlouhovlnného záření. Oproti hornímu plášti bez zateplení je z průběhů teplot spodního povrchu horního pláště patrné, že uvnitř dutiny je vždy o několik stupňů více než v exteriérovém prostředí. To potvrzuje stacionární model, kde po zateplení horního pláště byla teplota uvnitř dutiny $-9,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ v prvním úseku. To by znamenalo, že zateplením horního pláště se zvýší teplota uvnitř dutiny a tak dojde ke snížení ztrát prostupem střechou, jelikož v současnosti se uvažuje v prostoru dutiny s exteriérovými podmínkami (zde v modelech $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Při porovnání jednotlivých variant je zajímavé, že v původním stavu je relativní vlhkost na spodním plášti nejvyšší. Může to být způsobeno trojnásobnou výměnou vzduchu v dutině oproti novému stavu s jednonásobnou výměnou, kdy v exteriérovém prostředí je vlivem srážek vyšší relativní vlhkost. Porovnání s vlivem a bez vlivu záření ukazuje, že sluneční záření má velmi pozitivní vliv. Nejvýhodněji působí varianta se zateplením horního pláště s nejnižší hodnotou relativní vlhkosti a nejvyšší teplotou v prostoru provětrávané dutiny.

4.2 Prostorové detaily

Původní stav železobetonové i dřevěné varianty horního pláště ukázal na problémovost tehdejších provedených typických detailů. Tyto detaily, které jsou složené ze skladeb, u nichž minimální povrchová teplota vyhověla, se ukázaly být nedostatečné při plošném nebo

prostorovém posouzení. Příkladem mohou být typické detaily v oblasti atiky.

V případě nového stavu, kdyje zateplen spodní plášť včetně stěnovýchpanelů dochází k velkému zlepšení. Ve většině případů je splněn požadavek na minimální povrchovou teplotu. U zateplení pouze spodního pláště docházelo u kritických míst, jako je například detail atiky,k mírnému zlepšení. Z tohoto pohledu není zateplení pouze spodního pláště dvouplášťové ploché střechy bez zateplení obvodových stěn (včetně atikových panelů) příliš efektivní.

Dále detaily ukázaly, že vliv materiálové varianty horního pláště na lineární či bodové činitele prostupu tepla je zanedbatelný. Je to často způsobeno tím, že v oblastech, kde navazuje horní plášť na vystupující konstrukce,již není téměř žádný tepelný tok.

Detail	Teploty na vnitřním povrchu									
	T_i									
	[°C]									
	ŽB PS		ŽB NS		ŽB S		D PS		D NS	
Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Nároží	1.9	15.7	8.2	18.6	2.3	18.4	2.3	15.8	8.7	18.7
Spádový klín- atika	6.7	16.0	11.5	18.9	7.8	18.9	-	-	-	-
Kotvení atikového panelu	7.5	16.1	12.5	19.1	8.3	19.1	-	-	-	-
Výlez na střechu	-10.6	6.9	-10.5	9.0	-	-	-10.5	7.0	-10.5	9.0
Dřevěná nástavba 0.87x0.87m	4.3	16.0	5.1	18.9	-	-	4.3	16.0	5.1	18.9
Zděná nástavba 1.5x0.8m	-0.3	6.9	0.0	8.9	-	-	-0.3	6.9	0.0	8.9
Dřevěný sloupek na prahu	-	-	-	-	-	-	15.5	16.1	18.6	19.1

Tabulka 4.2-1: Porovnání minimálních a maximálních teplot na vnitřním povrchu

Konstrukce střešních nástaveb případně výlezu na střechu se jeví jako problémové. Ukazuje se zde, že absence tepelné izolace na těchto konstrukcích vystupujících z linie zateplení v prostoru provětrávané dutiny vede k tvorbě tepelných mostů. V současné době existují technologie stříkaných izolací, které by bylo možné aplikovat na tyto konstrukce v prostoru dutiny. Avšak realizovatelnost takového opatření je velmi problémová, vzhledem ke stísněnosti prostoru provětrávané dutiny.

Konstrukce	Liniový činitel prostupu tepla				
	Ψ				
	[W/mK]				
Varianta	ŽB PS	ŽB NS	ŽB S	D PS	D NS
Atika obvodová stěna	0.118	0.256	0.140	0.118	0.256
Atika štítová stěna	0.216	0.368	0.227	0.148	0.248
Nároží stěnových panelů	-0.136	-0.051	-0.136	-	-
Spádový klín	0.407	0.359	0.359	-	-
Uložení dřevěného prahu	-	-	-	0.059	0.004

Tabulka 4.2-2: Porovnání liniových činitelů prostupu tepla

Konstrukce	Bodový činitel prostupu tepla				
	χ				
	[W/K]				
Varianta	ŽB PS	ŽB NS	ŽB S	D PS	D NS
Nároží	-0.266	-0.260	-0.285	-0.665	-0.204
Spádový klín- atika	-0.111	-0.102	-0.195	-	-
Kotvení atikového panelu	0.724	1.455	0.738	-	-
Výlez na střechu	10.327	8.193	-	9.162	8.182
Dřevěná nástavba 0.57x1.03m	2.233	2.527	-	-	-
Dřevěná nástavba 0.87x0.87m	2.665	3.090	-	2.653	3.071
Zděná nástavba 1.5x0.8m	2.768	3.307	-	2.766	3.304
Dřevěný sloupek na prahu	-	-	-	0.021	0.026

Tabulka 4.2-3: Porovnání bodových činitelů prostupu tepla

Před zateplením jsou hodnoty liniových a bodových činitelů prostupu nižší. Je to způsobeno tím, že čím je konstrukce lépe zaizolovaná, tím větší vliv mají liniové a bodové vazby. Tím spíše pokud nejsou tyto vazby dobře zaizolované a tvoří tepelné mosty. Při zateplení pouze střešní konstrukce a ponechání stěnových (atikových) panelů bez zateplení je změna atikových liniových činitelů prostupu tepla naprosto minimální oproti původnímu stavu.

4.3 Výpočet potřeby tepla přes otopné období

Výpočet tepelné ztráty střechy přes otopné období byl proveden pro přibližnou geometrii střechy v Litoměřicích. Začátek a konec otopného období stanovuje Vyhláška č. 194/2007 Sb. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.

Jmenovitě se jednalo o varianty se železobetonovým pláště v původním stavu (ŽB PS), stavu se zateplením pouze střechy (ŽB S) a novém stavu, kdy je zateplena střecha fasáda (ŽN NS). K nim byly vymodelovány alternativy s dřevěným horním pláštěm v původním (D PS) a novém stavu (D NS).

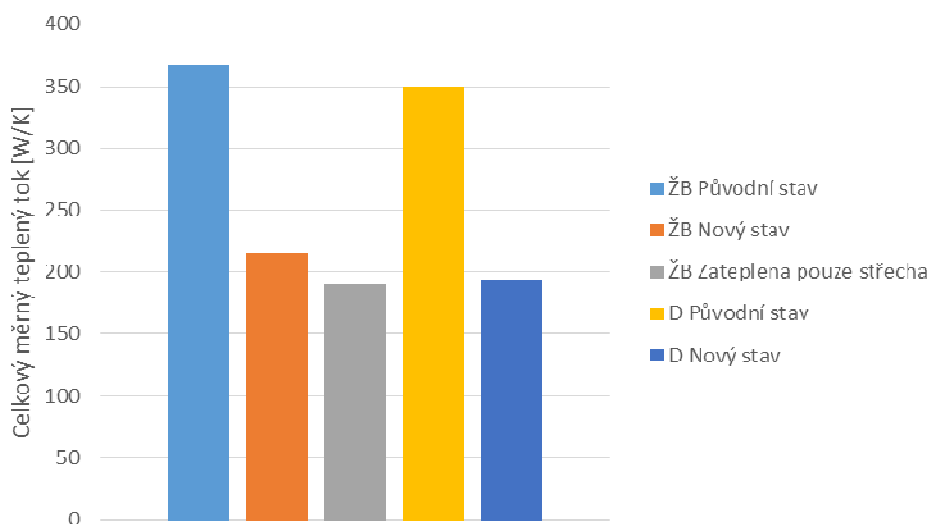
Z níže uvedených hodnot v tabulce 4.3-1 je patrný rozdíl u původních stavů, kde je dřevěná varianta přibližně o 5% úspornější při stejné geometrii střechy. Po zateplení tento trend mírně pokračuje a rozdíl se zvětšuje na přibližně 7%. Tento rozdíl je způsoben především podpurnou konstrukcí horního pláště. Zde se ukazují dřevěné sloupky jako daleko šetrnější oproti masivním železobetonovým spádovým klínům. Tyto spádové klíny svým způsobem fungují jako „chladící žebra“. Naproti tomu u dřevěných sloupků se vliv ocelového kotvení téměř neprojevil. Rozdíl by se ještě více zvýšil, pokud by vzdálenost

spádových klínů byla menší, nyní se uvažuje s maximální vzdáleností 6m. V menší míře má vliv samotná konstrukce horního pláště, kde dřevěný prkenný záklop má lepší tepelné technické vlastnosti než železobetonový panel. Tento rozdíl se nejvíce projeví u detailu výlezu na střechu. U ostatních konstrukcí procházejících střešním pláštěm je vliv naprosto zanedbatelný.

Jestliže v předchozí podkapitole bylo uvedeno, že zateplení pouze spodního pláště nebylo příliš efektivní pro kritické detaily, zde je situace jiná. Celkový měrný tepelný tok zde má nižší hodnotu než varianta nového stavu, kdy je zateplen spodní plášť i fasáda (včetně atikového panelu). Tento na první pohled nelogický výsledek má své opodstatnění v liniových činitelích prostupu tepla atikou. Ostatní konstrukce mají totožné hodnoty liniových a bodových činitelů prostupu tepla, tudíž mají tyto varianty shodný tepelný tok a liší se pouze u atikových liniových činitelů. Při zateplení pouze spodního pláště je hodnota liniového činitele prostupu tepla přibližně poloviční. Vzhledem ke zvolené metodice výpočtu ztrát střechy byla brána hodnota liniového činitele prostupu tepla atiky jako celek a nebyla rozdělena mezi střechu a stěnu. V případě výpočtu ztrát celé budovy by vycházela lépe varianta se zateplením včetně fasády.

Varianta střešního pláště	Stav střechy	Celkový měrný tepelný tok	Celková potřeba tepla na vytápění	Celková potřeba tepla na vytápění	Úspora
		[W/K]	[kWh]	[kWh/m ²]	[%]
Železobetonový horní plášť	ŽB Původní stav	367.2	34098	75	-
	ŽB Nový stav	215.0	19759	43	42.1
	ŽB Zateplena pouze střecha	190.4	17341	38	49.1
Dřevěný horní plášť	D Původní stav	349.7	32312	71	5.2
	D Nový stav	193.5	17561	39	48.5

Tabulka 4.3-1: Porovnání potřeb tepla na vytápění



Graf 4.3-1: Porovnání celkových měrných tepelných toků

Varianta střešního pláště	Stav střechy	Průměrný součinitel prostupu tepla střechy	Přirážka na vliv tepelných mostů
		$U_{m, stř}$	ΔU_{tb}
		[W/m ² *K]	[W/m ² *K]
Železobetonový horní plášť	ŽB Původní stav	0.81	0.23
	ŽB Nový stav	0.47	0.28
	ŽB Zateplena pouze střecha	0.42	0.23
Dřevěný homí plášť	D Původní stav	0.77	0.19
	D Nový stav	0.43	0.24

Tabulka 4.3-2: Porovnání průměrných součinitelů prostupu tepla

Na základě plochy a celkového tepelného toku byly stanoveny průměrné součinitele prostupu tepla variant střech. Ze známých hodnot průměrného součinitele prostupu tepla byly vypočteny přirážky na vliv tepelných vazeb pro přibližnou geometrii střechy v Litoměřicích. Na jiných objektech by mohly být tyto hodnoty mírně odlišné a bylo by potřeba provést více výpočtů ke stanovení směrodatnějších hodnot pro obecné použití. Po zateplení vliv tepelných mostů roste a hodnoty jsou tak vyšší než v původním stavu. Dle ČSN 73 0540-4 jsou uvedeny pro budovy s výraznými tepelnými mosty hodnotou $\Delta U_{tb}=0,2$ [W/m²*K]. Dle normy je možno uvažovat i s vyšším číslem, avšak konkrétní hodnoty již nejsou popsány a je nutné je odhadnout nebo vypočítat.

Závěr

Předešlé práce [4],[5], řešící problematiku dodatečného zateplování dvouplášťových plochých střech se zabývaly výpočtovými modely proudění uvnitř dutiny, detailním měřením na jedné střeše a stanovením vlastností celulózového izolantu Climatizer Plus laboratorním měřením. Tato práce se snažila navázat in-situ měřením a mapováním případných poruch na větším počtu navštívených střech. Dále tepelně technickým posouzením vybraných detailů a na základě lineárních a bodových činitelů prostupu tepla určit potřebu tepla přes otopné období u různých variant dvouplášťové ploché střechy.

Všechny předsevzaté úkoly se podařilo splnit. Návštěvy střech neukázaly žádné větší poruchy či problémy. Byly odebrány vzorky a zjištěny jejich hmotnostní vlhkosti, které nevykazovaly žádné potenciální problémy. Nebyly až na jednu výjimku (způsobena chybou provedení detailu) nalezeny žádné stopy po růstu plísní a hub. Z tohoto pohledu se zdají být dodatečně zateplené střechy bezpečné. Je ale otázka nakolik tyto návštěvy považovat za směrodatné. V případě střechy v Litoměřicích, kde je horní plášť zateplen se jedná o velmi spolehlivé řešení, které je dle [5] asi nejlepší možná varianta. Avšak v současné době je toto řešení velmi ojedinělé. Střecha v Plzni byla velmi atypická svým tvarem. Nakonec střecha v Hejnicích, která byla zateplena relativně nedávno, a bylo by zajímavé ji sledovat v dlouhodobějším horizontu, vzhledem k nedostatečné výšce větracích komínků a jejich možného zasněžení.

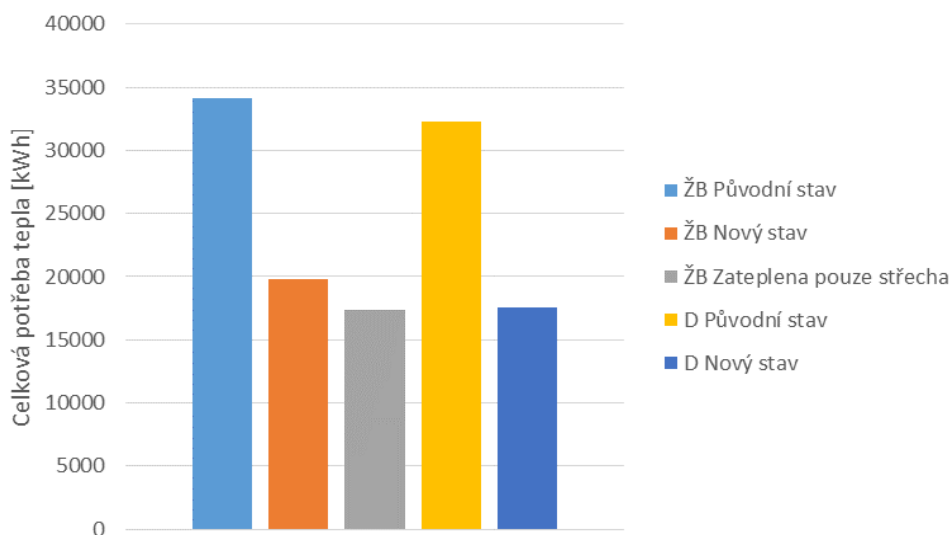
Ve výpočtové části se podařilo posoudit 5 variant stavů střechy pro přibližnou geometrii střechy v Litoměřicích.

Při posouzení plošných konstrukcí v původním stavu nebyly splněny současné požadavky na součinitel prostupu tepla, naproti tomu ostatní parametry včetně minimální vnitřní povrchové teploty vyhovují dnešním požadavkům. Po dodatečném zateplení splňují plošné konstrukce všechny požadavky současných norem.

U stacionárního posouzení provětrávané dutiny se potvrdilo, že po zateplení spodního pláště bez zateplení vrchního pláště je nutná vyšší intenzita výměny vzduchu u varianty s železobetonovým horním pláštěm, aby nebyla v prostoru dutiny překročena 90% relativní vlhkosti vzduchu. Po zateplení horního pláště tato potřeba odpadá. Nestacionární výpočtový model ukázal, že u žádné z variant nebyla překročena 90% relativní vlhkost vzduchu v dutině. V letním období klesá relativní vlhkost v dutině až pod úroveň 40%, to by znamenalo vysoký potenciál vlhkostní regenerace střech. Oba modely ukázaly velkou spolehlivost u varianty se zateplením horního pláště.

Tvorbou plošných a prostorových detailů byly posouzeny povrchové teploty a relativní vlhkosti. Zde se ukázal rozdíl oproti plošným konstrukcím v původním stavu, kdy žádný z typických detailů nesplnil dnešní požadavky na minimální povrchovou teplotu. Tudíž na těchto problémových místech může dojít ke kondenzaci vodních par. Po dodatečném zateplení u většiny problémových míst nedochází k poklesu vnitřní povrchové teploty pod požadovanou hodnotu.

Na základě plošných a prostorových modelů byly stanoveny lineární a bodové činitele prostupu tepla. Ukázalo se, že vliv tepelných mostů je větší při dodatečném zateplení. Tyto činitele prostupu tepla byly použity při variantním výpočtu potřeby tepla pro přibližnou geometrii střechy v Litoměřicích. Na základě porovnání potřeb, ale i dalších hledisek, se jeví jako nejvýhodnější varianta s horním dřevěným pláštěm, případně železobetonová pokud je doplněna zateplením horního pláště.



Graf 4.3-1: Graf porovnání potřeb tepla

Oblasti, kam by se mohla práce v této problematice ubírat, jsou následující. Zmapování a provedení dalších in-situ měření na dalších střechách. Tato měření by měla být provedena především v zimním období, kdy lze předpokládat nejvyšší hodnoty relativních vlhkostí v prostoru provětrávané dutiny. S tím souvisí případný odběr vzorků pro mikrobiologický laboratorní rozbor z důvodu ověření přítomnosti plísní. Další oblastí by mohlo být ekonomické porovnání přeměny dvouplášťové střechy na jednoplášťovou oproti dodatečnému zateplení spodního pláště metodou foukané izolace. Zde se nabízí i různé kombinace, zateplení spodního pláště metodou foukané izolace včetně nebo bez umístění tenké vrstvy tepelné izolace na horní plášť.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. *Ploché střechy*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-71-2.
- [2] CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. *Ploché střechy: praktický průvodce*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2916-9.
- [3] *Stavební ročenka 1986*. Praha: SNTL, 1986.
- [4] ŠTÍBAL, Martin. *Dodatečné zateplování dvouplášťových plochých střech*. Praha, 2013. Diplomová práce. ČVUT Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Kamil Staněk Ph.D.
- [5] KORTUS, Marek. *Tepelně-vlhkostní chování dvouplášťové střechy s dodatečným zateplením*. Praha, 2014. Diplomová práce. ČVUT Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Kamil Staněk Ph.D.
- [6] *Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích* [online]. Česká energetická agentura Vinohradská 8, 120 00 Praha 2: STÚ-E, 1999 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8129.pdf
- [7] *Panelové soustavy* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/katalogy/2-panelove-soustavy.html>
- [8] MACHATKA, Milan a Jiří ŠÁLA. *Snížení spotřeby tepla na vytápění obytných budov při zateplení neprůsvitných obvodových stěn* [online]. Brno, 2001 [cit. 2016-11-20]. ISBN 80-902689-2-7. Dostupné :https://www.tc.cz/files/istec_publications/snizeni-spotreby-tepla.pdf
- [9] ŠÁLA, Jiří a Milan MACHATKA. *Tepelné technické vady a poruchy panelových budov a jejich sanace* [online]. Praha/Brno, 2001 [cit. 2016-11-20]. ISBN 80-902689-7-8. Dostupné z: https://www.tc.cz/files/istec_publications/tepelne-technicke-vady-a-por-panel-domu.pdf
- [10] *WUFI® Tutorial 2014: Handling of typical constructions in WUFI* [online]. Fraunhofer, 2001 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: https://wufi.de/en/wp-content/uploads/sites/11/2014/09/Wufi1D_Handling_of_typical_constructions.pdf
- [11] BERANOVSKÝ, Jiří, Karel SRDEČNÝ a Petr VOGEL. *Pasivní panelák? A to myslíte vážně?*. Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2011. ISBN 978-80-87333-07-5.

[12] Návštěvy střech, rozhovory s projektanty, zástupci společnosti Ciur a.s., projektanty a zástupci realizačních firem

[13] URBÁNEK, Mojmír a Miroslav STRAKA. *Manuál dodatečného zateplování budov - 2 plášťové střechy PD*. Brandýs nad Labem, 2010.

[14] SVOBODA SOFTWARE, Teplo 2014 EDU, katalog materiálů

[15] HÁJEK, Petr. *Konstrukce pozemních staveb-cvičení: Montované konstrukční systémy*. Praha: ČVUT Fakulta stavební, 1987.

[16] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2012.

[17] ČSN 73 0540-4 *Tepelná ochrana budov: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2012.

[18] STANĚK, Kamil. Tepelněvlhkostní chování dvouplášťové ploché střechy panelového domu s dřevěným horním pláštěm po sanaci metodou foukané tepelné izolace. *Tepelná ochrana budov*. Praha, 2016, (3), 5-10.

[19] Kompletní regenerace panelových domů. *Enviweb* [online]. 2010 [cit. 2016-6-21]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/staveni/82317/kompletni-regenerace-panelovych-domu>

[20] Větrná růžice-Praha. *Meteoblue* [online]. 2010 [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/archive/windrose/praha_%C4%8Cesk%C3%A1-republika_3067696?daterange=2016-12-10+to+2016-12-17¶ms=32%3B10+m+above+gnd%3B31%3B10+m+above+gnd&polarunit=percent°ree_resolution=22.5&value_resolution=5&windspeedunit=METER_PER_SECOND

[21] Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem. *Tzbinfo* [online]. 2013 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9800-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-ii>

[22] PETŘÍČEK, Tomáš. *Dvouplášťové ploché střechy* [online]. In: . Brno: FAST VUT, 2011, s. 26-31 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: http://www.izolace.cz/data/school_materials/30_BH05-04-petricek-dvouplastove.pdf

[23] Cladosporium herbarum. *Miniatlas mikroorganismů* [online]. Brno [cit. 2016-12-22]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/cla.htm>

[24] SVOBODA, Zbyněk. *Návody pro práci s programem Comsol Multiphysics*. Praha.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1.2-1: PANELOVÝ OBJEKT TYPU VVÚ-ETA S VIDITELNÝMI VĚTRACÍMI OTVORY V OBLASTI ATIKOVÝCH PANELŮ ...10	10
OBRÁZEK 1.2-2: SEDLOVÝ TVAR, VARIANTA S PODOKAPOVÝMI ŽLABY A SE ZAATIKOVÝMI ŽLABY [2]	11
OBRÁZEK 1.2-3: PULTOVÝ A TZV. MOTÝLKOVÝ TVAR S MEZISTŘEŠNÍM ŽLABEM [2]	11
OBRÁZEK 1.2-4: SCHÉMA DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY [1].....	12
OBRÁZEK 1.2-5: ZNÁZORNĚNÍ PŘEVLÁDAJÍCÍCH VĚTRŮ V PRAZE VE VÝŠCE 10M [20].....	13
OBRÁZEK 1.3-1: PROVÁDĚNÍ OTVORŮ PRO NAFOUKÁNÍ IZOLANTU, APLIKACE IZOLANTU DO DUTINY [13]	15
OBRÁZEK 1.3-2: ŠPATNĚ NAVRŽENÁ DVOUPLÁŠŤOVÁ STŘECHA S KONDENZACÍ NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ [22] 15	15
OBRÁZEK 1.3-3: VLHKÉ MATERIÁLY A PRVNÍ STOPY RŮSTU PLÍSNÍ A HUB [22]	16
OBRÁZEK 1.3-4: SCHÉMA PŘEMĚNY DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY S PROVĚTRÁVANOU DUTINOU NA JEDNOPLÁŠŤOVOU S UZAVŘENOU VZDUCHOVOU DUTINOU	16
OBRÁZEK 1.3-5: DETAIL TEPELNÉ IZOLACE UMÍSTĚNÉ NA HORNÍM PLÁŠTI- STŘECHA Z IN-SITU MĚŘENÍ V LITOMĚŘICÍCH.....	17
OBRÁZEK 1.3-6: VIDITELNÉ ROZMÍSTĚNÍ VĚTRACÍCH KOMÍNKŮ- STŘECHA Z IN-SITU MĚŘENÍ HEJNICE	18
OBRÁZEK 1.4-1: DETAIL CLIMATIZERU PLUS V DUTINĚ DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	19
OBRÁZEK 1.4-2: PŘÍKLADY POUŽITÍ [13]	19
OBRÁZEK 1.5-1: SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU- VARIANTA S ŽELEZOBETONOVÝM HORNÍM PLÁŠTĚM	21
OBRÁZEK 1.5-2: SCHÉMA PODÉLNÉHO ŘEZU- VARIANTA S ŽELEZOBETONOVÝM HORNÍM PLÁŠTĚM	21
OBRÁZEK 1.5-3: SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU- VARIANTA S DŘEVĚNÝM HORNÍM PLÁŠTĚM.....	21
OBRÁZEK 1.5-4: SCHÉMA PODÉLNÉHO ŘEZU- VARIANTA S DŘEVĚNÝM HORNÍM PLÁŠTĚM.....	22
OBRÁZEK 1.5-5: SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU- KOMBINOVANÁ VARIANTA	22
OBRÁZEK 1.5-6: SCHÉMA PODÉLNÉHO ŘEZU- KOMBINOVANÁ VARIANTA	22
OBRÁZEK 2.1-1: OBJEKT PO REKONSTRUKCI FASÁDY	27
OBRÁZEK 2.1-2: POHLED NA STŘECHU.....	28
OBRÁZEK 2.1-3: ABSENCE KRYTU ODVĚTRÁVACÍHO KOMÍNKU	28
OBRÁZEK 2.1-4: UMĚLÁ HNÍZDIŠTĚ PRO CHRÁNĚNÉ RORÝSE RBEČNÉ.....	29
OBRÁZEK 2.1-5: UMĚLÁ HNÍZDIŠTĚ PRO CHRÁNĚNÉ RORÝSE OBECNĚ NA SOUSEDNÍM OBJEKTU	29
OBRÁZEK 2.1-6: SCHÉMA STŘECHY S VYZNAČENÍM POLOH SOND	30
OBRÁZEK 2.1-7: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ.....	33
OBRÁZEK 2.1-8: PROSTOR DUTINY U SONDY Č. 2 (U ATIKY) A SONDY Č. 1 (U VPUSTI)	33
OBRÁZEK 2.1-9: VZOREK MINERÁLNÍ PLSTI	33
OBRÁZEK 2.1-10: OBJEKT BYTOVÉHO DOMU	34
OBRÁZEK 2.1-11: POHLED NA STŘECHU	35
OBRÁZEK 2.1-12: SCHÉMA ODVĚTRÁVACÍHO KOMÍNKU	35
OBRÁZEK 2.1-13: ODVĚTRÁVACÍ KOMÍNEK VÝŠKY 260MM.....	36
OBRÁZEK 2.1-14: SCHÉMA STŘECHY S VYZNAČENÍM POLOH SOND	36
OBRÁZEK 2.1-15: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ.....	38
OBRÁZEK 2.1-16: PROSTOR PROVĚTRÁVANÉ DUTINY SONDA Č. 2 (POHLED OD ATIKY A NA ATIKU).....	38
OBRÁZEK 2.1-17: PŮVODNÍ MINERÁLNÍ IZOLACE	39
OBRÁZEK 2.1-18: POHLED NA ATIKOVÉ PANELE S VĚTRACÍMI OTVORY A POHLED NA VĚTRACÍ OTVOR.....	39
OBRÁZEK 2.1-19: DETAIL KRYTKY ATIKOVÉHO OTVORU.....	39
OBRÁZEK 2.1-20: OBJEKT 1- ŠKOLNÍ JÍDELNA	40
OBRÁZEK 2.1-21: POHLED NA STŘECHU ŠKOLNÍ JÍDELNY	41
OBRÁZEK 2.1-22: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ.....	42
OBRÁZEK 2.1-23: PROSTOR PROVĚTRÁVANÉ DUTINY U SONDY Č. 1 (U PILÍŘE)	43
OBRÁZEK 2.1-24: DETAIL PATY PILÍŘE U SONDY Č. 1.....	43
OBRÁZEK 2.1-25: DETAIL PODKLADNÍ FOŠNY UMÍSTĚNÉ NA PILÍŘI U SONDY Č. 1	44
OBRÁZEK 2.1-26: SNÍMEK Z MIKROSKOPU- PLÍSEŇ <i>CLADOSPORIUM HERBARUM</i> NA PODKLADNÍ FOŠNĚ UMÍSTĚNÉ NA PILÍŘI	44
OBRÁZEK 2.1-27: PRACOVNÍ PULT S DIGESTOŘÍ VE SPECIALIZOVANÉ LABORATOŘI FAKULTY STAVEBNÍ.....	45
OBRÁZEK 2.1-28: OBJEKT 2- TĚLOCVIČNA	46
OBRÁZEK 2.1-29: POHLED NA STŘECHU TĚLOCVIČNY	47
OBRÁZEK 2.1-30: SCHÉMA STŘECHY S VYZNAČENÍM POLOH SOND- PAVILÓN JÍDELNY	48
OBRÁZEK 2.1-31: SCHÉMA STŘECHY S VYZNAČENÍM POLOH SOND- PAVILÓN TĚLOCVIČNY	48
OBRÁZEK 2.1-32: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ.....	50
OBRÁZEK 2.1-33: DŘEVĚNÁ PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE	50
OBRÁZEK 2.1-34: DETAIL ULOŽENÍ SLOUPKU NA DŘEVĚNÁ PRÁH, JENŽ JE ZAKRYT TEPELNOU IZOLACÍ	51
OBRÁZEK 2.1-35: V POZADÍ STŘEŠNÍ NÁSTAVBA, V POPŘEDÍ VIDITELNÉ STOPY OD PŘÍTOMNOSTI KUNY LESNÍ	52
OBRÁZEK 2.1-36: ZNEHODNOCENÍ DODATEČNĚ NAFOUKANÉHO IZOLANTU KUNOU LESNÍ	52
OBRÁZEK 3.2-1: SKLADBA SPODNÍHO PLÁŠTĚ DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	56
OBRÁZEK 3.2-2: SKLADBA OBVODOVÉHO STĚNOVÉHO PANELU TLOUŠŤKY 240MM.....	57
OBRÁZEK 3.2-3: SCHÉMA DETAILU NÁROŽÍ.....	65
OBRÁZEK 3.2-4: DETAIL ATIKY OBVODOVÉ STĚNY [15]	66
OBRÁZEK 3.2-5: PRŮBĚH TEPLŮT U ATIKY (PS)	66
OBRÁZEK 3.2-6: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ U ATIKY (PS)	67
OBRÁZEK 3.2-7: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ U ATIKY (PS).....	67
OBRÁZEK 3.2-8: DETAIL PŮDORYSU NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (PS) [15]	68

OBRÁZEK 3.2-9: PRŮBĚH TEPLOT DETAILU NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (PS)	68
OBRÁZEK 3.2-10: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ DETAILU NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (PS)	69
OBRÁZEK 3.2-11: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ DETAILU NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (PS)	69
OBRÁZEK 3.2-12: PRŮBĚH TEPLOT [°C] DETAILU NÁROŽÍ (PS)	70
OBRÁZEK 3.2-13: PRŮBĚHY TEPLOT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (PS)	70
OBRÁZEK 3.2-14: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PROVĚTRÁVANÉ DUTINĚ DETAILU NÁROŽÍ (PS)	71
OBRÁZEK 3.2-15: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNĚJŠÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (PS)	71
OBRÁZEK 3.2-16: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU NÁROŽÍ (PS)	72
OBRÁZEK 3.2-17: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (PS)	72
OBRÁZEK 3.2-18: SCHÉMA DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	73
OBRÁZEK 3.2-19: DETAIL ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS) [15]	74
OBRÁZEK 3.2-20: PRŮBĚH TEPLOT DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	74
OBRÁZEK 3.2-21: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	75
OBRÁZEK 3.2-22: ROZLOŽENÍ HUSTOTY TEPELNÝCH TOKŮ DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	75
OBRÁZEK 3.2-23: PRŮBĚH TEPLOT [°C] DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	76
OBRÁZEK 3.2-24: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	76
OBRÁZEK 3.2-25: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PROVĚTRÁVANÉ DUTINĚ DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	77
OBRÁZEK 3.2-26: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	77
OBRÁZEK 3.2-27: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (PS)	78
OBRÁZEK 3.2-28: SCHÉMA DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (PS)	78
OBRÁZEK 3.2-29: DETAIL KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU- ŘEZ (PS) [15]	79
OBRÁZEK 3.2-30: DETAIL KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU- PŮDORYS (PS) [15]	79
OBRÁZEK 3.2-31: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (PS)	80
OBRÁZEK 3.2-32: PRŮBĚH TEPLOT [°C] PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (PS)	80
OBRÁZEK 3.2-33: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (PS)	81
OBRÁZEK 3.2-34: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (PS)	81
OBRÁZEK 3.2-35: SCHÉMA DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (PS)	82
OBRÁZEK 3.2-36: PRŮBĚH TEPLOT [°C] DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (PS)	83
OBRÁZEK 3.2-37: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (PS)	83
OBRÁZEK 3.2-38: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (PS)	84
OBRÁZEK 3.2-39: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (PS)	84
OBRÁZEK 3.2-40: SCHÉMA DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	85
OBRÁZEK 3.2-41: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	86
OBRÁZEK 3.2-42: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	86
OBRÁZEK 3.2-43: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	87
OBRÁZEK 3.2-44: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	87
OBRÁZEK 3.2-45: PRŮBĚH TEPLOT [°C] DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	88
OBRÁZEK 3.2-46: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	89
OBRÁZEK 3.2-47: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	89
OBRÁZEK 3.2-48: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (PS)	90
OBRÁZEK 3.3-1: SKLADBA SPODNÍHO PLÁŠTĚ DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY PO ZATEPLENÍ	93
OBRÁZEK 3.3-2: SKLADBA OBVODOVÉHO STĚNOVÉHO PANELU PO ZATEPLENÍ	95
OBRÁZEK 3.3-3: SCHÉMA DETAILU NÁROŽÍ (NS)	107
OBRÁZEK 3.3-4: DETAIL ATIKY OBVODOVÉ STĚNY (NS)	108
OBRÁZEK 3.3-5: PRŮBĚH TEPLOT U ATIKY (NS)	108
OBRÁZEK 3.3-6: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ U ATIKY (NS)	109
OBRÁZEK 3.3-7: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ U ATIKY (NS)	109
OBRÁZEK 3.3-8: DETAIL NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (NS)	110
OBRÁZEK 3.3-9: PRŮBĚH TEPLOT V NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (NS)	110
OBRÁZEK 3.3-10: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ V NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (NS)	111
OBRÁZEK 3.3-11: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ V NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ (NS)	111
OBRÁZEK 3.3-12: PRŮBĚH TEPLOT [°C] DETAILU NÁROŽÍ (NS)	112
OBRÁZEK 3.3-13: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (NS)	112
OBRÁZEK 3.3-14: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU NÁROŽÍ (NS)	113
OBRÁZEK 3.3-15: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNĚJŠÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (NS)	113
OBRÁZEK 3.3-16: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU NÁROŽÍ (NS)	114
OBRÁZEK 3.3-17: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (NS)	114
OBRÁZEK 3.3-18: SCHÉMA DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	115
OBRÁZEK 3.3-19: DETAIL ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU PO DODATEČNÉM ZATEPLENÍ (NS)	115
OBRÁZEK 3.3-20: PRŮBĚH TEPLOT DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	116
OBRÁZEK 3.3-21: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	116
OBRÁZEK 3.3-22: ROZLOŽENÍ HUSTOTY TEPELNÝCH TOKŮ DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	117
OBRÁZEK 3.3-23: PRŮBĚH TEPLOT [°C] DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	118
OBRÁZEK 3.3-24: PRŮBĚH TEPLOT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	118
OBRÁZEK 3.3-25: PRŮBĚH TEPLOT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU	

(NS).....	119
OBRÁZEK 3.3-26:ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS).....	119
OBRÁZEK 3.3-27: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (NS)	120
OBRÁZEK 3.3-28: SCHÉMA DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (NS)	121
OBRÁZEK 3.3-29: DETAIL KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (NS)	121
OBRÁZEK 3.3-30: PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (NS)	122
OBRÁZEK 3.3-31: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (NS)	122
OBRÁZEK 3.3-32: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (NS).....	123
OBRÁZEK 3.3-33: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (NS).....	123
OBRÁZEK 3.3-34: SCHÉMA DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU	124
OBRÁZEK 3.3-35: PRŮBĚH TEPLIT [°C] DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (NS)	125
OBRÁZEK 3.3-36: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (NS)	125
OBRÁZEK 3.3-37: : ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (NS).....	126
OBRÁZEK 3.3-38: : ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU (NS).....	126
OBRÁZEK 3.3-39: SCHÉMA DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY	127
OBRÁZEK 3.3-40: : PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (NS)	128
OBRÁZEK 3.3-41: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (NS).....	128
OBRÁZEK 3.3-42: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU ZDĚNÉ NÁSTAVBY (NS)	129
OBRÁZEK 3.3-43: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY	129
OBRÁZEK 3.3-44: PRŮBĚH TEPLIT [°C] DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (NS).....	130
OBRÁZEK 3.3-45: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (NS).....	131
OBRÁZEK 3.3-46: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (NS)	131
OBRÁZEK 3.3-47: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY (NS)	132
OBRÁZEK 3.4-1: SCHÉMA DETAILU NÁROŽÍ (S)	135
OBRÁZEK 3.4-2: DETAIL ATIKY OBVODOVÉHO STĚNOVÉHO PANELU PO ZATEPLENÍ STŘECHY (S)	136
OBRÁZEK 3.4-3: PRŮBĚH TEPLIT U ATIKY (S).....	136
OBRÁZEK 3.4-4: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ U ATIKY (S)	137
OBRÁZEK 3.4-5: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ U ATIKY (S).....	137
OBRÁZEK 3.4-6: PRŮBĚH TEPLIT [°C] DETAILU NÁROŽÍ (S)	138
OBRÁZEK 3.4-7: PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (S)	139
OBRÁZEK 3.4-8: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU NÁROŽÍ (S)	139
OBRÁZEK 3.4-9: : PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNĚJŠÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (S).....	140
OBRÁZEK 3.4-10: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU NÁROŽÍ (S)	140
OBRÁZEK 3.4-11: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU NÁROŽÍ (S).....	141
OBRÁZEK 3.4-12: SCHÉMA DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (S)	142
OBRÁZEK 3.4-13: PRŮBĚH TEPLIT [°C] DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (S)	142
OBRÁZEK 3.4-14: PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (S)	143
OBRÁZEK 3.4-15: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (S)	143
OBRÁZEK 3.4-16: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (S).....	144
OBRÁZEK 3.4-17: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU STYKU ATIKY A SPÁDOVÉHO KLÍNU (S)	144
OBRÁZEK 3.4-18: SCHÉMA DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (S)	145
OBRÁZEK 3.4-19: DETAIL KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU SE ZATEPLENÍM SPODNÍHO PLÁŠTĚ (S)	145
OBRÁZEK 3.4-20: PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (S)	146
OBRÁZEK 3.4-21: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (S)	146
OBRÁZEK 3.4-22: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (S).....	147
OBRÁZEK 3.4-23: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ [%] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU (S)	147
OBRÁZEK 3.5-1: DETAIL ULOŽENÍ VAZNIC NA SLOUPKY [4].....	153
OBRÁZEK 3.5-2: DETAIL ULOŽENÍ VAZNICE NA ATIKOVÝ PANEL [4]	153
OBRÁZEK 3.5-3: PRŮBĚH TEPLIT U ATIKY	154
OBRÁZEK 3.5-4: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ U ATIKY.....	154
OBRÁZEK 3.5-5: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ U ATIKY	155
OBRÁZEK 3.5-6: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	156
OBRÁZEK 3.5-7: PRŮBĚH TEPLIT U DŘEVĚNÉHO PRAHU	156
OBRÁZEK 3.5-8: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ U DŘEVĚNÉHO PRAHU	157
OBRÁZEK 3.5-9: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ U DŘEVĚNÉHO PRAHU	157
OBRÁZEK 3.5-10: PRŮBĚH TEPLIT [°C] NA VNITŘNÍM POVRCHU DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	158
OBRÁZEK 3.5-11: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	158
OBRÁZEK 3.5-12: PRŮBĚH TEPLIT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	159
OBRÁZEK 3.6-1: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	164

OBRÁZEK 3.6-2: PRŮBĚH TEPLŮT U DŘEVĚNÉHO PRAHU	164
OBRÁZEK 3.6-3: ROZLOŽENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ U DŘEVĚNÉHO PRAHU	165
OBRÁZEK 3.6-4: ROZLOŽENÍ HUSTOT TEPELNÝCH TOKŮ U DŘEVĚNÉHO PRAHU	165
OBRÁZEK 3.6-5: PRŮBĚH TEPLŮT [°C] V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	166
OBRÁZEK 3.6-6: PRŮBĚH TEPLŮT [°C] V PŘÍČNÉM ŘEZU DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU ULOŽENÉHO NA DŘEVĚNÉM PRAHU	166

Seznam tabulek

TABULKA 1.4-1: TABULKA VLASTNOSTÍ MATERIÁLU CLIMATIZER PLUS PŘEVZATÁ OD VÝROBCE [13]	20
TABULKA 1.6-1: PŘEHLED POŽADOVANÝCH TEPELNÝCH ODPORŮ V OBDOBÍ DO ROKU 1949	24
TABULKA 1.6-2: PŘEHLED POŽADOVANÝCH TEPELNÝCH ODPORŮ V OBDOBÍ 1962-1964	25
TABULKA 1.6-3: PŘEHLED POŽADOVANÝCH TEPELNÝCH ODPORŮ V OBDOBÍ 1964-1979	25
TABULKA 1.6-4: PŘEHLED POŽADOVANÝCH TEPELNÝCH ODPORŮ V OBDOBÍ 1979-1992	26
TABULKA 1.6-5: PŘEHLED POŽADOVANÝCH TEPELNÝCH ODPORŮ V SOUČASNOSTI	26
TABULKA 2.1-1: HMTNOSTNÍ VLHKOSTI ODEBRANÝCH VZORKŮ	32
TABULKA 2.1-2: HMTNOSTNÍ VLHKOSTI ODEBRANÝCH VZORKŮ	38
TABULKA 2.1-3: HMTNOSTNÍ VLHKOSTI ODEBRANÝCH VZORKŮ	48
TABULKA 2.1-4: HMTNOSTNÍ VLHKOSTI DŘEVĚNÝCH PRVKŮ PŘI MĚŘENÍ HROTOVÝM VLHKOMĚREM	49
TABULKA 3.1-1: PŘEHLED MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK	55
TABULKA 3.1-2: PŘEHLED OKRAJOVÝCH PODMÍNEK VÝPOČTU	55
TABULKA 3.1-3: PŘEHLED TEPELNÝCH ODPORŮ PŘI PŘESTUPU TEPLA	55
TABULKA 3.2-1: PŘEHLED POSOUZENÍ PLOŠNÝCH KONSTRUKCÍ- PŮVODNÍ STAV	59
TABULKA 3.2-2: PŘEHLED POSOUZENÍ PLOŠNÝCH KONSTRUKCÍ- PŮVODNÍ STAV	60
TABULKA 3.2-3: PŘEHLED HMTNOSTNÍCH VLHKOSTÍ BĚHEM VÝPOČTU	63
TABULKA 3.2-4: LINIOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA	90
TABULKA 3.2-5: BODOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA	91
TABULKA 3.3-1: PŘEHLED POSOUZENÍ PLOŠNÝCH KONSTRUKCÍ- NOVÝ STAV	96
TABULKA 3.3-2: PŘEHLED POSOUZENÍ PLOŠNÝCH KONSTRUKCÍ- NOVÝ STAV	97
TABULKA 3.3-3: MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ S VLIVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	102
TABULKA 3.3-4: MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ BEZ VLIVU DLOUHOVLNNÉHO A KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	104
TABULKA 3.3-5: MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI - SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS S VLIVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	106
TABULKA 3.3-6: LINIOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA (NS)	132
TABULKA 3.3-7: BODOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA (NS)	133
TABULKA 3.4-1: LINIOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA (S)	148
TABULKA 3.4-2: BODOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA (S)	148
TABULKA 3.5-1: LINIOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA	159
TABULKA 3.5-2: BODOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA	160
TABULKA 3.6-1: LINIOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA	167
TABULKA 3.6-2: BODOVÉ ČINITELE PROSTUPU TEPLA	167
TABULKA 4.1-1: POROVNÁNÍ ZÁKLADNÍCH TEPELNĚTECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ STŘEŠNÍCH PLÁŠŤŮ PŘED A PO DODATEČNÉM ZATEPLENÍ	170
TABULKA 4.2-1: POROVNÁNÍ MINIMÁLNÍCH A MAXIMÁLNÍCH TEPLŮT NA VNITŘNÍM POVRCHU	173
TABULKA 4.2-2: POROVNÁNÍ LINIOVÝCH ČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	173
TABULKA 4.2-3: POROVNÁNÍ BODOVÝCH ČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	174
TABULKA 4.3-1: POROVNÁNÍ POTŘEB TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	175
TABULKA 4.3-2: POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÝCH SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	176

Seznam grafů

GRAF 2.1-1: PRŮBĚH RELATIVNÍ VLHKOSTI BĚHEM MĚŘENÍ	30
GRAF 2.1-2: PRŮBĚH TEPLŮT BĚHEM MĚŘENÍ	31
GRAF 2.1-3: SORPČNÍ KŘIVKA CLIMATIZERU PLUS, PŘEVZATO Z PUBLIKACE [4]	32
GRAF 2.1-4: PRŮBĚH RELATIVNÍ VLHKOSTI BĚHEM MĚŘENÍ	37
GRAF 2.1-5: PRŮBĚH TEPLŮT BĚHEM MĚŘENÍ	37
GRAF 3.2-1: ROZLOŽENÍ TLAKŮ VODNÍ PÁRY VE SPODNÍM PLÁŠTI DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	56
GRAF 3.2-2: PRŮBĚH TEPLŮT VE SPODNÍM PLÁŠTI DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	57
GRAF 3.2-3: ROZLOŽENÍ TLAKŮ VODNÍCH PAR V OBVODOVÉM STĚNOVÉM PANELU	58
GRAF 3.2-4: AKUMULOVANÉ MNOŽSTVÍ ZKONDENZOVANÉ VLHKOSTI V OBVODOVÉM STĚNOVÉM PANELU	58
GRAF 3.2-5: PRŮBĚHY TEPLŮT V OBVODOVÉM STĚNOVÉM PANELU	59
GRAF 3.2-6: PRŮMĚRNÉ HODINOVÉ RYCHLOSTI VĚTRU ZA ROK 2010 ČHMU PRAHA- KARLOV	60
GRAF 3.2-7: ÚSEK 1 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY	61

GRAF 3.2-8: ÚSEK 2 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY	61
GRAF 3.2-9: CELKOVÉ MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	62
GRAF 3.2-10: PRŮBĚH RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM.....	63
GRAF 3.2-11: PRŮBĚH TEPLOT NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM	63
GRAF 3.2-12: PRŮBĚHY TEPLOT A RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ V KONSTRUKCI PLOCHÉ STŘECHY BĚHEM MODELOVÉHO ROKU.....	64
GRAF 3.3-1: ROZLOŽENÍ TLAKŮ VODNÍ PÁRY VE SPODNÍM PLÁŠTI- NOVÝ STAV	94
GRAF 3.3-2: ROZLOŽENÍ TEPLOT VE SPODNÍM PLÁŠTI- NOVÝ STAV.....	94
GRAF 3.3-3: ROZLOŽENÍ TLAKŮ VODNÍ PÁRY V OBVODOVÉM STĚNOVÉM PANELU- NOVÝ STAV.....	95
GRAF 3.3-4: PRŮBĚH TEPLOT V OBVODOVÉM STĚNOVÉM PANELU- NOVÝ STAV	96
GRAF 3.3-5: ÚSEK 1 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ.....	97
GRAF 3.3-6: ÚSEK 2 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ.....	98
GRAF 3.3-7: ÚSEK 1 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ.....	99
GRAF 3.3-8: ÚSEK 2 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ.....	99
GRAF 3.3-9: ÚSEK 1 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS	100
GRAF 3.3-10: ÚSEK 2 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS	100
GRAF 3.3-11: CELKOVÉ MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ.....	101
GRAF 3.3-12: PRŮBĚH RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ.....	102
GRAF 3.3-13: PRŮBĚH TEPLOT NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	102
GRAF 3.3-14: CELKOVÉ MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ BEZ VLIVU DLOUHOVLNNÉHO A KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	103
GRAF 3.3-15: PRŮBĚH RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ BEZ VLIVU DLOUHOVLNNÉHO A KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	103
GRAF 3.3-16: PRŮBĚH TEPLOT NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM- BEZ ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ BEZ VLIVU DLOUHOVLNNÉHO A KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	104
GRAF 3.3-17: CELKOVÉ MNOŽSTVÍ VODY V KONSTRUKCI DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY- SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	105
GRAF 3.3-18: PRŮBĚH RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM- SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	105
GRAF 3.3-19: PRŮBĚH TEPLOT NA SPODNÍM POVRCHU HORNÍHO PLÁŠTĚ V POROVNÁNÍ S EXTERIÉREM- SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	105
GRAF 3.3-20: HMOTNOSTNÍ VLHKOST V DODATEČNĚ NAFŮKANÉ TEPELNÉ IZOLACI CLIMATIZER PLUS	106
GRAF 3.3-21: PRŮBĚHY TEPLOT A RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ DVOUPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY V CELOROČNÍ SIMULACI- SE ZATEPLENÍM HORNÍHO PLÁŠTĚ 40MM EPS S VLVEM DEŠTĚ, DLOUHOVLNNÉHO I KRÁTKOVLNNÉHO ZÁŘENÍ	106
GRAF 3.5-1: ÚSEK 1 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY PŮVODNÍ STAV	151
GRAF 3.5-2: ÚSEK 2 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY PŮVODNÍ STAV	152
GRAF 3.6-1: ÚSEK 1 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY NOVÝ STAV	163
GRAF 3.6-2: ÚSEK 2 V PROSTORU PROVĚTRÁVANÉ DUTINY NOVÝ STAV	163
GRAF 4.3-1: POROVNÁNÍ CELKOVÝCH MĚRNÝCH TEPELNÝCH TOKŮ	176
GRAF 4.3-1: GRAF POROVNÁNÍ POTŘEB TEPLA	178

Seznam příloh

Výkresová část:

Příloha 1: Schéma střechy Litoměřice

Příloha 2: Schéma střechy Hejnice

Příloha 3: Schéma střechy Plzeň- pavilon jídelna

Příloha 4: Schéma střechy Plzeň- pavilon tělocvična

Příloha 5: Schéma detailu atiky původní stav (1:10)

Příloha 6: Schéma detailu uložení spádového klínu původní a nový stav (1:10)

Příloha 7: Schéma detailu nároží stěnových panelů původní a nový stav (1:10)

Příloha 8: Schéma detailu atiky po zateplení spodního pláště (1:10)

Příloha 9: Schéma detailu atiky nový stav (1:10)

Příloha 10: Schéma detailu kotvení atikového panelu původní stav (1:10)

Příloha 11: Schéma detailu kotvení atikového panelu nový stav a zateplena pouze střecha (1:10)

Příloha 12: Schéma detailu štítové atiky původní stav (1:10)

Příloha 13: Schéma detailu štítové atiky nový stav (1:10)

Příloha 14: Schéma detailu výlezu na střechu původní stav (1:10)

Příloha 15: Schéma detailu výlezu na střechu nový stav (1:10)

Příloha 16: Schéma detailu dřevěné nástavby původní stav (1:10)

Příloha 17: Schéma detailu dřevěné nástavby nový stav (1:10)

Příloha 18: Schéma detailu atiky- dřevěná varianta PS (1:10)

Příloha 19: Schéma detailu atiky- dřevěná varianta NS (1:10)

Příloha 20: Schéma detailu dřevěného sloupku na dřevěném prahu původní stav (1:10)

Příloha 21: Schéma detailu dřevěného sloupku na dřevěném prahu nový stav (1:10)

Příloha 22: Výpočet tepelné vodivostipůvodních tepelných izolací

Příloha 22: Výpočet tepelné vodivosti původních tepelných izolací

Určení tepelné vodivosti polystyrenu v obvodovém panelu tl. 240 mm

Minimální hodnota tepelného odporu dle normy platné při realizaci objektu.

$$R_{pož} = 0.95 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad [9]$$

Rozmezi hodnot tepelného odporu s jakým se lze setkat u realizovaných skladeb v této době.

Zahrnuje vliv technologické kázně a tepelných mostů.

$$R_{celk} = 0.98 - 1.42 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad [9]$$

Konstrukce	Tloušťka	Tepelná vodivost	Tepelný odpor
	d	λ	R
	[m]	[W/m*K]	[m ² K/W]
ŽB stěny	0.16	1.58	0.10
R _{se}			0.04
R _{si}			0.13
Celkové R _{ost}			0.27

$$R_{iz} = R_{celk} - R_{ost} = 0.71 - 1.15 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Brána střední hodnota R_{iz}

$$\lambda_{iz} = d/R = 0.091 \text{ [W/m*K]}$$

Určení tepelné vodivosti minerální plsti uložené na stropním panelu

Minimální hodnota tepelného odporu dle normy platné při realizaci objektu.

$$R_{pož} = 2 - 2.5^* \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad [9]$$

* Záleží na umístění objektu v klimatických oblastech, Posuzovaný obklet leží v I. Oblasti.

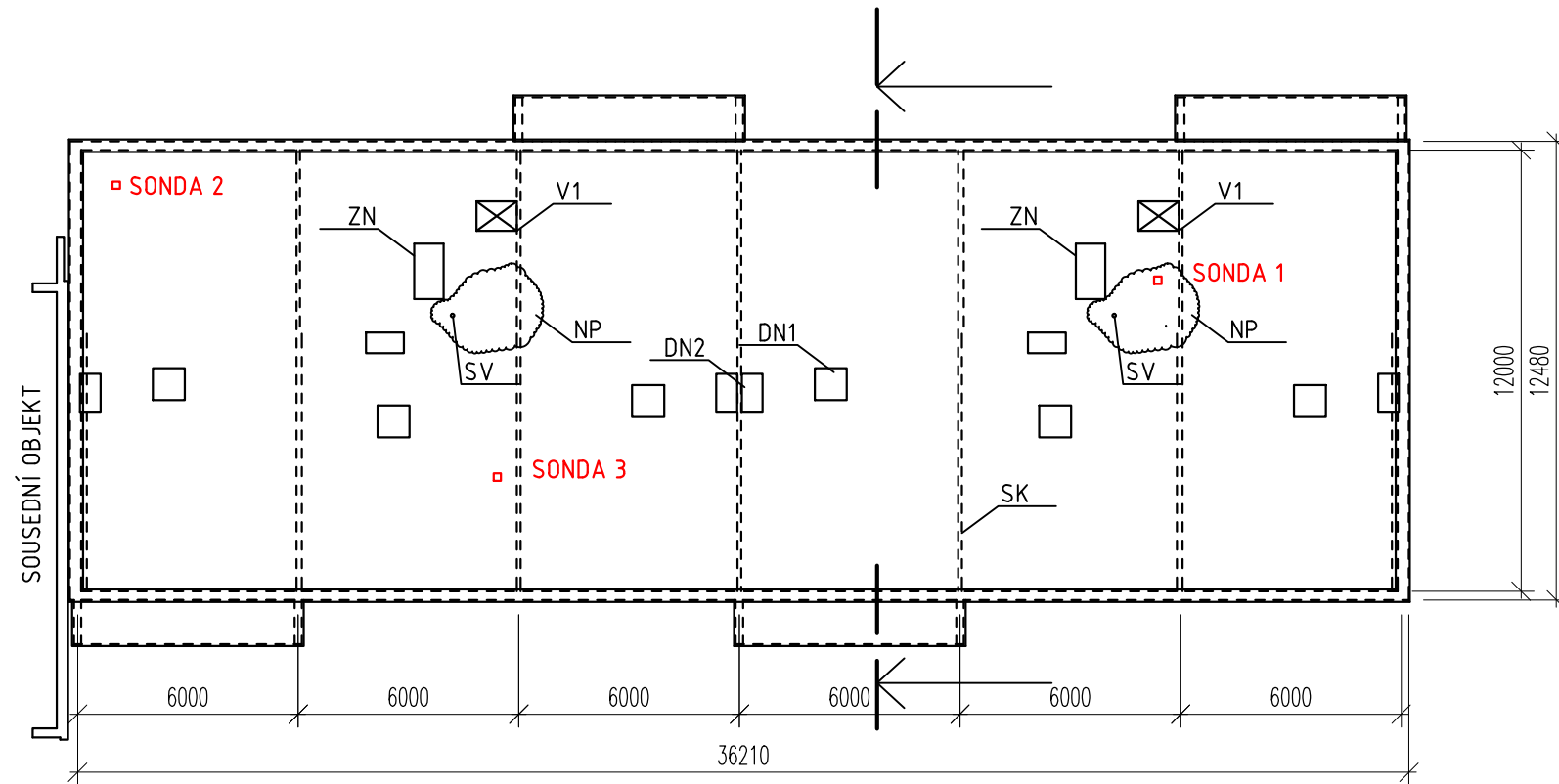
$$R_{pož} = 2 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad [9]$$

Konstrukce	Tloušťka	Tepelná vodivost	Tepelný odpor
	d	λ	R
	[m]	[W/m*K]	[m ² K/W]
Dutinový panel	0.19	1.2	0.16
R _{se}			0.1
R _{si}			0.13
Celkové R _{ost} ostatních klí			0.39

$$R_{iz} = R_{celk} - R_{ost} = 1.61 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$\lambda_{iz} = d/R = 0.074 \text{ [W/m*K]}$$

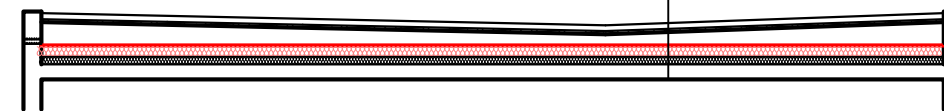
PŮDORYS STŘECHY 1:200



LEGENDA:

- DN1 DŘEVĚNÁ NÁSTAVBA 870x870mm
- DN2 DŘEVĚNÁ NÁSTAVBA 1030x570mm
- ZN ZDĚNÁ NÁSTAVBA
- V1 VÝLEZ NA STŘECHU
- SK SPÁDOVÝ KLÍN
- NP NEZATEPLENÝ PROSTOR DODATEČNOU IZOLACÍ
- SV STŘEŠNÍ VPUST

PŘÍČNÝ ŘEZ STŘECHY 1:100



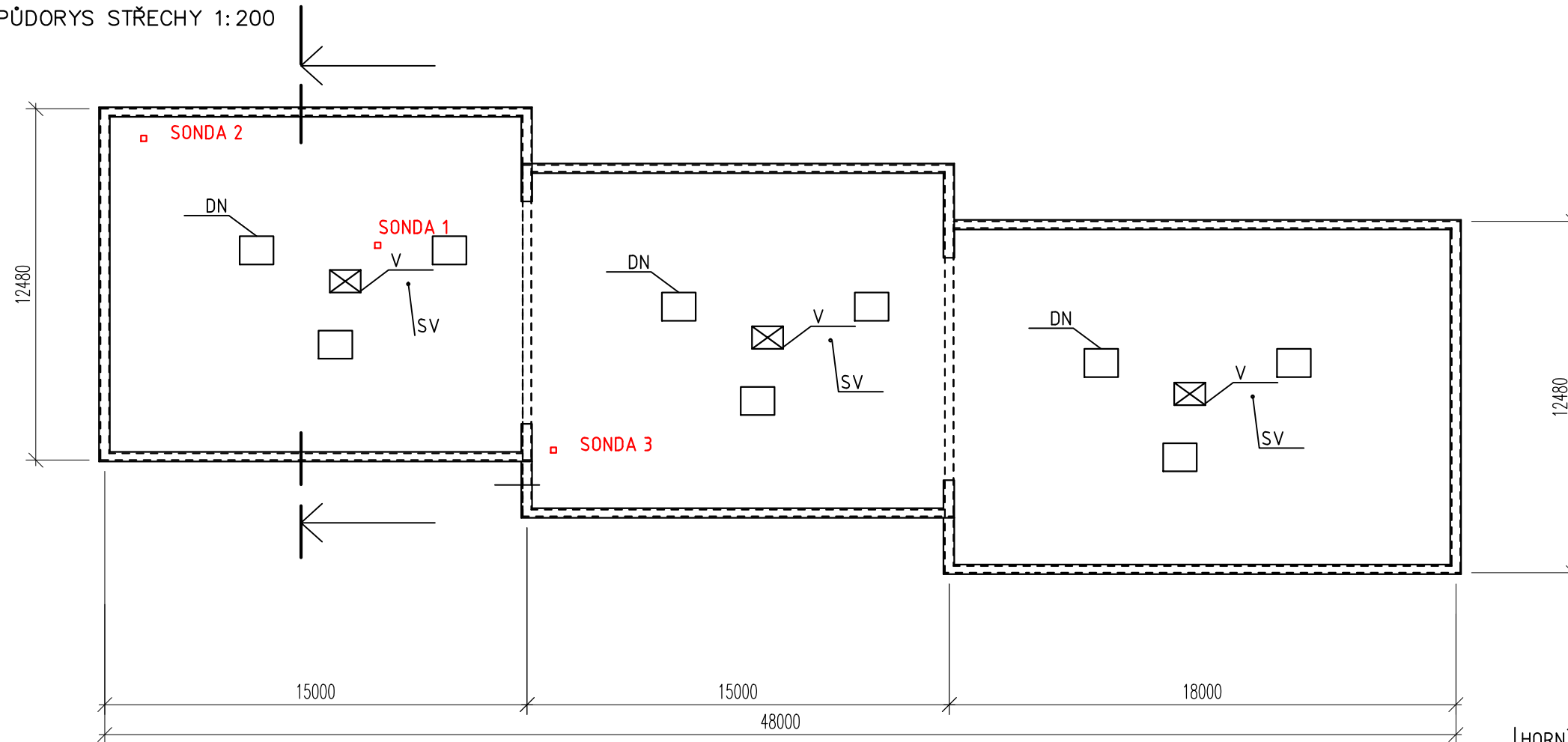
HORNÍ PLÁŠŤ

- PVC HYDROIZOLACE TL. 2mm
- EPS TL. 80mm
- ASFALTOVÁ HYDROIZOLACE TL. 20mm
- PREFABRIKOVANÝ ŽB SKOŘEPINOVÝ PANEL TL. 40mm
- PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 150-300mm

SPODNÍ PLÁŠŤ

- DODATEČNÁ TEP. IZOLACE CLIMATIZER PLUS TL. 150mm
- TEPELNÁ IZOLACE MINERÁLNÍ PLSŤ TL. 100mm
- ŽB DUTINOVÝ PANEL TL. 190mm
- VNITŘNÍ OMÍTKA TL. 10mm

PŮDORYS STŘECHY 1:200



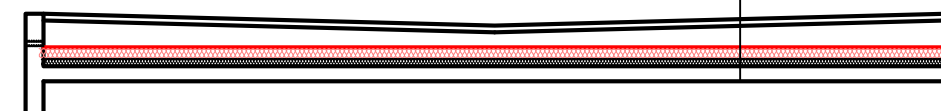
LEGENDA:

DN DŘEVĚNÁ NÁSTAVBA

V VÝLEZ NA STŘECHU

SV STŘEŠNÍ VPUST

PŘÍČNÝ ŘEZ STŘECHY 1:100



HORNÍ PLÁŠŤ

-ASFALTOVÁ HYDROIZOLACE TL. 20mm

-PREFABRIKOVANÝ ŽB SKOŘEPINOVÝ PANEL TL. 100mm

-PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 200-360mm

SPODNÍ PLÁŠŤ

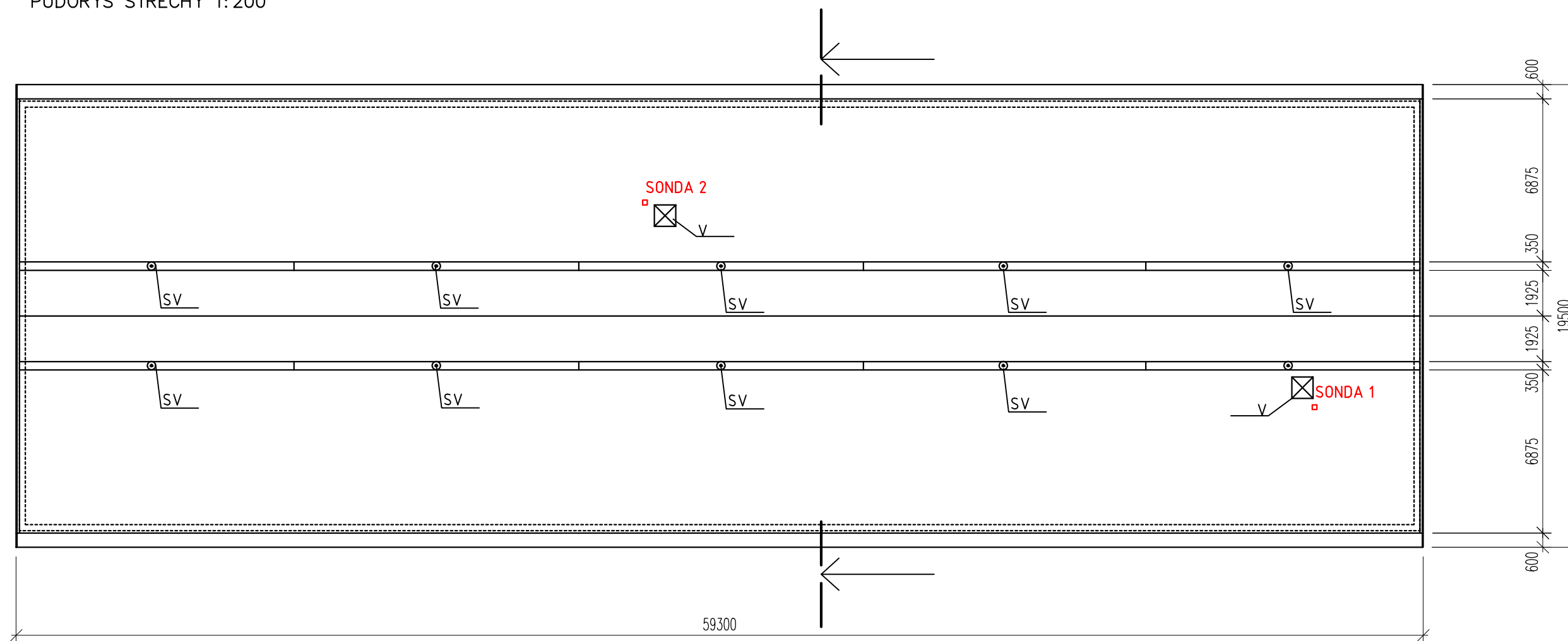
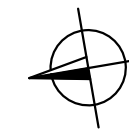
-DODATEČNÁ TEP. IZOLACE CLIMATIZER PLUS TL. 140-180mm

-TEPELNÁ IZOLACE MINERÁLNÍ PLSŤ TL. 100mm

-ŽB DUTINOVÝ PANEL TL. 190mm

-VNITŘNÍ OMÍTKA TL. 10mm

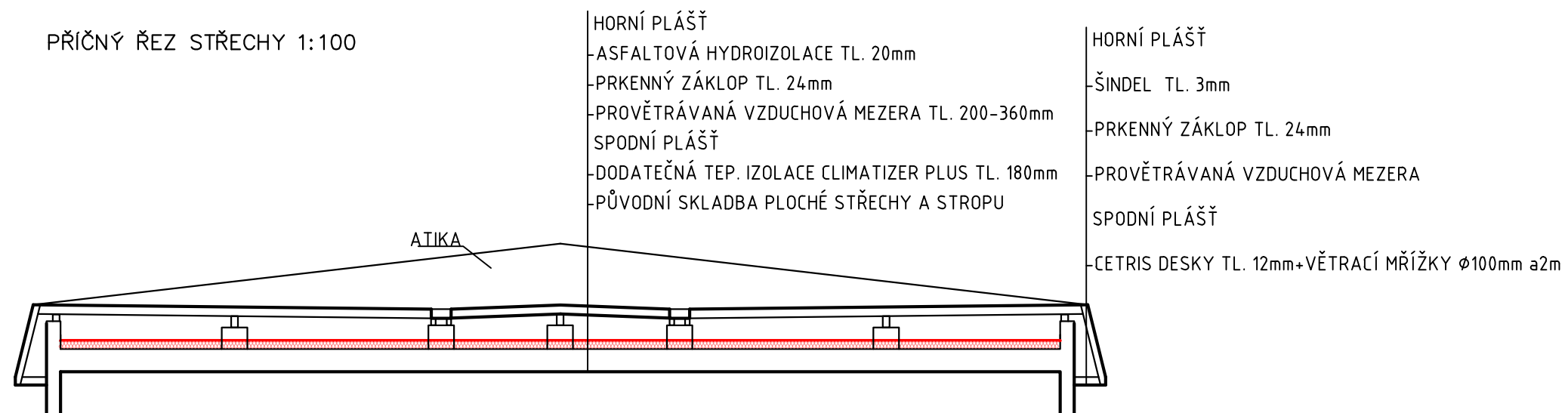
PŘÍLOHA 2: SCHÉMA STŘECHY V HEJNICÍCH

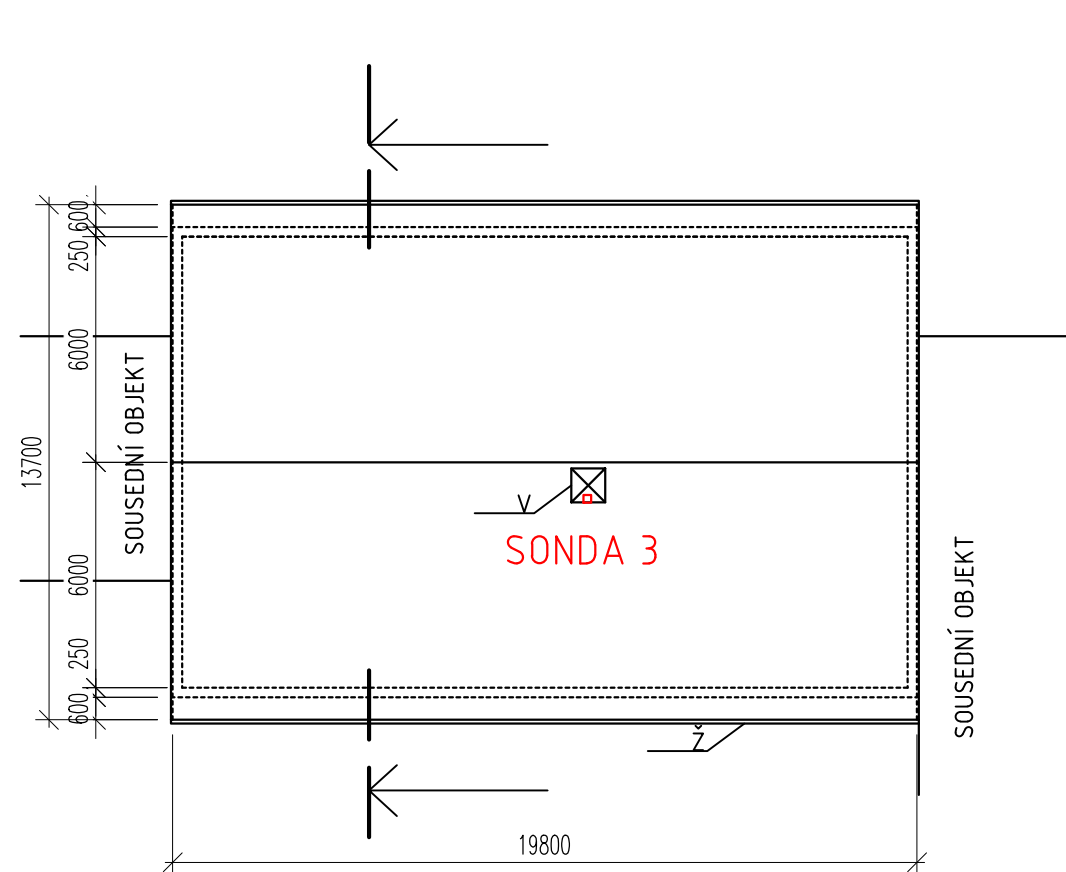


LEGENDA:

- V VÝLEZ NA STŘECHU
- SV STŘEŠNÍ VPUST

PŘÍČNÝ ŘEZ STŘECHY 1:100





PŘÍČNÝ ŘEZ STŘECHY 1:100

LEGENDA:

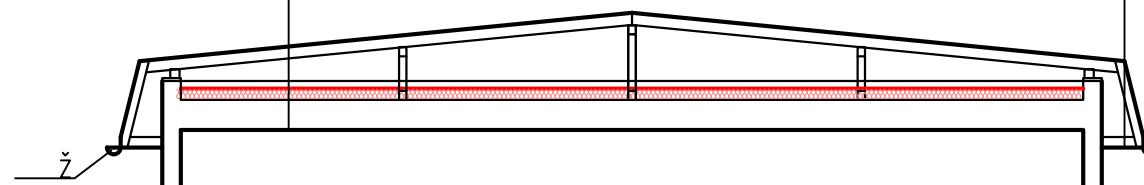
- V VÝLEZ NA STŘECHU
- Ž DEŠŤOVÝ ŽLAB

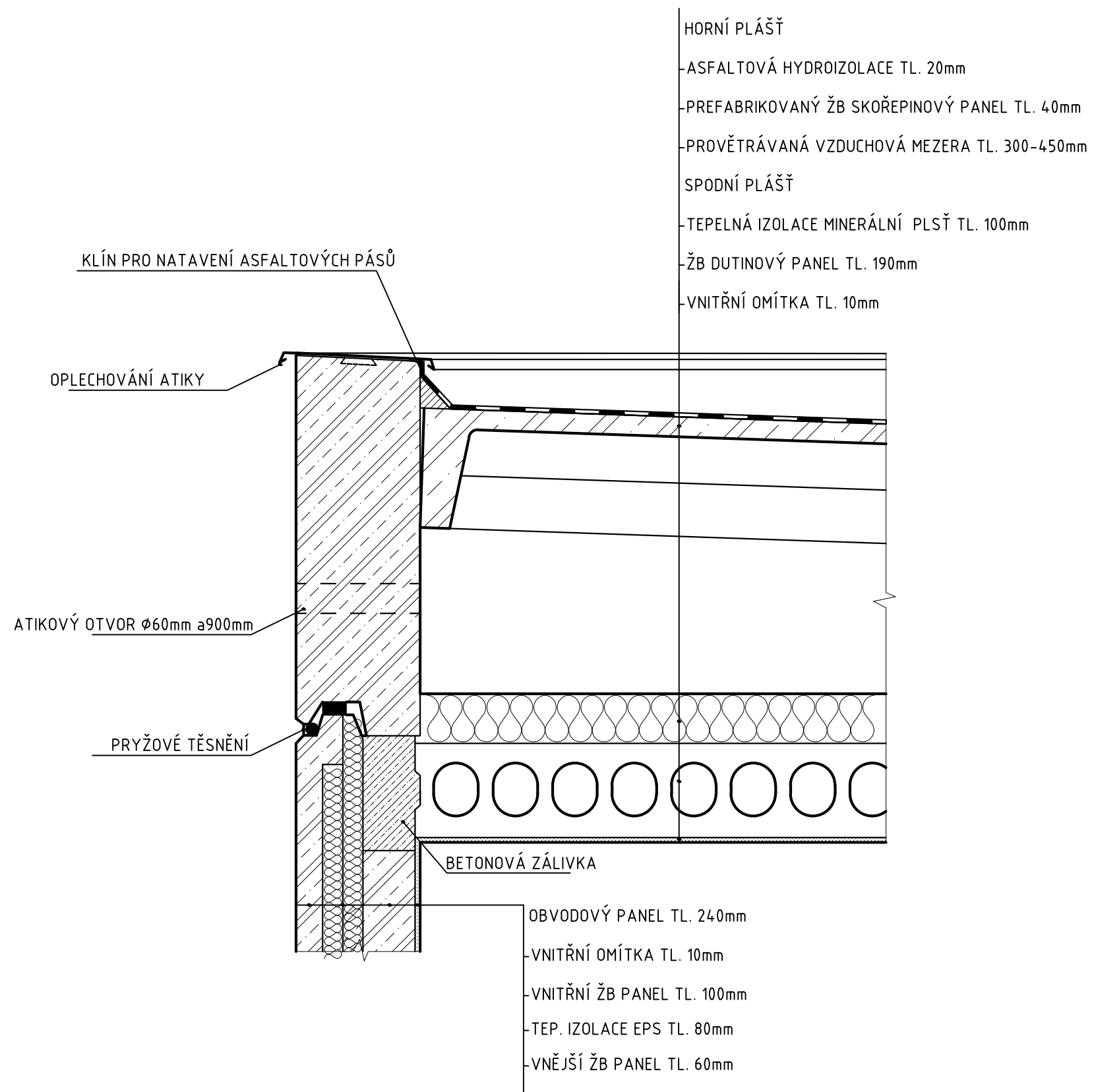
HORNÍ PLÁŠŤ

- ASFALTOVÁ HYDROIZOLACE TL. 20mm
 - PRKENNÝ ZÁKLOP TL. 24mm
 - PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 200-360mm
- SPODNÍ PLÁŠŤ
- DODATEČNÁ TEP. IZOLACE CLIMATIZER PLUS TL. 180mm
 - PŮVODNÍ SKLADBA PLOCHÉ STŘECHY A STROPU

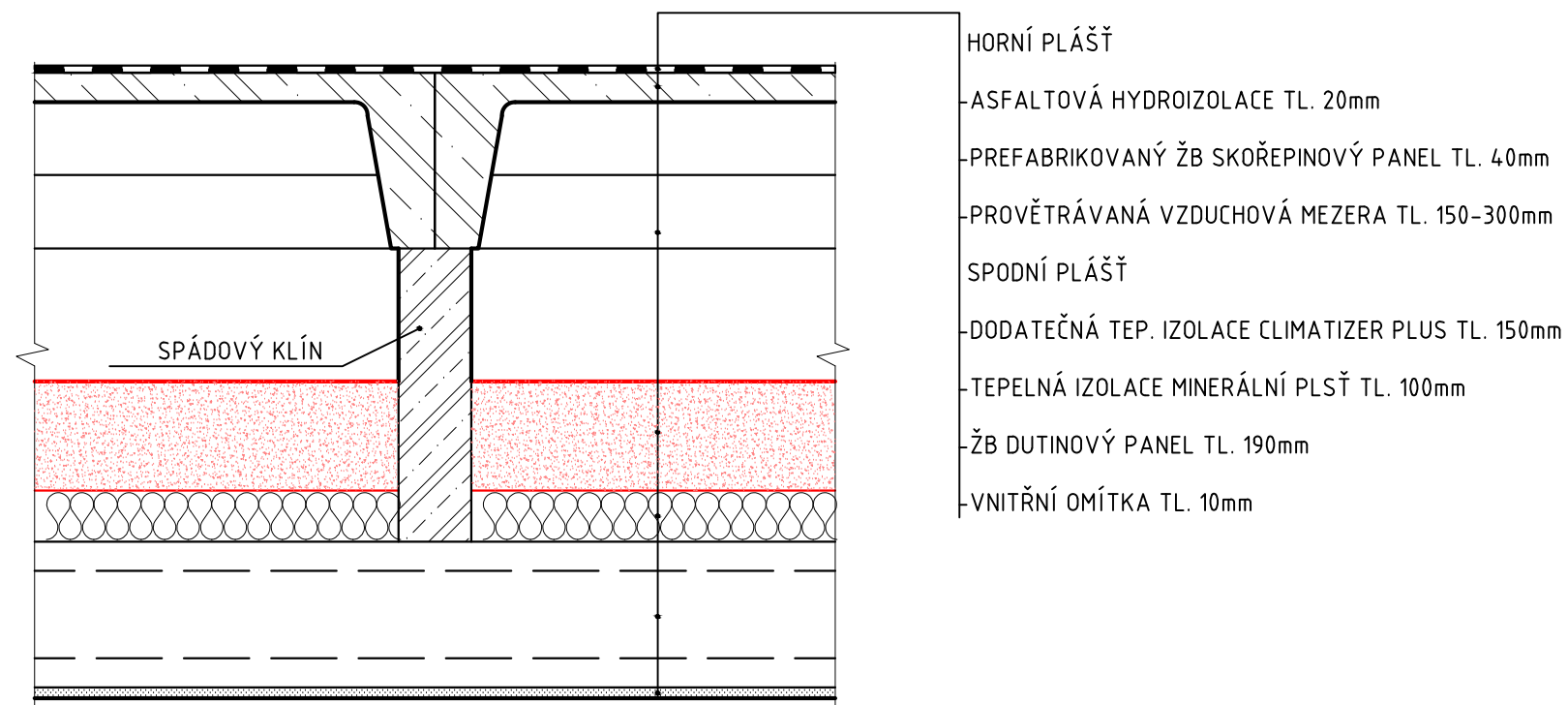
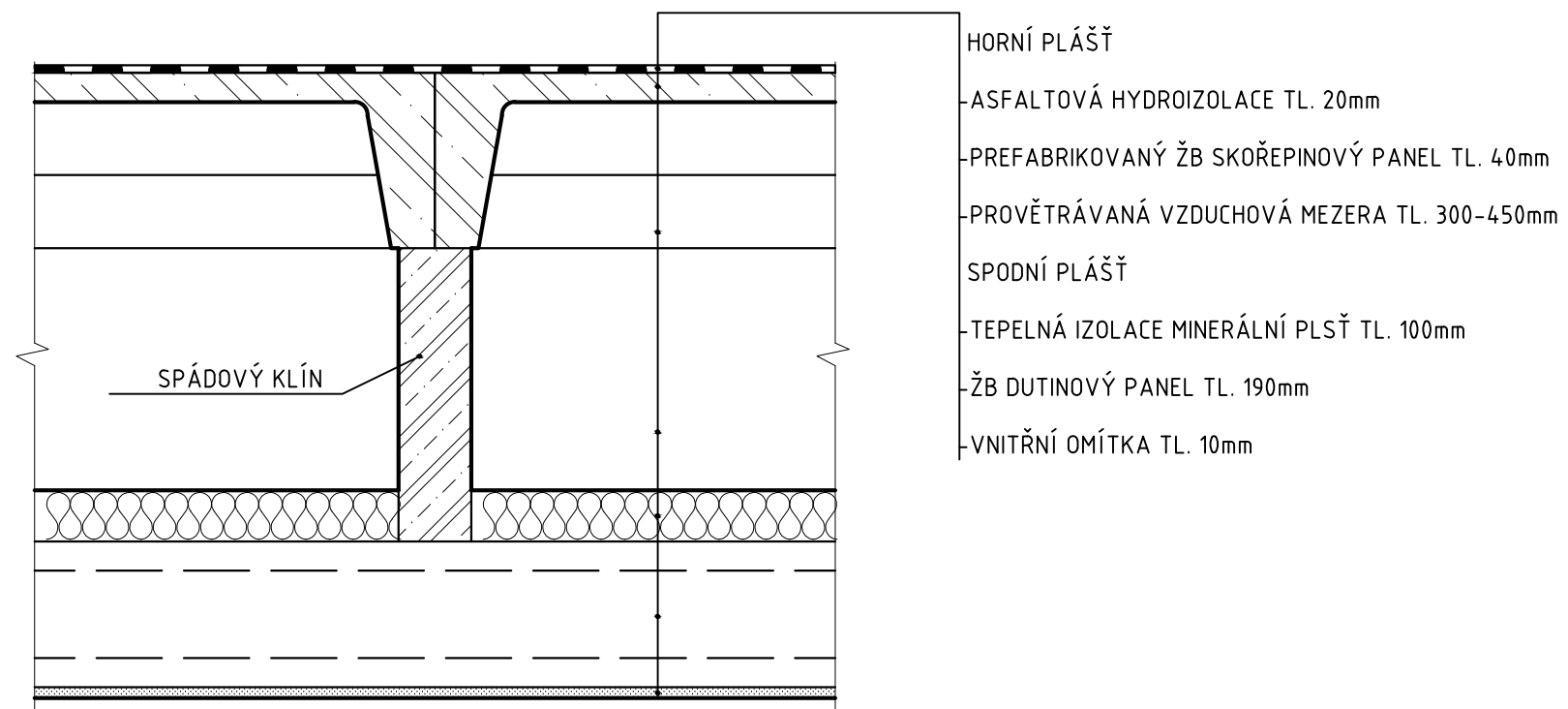
HORNÍ PLÁŠŤ

- ŠINDEL TL. 3mm
 - PRKENNÝ ZÁKLOP TL. 24mm
 - PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA
- SPODNÍ PLÁŠŤ
- CETRIS DESKY TL. 12mm+VĚTRACÍ MŘÍŽKY $\phi 100\text{mm}$ a2m

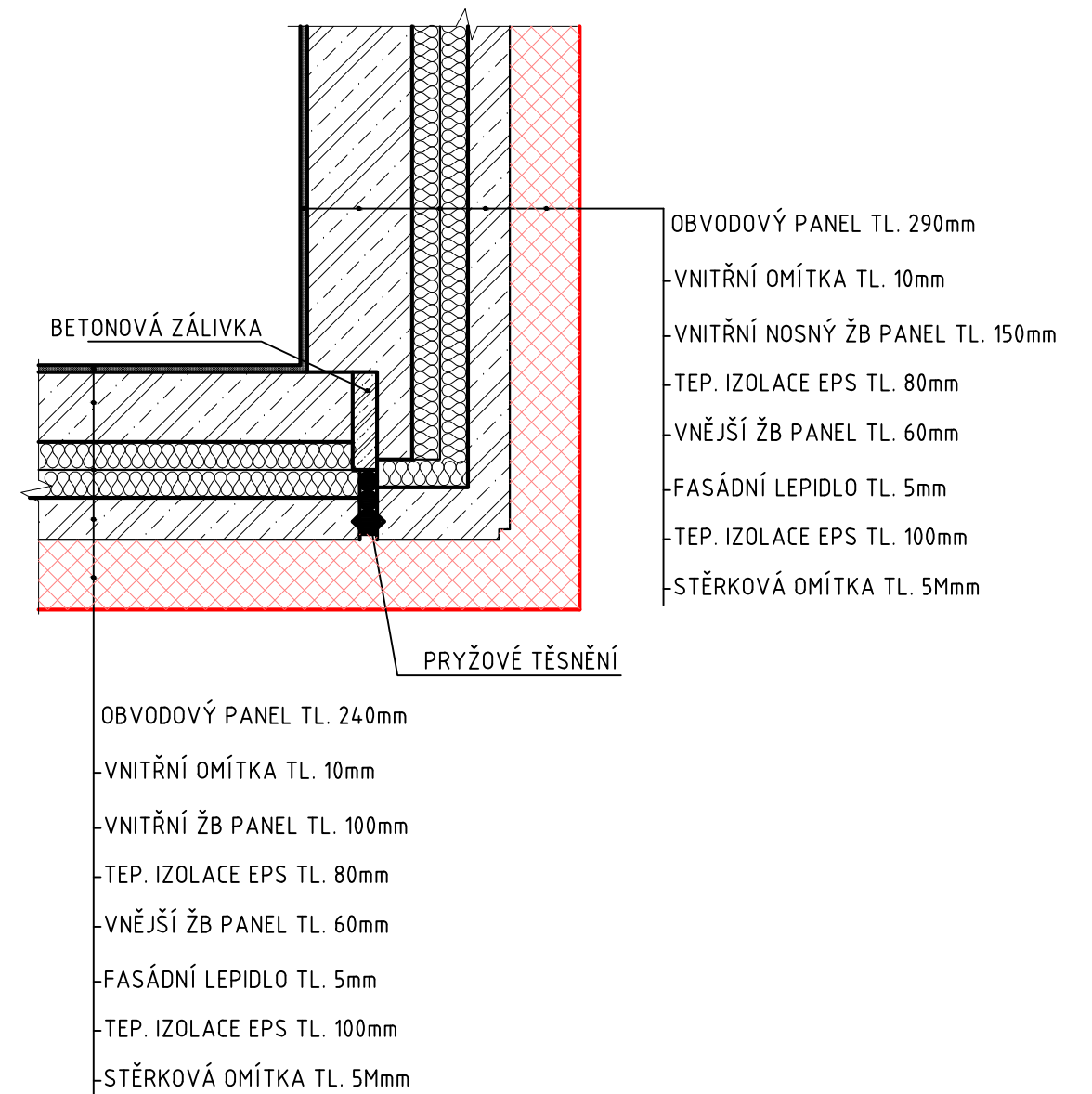
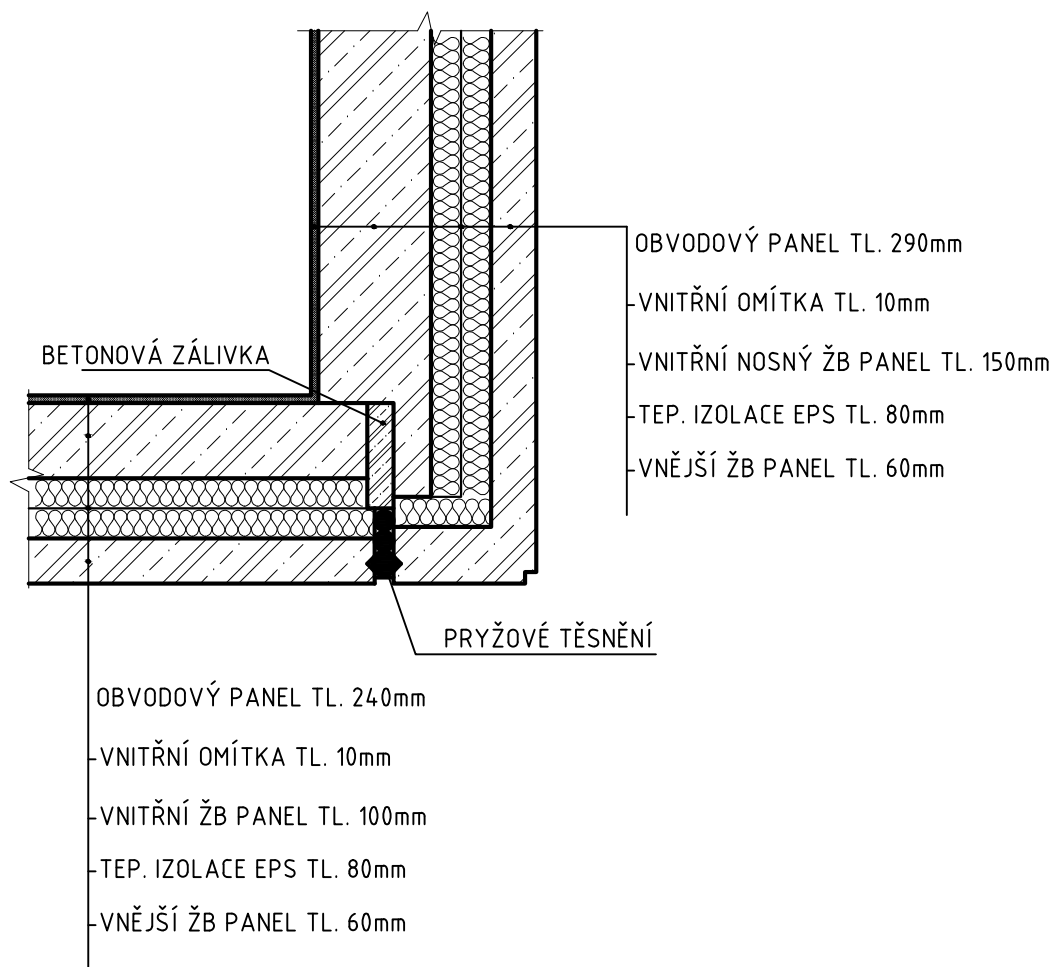




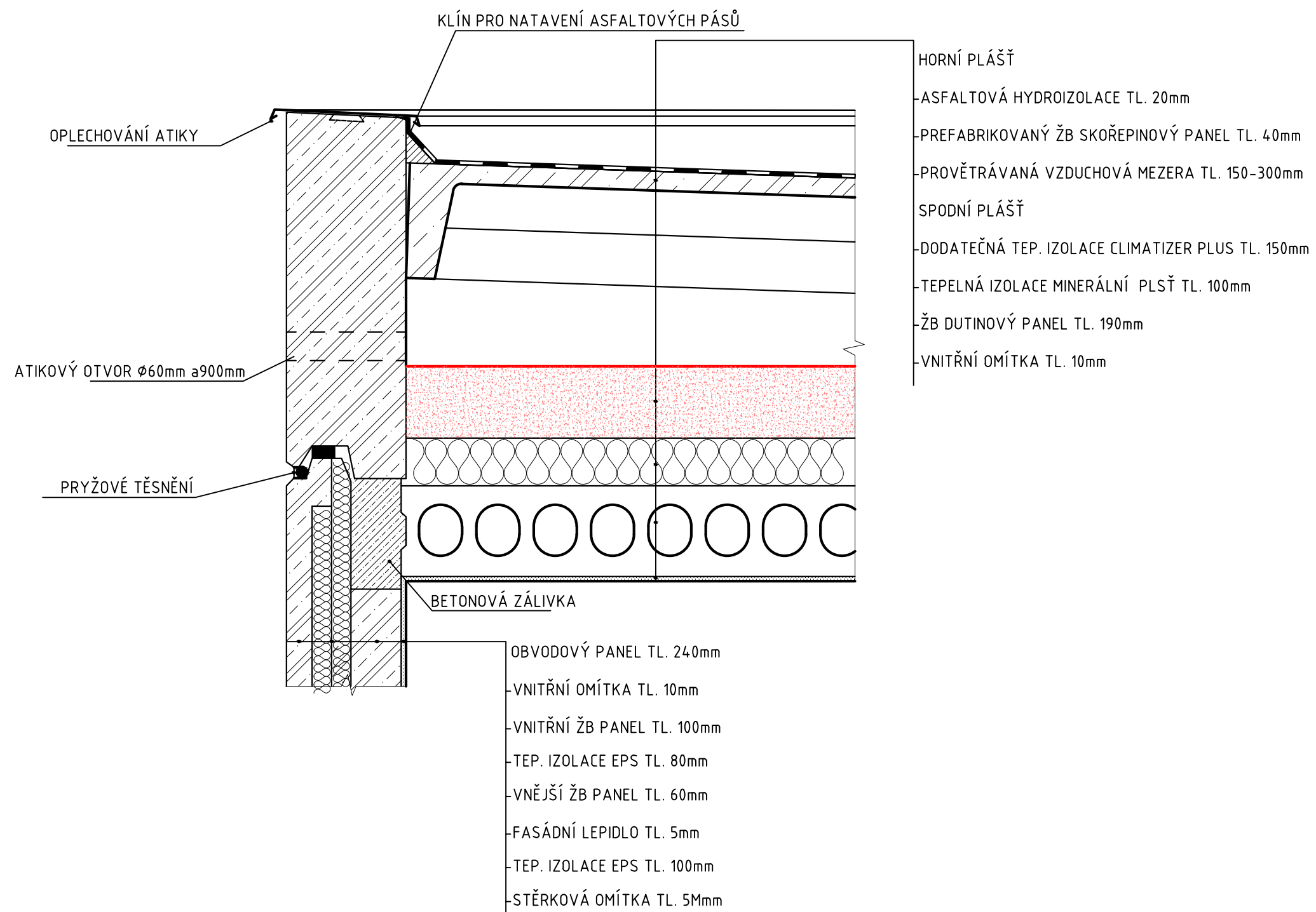
PŘÍLOHA 5: SCHÉMA DETAILU ATIKY PŮVODNÍ STAV M 1:10



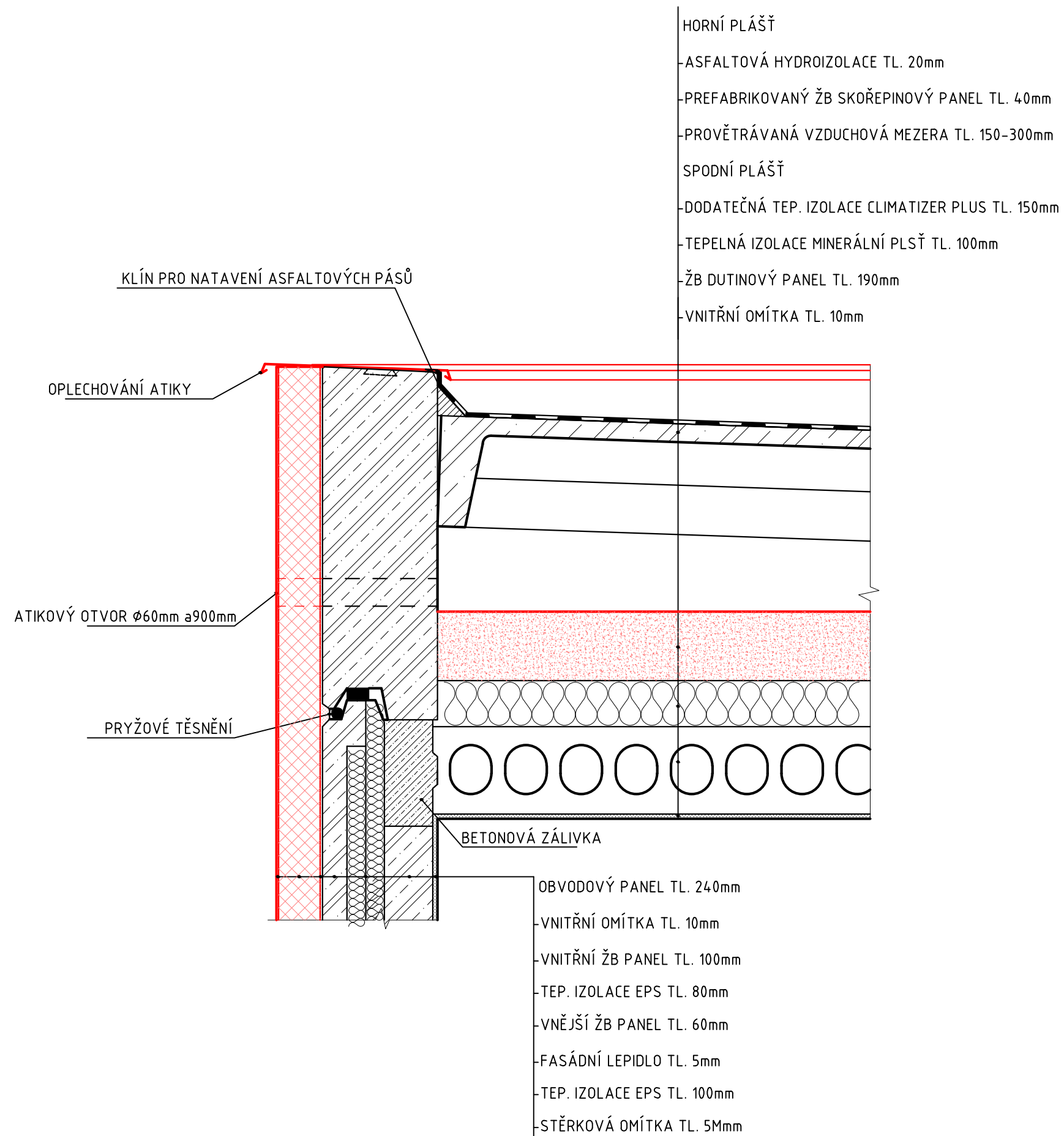
PŘÍLOHA 6: SCHÉMA DETAILU ULOŽENÍ SPÁDOVÉHO KLÍNU PŮVODNÍ A NOVÝ STAV M 1:10



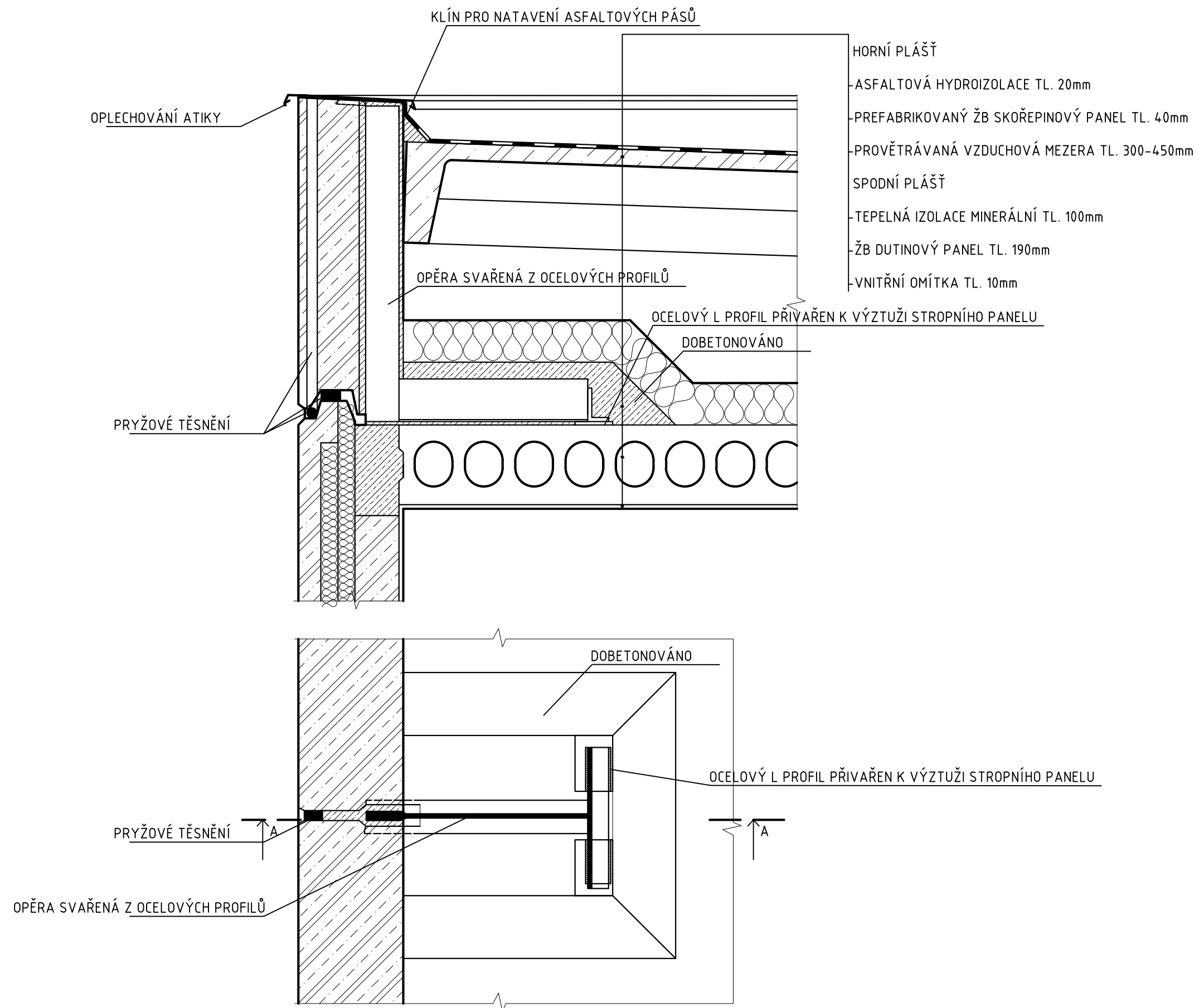
PŘÍLOHA 7: SCHÉMA DETAILU NÁROŽÍ STĚNOVÝCH PANELŮ PŮVODNÍ A NOVÝ STAV M 1:10



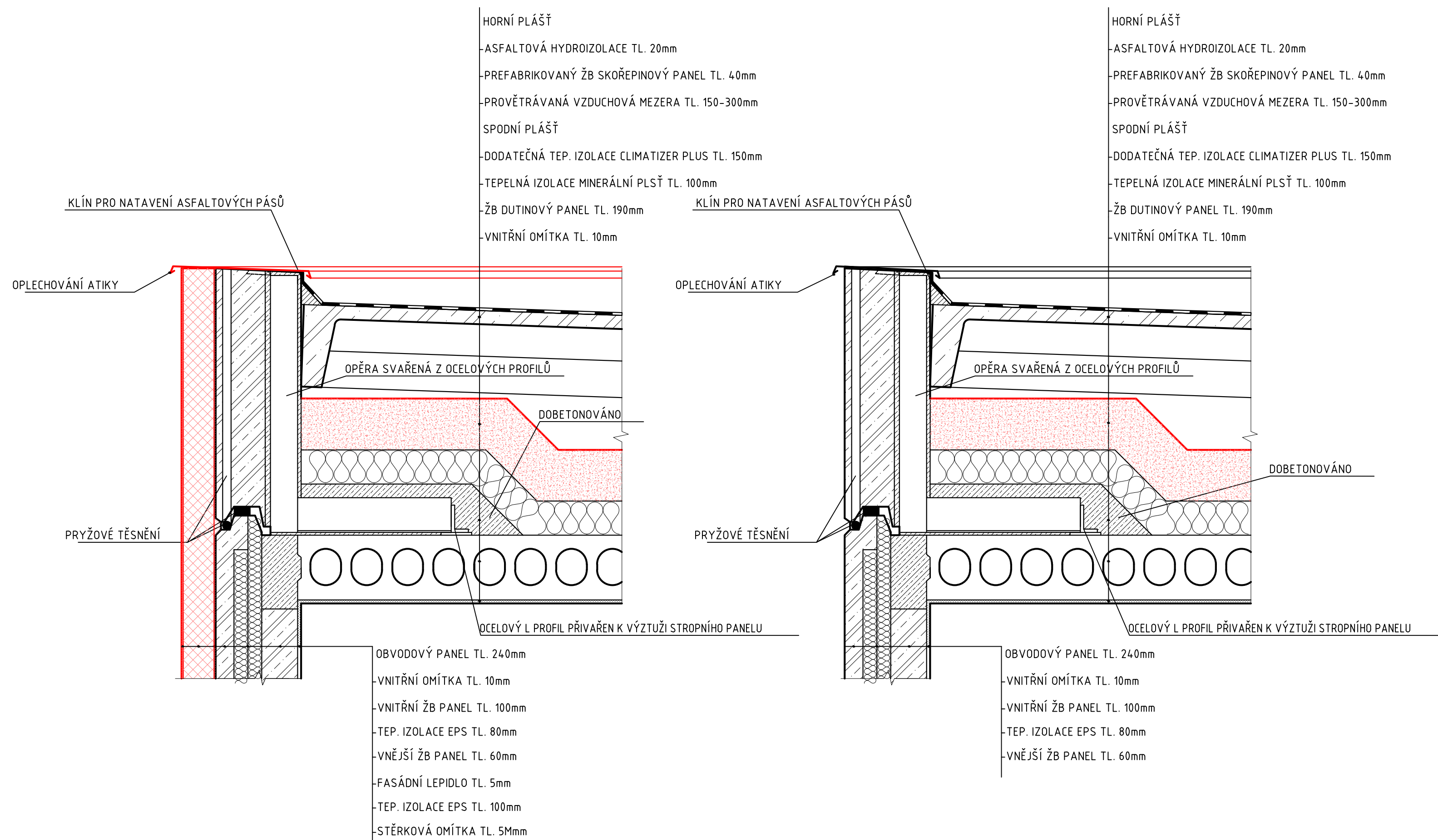
PŘÍLOHA 8: SCHÉMA DETAILU ATIKY PO ZATEPLENÍ SPODNÍHO PLÁŠTĚ M 1:10



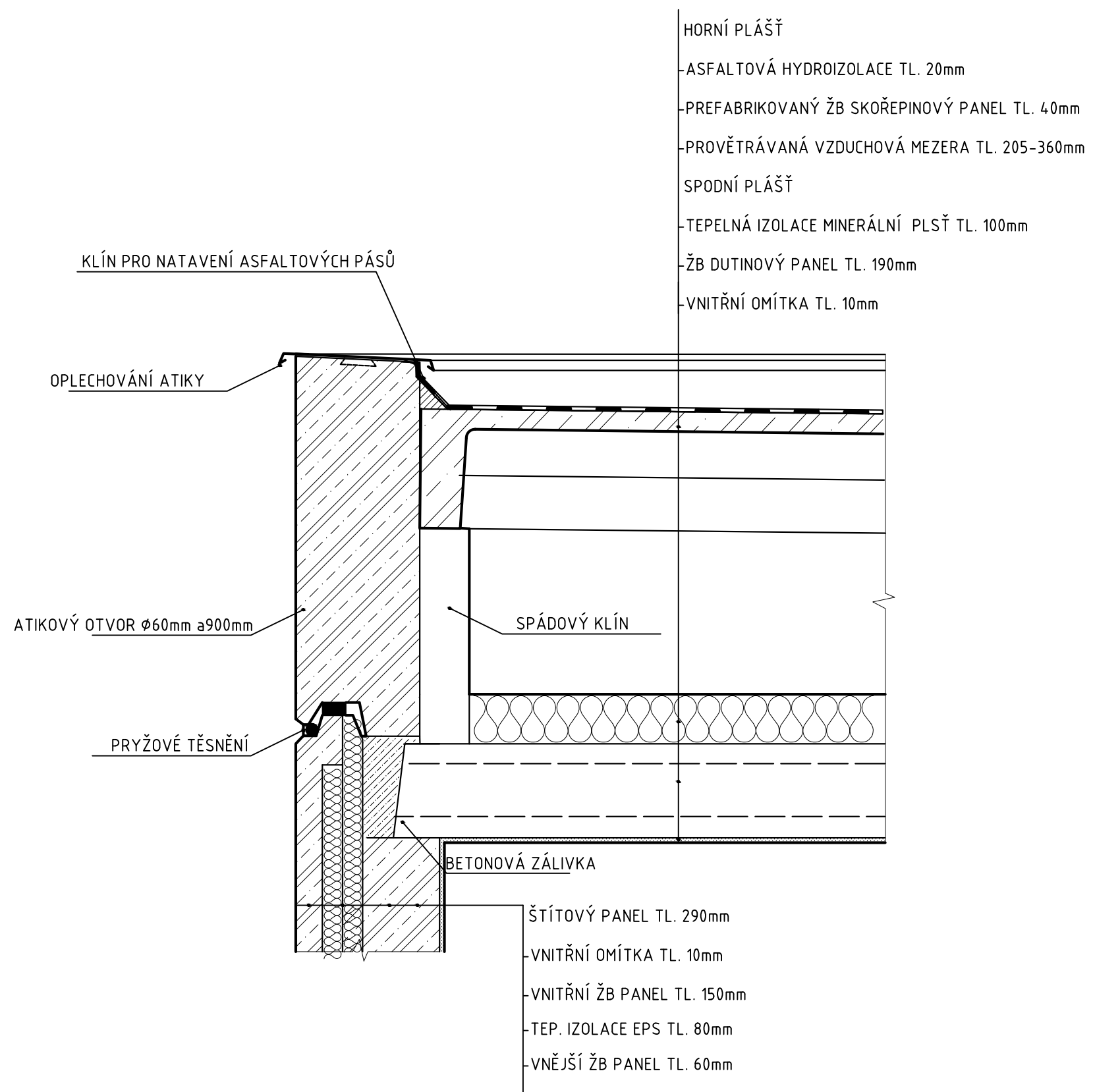
PŘÍLOHA 9: SCHÉMA DETAILU ATIKY NOVÝ STAV M 1:10



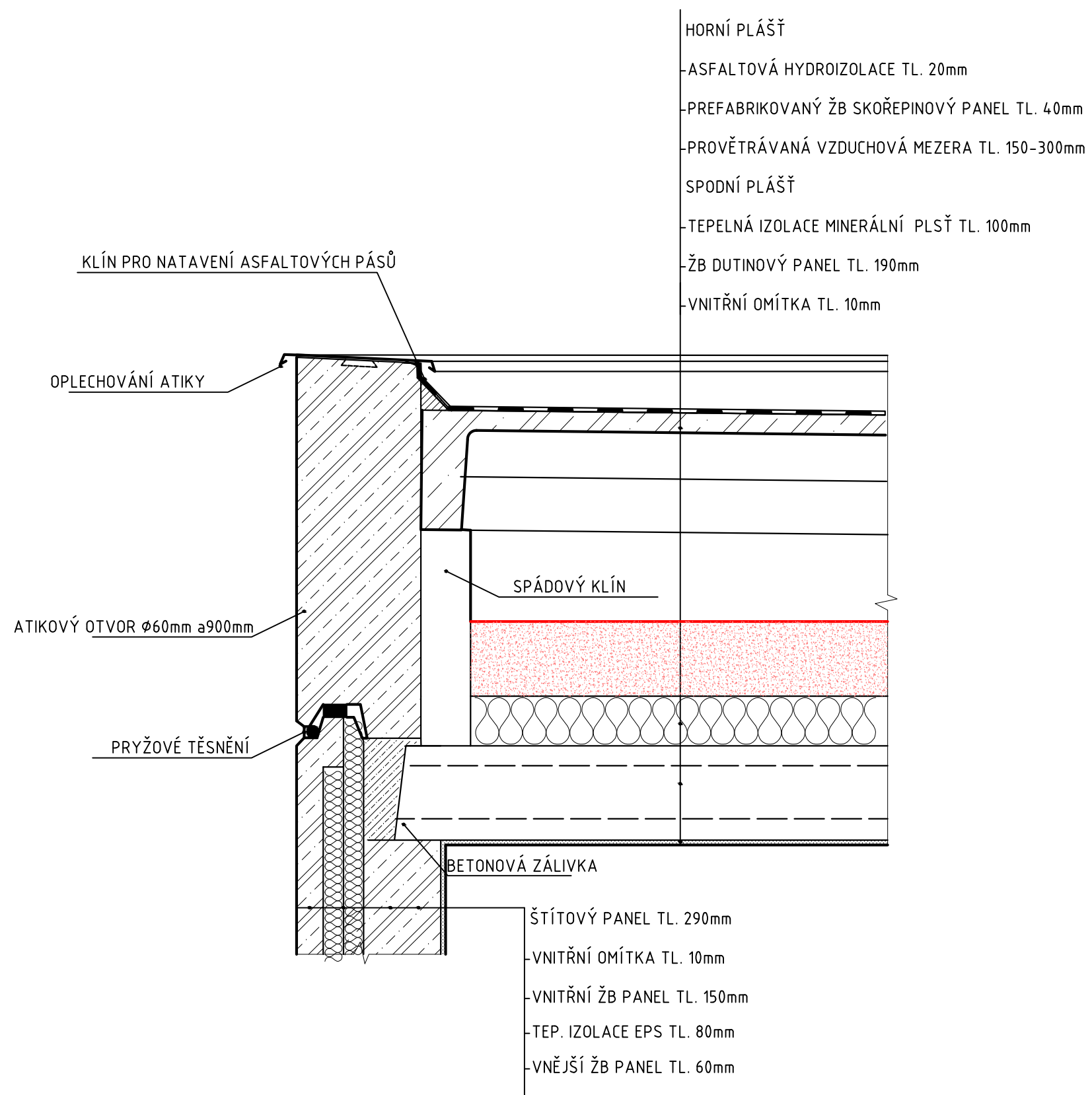
PŘÍLOHA 10: SCHÉMA DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU PŮVODNÍ STAV M 1:10



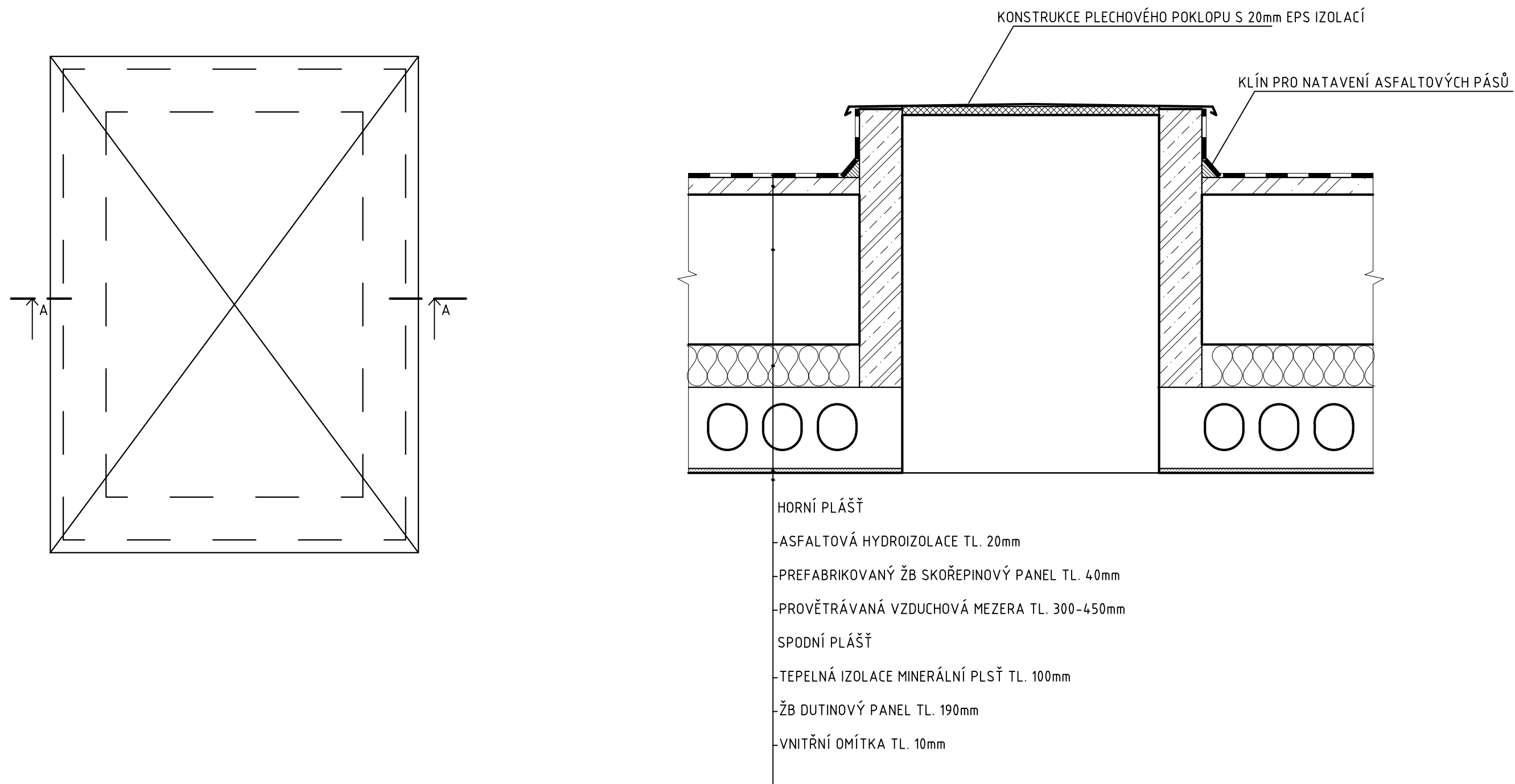
PŘÍLOHA 11: SCHÉMA DETAILU KOTVENÍ ATIKOVÉHO PANELU NOVÝ STAV A ZATEPLENA POUZE STŘECHA M 1:10



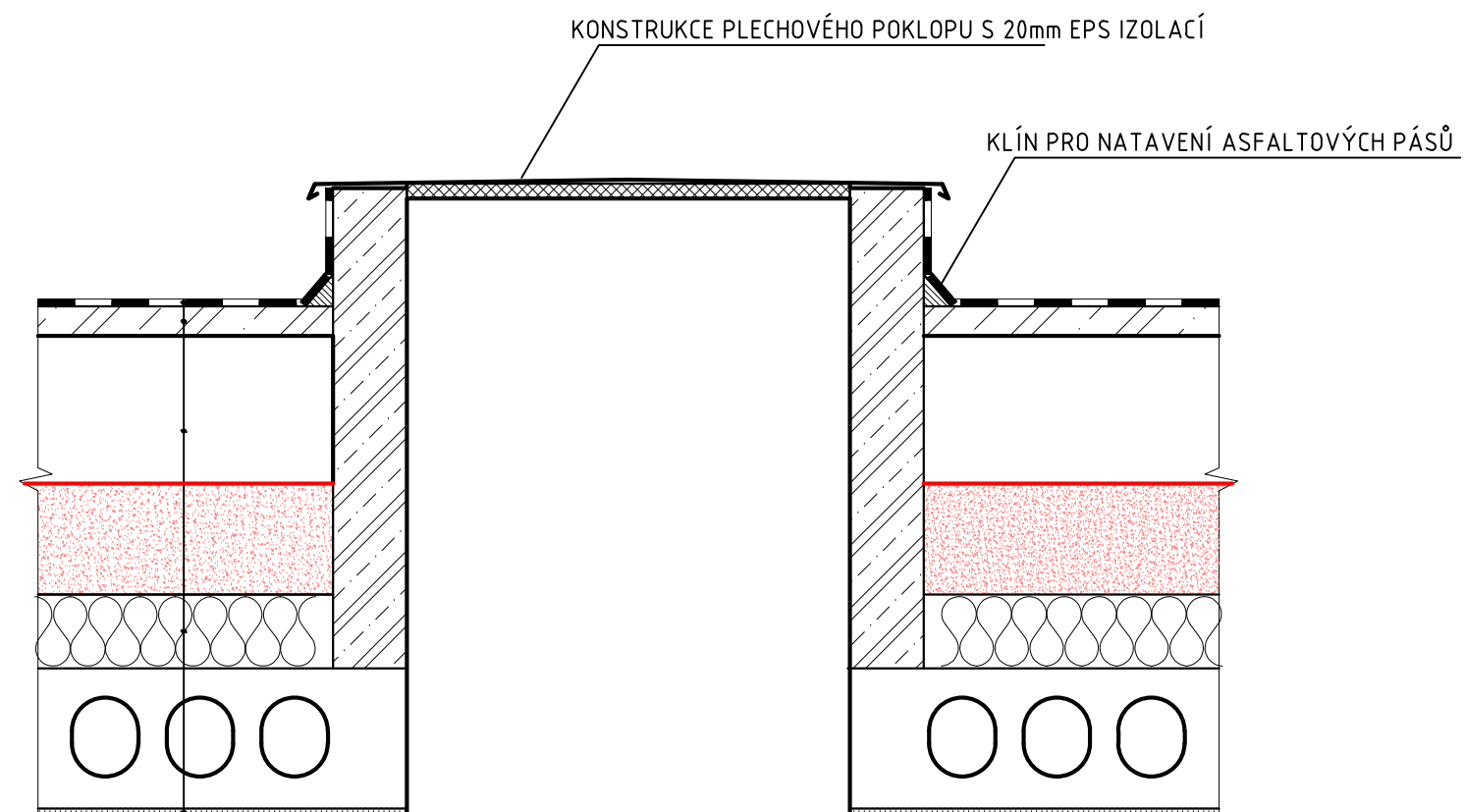
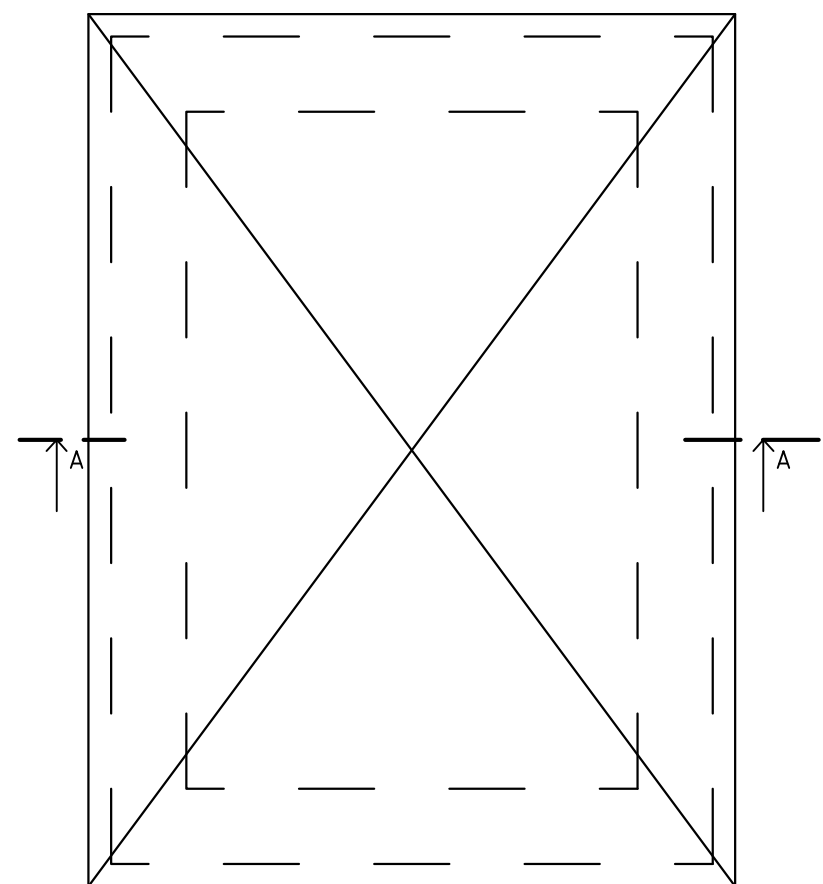
PŘÍLOHA 12: SCHÉMA DETAILU ŠTÍTOVÉ ATIKY PŮVODNÍ STAV M 1:10



PŘÍLOHA 13: SCHÉMA DETAILU ŠTÍTOVÉ ATIKY NOVÝ STAV M 1:10

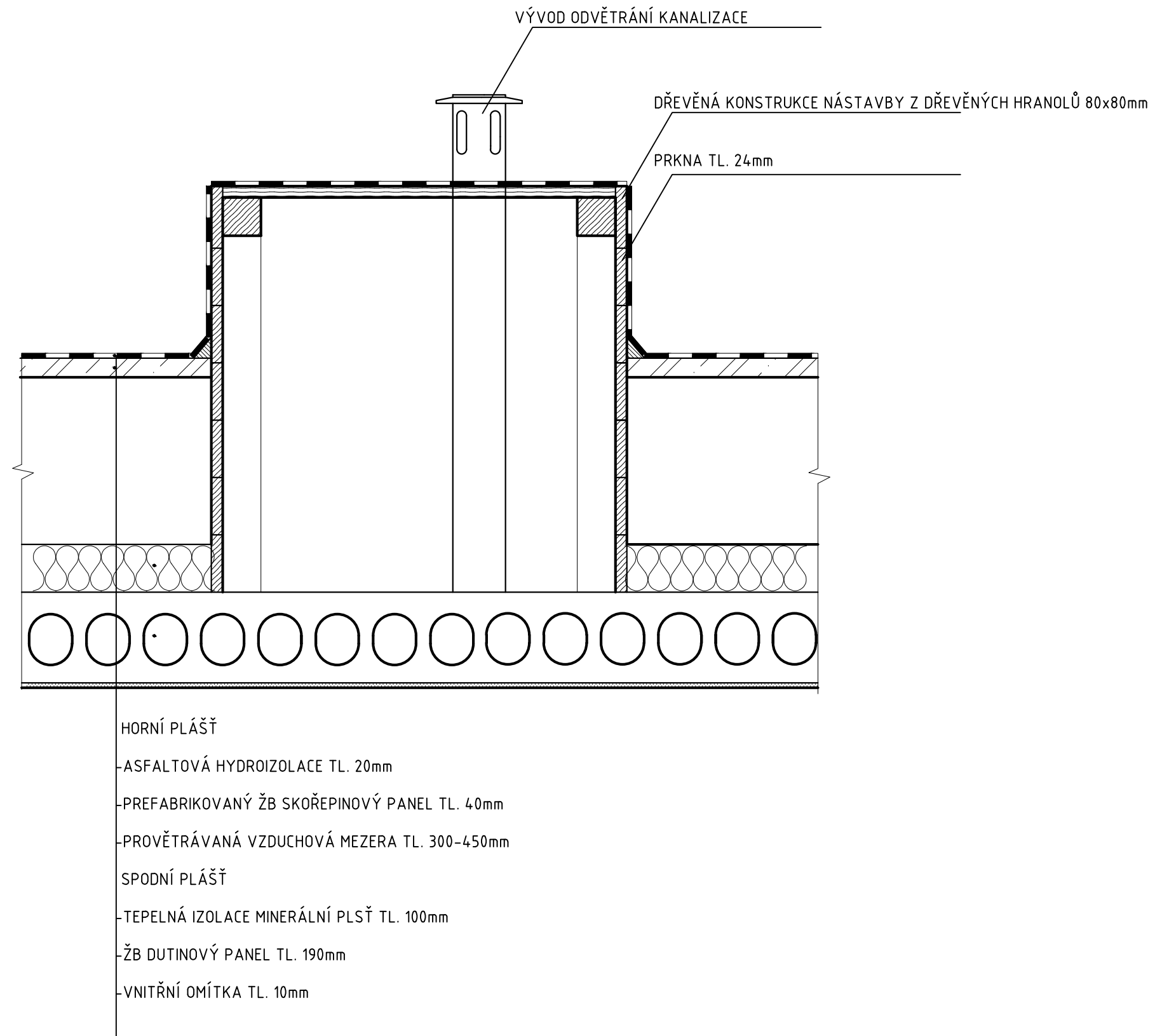


PŘÍLOHA 14: SCHÉMA DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU PŮVODNÍ STAV M 1:10

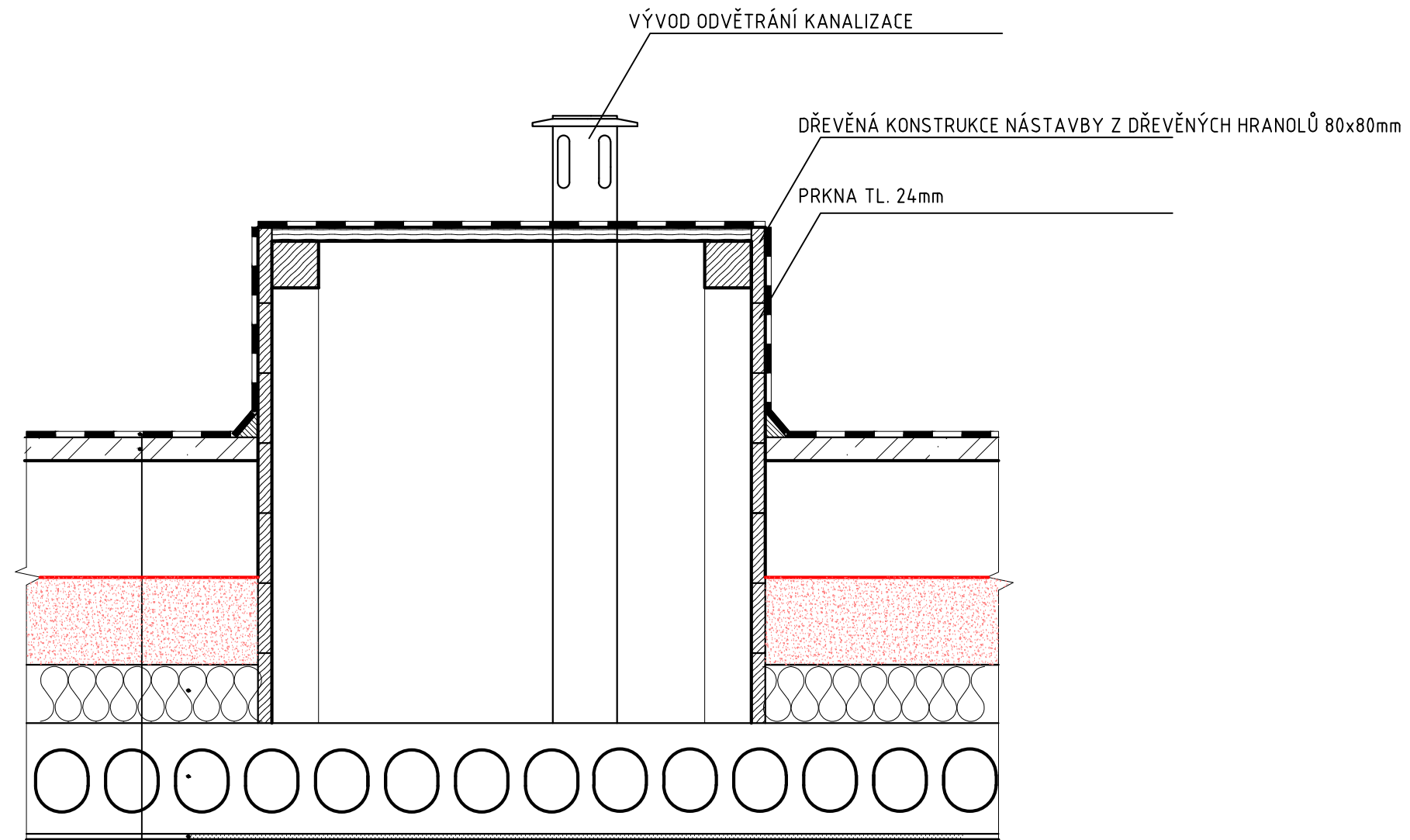


- HORNÍ PLÁŠŤ
- ASFALTOVÁ HYDROIZOLACE TL. 20mm
 - PREFABRIKOVANÝ ŽB SKOŘEPINOVÝ PANEL TL. 40mm
 - PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 150-300mm
- SPODNÍ PLÁŠŤ
- DODATEČNÁ TEP. IZOLACE CLIMATIZER PLUS TL. 150mm
 - TEPELNÁ IZOLACE MINERÁLNÍ PLSŤ TL. 100mm
 - ŽB DUTINOVÝ PANEL TL. 190mm
 - VNITŘNÍ OMÍTKA TL. 10mm

PŘÍLOHA 15: SCHÉMA DETAILU VÝLEZU NA STŘECHU NOVÝ STAV M 1:10

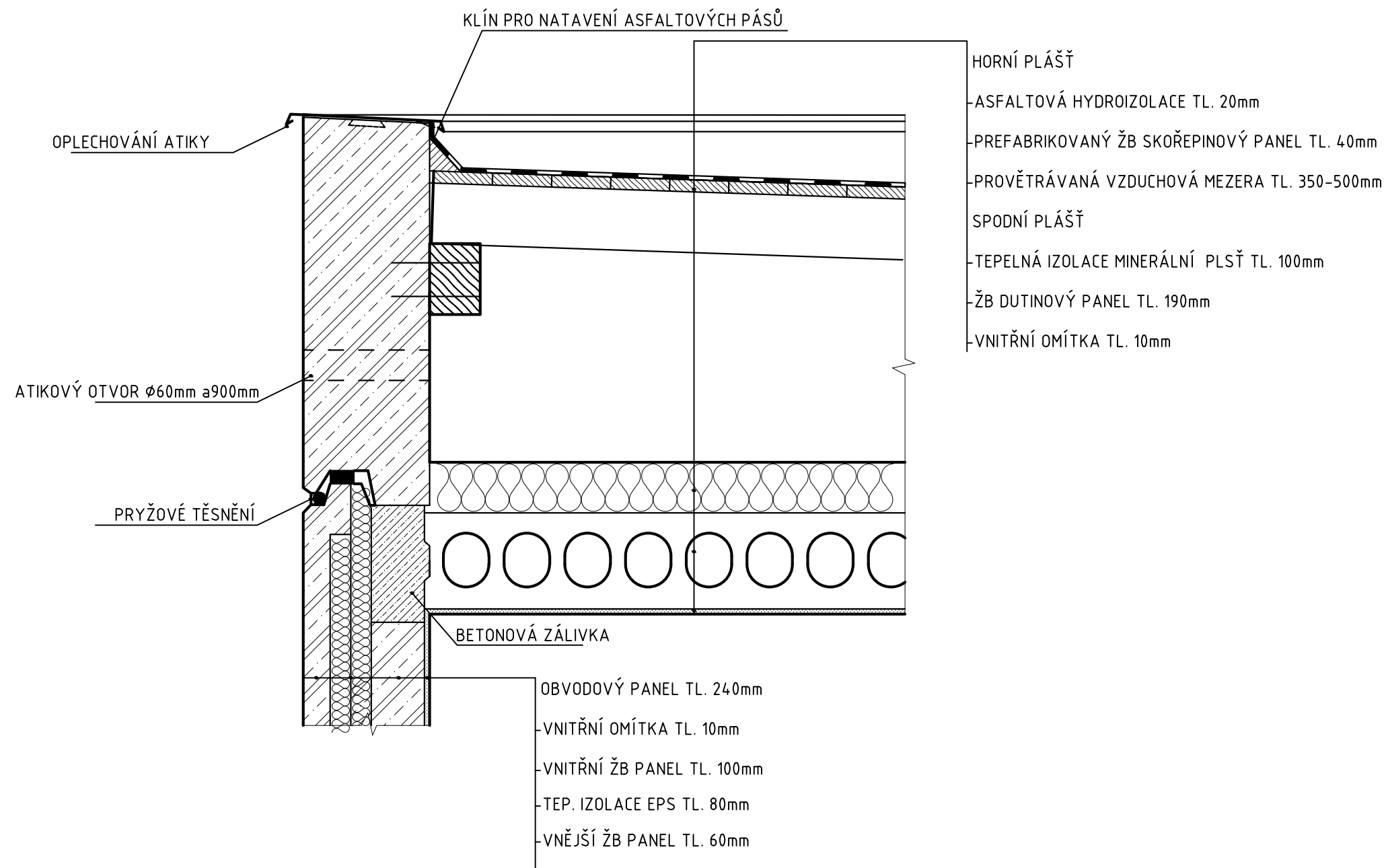


PŘÍLOHA 16: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY PŮVODNÍ STAV M 1:10

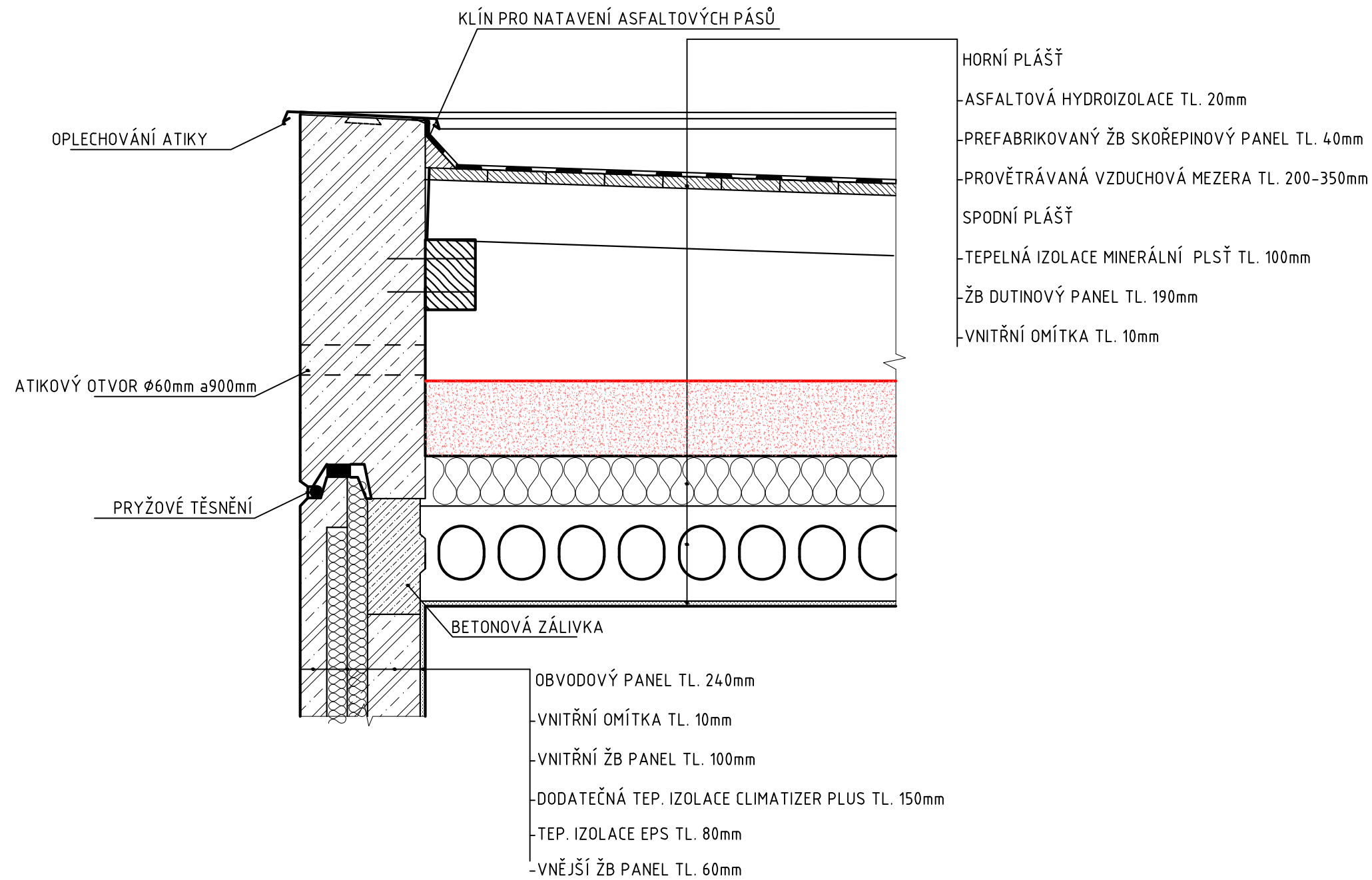


- HORNÍ PLÁŠŤ
- ASFALTOVÁ HYDROIZOLACE TL. 20mm
- PREFABRIKOVANÝ ŽB SKOŘEPINOVÝ PANEL TL. 40mm
- PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 150-300mm
- SPODNÍ PLÁŠŤ
- DODATEČNÁ TEP. IZOLACE CLIMATIZER PLUS TL. 150mm
- TEPELNÁ IZOLACE MINERÁLNÍ PLSŤ TL. 100mm
- ŽB DUTINOVÝ PANEL TL. 190mm
- VNITŘNÍ OMÍTKA TL. 10mm

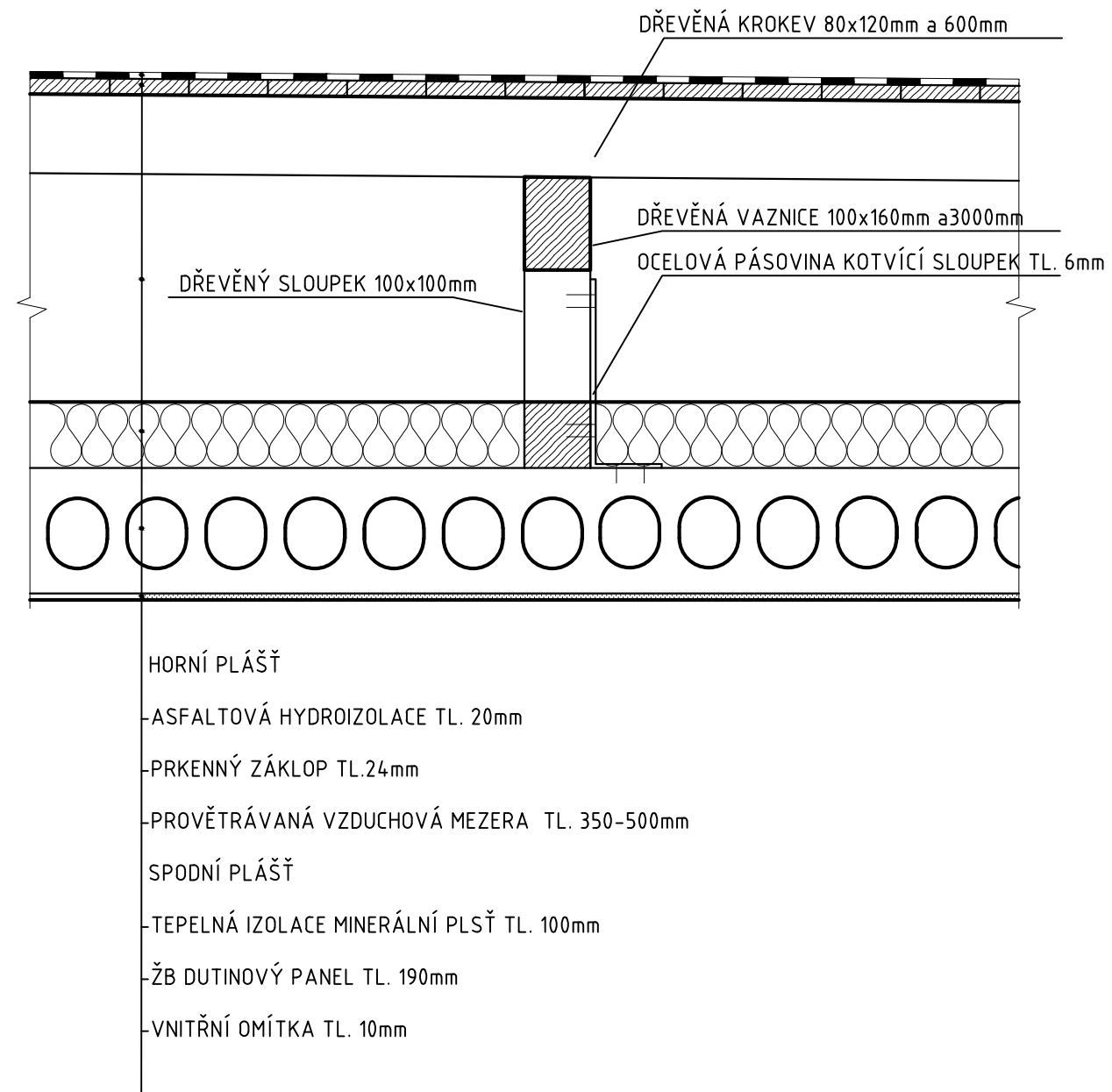
PŘÍLOHA 17: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉ NÁSTAVBY NOVÝ STAV M 1:10



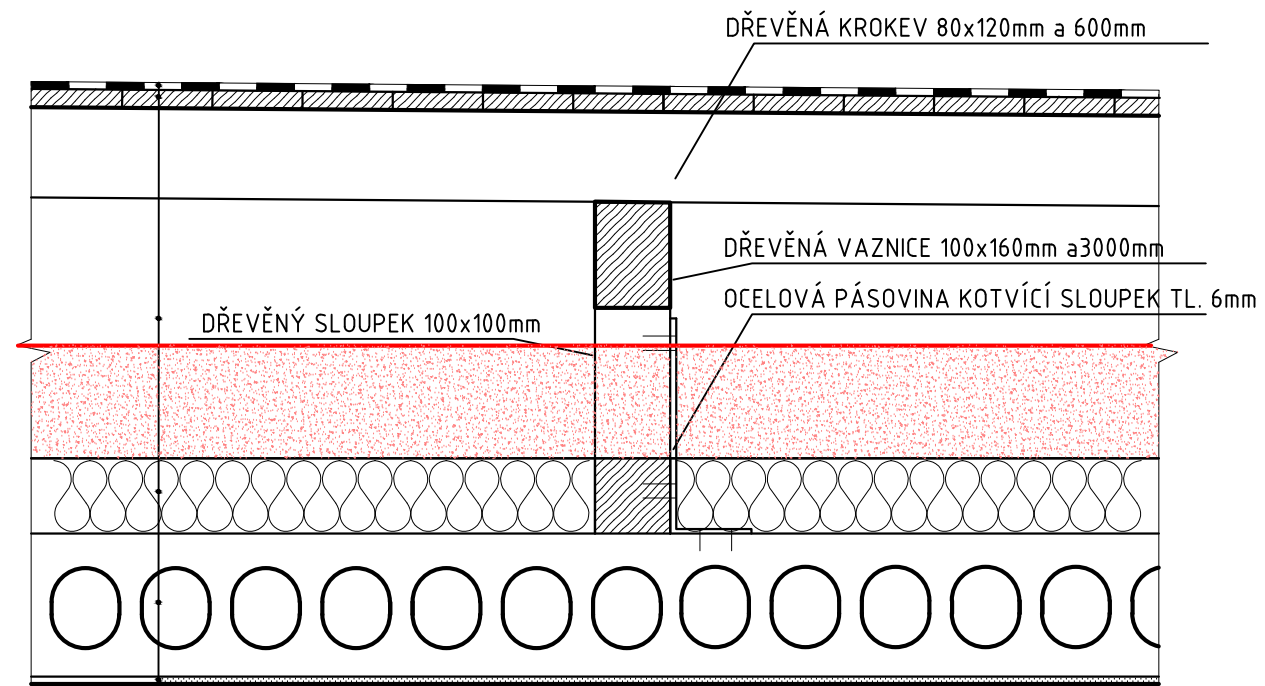
PŘÍLOHA 18: SCHÉMA DETAILU ATI KY–DŘEVĚNÁ VARIANTA HORNÍHO PLÁŠTĚ PS M 1:10



PŘÍLOHA 19: SCHÉMA DETAILU ATIKY–DŘEVĚNÁ VARIANTA HORNÍHO PLÁŠTĚ NS M 1:10



PŘÍLOHA 20: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU NA DŘEVĚNÉM PRAHU PŮVODNÍ STAV M 1:10



- HORNÍ PLÁŠŤ
- ASFALTOVÁ HYDROIZOLACE TL. 20mm
 - PRKENNÝ ZÁKLOP TL. 24mm
 - PROVĚTRÁVANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA 200-350mm
- SPODNÍ PLÁŠŤ
- DODATEČNÁ TEP. IZOLACE CLIMATIZER PLUS TL. 150mm
 - TEPELNÁ IZOLACE MINERÁLNÍ PLSŤ TL. 100mm
 - ŽB DUTINOVÝ PANEL TL. 190mm
 - VNITŘNÍ OMÍTKA TL. 10mm

PŘÍLOHA 21: SCHÉMA DETAILU DŘEVĚNÉHO SLOUPKU NA DŘEVĚNÉM PRAHU NOVÝ STAV M 1:10