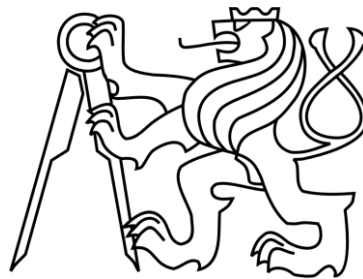


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Problematika dodatečného izolování
trámových stropů**

Bc. Jan Pitner

2016

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím uvedených pramenů.

V Praze 15. května 2016

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Tomáši Váchalovi, který pro mě zajistil měřící zařízení, a se kterým jsem celou svou práci konzultoval. Mé poděkování patří pánům Ing. Jiřímu Novákovi, Ph.D. a Ing. Pavlovi Kopeckému, Ph.D. z Katedry pozemních staveb za odborné konzultace v oblasti stavební fyziky a za zapůjčení měřících přístrojů. Dále bych chtěl poděkovat panu Janu Ryplovi z firmy JUTA a.s. a pánům Ing. Michalovi Řehulkovi a Vítězslavovi Patrymu z firmy CIUR a.s. za poskytnuté informace a materiál potřebný k realizaci mé diplomové práce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mým rodičům za jejich velkou podporu během celého mého studia. Mému otci bych chtěl dále poděkovat za jeho pomoc během realizace celého experimentu.

Abstrakt

Problematika dodatečného izolování trémových stropů

Práce je zaměřena na problematiku zabránění odparu zkondenzovaných vodních par při prostupu vlhkostí stropní konstrukcí v objektu s trémovým stropem. V mé bakalářské práci jsem se zabýval dodatečným zateplením těchto konstrukcí. Při této práci jsem narazil na závažnou problematiku prostupu vodních par stropní konstrukcí a nebezpečí její kondenzace. Informace z mé bakalářské práce jsem proto převzal, zrevidoval a doplnil o další informace a poznatky. Problematiku vodních par tedy analyzuji podrobněji. Zaměřuji se na postupy realizačních firem, které provádí dodatečné zaizolování trémových stropů. Konkrétně se zabývám případy, kdy realizační firma provedla zateplení trémového stropu a nezabránila prostupu vodní páry instalací vhodné parozábrany. Následně po umístění izolantu nastává několik variant záklopení izolační vrstvy. Práce je konkrétně zaměřena na umožnění či zabránění odparu zkondenzované vodní páry v závislosti na zvolené variantě záklopu. Cílem práce je nejen seznámit odbornou veřejnost s danou problematikou, ale i experimentálně posoudit jednotlivé varianty záklopu.

Klíčová slova

Trémová stropní konstrukce, tepelná izolace, difuze, kondenzace, záklop stropní konstrukce, technologický postup

Abstract

Issues of supplementary insulation of beam ceilings

The focus of this thesis is on preventing the evaporation of condensed water vapor during moisture transfer through ceiling structure in buildings with beamed ceilings. In my bachelor thesis I dealt with additional thermal insulation of these structures. During this work I encountered the issue of evaporation of condensed water vapor through ceiling structure and the danger of its condensation. I therefore reused, revised and complemented the knowledge from my bachelor thesis. In this work, I analyze the issue of water vapor more thoroughly. I aim at procedures of realisation companies which additionally install insulation for beamed ceilings. In particular, I focus on cases where a realisation company installed insulation of beamed ceiling and didn't prevent moisture transfer of water vapor by installing appropriate vapor barrier. There are several methods of covering the insulating layer right after its installation. The work primarily deals with enabling or disabling the evaporation of condensed water vapor based on selected covering method. The goal of the thesis is to introduce this problem to the professional public but also to experimentally assess different covering methods.

Key Words

Beamed ceiling structure, thermal insulation, diffusion, condensation, coverage of ceiling construction, technological process

OBSAH

Úvod.....	8
Cíle práce.....	8
TEORETICKÁ ČÁST	9
1.1 Obecná úvaha.....	9
1.1.1 Tepelná izolace objektů a pohyb vzduchu.....	9
1.1.2 Nezateplený strop bez ochrany proti prostupu vodních par	10
1.1.3 Nezateplený strop s ochranou proti prostupu vodních par	11
1.1.4 Zateplený strop s ochranou proti prostupu vodních par	12
1.1.5 Zateplený strop bez ochrany proti prostupu vodních par.....	13
1.1.6 Shrnutí porovnávaných variant.....	13
1.2 Vybrané statě tepelně technické fyziky.....	14
1.2.1 Difuze.....	14
1.2.2 Kondenzace	16
1.2.3 Difuze vodní páry a problém kondenzace v konstrukci.....	17
1.2.4 Varianty prostupu difuzního toku konstrukcí stropu	19
1.2.5 Varianty provedení dodatečné instalace parozábrany.....	20
1.3 Umožnění odparu kondenzátu a problematika záklopů v praxi.....	21
1.4 Nebezpečí vzniku plísní a hub a výskytu dřevokazného hmyzu	23
1.5 Obecné příčiny poškození dřeva	23
1.5.1 Fyzikální vlivy	23
1.5.2 Biologické vlivy.....	23
1.5.3 Přirozená odolnost a trvanlivost dřeva.....	24
1.5.4 Vliv prostředí.....	25
1.5.5 Účinné větrání prostoru	25
PRAKTICKÁ ČÁST.....	26
2.1 Definice zadání	26
2.2 Zvolený objekt	26
2.3 Specifikace experimentu.....	27

2.3.1	Popis experimentu.....	27
2.3.2	Volba izolantu a velikost vrstvy.....	31
2.3.3	Odborný návrh skladby stropu při izolování	33
2.3.4	Vytvoření vzorků.....	34
2.3.5	Varianty záklopů	38
2.3.6	Specifikace měření a měřících zařízení.....	47
2.3.7	Gravimetrická zkouška.....	48
2.4	Průběh experimentu.....	49
2.4.1	Umístění měřících zařízení do vzorků a průběh měření.....	49
2.4.2	Průběh gravimetrické zkoušky	51
2.5	Výsledky experimentu	55
2.5.1	Předpokládané průběhy množství vlhkosti ve vzorcích.....	56
2.5.2	Kontrola přesnosti měřidel použitých při experimentu.....	57
2.5.3	Výsledky měření teplot a vlhkostí ve vzorcích.....	58
2.5.4	Výsledky gravimetrické zkoušky	64
2.5.5	Výsledky posouzení nebezpečí vzniku plísní	66
	Závěr	70
	Zdroje a použitá literatura.....	72
	Použité elektronické dokumenty.....	72
	Použitá tištěná literatura.....	72
	Seznam obrázků.....	73
	Seznam grafů.....	75
	Seznam tabulek.....	76
	Seznam příloh.....	76

Úvod

Tématem této práce se stala voda, která je nedílnou součástí celého světa a našich životů. Konkrétně řeší problém vody obsažené ve vzduchu. Vzduch, který dýcháme, má totiž schopnost na sebe vázat vodu ve formě vodní páry. Teplý vzduch v místnosti je schopný na sebe vázat poměrně velké množství vody. Pokud se ovšem tento vzduch rychle zchladí, zmenší svůj objem natolik, že vodní páru, kterou nesl, již nemůže pojmout a uvolní ji ve formě kondenzátu. To přímo souvisí s moderním trendem tepelně izolovat svá obydlí, čímž dochází k rapidním poklesům teplot vzduchu při přestupu z interiéru do exteriéru skrz izolant.

V dnešní době lidé stále více přemýšlí, jak ušetřit na bydlení a hlavně na provozu své domácnosti. V tomto ohledu jim může pomoci právě tepelná izolace. Náklady na vytápění jsou nemalou částí rozpočtu mnoha rodin. Pokud se podaří využít správně moderní technologie, je možné tyto náklady snížit na minimum. Tepelně izolovat lze v podstatě celou obálku budov. V tomto směru existuje mnoho variant a alternativ, jak izolaci provést. Ovšem každé provedení má svá úskalí a problémy, které je nutné řešit. Jedná se tedy o složitější úpravu našeho obydlí a to jak v oblasti návrhu, tak i v oblasti realizace. Správný návrh musí být perfektně realizován, jinak mohou nastat veliké potíže, které mohou mít až fatální následky. Stejně tak sebešikovnější řemeslník nic nesvede s návrhem, který je už od začátku plný chyb. Bohužel v tomto ohledu mnoho lidí stavebnictví považuje za něco naprosto elementárního a podceňuje složitost tohoto oboru. Potom je možné vidět stavby, které v některých lidech vzbudí smích a v jiných údiv a nevěřící pohledy. Aby takto nedopadl i například vysněný dům, na který rodina celý život šetří, je třeba problematiku nepodceňovat, vše řádně prostudovat a zvolit nejlepší řešení. Ovšem ve stavebnictví, stejně jako v mnoha jiných odborných oblastech, neexistují precedenty, a proto je nutné každou stavbu řešit individuálně.

Cíle práce

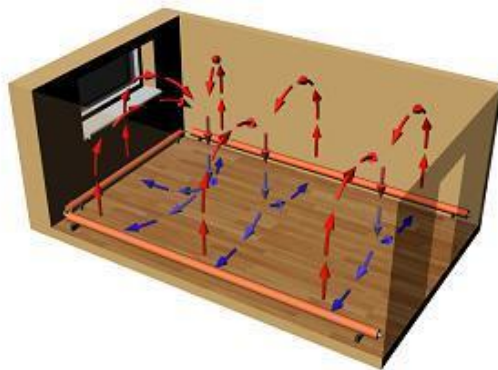
Jako cíl této diplomové práce bylo porovnání a následné zhodnocení variant záklopů dodatečného zateplení trémového stropu konkrétního objektu. V této práci bude postupně vysvětlena problematika prostupu vodních par, vzniku kondenzátu a zateplování trémových stropů stávajících konstrukcí. Dalšími cíli jsou posouzení nejčastějších variant záklopů při dodatečném izolování trémových stropů a posouzení jednotlivých návrhů z hlediska konstrukce a prostupů vodních par. Práce by pak měla být zakončena vyhodnocením variant na základě experimentálních měření vlhkosti a teplot a gravimetrických zkoušek.

TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Obecná úvaha

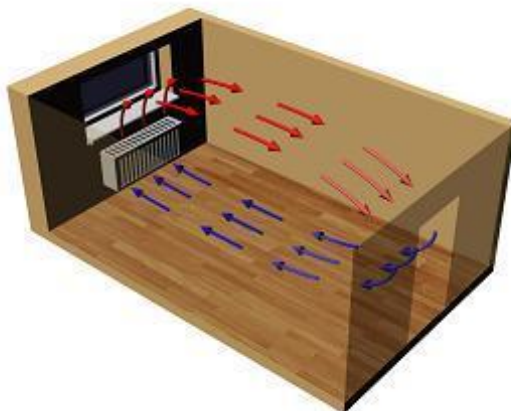
1.1.1 Tepelná izolace objektů a pohyb vzduchu

Vzduch, který dýcháme, má schopnost na sebe vázat vodu ve formě vodní páry a zároveň s ní se pohybuje. Tento pohyb způsobuje více příčin, jako například náš pohyb po místnosti, fakt, že teplý vzduch je lehčí a tudíž stoupá vzhůru, čímž stlačuje studený vzduch směrem dolů (nebo obráceně). Další příčinou pohybu vzduchu jsou rozdílné parciální tlaky vodních par dvou sousedících prostorů. V průběhu zimního období je ve vytápěné místnosti pod půdou vyšší tlak a teplota. Důsledkem toho molekuly vody stoupají vzhůru, aby došlo k vyrovnání rozdílných parciálních tlaků vodní páry. Zde narazí na vrstvu stropu a v tento okamžik budou podrobněji popsány následující čtyři varianty dalšího pohybu vzduchu. Volné proudění vzduchu je velice složité, a proto bude počítáno pouze s difuzním tokem.



Obrázek 1: Příklad optimální cirkulace vzduchu v místnosti

Zdroj: <http://www.energitech.cz/en/get-near-to-an-optimal-air-circulation-in-the-room-000096.html>

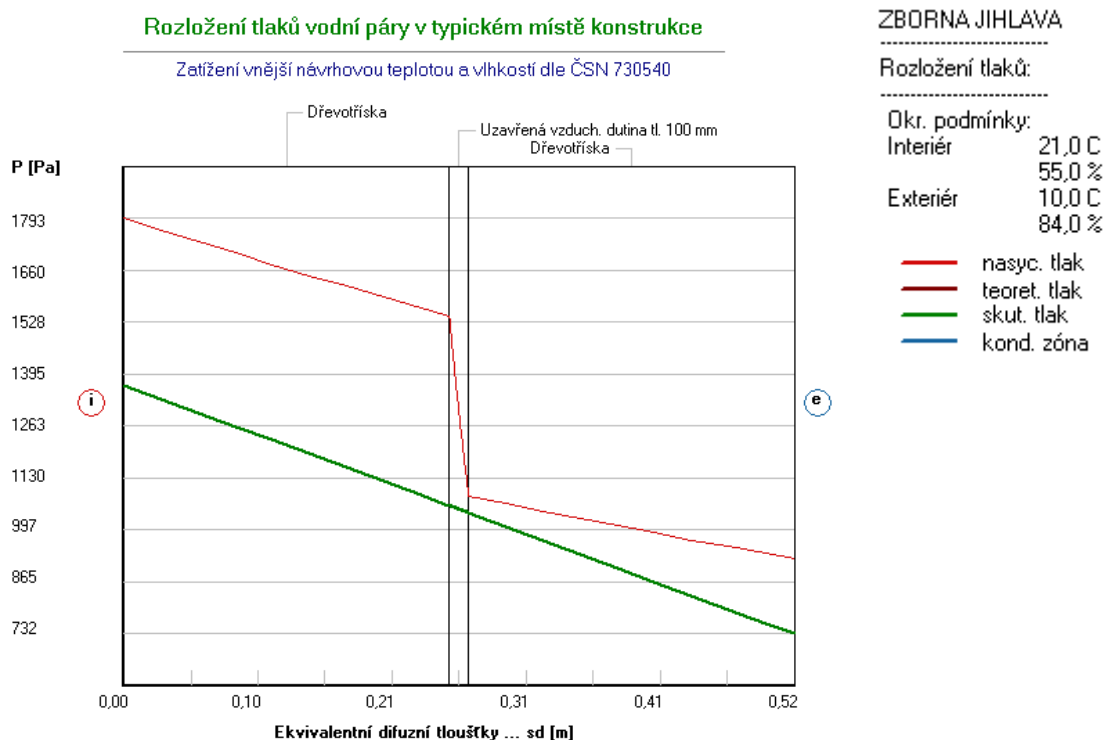


Obrázek 2: Příklad proudění vzduchu v místnosti s radiátorem

Zdroj: <http://www.energitech.cz/en/get-near-to-an-optimal-air-circulation-in-the-room-000096.html>

1.1.2 Nezateplený strop bez ochrany proti prostupu vodních par

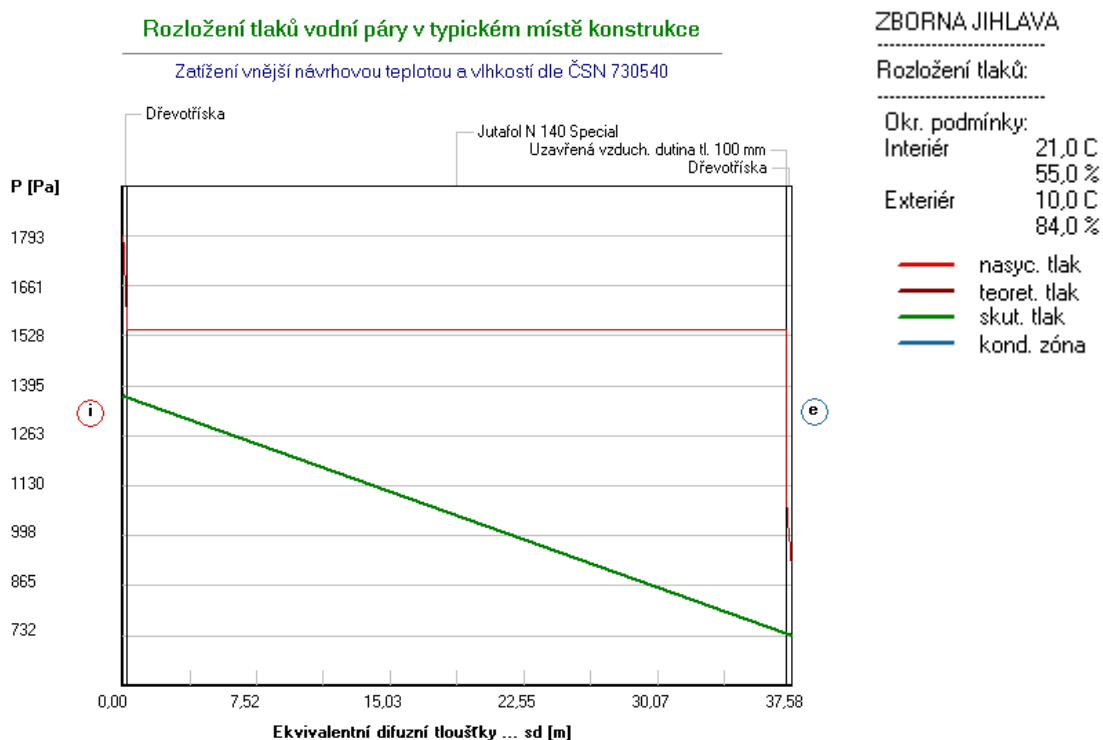
V tomto případě lze předpokládat, že molekuly vodní párou projdou stropem do půdního prostoru. Vzhledem k tomu, že strop není tepelně izolován, je půdní prostor v podstatě vytápěn spodní teplotou místnosti. Vzduch zde tedy není tak studený jako exteriérový a tudíž ke kondenzaci vodní páry nemusí vůbec dojít. Vzduch je chladnější pouze o několik stupňů, a je tedy schopen pojmout většinu vodní páry, která prostoupila ze spodní místnosti. Pokud by ovšem ke kondenzaci došlo, stane se tak pravděpodobně na studených površích (bednění, krytina, latě, krokve). V případě, že se jedná o savé materiály, kondenzát nasají právě ony a v letních teplých obdobích jej budou uvolňovat. Otázkou pak zůstává, do jaké míry vlhkost nasají a jestli tím nevznikne prostředí pro vznik plísní nebo napadení dřevokazným hmyzem.



Graf 1: Průběh hodnot tlaků při variantě 1
Zdroj: Autor, vytvořeno v programu Teplo 2010

1.1.3 Nezateplený strop s ochranou proti prostupu vodních par

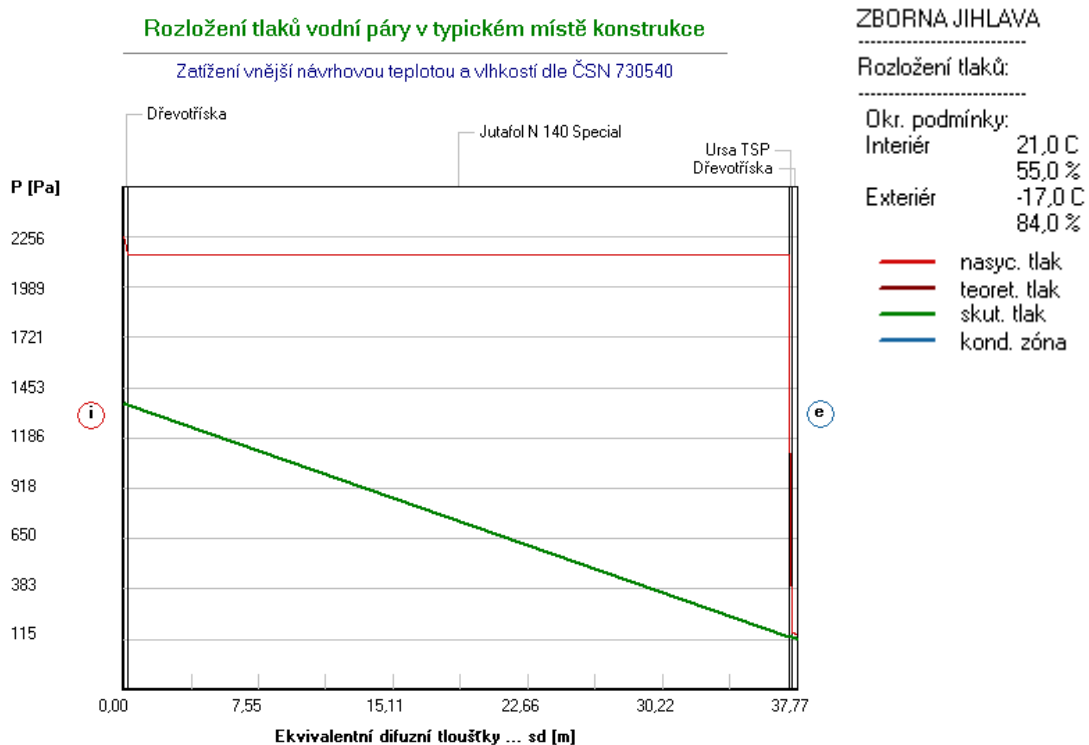
Tato možnost je z hlediska prostupu vodních par bezpečná. Ochrana proti vodním parám v podobě parozábrany funguje tak, že teplo skrz ni projde beze změny. Ovšem velké množství vodních par parozábrana zachytí a do půdního prostoru prostupuje o poznání menší množství molekul vodní páry. Při následném zchladnutí dokáže půdní vzduch stále pojmout veškerou vodní páru a ke kondenzaci zpravidla nedochází. Ovšem tato varianta naprosto nevyhovuje z hlediska tepelných ztrát, neboť teplo uniká do půdního prostoru.



Graf 2: Průběh hodnot tlaků při variantě 2
Zdroj: Autor, vytvořeno v programu Teplo 2010

1.1.4 Zateplený strop s ochranou proti prostupu vodních par

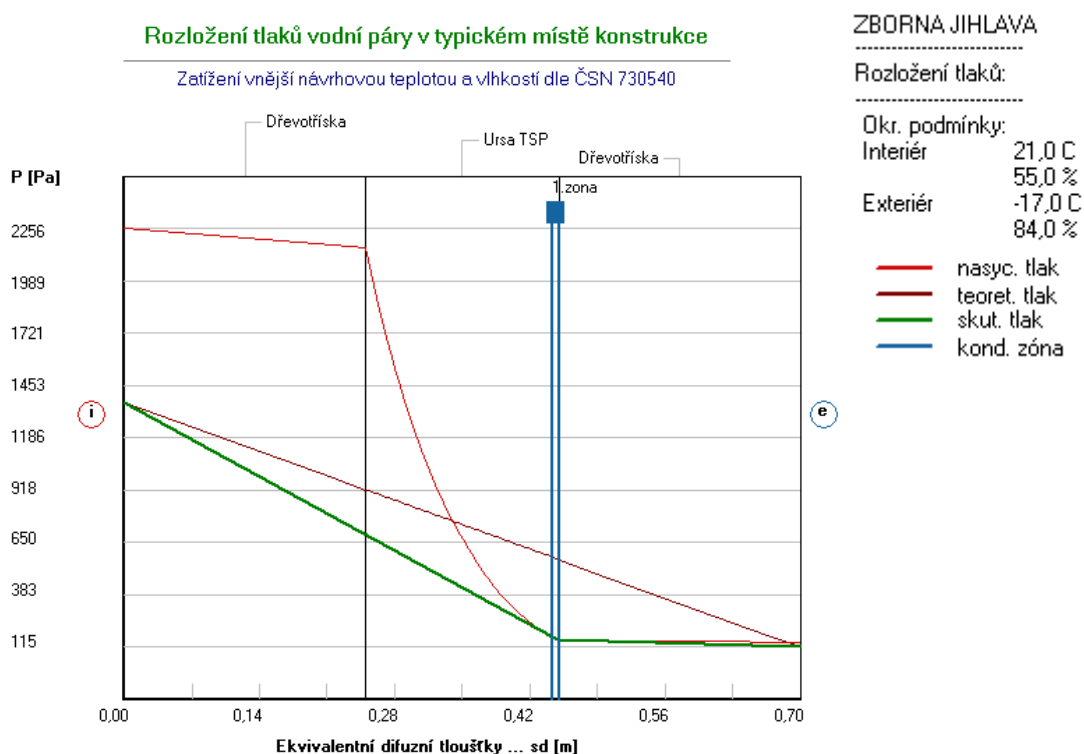
Tento model je bezpečný a správný z hlediska prostupu tepla i prostupujících vodních par. Teplý vzduch s vysokým obsahem vodních par narazí na parozábranu, kde se z něj oddělí velké množství vodní páry. Dále teplo nepostupuje díky tepelné izolaci a množství molekul vodní páry je velice malé. Díky tomu je vzduch schopen pojmout veškeré vodní páry, které prostoupily z interiéru do půdního prostoru, a ke kondenzaci nedochází.



Graf 3: Průběh hodnot tlaků při variantě 3
Zdroj: Autor, vytvořeno v programu Teplo 2010

1.1.5 Zateplený strop bez ochrany proti prostupu vodních par

Při této variantě teplo z interiéru do půdního prostoru nepostupuje díky tepelné izolaci. Ovšem kvůli absenci ochrany proti prostupu vodní páry se do půdního prostoru dostane velké množství vodní páry. A zde nastává nebezpečí, že půdní studený vzduch na sebe nedokáže navázat veškerou vodní páru. Přebytečná vodní pára potom zkondenzuje pravděpodobně při horním povrchu izolantu a vsákne se do izolantu nebo savých částí konstrukce stropu. Jak je dobře známo, tak mokrá deka nehřeje, a proto ani mokrá izolace již neizoluje. Samozřejmě existují materiály, které vodu nesají. Jedná se například o různé druhy vat a granulátů, které mají hydrofobizovaná vlákna. Tato vlákna vodou nenásáknou a na svém povrchu vytvoří kapku vody. V takovém případě kondenzát může propadnout izolantem a vsáknout se do prken, trámů nebo jiných savých materiálů. Tím vzniká ideální prostředí pro růst hub a plísní nebo pro napadení dřevokazným hmyzem.



Graf 4: Průběh hodnot tlaků při variantě 4
Zdroj: Autor, vytvořeno v programu Teplo 2010

1.1.6 Shrnutí porovnávaných variant

Z výše uvedených variant je zřejmé, že pokud má být strop zateplen, je nejhorší možností z hlediska prostupu vodních par varianta se zateplením a bez ochrany proti prostupu vodních par. Najednou na půdě, kde před zateplením bylo sucho, jsou mokré trámy

a začínají se tvořit plísně. Tyto příznaky můžeme pozorovat i z interiéru, kde se mohou objevovat mokré „mapy“ na stropěch a v rozích.

Je tedy třeba zabránit molekulám vodní páry, aby se v konstrukci hromadily a srážely, nebo aby nechtěného kondenzátu bylo tak málo, že se během letního období vypaří, aniž by došlo k poškození konstrukce. Z tohoto nastínění problematiky je jasné, že se jedná o závažný a složitý problém, který je třeba konzultovat s odborníkem, a s ním řešit konkrétní stavbu.

1.2 Vybrané statě tepelně technické fyziky

Následné veličiny a jejich charakteristiky jsou převzaty ze skript Stavební fyzika 20 ¹. V této kapitole jsou popsány základní informace v oblasti difuze a kondenzace vodních par.

1.2.1 Difuze

Faktor difuzního odporu

Za základní charakterizující schopnost materiálu propouštět vodní páru difuzí (tato schopnost bývá též zkráceně označována jako difuzní vlastnost materiálu) lze považovat faktor difuzního odporu μ [-]. Jako relativní veličina udává, kolikrát je zkoumaný materiál méně propustný pro vodní páru než vzduch.

Difuzní vlastnosti je možné vyjádřit také pomocí součinitele difuze vodní páry (též součinitel difuzní vodivosti) δ [s], který je konstantou úměrnosti mezi hustotou hmotnostního toku vodní páry g_d a gradientem částečného tlaku vodní páry $\text{grad } p_d$:

$$g_d = -\delta \times \text{grad } p$$

Vzájemný přepočítání faktoru difuzního odporu a součinitele difuzní vodivosti lze provést podle níže uvedené definice:

$$\mu = \frac{\delta_v}{\delta} = \frac{1}{\delta \times N}$$

kde je

- δ součinitel difuze vodní páry materiálu [s];
- δ_v součinitel difuze vodní páry vzduchu [s];
- N konstanta [s^{-1}], někdy označována jako teplotní difuzní funkce.
V běžných výpočtech $N = 5,315 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$.

¹ KULHÁNEK, František a Jan TYWONIAK. *Stavební fyzika 20: Stavební tepelná technika*. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02219-6

Difuzní odpor

Difuzní odpor konstrukce z_p [ms^{-1}] se určí jako součet difuzních odporů jednotlivých vrstev podle vztahu:

$$z_p = \sum \mu_j \times d_j \times N$$

kde je

- d_j tloušťka j-té vrstvy konstrukce [m];
- μ_j faktor difuzního odporu j-té vrstvy [-];
- n počet vrstev konstrukce;
- z_{pj} difuzní odpor j-té vrstvy [ms^{-1}].
- N konstanta - viz výše

Výpočet difuzního odporu konstrukce lze také provést s použitím součinitelů difuze. Vznikne pak analogie mezi tepelným a difuzním odporem:

$$z_p = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\delta_j} = \sum_{j=1}^n z_{pj}$$

kde je

- d_j tloušťka j-té vrstvy konstrukce [m];
- δ_j součinitel difuze vodní páry j-té vrstvy konstrukce;
- z_{pj} difuzní odpor j-té vrstvy [ms^{-1}];
- n počet vrstev konstrukce.

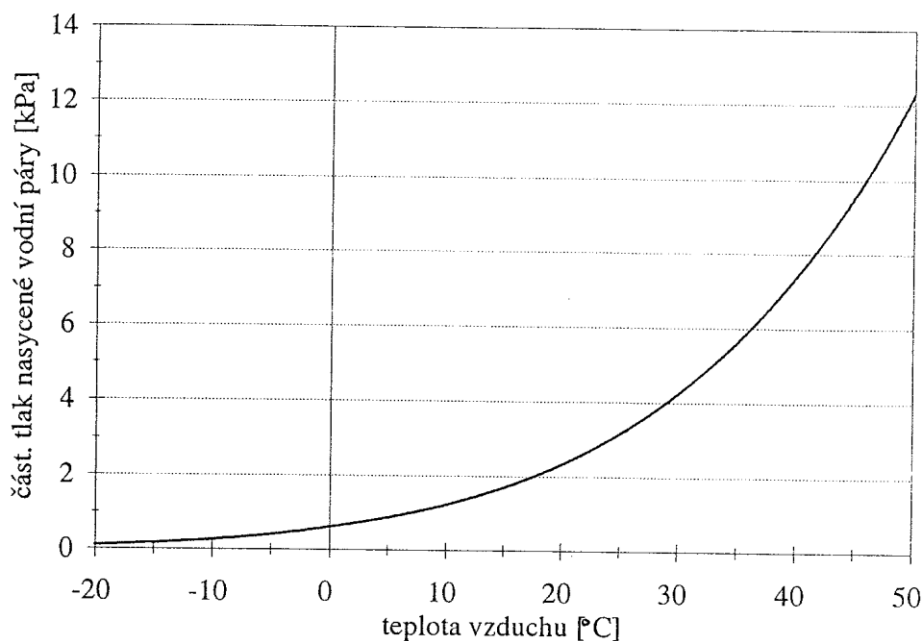
Částečný tlak vodní páry

Okrajové podmínky pro difuzi vodních par jsou určeny pomocí částečného (parciálního) tlaku vodní páry ve vzduchu p_d [Pa] při površích konstrukce. Nejčastěji není tato hodnota vyjádřena přímo, ale pomocí teploty a relativní vlhkosti vzduchu:

$$p_d = p_d^{//} \times \varphi$$

kde je

- φ relativní vlhkost vzduchu [%];
- $p_d^{//}$ částečný tlak nasycené vodní páry ve vzduchu [Pa].



Graf 5: Částečný tlak nasycené vodní páry

Zdroj: KULHÁNEK, František a Jan TYWONIAK. *Stavební fyzika 20: Stavební tepelná technika*. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02219-6, strana 48

1.2.2 Kondenzace

Zjištění výskytu kondenzace

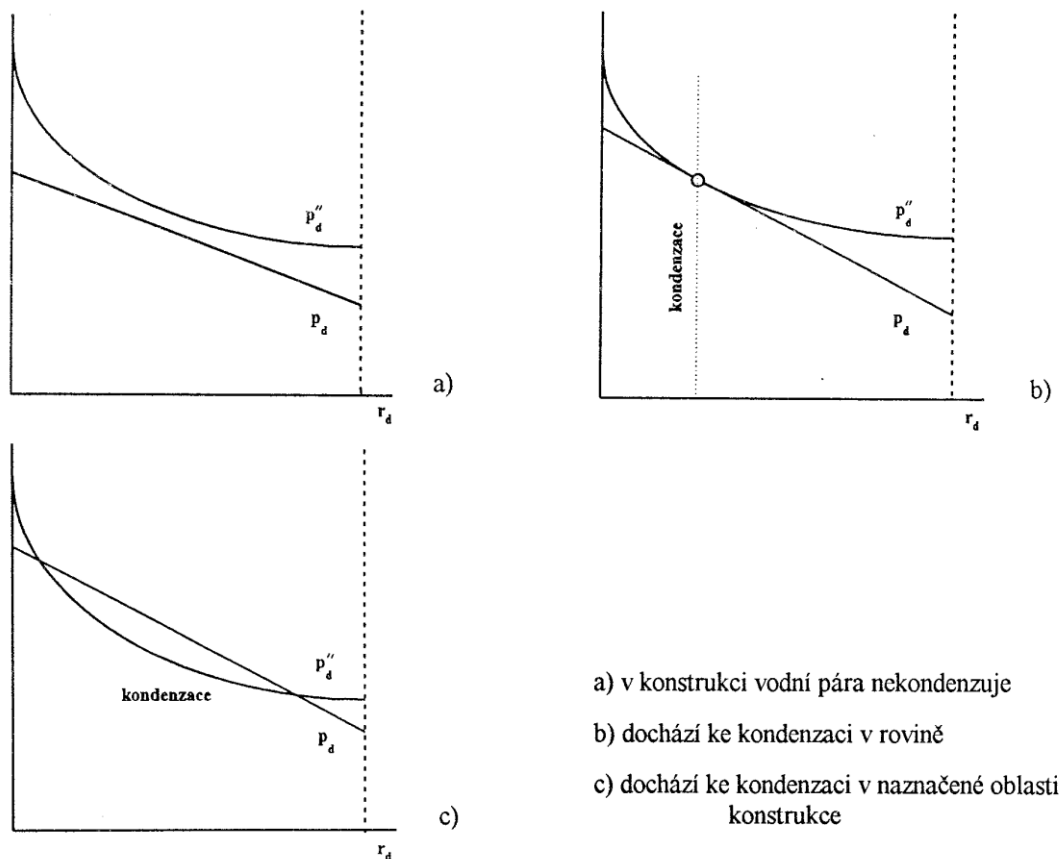
Nežádoucí kondenzace vodní páry v konstrukci je vyloučena, nedosáhne-li v žádném místě konstrukce skutečný částečný tlak vodní páry hodnot nasyceného částečného tlaku. Tedy je-li splněna podmínka:

$$p_{dx} < p_{px}^{//}$$

Prověření výskytu kondenzace se provede pro každý měsíc v roce.

Určení průběhu skutečného částečného tlaku vodní páry se provede výpočtem nebo graficky. Hodnoty nasyceného částečného tlaku vodní páry určíme výpočtem a to zejména pro body na rozhraní jednotlivých vrstev.

Typické průběhy křivky částečného tlaku vodní páry a částečného tlaku nasycené vodní páry jsou schematicky zobrazeny na Graf 6. Kondenzační situace se snadno zjistí podle jejich vzájemného vztahu.



Graf 6: Vyšetření výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci

Zdroj: KULHÁNEK, František a Jan TYWONIAK. *Stavební fyzika 20: Stavební tepelná technika*. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02219-6, strana 50

1.2.3 Difuze vodní páry a problém kondenzace v konstrukci

Vodní pára je neodmyslitelnou součástí vzduchu všude kolem nás, a proto je s ní nutno počítat i během navrhování izolace stropní konstrukce. Jak již bylo výše zmíněno, mohou nastat různé případy během prostupu vodní páry trémovým stropem. S umístěním izolantu se totiž změní parciální tlak vodní páry v půdním prostoru. Teplota na půdě se začne blížit exteriérové hodnotě, a tím dojde i k rapidní změně hodnoty teploty rosného bodu. Každý materiál má svoji charakteristickou hodnotu difuzního a tepelného odporu, a proto musíme vyšetřovat každou navrženou skladbu stropu individuálně. Pokud teplo a molekuly vodní páry narazí na podhled a izolant s malým difuzním odporem, bez problémů jím projdou a může dojít k nechtěné kondenzaci vodní páry. Ta může mít za následek degradaci izolantu nebo dokonce degradaci nosné konstrukce stropu. Jistě je evidentní, že taková situace je naprosto nepřijatelná. Pokud totiž vlhkost nasají dřevěné části krovu, vytváří tím ideální prostředí pro vznik a rozvoj plísní a hub, které žijí na vlhkém dřevě. V případě, že taková situace nastane a neřeší se okamžitě, může mít fatální následky pro celou stavbu.

Norma ČSN 73 0540-2 hovoří o množství kondenzátu a rozděluje ho do tří skupin dle vážnosti ohrožení konstrukce. První variantou je, že ke kondenzaci během roku nedochází. Tento stav je považován za ideální a měly by se mu přibližovat všechny konstrukce. Druhou variantou je pouze omezené množství vodní páry, která může v konstrukci zkondenzovat. Během kalendářního roku se totiž střídají časové etapy, kdy dochází ke kondenzaci, s etapami, kdy naopak dochází k vysušování konstrukce. Důležitou a stěžejní podmínkou této skupiny je fakt, že na konci jednoho ročního cyklu je konstrukce úplně suchá. Poslední skupina zahrnuje případy, kdy je konstrukce stále mokrá a tudíž velice náchylná k výše zmíněným nebezpečím. Takový stav je nepřijatelný.

Množství kondenzátu v konstrukci je možné stanovit pomocí výpočetních programů. Ty však počítají s ideálním stavem a s konstrukcí jako s naprosto těsnou. V tomto ohledu hraje nemalou roli i názor odborných projektantů, kteří se v tomto oboru pohybují řadu let. K počítačovým výsledkům je totiž dobré přistupovat s jistou mírou skepse a výsledky porovnat se zkušenostmi s chováním materiálů v praxi. Stejně důležité je i správné stanovení okrajových podmínek konkrétně řešené konstrukce.

Dle ČSN 73 0540-2² rozlišujeme tyto případy kondenzace v konstrukcích:

- pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_C , v $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy:

$$M_C = 0$$

- pro stavební konstrukci, u které vodní pára uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_C , v $\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ tak, aby splňovalo podmínku:

$$M_C \leq M_{C,N}.$$

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difuzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

$$M_{C,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$$

² ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky.* Praha: ÚNMZ, Říjen 2011. 21 s. Třídící znak 730540.

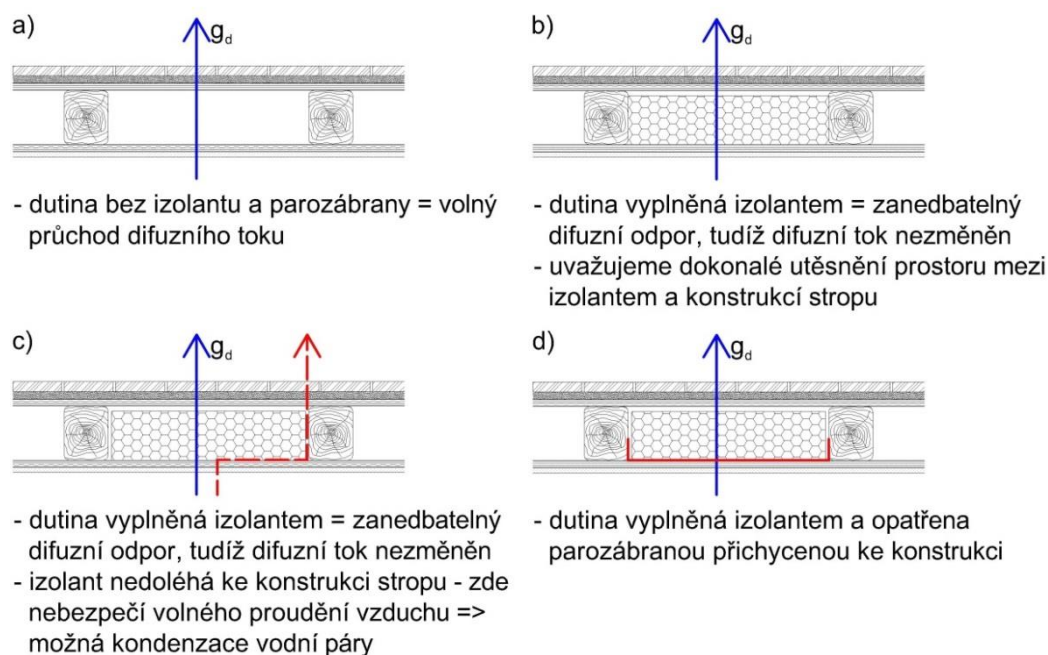
a pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot

$$M_{C,N} = 0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a}).$$

1.2.4 Varianty prostupu vlhkosti konstrukcí stropu

V této kapitole je přiblížen pohyb vzduchu s vodní párou stropní konstrukcí. V následujících schématech jsou znázorněny varianty pohybu vzduchu v závislosti na těsnosti konstrukce a její skladbě. Při prostupu stropní konstrukcí totiž vzduch využívá nejjednodušší cestu, aby překážkou prošel. Tuto cestu mu nabízí různé škvíry a netěsnosti ve skladbě stropu. Těmito otvory může vzduch volně procházet a tak poměrně rychle transportovat velké množství tepla a vodních par do chladného půdního prostoru. Tomu je nutné maximálně zabránit a navrhnout skladbu tak, aby byla perfektně vzduchotěsná. Bez pochyb je důležité i precizní provedení této navržené konstrukce.

Na grafických znázorněních jsou vyobrazeny kombinace difuzního toku (g_k) a teoretické pohyby vzduchu netěsnostmi v závislosti na skladbě stropní konstrukce. Zde je důležité podotknout, že pokud je prostup vodní páry konstrukcí posuzován pomocí výpočetních programů, bude výsledek tak přesný, jak přesná budou zadaná data do programu. Je tedy zřejmé, že i když je použit pro posouzení nebezpečí kondenzace počítačový program, musí mít projektant dost odborných znalostí této problematiky, aby mohl výsledky programu zhodnotit.



Obrázek 3: Prostupy vlhkosti konstrukcí stropu

Zdroj: Ing. Jiří Novák, Ph.D., Autor

Pokud je tedy konstrukce provedena precizně nebo je dodatečně dotěsněna, bude uvažováno již pouze o difuzi. Tento předpoklad je pro tuto práci vhodnější. Pokud totiž dochází k volnému proudění vzduchu konstrukcí stropu, je tento stav velice složitý a těžko popsatelný. Nelze dokonce jednoznačně říci, zda proudění vzduchu konstrukci uškodí nebo naopak pomůže. Proto přichází na řadu jednotlivé materiály, které jsou ve skladbě použity. Součástí návrhu správně fungující skladby je přesná specifikace použitých materiálů a jejich hodnot difuzních odporů. Každý materiál má své specifické vlastnosti, a proto je nutné pro návrh skladby dát na radu odborníka.

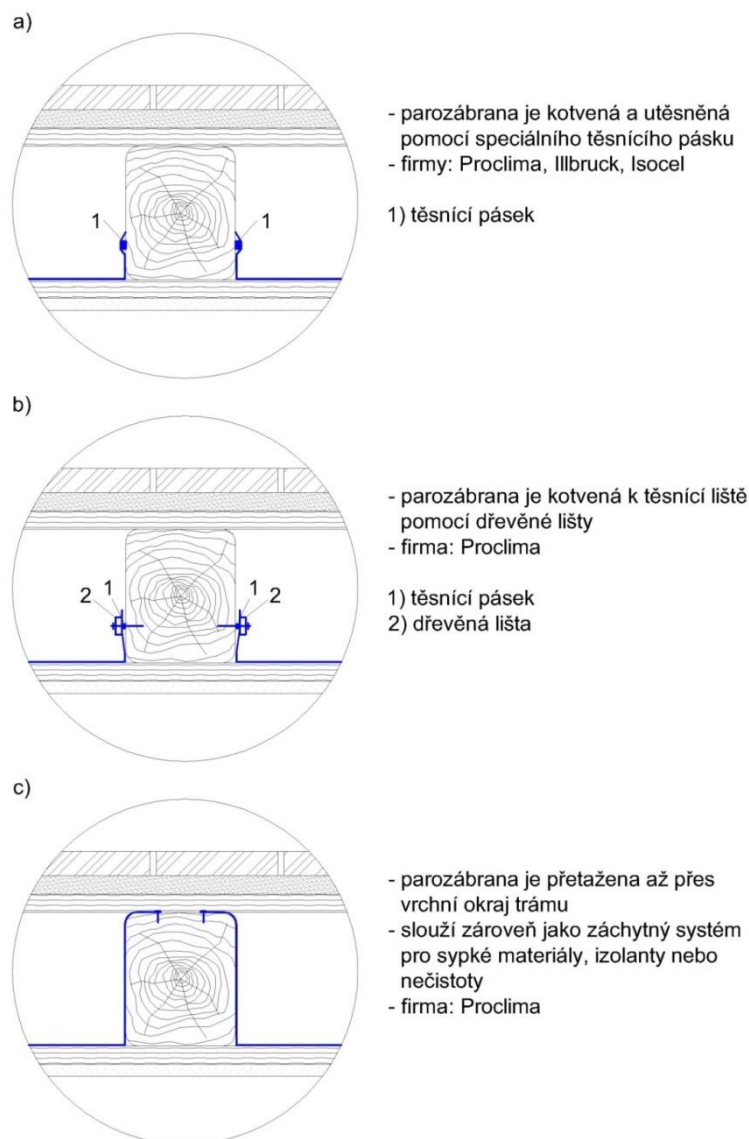
Jednou z prvních vrstev směrem z interiéru ve skladbě by měla být parozábrana, která vytváří bariéru pro vodní páru obsaženou ve vzduchu a zároveň vytvoří těsnou vrstvu, která zabrání volnému proudění vzduchu do konstrukce.

1.2.5 Varianty provedení dodatečné instalace parozábrany

Pokud se tedy uvažuje o instalaci parozábrany, vyvstane nový problém, a to s jejím ukotvením ke konstrukci. Důležité totiž je, aby tento spoj byl naprosto těsný. Těsnost je nutná pro správnou funkci navržené skladby. Variant, jak toto spojení provést, je mnoho a existují specializované firmy, které se tímto problémem zabývají.

Ideální řešením pro dodatečnou instalaci parozábrany je její umístění v podhledu stropní konstrukce. Díky tomuto řešení je možné snadno vytvořit kompaktní a těsnou vrstvu. Celá stropní konstrukce pak zůstává v relativně stálém prostředí půdy.

Pokud z nějakého důvodu nemůže být učiněn zásah do podhledu, je další variantou umístění parozábrany do dutin přímo pod izolant. V tomto případě existuje více variant, jak tento záměr provést. Následující nákresy přibližují některé z možných řešení této problematiky.



Obrázek 4: Detaily uchycení parozábrany

Zdroj: <http://www.pro-clima.cz/clanek/zobrazit/systemy-a-konstrukce#02>; Ing. Jiří Novák, Ph.D.

1.3 Umožnění odparu kondenzátu a problematika záklopů v praxi

Jak bylo výše řečeno, je velice důležité počítat se vzdušnou vlhkostí při návrhu stropní konstrukce, která má oddělovat vytápěný a studený prostor. Správným řešením je návrh obsahující parozábranu. V praxi je ovšem časté, že řada firem, které se izolacemi stropních konstrukcí zabývá, tuto problematiku podceňuje. V drtivé většině realizační firma umístí do dutin trámového stropu izolant a prostup vodní páry nebo těsnost konstrukce neřeší.

Další, již méně početnou skupinou, jsou realizační firmy, které tento problém řeší dodatečně. To znamená, že absenci parozábrany řeší „nezaklopením“ izolantu nebo tvorbou „difuzně otevřené konstrukce“. V tomto případě se nemusí nutně jednat o špatně zvolené řešení. Ovšem tato problematika, tedy problematika záklopů stropních

konstrukcí, je obsáhlá a složitá. A právě této problematice je věnována tato práce. Jak již bylo dříve řečeno, může nastat varianta, při které ve stropní konstrukci zkondenzuje pouze malé množství vodní páry. V takovém případě je ovšem nutné, aby byl této vodě umožněn odpar. A právě v tom jí může bránit nevhodně zvolený záklop. V následující praktické části jsou vybrány některé časté varianty záklopů a ty budou poté podrobně popsány a zkoumány. K tomuto účelu bylo provedeno i experimentální měření v reálné konstrukci. Výsledky z měření jsou poté porovnány s počítačovými modely.

Samozřejmě může nastat i varianta, kdy v konstrukci stropu kondenzuje vodní páry příliš mnoho. Tento stav může být navíc ještě umocněn špatně zvoleným záklopem. Tím se může vytvořit ideální prostředí pro plísně, houby a dřevokazný hmyz. To je naprosto nevhodný stav, který může ohrozit celou konstrukci a to především staticky. Již dříve zmíněný dřevokazný hmyz může vážně narušit statiku konstrukce. Nehledě na to, plísně mohou velmi negativně působit na lidský organizmus. Některé druhy jsou navíc karcinogenní. Nelze opomenout ani významné zhoršení užitného prostředí v důsledku vizuálního znehodnocení povrchu zasažených konstrukcí. Na trhu se v poslední době objevují "zaručené" prostředky sloužící k odstranění plísní. Je ovšem nutné si uvědomit, že tyto prostředky slouží výhradně k odstranění následků, nikoli příčin výskytu plísní. Jako takové mohou sloužit tyto prostředky pouze jako doplňkové, ale ke skutečně efektivnímu a trvalému odstranění plísní z interiéru budov musí být použity společně s opatřeními, která odstraní příčiny vzniku plísní.



Obrázek 5: Dřevo napadané dřevokazným hmyzem
Zdroj: Autor

Ještě je na závěr třeba dodat, že existuje i řada realizačních firem, které problematiku prostupu vodních par stropní konstrukcí řeší kvalitně a zodpovědně. Bohužel jen zůstává smutným faktem, že tato skupina není příliš početná.

1.4 Nebezpečí vzniku plísní a hub a výskytu dřevokazného hmyzu³

Riziko vzniku plísní a hub, popř. vytvoření prostředí pro dřevokazný hmyz, může nastat při dosažení hranice 16 % rovnovážné hmotnostní vlhkost dřeva. Zde je možné opřít se o normu ČSN 730540:2011 Tepelná ochrana budov, část 2 Požadavky, hlava 6 Šíření vlhkosti konstrukcí, kde je o tomto zmínka v bodu 6.1.2 poznámka 1 (viz Příloha 1).

1.5 Obecné příčiny poškození dřeva⁴

Dřevo je organický přírodní materiál, který podléhá četným degradačním vlivům. Ty mohou časem vést až k jeho úplnému zničení. K poškození dřeva dochází především díky degradačnímu působení fyzikálních, biologických a atmosférických faktorů.

1.5.1 Fyzikální vlivy

Důsledkem působení fyzikálních degradačních faktorů na dřevo je především změna vlhkosti dřeva, ke které dochází v důsledku změn relativní vlhkosti okolního prostředí. Tím dochází ke změnám rozměrů dřeva, v materiálu vzniká vnitřní napětí a může dojít k borcení dřeva. Důležitá je rychlost změny. Je-li průběh změn pozvolný, je i difuze vlhkosti do dřeva pomalá, tlak expandujících buněk není velký a poškození může být menší. Při rychlých změnách je i bobtnání či smršťování vnější vrstvy dřeva daleko rychlejší, mezi vnitřními a povrchovými vrstvami objektu vzniká silné vnitřní pnutí a poškození bývá rozsáhlejší. Toto se týká i případů, kdy je dřevo kombinováno s jiným typem materiálu s odlišnou tepelnou roztažností a s odlišnou citlivostí na změny vlhkosti (např. kovy, případně i různé druhy dřeva).

1.5.2 Biologické vlivy

Další častou příčinou poškození dřeva je biologické (též biotické) napadení. Jedná se o napadení bakteriemi, houbami a dřevokazným hmyzem.

Houby podle typu buď vytvářejí na dřevu plísňové porosty (plísně), nebo mění zbarvení dřeva (dřevozbarvující houby), nebo způsobují jeho rozklad (hniloba – tzv. dřevokazné houby). Plísně a dřevozbarvující houby nezpůsobují přímo rozklad dřeva, ale vytvářejí optimální podmínky pro napadení dřeva dřevokazným hmyzem a dřevokaznými houbami, které již způsobují destrukci dřeva.

³ Zdroj: <http://www.inoutic.cz/cz/tipy-pro-nakup-oken/ventilace/vlhkost-vzduchu-a-tvoreni-plisni/>

⁴ Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/9638-odolnost-a-trvanlivost-drevenych-konstrukci>

Rizikové hodnoty pro biologické napadení:

- A) Dřevokazné houby** – vlhkost dřeva 18–20 % nebo vyšší (cca 85–90 % relativní vlhkosti) a teplota v rozmezí od 2 do 40 °C. V interiéru je těchto hodnot dosaženo např. při zatékání dešťové vody, při haváriích vodovodního nebo kanalizačního potrubí, nebo v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu > 85 %; v exteriéru jsou tyto hodnoty v našich klimatických podmínkách dosaženy vždy.
- B) Dřevokazný hmyz** – vlhkost dřeva 12 % nebo vyšší (cca 60 % relativní vlhkosti) a teplota nad 10 °C (v interiéru i v exteriéru jsou tyto hodnoty v našich klimatických podmínkách splněny téměř vždy).
- C) Dřevo s vlhkostí pod 12 %** (pod cca 60 % relativní vlhkosti) je přirozeně odolné proti všem biotickým škůdcům.

1.5.3 Přirozená odolnost a trvanlivost dřeva

Dnes je dřevo pokládáno za materiál s nízkou životností, v minulosti se však příliš nerozlišovalo mezi trvanlivostí dřeva a zdiva, dokladem toho jsou konstrukce, které oba materiály kombinují, například hrázděné zdivo. Ve skutečnosti má dřevo vysokou životnost, srovnatelnou s jinými materiály, pokud je ovšem v příznivých podmínkách. Hlavním činitelem, který způsobí úplný zánik dřeva, je kromě požáru, napadení houbami. Z toho plyne potřeba trvale se starat, aby nevznikly podmínky příznivé pro napadení dřeva.

Faktory, ovlivňující trvanlivost dřeva a jeho odolnost vůči napadení:

- prostředí, zejména vlhkost, přítomnost vzduchu a teplota;
- druh dřeva;
- kvalita dřeva;
- ochranné látky.

1.5.4 Vliv prostředí

Vliv prostředí je klasifikován pomocí tříd použití dle možnosti ohrožení dřeva biotickými škůdci.

Třída použ.	Všeobecné podmínky používání (expozice dřeva)	Popis vystavení účinku vlhkosti v provozních podmínkách	Výskyt biotických činitelů
1	interiér, zakryté	sucho max. 20 %	dřevokazný hmyz
2	interiér nebo zakryté	příležitostně > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby
3	3.1 exteriér, bez styku se zemí, chráněné	příležitostně > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby
	3.2 exteriér, bez styku se zemí, nechráněné	často > 20 %	
4	4.1 exteriér, v kontaktu se zemí a/nebo sladkou vodou	převážně nebo trvale > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby, houby způsobující měkkou hnilobu
	4.2 exteriér, v kontaktu se zemí (zcela) a/nebo sladkou vodou	trvale > 20 %	
5	v mořské vodě	trvale > 20 %	dřevokazný hmyz v částech nad vodou, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby, houby způsobující měkkou hnilobu, mořští škůdci dřeva

Tabulka 1: Třídy použití, dle ČSN EN 335-1,2 pro rostlé dřevo v ČR

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/9638-odolnost-a-trvanlivost-drevenych-konstrukci>

1.5.5 Účinné větrání prostoru⁵

Větrání půdního prostoru, resp. střešní dutiny mezi střešní krytinou a tepelnou izolací nejbližší zateplené konstrukce, popisuje norma ČSN 731901:2011 Navrhování střech, kde je přímo Příloha E: Dimenzování ventilace (viz. Příloha 2). Dále se o této problematice zmiňují i Pravidla pro navrhování a provádění střech Cechu KPT ČR z roku 2014, kde je o toto zmínka v oddílu 2 DHV, bodu 4 a odstavci (3). Zde je mimo jiné uvedeno: "(3) Střešní dutina uváděná v bodech (1) a (2) musí být účinně větrána. Nejsou-li k dispozici vikýře nebo okna ve štítech, je možným řešením provedení větracích otvorů propojujících střešní dutinu se vzduchovou vrstvou mezi krytinou a DHV.

⁵ Zdroj: Jan Rypl, JUTA a.s.

PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Definice zadání

Na začátku této kapitoly je nutné si uvědomit, že každá stavba je svým způsobem unikátní a to znamená, že tak musíme přistupovat i k návrhu změn na této stavbě. Každá stavba má své specifické podmínky z hlediska teploty a vlhkosti interiéru a z hlediska klimatu exteriéru ve vazbě na nadmořskou výšku či sněhovou oblast místa stavby. Tj. to, co např. ukáže měření pro konstrukci s klimatem +21°, 50% vlhkostí interiéru a místem stavby Praha (výpočtová teplota -13°C), už nebude platit pro konstrukci, kde bude změněn buď klimat interiéru na vyšší teplotu či vlhkost (stačí navýšení jen o pár °C či navýšení relativní vlhkosti jen o 10%). Stejně tak již nebudou shodné výsledky u konstrukce se stejným vnitřním klimatem, ovšem místo stavby bude ve vyšší nadmořské výšce či sněhové oblasti (např. Trutnov s výpočtovou teplotou -19°C), tj. kde vlastní klimat exteriéru vytváří v zimním období vyšší rozdíly teplot mezi interiérovým a exteriérovým prostředím a zároveň tyto rozdíly trvají delší dobu, tj. kde exteriérový klimat delší dobu vytváří výrazné omezení možnosti odparu vodních par z konstrukce.

Rovněž i jednotlivé zimy v jednotlivých letech jsou různé. Jsou zimy, kde jen velice výjimečně klesne venkovní teplota pod -5°C a tyto mrazy navíc trvají krátce, ale jsou zimy, kdy teplota klesá i pod -10°C a tyto mrazy trvají delší dobu.

Proto je nutné nebrat výsledky dále popisovaného experimentu jednoznačně jako precedent, ale spíše by se daly brát jako pobídnutí k zamyšlení nad problematikou prostupu vodní páry konstrukcí a nebezpečí její kondenzace. Tato kapitola tedy bude zahájena popisem objektu zvoleného pro experiment. Dále bude popsán vlastní experiment a metody jeho zkoumání. Na závěr pak budou zkoumány výsledky experimentu a porovnány s předpokládanými výsledky, které byly stanoveny pomocí počítačového programu.

2.2 Zvolený objekt

Objekt, který je předmětem zkoumání, je rodinný dům v obci Zborná, okres Jihlava, kraj Vysočina. Dům je třípatrový s obytným podkrovím a půdou. V přízemí se nachází garáž, která se rovná celému půdorysu stavby. V 1. patře se nachází chodba, kuchyně s jídelním koutem, koupelna s WC a obývací pokoj. V podkroví se nachází dvě ložnice. Nad nimi je půda, do které vede vstup právě z jedné ložnice. Obvodové stěny jsem nezašlepené a postavené z pěnových tvárníc na bázi dnešního YTONGu. Okna jsou původní dřevěná, zdvojená. Objekt je napojen na elektřinu, kanalizace a plyn se nachází na hraně pozemku. K domu náleží menší zahrada.



Obrázek 6: Zkoumaný objekt Zborná u Jihlavy, Vysočina
Zdroj: Autor

2.3 Specifikace experimentu

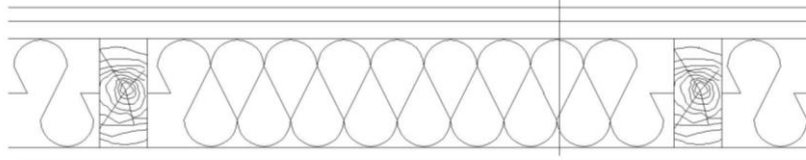
2.3.1 Popis experimentu

V následujícím experimentu byly do půdního prostoru instalovány 4 vzorky, do kterých byl umístěn izolant a měřící zařízení. V tomto experimentu je počítáno se situací, kdy do dutin mezi trámy nebyla pod izolant umístěna parozábrana. To tedy znamená, že experiment simuluje případ, kdy byla podlaha na půdě zateplena realizační firmou, ale nebyla zde řešena ochrana proti prostupu vodní páry. Následně firma zakryla izolaci záklopem, aby byla půda opět pochozí. Vzorky experimentu jsou zakryty různými variantami záklopů a simulují tak nejčastější řešení realizačních firem (jednotlivé vzorky budou popsány v další kapitole). Experiment tedy zkoumá, jaký dopad mají různé varianty záklopů na prostup vodních par, případně jaký dopad mají na odpařování možného kondenzátu ze vzorku.

Nejdříve je nutné specifikovat stávající stav (Obrázek 7). Z interiéru je první vrstvou dřevotříska opatřena malbou. Následuje dutina vyplněna skelnou vatou, na které je dřevěný rošt a další vrstva dřevotřísky.

Stávající stav

- dřevotříska 20mm
- rošt - prkna 25x95mm
(mezery cca 80mm)
- trám 160x70mm
(v dutinách skelná vata)
- dřevotříska 20mm



Obrázek 7: Schéma stávajícího stavu

Zdroj: Autor



Obrázek 8: Prostor pod vzorky

Zdroj: Autor



Obrázek 9: Půdní prostor

Zdroj: Autor



Obrázek 10: Odstranění pochozí vrstvy půdy

Zdroj: Autor



Obrázek 11: Průhled skladbou stropu

Zdroj: Autor



Obrázek 12: Původní izolant – skelná vata
Zdroj: Autor

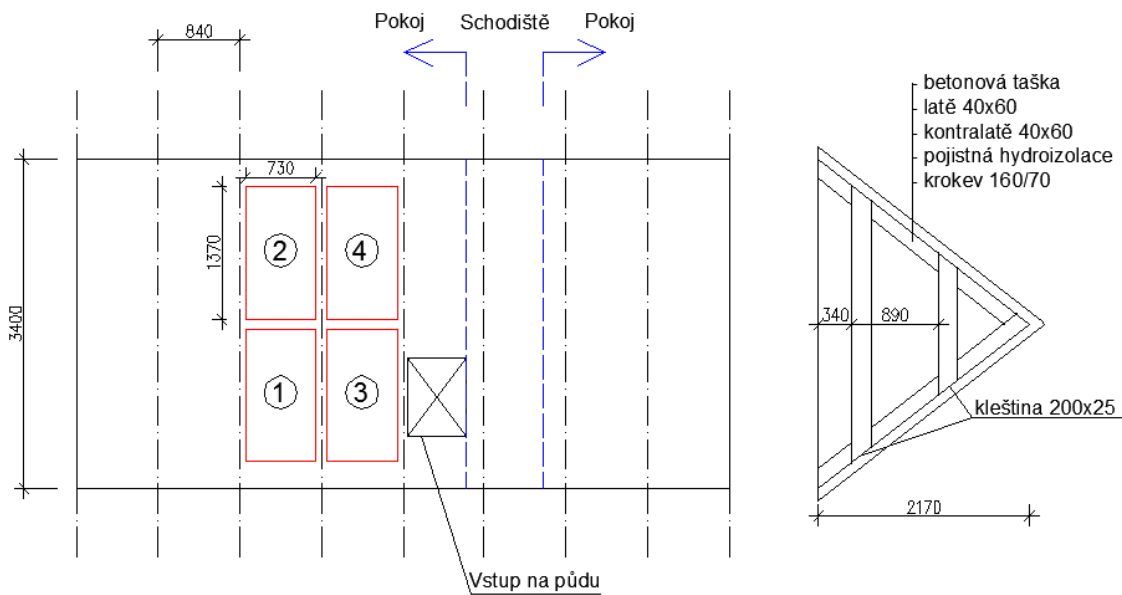


Obrázek 13: Použití ochranných pomůcek
Zdroj: Autor



Obrázek 14: Vyklizený prostor pro umístění vzorků
Zdroj: Autor

Na následujícím schématu je vyobrazeno rozmístění vzorků v půdním prostoru. Umístění bylo zvoleno tak, aby bylo co nejbližší u sebe a zároveň co nejbližší ke středu místnosti, aby byly vzorky co nejméně ovlivněny klimatickými změnami v exteriéru.

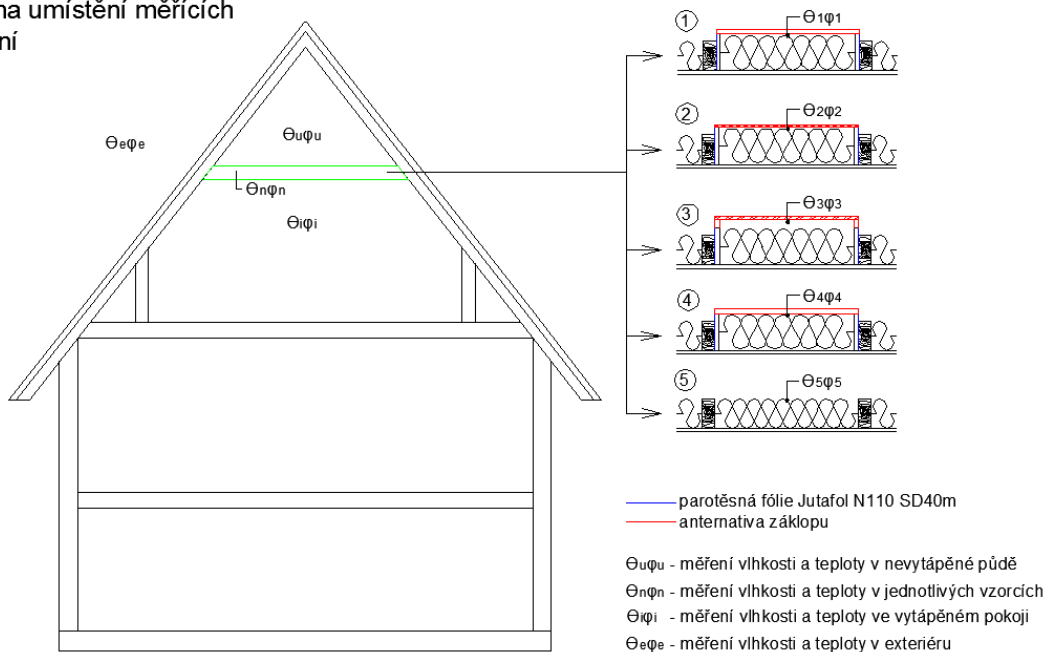


Obrázek 15: Schéma umístění vzorků v půdním prostoru

Zdroj: Autor

Na dalším obrázku (Obrázek 16) je schematicky vyobrazeno umístění vzorků v budově. Jedná se o strop poslední vytápěné místnosti. Během celého experimentu byly zaznamenávány teploty a vlhkosti nejen ve vzorcích, ale také v interiéru pokoje, v prostorách půdy a v exteriéru. Tyto údaje jsou vodítky ke zlepšení představy o fungování a průběhu celého experimentu. Navíc je na nich možné zkoumat různé závislosti jednotlivých naměřených hodnot.

Schéma umístění měřících zařízení



Obrázek 16: Schéma umístění měřících zařízení

Zdroj: Autor

2.3.2 Volba izolantu a velikost vrstvy

Pro tento experiment bylo třeba zvolit vhodný izolant a vhodnou vrstvu této izolace. Pro volbu izolantu bylo hlavním kritériem spolupůsobení izolantu s vodou. Pokud by totiž bylo k experimentu použito izolačního materiálu, který má hydrofobizovaná vlákna, mohlo by se stát, že při odebírání vzorku pro gravimetrickou zkoušku by voda izolantem propadla a vsákla se do dřevotřískového stropu. Hydrofobizovaná vlákna totiž vodu nesají, ale ta se na nich uchytilí ve formě kapky. Pokud je vody mnoho nebo dojde k manipulaci s tímto materiálem, kapka se vlastní vahou uvolní z vláken a materiálem propadne. Bylo tedy nutné zvolit materiál, který je nasákavý, aby na něm bylo možné na konci experimentu provést gravimetrickou zkoušku.

Proto byla zvolena celulózová izolace Climatizer Plus (veškeré technické parametry na www.climatizer.cz). Ovšem nasákavost dle výrobce není problém toho izolantu, ale jeho předností. Pokud totiž použije materiál, který má hydrofobizovaná vlákna, případné kapky vody jím propadnou a vsáknou se do savých částí stropní konstrukce nebo zůstanou na vláknech ve formě kapek. To znamená, že mají menší povrch a tudíž se hůře odpařují. Tento materiál je ovšem částečně nasákavý a to znamená, že v místě kondenzace, při horním okraji izolantu, vytvoří souvislou vrstvu vlhké izolace a tudíž velký povrch pro odpar. Zůstává tedy otázkou, zda je nasákavost toho izolantu výhodou či nikoliv.



Obrázek 17: Zvolený izolant Climatizer Plus

Zdroj: http://www.ciur.cz/files/news/09/Laik/Co%20je%20CP/climatizer_plus_box.jpg



Obrázek 18: Climatizer Plus

Zdroj: <http://www.izolace-kanev.cz/otazky-odpovedi>

Základní deklarované technické parametry	
Součinitel tepelné vodivosti lambda	0,039-0,043Wm ⁻¹ K ⁻¹
Objemová hmotnost	45-90kgm ⁻³
Reakce na oheň ČSN EN 13501-1	C (pro nástřik vodou) B (nástřik s pojivem Karsil) D (nástřik s pojivem SOKRAT)
Odolnost vůči teplotám	od -50 °C do +80 °C
Odolnost vůči vodě	vlhkost a vodní páry materiálem prochází, pokud se zde srazí vodní pára, vážně materiál poškodí vyšší navlhavost 16,6 % (20 °C, 90 %) faktor difuzního odpor 1,1-3

Tabulka 2: Základní deklarované technické parametry - climatizer

Zdroj: KANEV IZOLACE. Technické parametry. *Izolace-kanev.cz* [online]. © 2008 [cit. 2014-03-12].

Dostupné z: <http://www.izolace-kanev.cz/parametry>

Pozn.:

Výhody: materiál beze spojů, tudíž nevznikají tepelné mosty; není nutné „vyřezávat“ malé kousky izolantu, materiál vyplní všechny dutiny; doprava izolantu do půdního prostoru tlakovou hadicí, (nasákavost).

Nevýhody: k aplikaci je nutná speciální mechanizace; nutností je odborné provedení; odolnost vůči ohni až po speciálním ošetření; (nasákavost); po aplikaci je materiál náchylný k deformaci při stlačení, čímž ztrácí izolační vlastnosti; při chybné aplikaci nemusí vyplnit celý prostor; nebezpečí sesednutí.

Pomocí výpočtu v programu Teplo 2010 byla stanovena potřebná síla izolantu na 200mm. Takováto vrstva izolantu má hodnotu součinitele prostupu tepla v rozmezí

0,189-0,197 W/(m²K), čímž splňuje normový požadavek na součinitel prostupu tepla stropu pod nevytápěným půdním prostorem:

požadovaná hodnota $U_p = 0,3$ [W/(m²K)];

doporučení hodnota $U_d = 0,2$ [W/(m²K)].

Původní trémový strop má ovšem prostor umožňující vložení izolantu pouze 160mm vysoký. To znamenalo vytvořit „bedničky“ o potřebné výšce 200mm a ty umístit mezi trámy stropu.

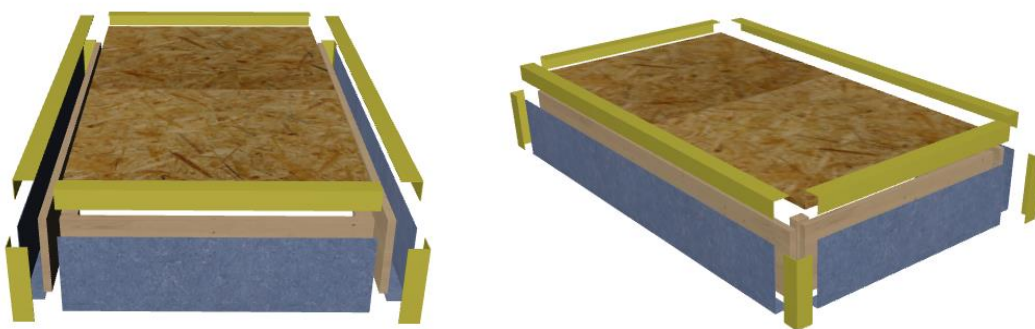
2.3.3 Odborný návrh skladby stropu při izolování ⁶

Zde je uveden odborný návrh skladby dodatečně izolovaného trémového stropu, jak by ji navrhl odborník firmy Juta a.s., pan Jan Rypl. Správně by se měla současná dřevotříska, rošt z prken a původní tepelná izolace demontovat, plochu mezi trámy propojit parozábranou (např. Jutafol N 110) a na boky trámů a na navazující zdivo ji nalepit pomocí tmelu Jutafol Mastic (vždy co nejnižší k původnímu podhledu). Parozábrana nesmí vrchem trámy obalovat. Z původního podhledu nesmí směrem k parozábraně vyčnívat ostré předměty a v podhledu nesmí být zabudovány prvky inženýrských sítí, zejména bodová svítidla. Poté stávající trámy navýšit na požadovanou výšku a na parozábranu navržit izolant. Následně provést prkenný (difuzní) záklop. Pokud by byla pod touto konstrukcí i koupelna, musela by mít nucený odtaž ventilátorem. Prostor nad celulózou musí být účinně větraný, celulóza nesmí být shora uzavřena žádnou nízkodifuzní vrstvou, tj. ani dřevotřískou či OSB deskou.

⁶ Jan Rypl, Manažer aplikací, JUTA a.s.

2.3.4 Vytvoření vzorků

Jak bylo dříve řečeno, bylo třeba zvýšit vrstvu izolantu, aby konstrukce splnila normový požadavek na součinitel prostupu tepla. Za tímto účelem byly vytvořeny „bedničky“, které byly umístěny mezi trámy stropu a do nich potřebná vrstva izolantu. Tyto „bedničky“ poté umožnily instalaci různých druhů záklopů, což je hlavním záměrem této práce.



Obrázek 19: Skladba „bedniček“

Zdroj: Autor; vytvořeno v programu ArchiCAD 18

Bedničky jsou vyrobeny ze smrkových prken a opatřeny po obvodu parotěsnou fólií JUTAFOL N 110 (s hodnotou S_d 40 m) z důvodu, aby veškerá neshromážděná vlhkost procházela pouze vzorkem směrem vzhůru a neunikala netěsnostmi v bedničkách.



Obrázek 20: „Bednička“

Zdroj: Autor



Obrázek 21: „Bednička“ s parotěsnou fólií JUTAFOL N 110

Zdroj: Autor

Před přilepením parotěsné fólie bylo nutné upravit hrubý povrch prken, aby lépe dolehla lepicí páska JUTAFOL SP1 ke dřevu a bylo dosaženo maximální těsnosti vzorku.



Obrázek 22: Vyhlazení povrchu pod lepicí páskou
Zdroj: Autor

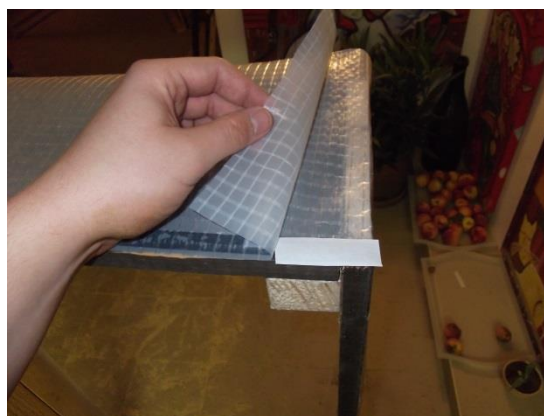


Obrázek 23: Lepicí páska JUTAFOL SP1
Zdroj: Autor

Poté byly na tuto pásku přilepeny pruhy parotěsné fólie. Ty byly pečlivě nastříhány a přilepeny k „bedničkám“. Spoje a přesahy byly dolepeny a dotěsněny hliníkovou páskou JUTAFOL SP AL. Stejně tak byla utěsněna i místa porušení hřebíky pro uchycení parotěsné fólie.



Obrázek 24: Nalepení pásu parozábrany
Zdroj: Autor



Obrázek 25: Přelepení přesahů 1
Zdroj: Autor



Obrázek 26: Přelepení přesahů 2
Zdroj: Autor



Obrázek 27: Dotěsnění hřebíků
Zdroj: Autor

Po vytvoření bedniček bylo třeba je vynést do půdního prostoru a umístit na místa určená. Po jejich uložení bylo třeba ještě dotěsnit veškeré spoje s podkladem. Po této přípravě již bylo možné umístit do „bedniček“ izolant. Climatizer Plus se správně dopravuje do půdních prostor hadicí poté, co jej rozmělní stroj venku před objektem. Tímto postupem společně s odbornou aplikací se dosáhne správné objemové hustoty výsledné izolační vrstvy. V tomto případě se ovšem jednalo pouze o aplikaci cca 1m³ izolantu, a proto byl izolant uložen ručně podle postupu odborně způsobilého pracovníka realizační firmy pana Patryho. Izolant, který byl v balení kompresně stlačený, bylo třeba rozmělnit mezi prsty a vyplnit jím „bedničky“. Poté byl izolant mírně stlačen prknem o odpovídající délce. Následně byl doplněn potřebný izolant pro úplnou plnost „bedniček“. Tímto bylo dosaženo nejpodobnějšího stavu, jaký by byl dosažen v případě aplikace realizační firmou za pomoci zvláknujícího stroje a tlakové hadice. Nutno podotknout, že ruční zpracování tohoto materiálu je velice prašná práce, a proto bylo nutností ochránit se respirátory a prostor půdy co nejvíce větrat. Utěsnění prostoru mezi „bedničkami“ a dřevotřískou na dně trémového stropu bylo provedeno pomocí airstop pásky TESCON VANA. Stejně tak byly utěsněny i mezery mezi deskami stropu, aby do vzorku vstupovala vlhkost opravdu pouze skrz materiál stropu a nedocházelo k volnému proudění teplého interiérového vzduchu.



Obrázek 28: Uložení „bedniček“ na půdě 1
Zdroj: Autor



Obrázek 29: Uložení „bedniček“ na půdě 2
Zdroj: Autor



Obrázek 30: Utěsnění vzorku: TESCON VANA 1
Zdroj: Autor



Obrázek 31: Utěsnění vzorku TESCON VANA 2
Zdroj: Autor



Obrázek 32: Utěsnění vzorku TESCON VANA 3
Zdroj: Autor



Obrázek 33: Ruční ukládání izolantu
Zdroj: Autor



Obrázek 34: „Bedničky“ naplněné před stlačením
Zdroj: Autor



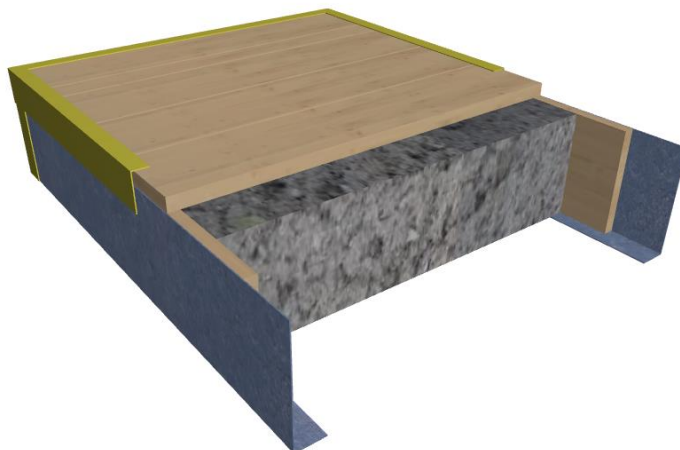
Obrázek 35: Úprava izolantu před zaklopením
Zdroj: Autor

Takto připravené vzorky jsou přichystány pro instalaci jednotlivých záklopů.

2.3.5 Varianty záklopů

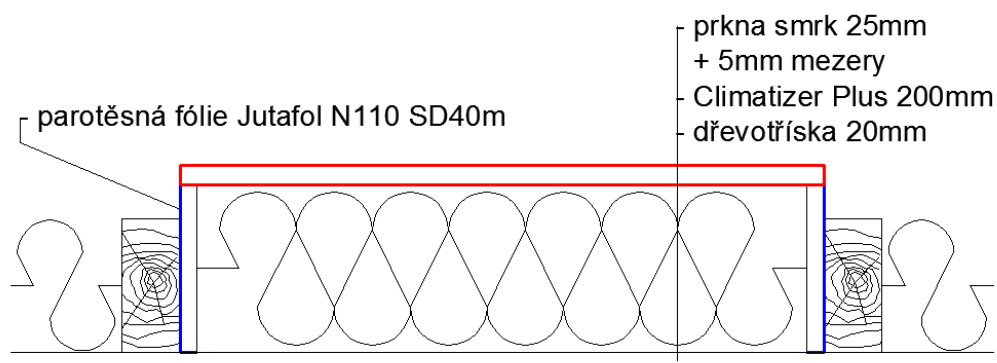
V této kapitole budou popsány jednotlivé záklopy, které jsou během experimentu zkoumány.

1) Prkenný záklop



Obrázek 36: 3D model vzorku s prkenným záklopem

Zdroj: Autor, vytvořeno v programu ArchiCAD 18



Obrázek 37: Detail vzorku s prkenným záklopem

Zdroj: Autor

V tomto případě jsou jako záklop použita smrková hoblovaná prkna s 5mm velkými mezerami. Tento záklop je v praxi velmi častý u starších objektů s původní pochozí vrstvou. Dle předpokladu by těmito mezerami mělo docházet k odpařování vzniklého kondenzátu. Prkna jsou přišroubována vruty do konstrukce „bedničky“. Tento spoj je poté dotěsněn airstop páskou TESCON VANA tak, aby vzorek nejpřesněji simuloval stav, kdy může vzduch a vodní pára procházet především zmíněnými mezerami.



Obrázek 38: Prkenný záklop
Zdroj: Autor



Obrázek 39: Plnost „bedničky“
Zdroj: Autor

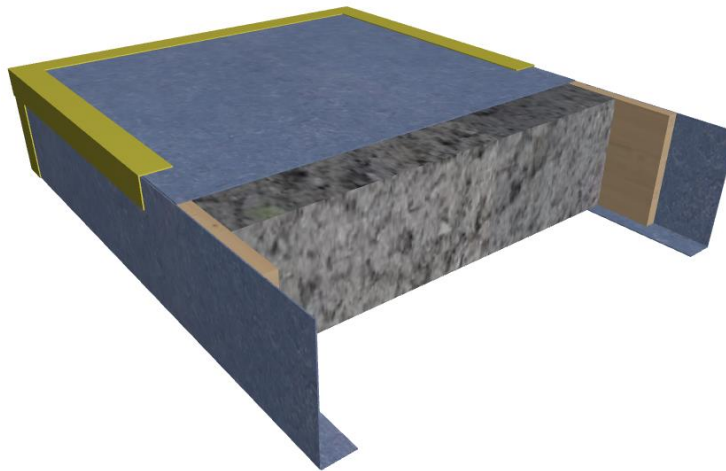


Obrázek 40: Kompletní prkenný záklop
Zdroj: Autor



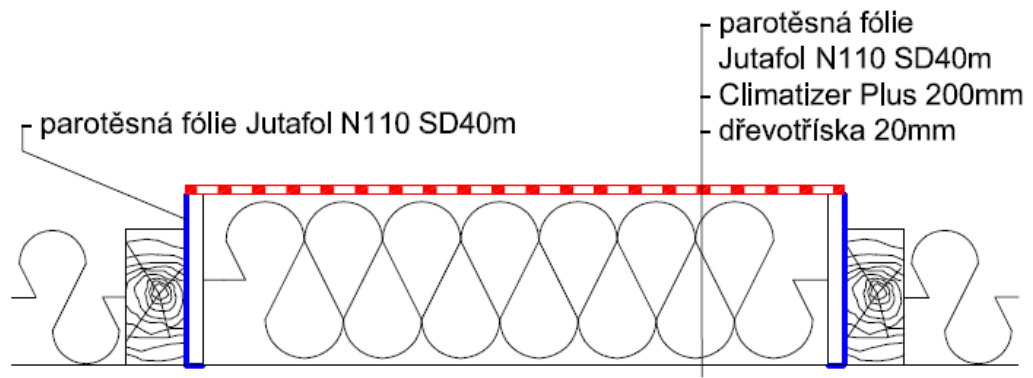
Obrázek 41: Utěsnění prkenného záklopu
Zdroj: Autor

2) Záklap fólií



Obrázek 42: 3D model vzorku s fóliovým záklopem

Zdroj: Autor, vytvořeno v programu ArchiCAD 18



Obrázek 43: Detail vzorku s prkenným záklopem

Zdroj: Autor

Tento záklop je umístěn mezi ostatní jako varianta, kdy realizační firma chybně umístila ochranu proti prostupu vodní páry až nad izolant a nikoliv pod ní. Stejně tak tento vzorek simuluje již častější chybu, která se vyskytuje na půdách i novějších objektů. A to případ, kdy si majitel přeje mít na půdě pochozí vrstvu například z betonu. Občas se vyskytne případ, kdy si realizační firma poradí se zatékáním betonu do spár stropu umístěním igelitu pod budoucí betonovou vrstvu. Vznikne tak naprosto neprodyšná vrstva, která naprosto neumožňuje odpar případného kondenzátu. K zaklopení byla použita velice kvalitní parozábrana JUTAFOL REFLEX N 150 (s hodnotou S_d 180 m) s velkým difuzním odporem. Stejně jako v případě prken byl záklop utěsněn airstop páskou TESCON VANA.



Obrázek 44: Fóliový záklop
Zdroj: Autor

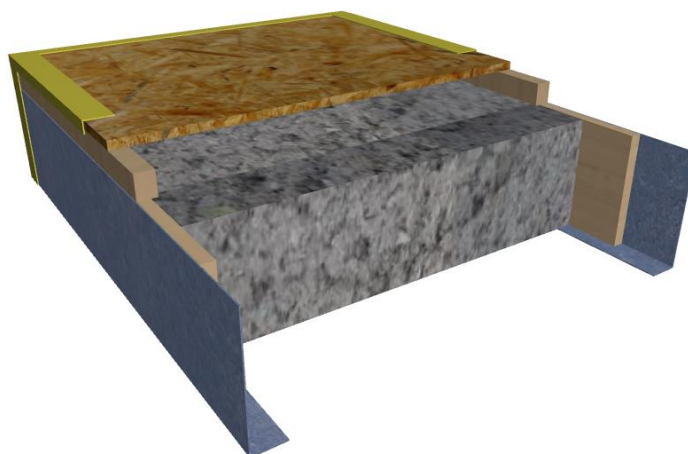


Obrázek 45: Utěsnění fóliového záklopu
Zdroj: Autor



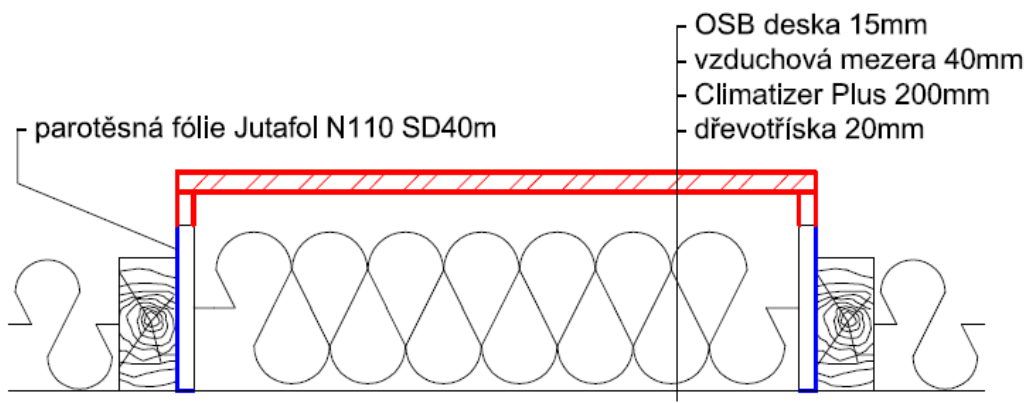
Obrázek 46: Utěsnění fóliového záklopu
Zdroj: Autor

3) Zaklopení deskami OSB s 40mm vzduchovou mezerou



Obrázek 47: 3D model vzorku s OSB záklopem a vzduchovou mezerou

Zdroj: Autor, vytvořeno v programu ArchiCAD 18



Obrázek 48: Detail vzorku s OSB záklopem a vzduchovou mezerou

Zdroj: Autor

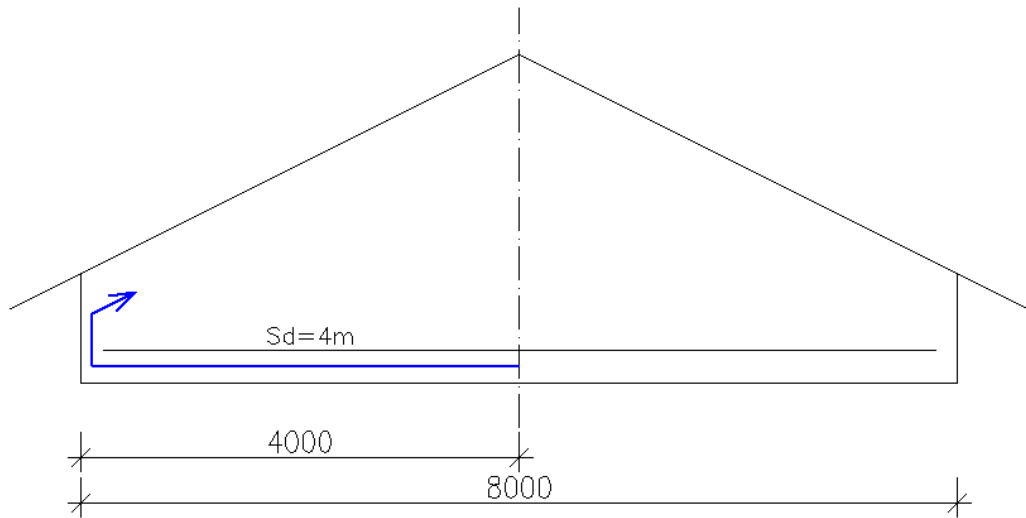
Tato varianta záklopu simuluje stav, kdy je nad izolantem vytvořen rošt a záklop tak nedoléhá přímo na izolaci. Jedná se o „difuzně otevřenou konstrukci“. Pro tento experiment byl zvolen typickým krovem takový, který má rozpětí 8m. V tomto případě tedy nejvzdálenější místem od větracích otvorů na kraji je střed půdy, čili 4m rozpětí na obě strany. Jedná se tedy o stav, kdy vzduch nad izolantem s vlhkostí musí urazit vzdálenost 4m k větracím otvorům. Tento stav je možno simulovat pomocí fyzikální veličiny: *ekvivalentní tloušťka vzduchové vrstvy s_d* .

$$s_d = \mu * d$$

kde μ ... součinitel difuzního odporu

d ... tloušťka vrstvy

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty, potřebné pro zvolení vhodného předělu podél vzorku tak, aby nejlépe simuloval 4m vzduchového sloupce v typickém krovu.



Obrázek 49: Schéma typického krovu s difuzně otevřenou konstrukcí podlahy

Zdroj: Autor

$d = \frac{4}{\mu}$	SDK	OSB	Měkké dřevo kolmo k vláknům	Měkké dřevo rovnoběžně s vlákny
μ	10	50	157	4,5
d	0,4	0,08	0,025	0,889

Tabulka 3: Určení vhodného materiálu pro simulaci difuzně otevřeného krovu

Zdroj: Autor, konzultace Ing. Jiří Novák PhD.

Na základě informací z Tabulka 3 bylo zvoleno jako materiál měkké smrkové dřevo o tloušťce 25mm. Z tohoto materiálu byly vytvořeny bočnice pro tuto „bedničku“. Zbytek záklopu včetně kratších čel byl utěsněn airstop páskou TESNOC VANA.



Obrázek 50: „Bednička“ se vzduchovou mezerou

Zdroj: Autor



Obrázek 51: Utěsnění čel vzorku

Zdroj: Autor



Obrázek 52: Plnost vzorku

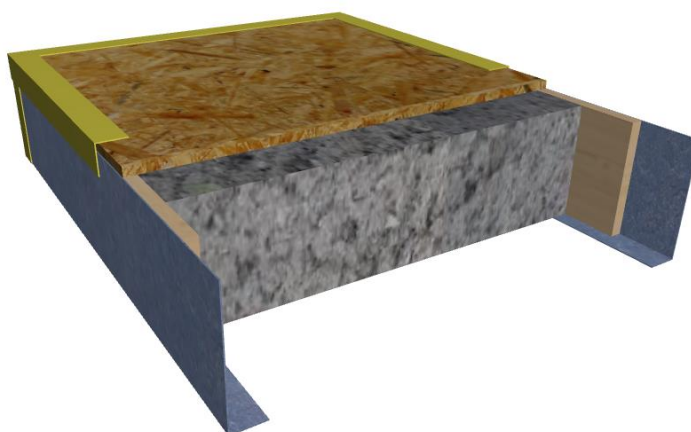
Zdroj: Autor



Obrázek 53: Utěsnění vzorku

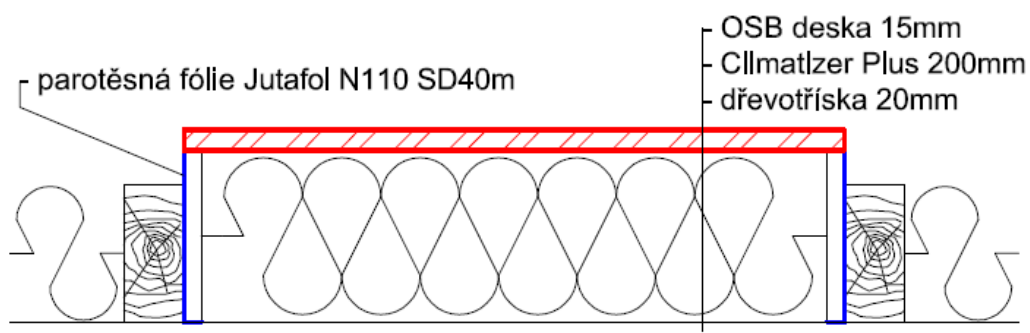
Zdroj: Autor

4) Zaklopení deskami OSB



Obrázek 54: 3D model vzorku s OSB záklopem

Zdroj: Autor, vytvořeno v programu ArchiCAD 18



Obrázek 55: Detail vzorku s OSB záklopem

Zdroj: Autor

Tato varianta se zdá být nejčastějším případem, který můžeme na nově zateplených půdách vidět. Jediný rozdíl bývá v tom, jak silné OSB desky realizační firma použila. Na tom a na vzdálenosti podpěr závisí, jak moc se bude budoucí podlaha prohýbat při chůzi. Na doporučení realizátora tohoto opatření byla na vzorek použita deska o síle 15mm. Nutno podotknout, že na rozpětí 700mm se prohýbá

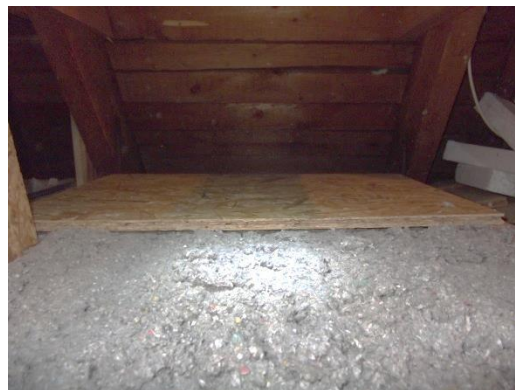
značně a podlaha tak vzbuzuje pocit, že každým okamžik chodec propadne. I v tomto případě byl vzorek utěsněn airstop páskou TESCON VANA.



Obrázek 56: Uložení vzorku
Zdroj: Autor



Obrázek 57: Utěsnění vzorku
Zdroj: Autor



Obrázek 58: Plnost vzorku
Zdroj: Autor

5) Bez záklopu

Pro tuto variantu nebyla vytvořena „bednička“ a to z důvodů prostoru a kapacity měřících zařízení. Pro gravimetrickou zkoušku bude vzorek izolantu odebrán z prostoru mezi „bedničkami“, který byl též zaizolován po celou dobu experimentu. Tento vzorek bude brán jako referenční a simuluje situaci, kdy nebyl izolant překryt záklopem a celá půda (až na výjimku revizní lávky ke střešnímu výlezu) je nepochozí. Izolant může nasávat vzdušnou vlhkost z půdního prostoru, ale stejně tak ji pak může lehčeji vypařovat v teplém a suchém období. Ovšem další nevýhodou je, že do izolantu mohou napadat drobné částičky (prach), které znehodnotí tepelně izolační vlastnosti izolantu. V horším případě mohou do izolantu napadat velké předměty (tašky, cihly, prkna). Tím dojde ke stlačení izolantu, a tudíž jsou velmi znehodnoceny tepelně izolační účinky izolantu.



Obrázek 59: Prostor mezi vzorky pro odebrání vzorku varianty bez záklopu
Zdroj: Autor

2.3.6 Specifikace měření a měřících zařízení

Během experimentu, který trval 4 měsíce, bylo potřeba vzorky a prostředí uvnitř sledovat a kontrolovat. K tomu byly využity měřící zařízení zapůjčené od Katedry pozemních staveb a Katedry technologie staveb ČVUT v Praze. Měřící čidla byla umístěna přímo do vzorků, do prostoru půdy a pokoje pod vzorky. Byly také zaznamenávány informace z exteriéru. Zaznamenávány byly tyto hodnoty: relativní vlhkost a teplota. Z těchto hodnot je poté možné vytvořit model průběhu experimentu. K měření těchto hodnot tedy byly použity tyto přístroje:



ALMEMO 2590-4AS

- datalogger s 4 univerzálními vstupy
- k dataloggeru byly připojeny 4 drátová čidla měřící vlhkost a teplotu ve vzorcích
- přesnost: $\pm 0,03\%$ z měřené hodnoty ± 2 digity

Obrázek 60: ALMEMO 2590-4AS

Zdroj: <http://www.inds.co.uk/product/almemo-2590-4as/>



Teploměr s vlhkoměrem TFA 30.3039

- rozsah měření vnitřní teploty: 0°C až $+50^{\circ}\text{C}$
- rozsah měření relativní vlhkosti: 1% - 99%
- dosah venkovního senzoru: až 100 m
- možnost připojit až 8 bezdrátových čidel TFA 30.3180.IT

Obrázek 61: Teploměr s vlhkoměrem TFA 30.3039

Zdroj: <http://www.ab-com.cz/tfa-hygrologg-pro-digitalni-teplomer-s-vlhkomerem-30-3039-d348764.html>

2.3.7 Gravimetrická zkouška

Dalším nástrojem pro vyhotovení výsledku experimentu se stala gravimetrická zkouška. Byla provedena v laboratoři Fakulty stavební na ČVUT v Praze. Gravimetrická zkouška slouží ke stanovení vlhkosti stavebního materiálu. Během provádění zkoušky je nutné se řídit platnými normami, např. ČSN EN 1097-5, ČSN EN 772-10, ČSN EN ISO 12570. Vlhkost se stanoví jako úbytek hmotnosti zkušební vzorku po vysušení za předepsaných teplotních podmínek. Odebraný vzorek o objemu cca 50 cm³ a hmotnosti cca 150-200 g se zabalí do několika mikrotenových sáčků, nebo jiného parotěsného obalu a následně se uchovává v mrazáku, nebo v lednici. Před měřením je vzorek umístěn na zkušební misku. Ta je ovšem předtím zvážena a její váha je zaznamenána do protokolu, aby jí bylo možné při výpočtu odečíst od hmotnosti vzorku. Následně je vzorek zvážen a hodnota zaznamenána do protokolu. Poté se vzorek umístí do vysoušecí pece, kde se suší při 70 - 110°C po dobu cca 1 týdne. Před každým vážením se vzorek ochladí na teplotu laboratoře. Vzorek se průběžně váží až do konstantní hmotnosti. Vlhkost se následně vypočítá podle vzorce:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100$$

W - vlhkost v %

m₁ - hmotnost zkušební tělesa ve stavu vlhkém

m₂ - hmotnost zkušební tělesa po vysušení



Obrázek 62: Digitální váha s přesností 0,1g
Zdroj: Autor, laboratoř D1035, ČVUT



Obrázek 63: Vysoušecí pec
Zdroj: Autor, laboratoř D1035, ČVUT

2.4 Průběh experimentu

V této kapitole bude popsán vlastní průběh experimentu. Důraz je kladen na způsob měření a odečet naměřených hodnot.

2.4.1 Umístění měřících zařízení do vzorků a průběh měření

Pro zaznamenávání hodnot vlhkosti a teploty bylo potřeba instalovat do vzorků měřící zařízení. V experimentu se jedná o zjištění maximální možné hrozby kondenzace vodní páry. Na základě odborného odhadu byla měřící čidla umístěna těsně pod záklop do místa, kde byla předpokládána nejvyšší vlhkost. Čidla byla mechanicky přichycena ze spod záklopu vruty a ve vzorku s fóliovým záklopem byla přilepena airstop páskou. Vedle čidel byly do vzorků umístěny i malé vzorky záklopů (prkno, OSB), aby bylo možné gravimetrickou zkouškou zjistit, do jaké míry vlhkost nasaje záklopový materiál. Čidla meteorostanice TFA 30.3039 jsou bezdrátová, a proto stačilo čidla přikotvit do spod záklopu. Ovšem čidla dataloggeru ALMEMO 2590-4AS jsou drátová a bylo tedy nutné vyřešit prostup kabelu boční stěnou. Prostup byl následně utěsněn airstop páskou kvůli zachování těsnosti vzorků.



Obrázek 64: Umístění čidel pod prkny
Zdroj: Autor



Obrázek 65: Umístění čidel pod fólií
Zdroj: Autor



Obrázek 66: Umístění čidel pod prkny
Zdroj: Autor



Obrázek 67: Umístění čidel pod fólií
Zdroj: Autor



Obrázek 68: Utěsnění prostupu kabelu
Zdroj: Autor

Měření probíhalo od 14.12.2015 do 30.4.16. Pomocí meteostanice byla měřena vlhkost a teplota ve všech vzorcích, v prostorách půdy a pokoje pod vzorky a vlhkost s teplotou v exteriéru. Díky velké kapacitě paměti tohoto zařízení bylo možno nastavit měřící cyklus na 30 minutové intervaly. Datalogger umožnil pozorování pouze vzorků a kvůli menší paměti byl interval měření nastaven na 1 hodinu. Během měření bylo nutné pravidelně stahovat data a promazávat paměť měřících zařízení kvůli jejich menším kapacitám a to po maximálně 30 dnech.

Při stahování dat z dataloggeru bylo nutné být přímo v prostorách půdy a stažení dat probíhalo pomocí USB kabelu. Stahování dat z meteostanice probíhalo přes USB přijímač bezdrátově, takže bylo možné jej provádět kdekoliv.



Obrázek 69: Propojení dataloggeru s PC

Zdroj: Autor

2.4.2 Průběh gravimetrické zkoušky

Pro provedení gravimetrické zkoušky bylo potřeba odebrat a převést vzorky z Vysočiny do laboratoře v prostorách Fakulty stavební, ČVUT v Praze. Vzorky byly odebrány 3. 4. 2016 a převezeny do laboratoře. První vážení vzorků proběhlo hned druhý den, v pondělí 4. 4. 2016. Po té byly vzorky umístěny do vysoušecí pece a zahájeno vysoušení. První kontrolní vážení vysušených vzorků proběhlo 6. 4. 2016. V pondělí 11. 4. 2016 proběhlo závěrečné zvážení vzorků a vzhledem k tomu, že naměřené hodnoty se nelišily od hodnot naměřených při kontrolním měření, bylo vysoušení ukončeno a jako konečné výsledky tedy byly přijaty hodnoty tohoto závěrečného měření.

Vzorky izolantu z bedniček byly odebrány ve třech vrstvách: A) při horním povrchu, B) uprostřed tloušťky izolantu – cca 10cm hluboko, C) při spodním povrchu. Dále byly odebrány vzorky záklopů, které byly po celou dobu experimentu přikotveny zespod záklopů. Každý vzorek byl bezprostředně po vyjmutí uložen do vzduchotěsného igelitového sáčku a byl z něj vypuštěn přebytečný vzduch. Takto odebrané a uskladněné vzorky byly převezeny do laboratoře k provedení gravimetrické zkoušky.



Obrázek 70: Odebrání vzorku 1
Zdroj: Autor



Obrázek 71: Odebrání vzorku 2
Zdroj: Autor



Obrázek 72: Odebrání vzorku 3
Zdroj: Autor



Obrázek 73: Odebrané vzorky
Zdroj: Autor



Obrázek 74: Uskladnění vzorku 1
Zdroj: Autor



Obrázek 75: Uskladnění vzorku 2
Zdroj: Autor

Po odebrání vzorků proběhla vizuální kontrola vzorku a čidel. Velké vzorky byly poté uvedené do původního stavu. Při vizuální kontrole byl kladen důraz na výskyt nebo náznak vzniku plísní či hub. Bylo shledáno, že nic takového se ve vzorku zatím neobjevuje.



Obrázek 76: Rozříznutí fóliového záklopu
Zdroj: Autor

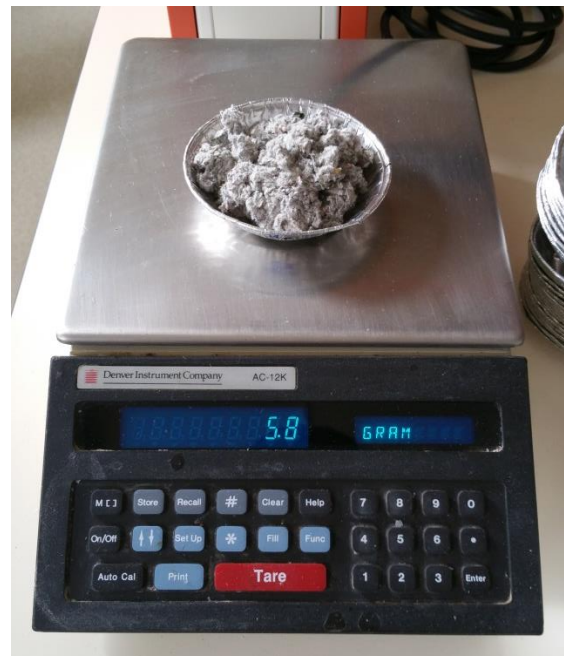


Obrázek 77: Znovuutěsnění fóliového záklopu
Zdroj: Autor

Gravimetrická zkouška byla provedena pod dozorem odborného personálu laboratoře (paní Laušová). Vzorky byly váženy a vysoušeny na alobalových miskách, které dobře odolávají teplotám vysoušecí pece a nedeformují se. Nejdříve proběhla kalibrace a vynulování váhy. Pro provádění měření byla použita digitální váha *Denver instrument company AC-12K* s přesností na jedno desetinné místo gramu. Poté proběhlo označení alobalové misky popiskem a její následné zvážení. Označení i váha každé misky byla zanesena do protokolu. Hmotnost misky je důležitá pro správné vyhodnocení gravimetrické zkoušky. Během vysoušení se hmotnost hliníkové misky nemění, a proto je nutné její hmotnost od vzorků odečíst a ve výpočtu počítat pouze s hmotnostmi vzorku. Po označení a zvážení misky na ni byl umístěn vzorek a znovu proběhlo zvážení a zaznamenání výsledku. Poté byly vzorky narovnaný do vysoušecí pece a bylo zahájeno vysoušení.



Obrázek 78: Příprava na gravimetrickou zkoušku
Zdroj: Autor



Obrázek 79: Vážení vzorku
Zdroj: Autor



Obrázek 80: Soubor připravených vzorků
Zdroj: Autor



Obrázek 81: Vzorky ve vysoušecí peci
Zdroj: Autor

padech (po odstranění výše uvedených příčin) by se chování konstrukce více blížilo simulacím výpočetního programu.

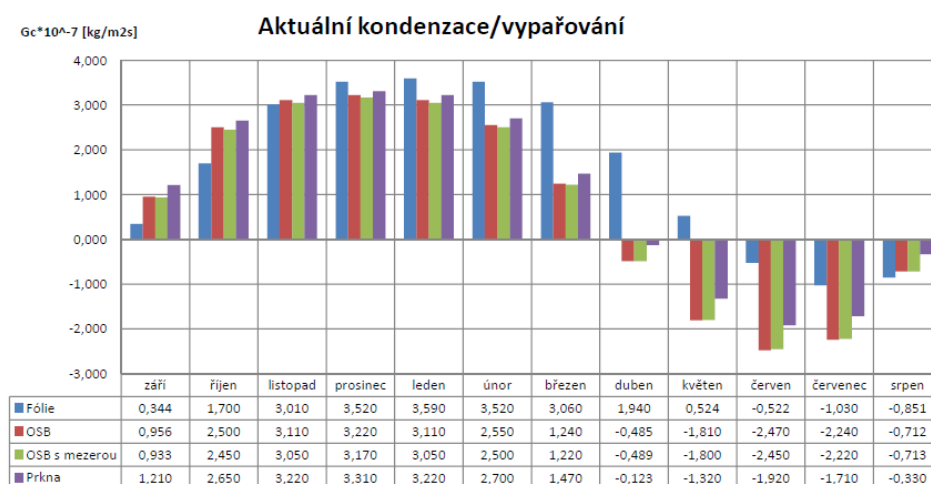
2.5.1 Předpokládané průběhy množství vlhkosti ve vzorcích

Na začátku experimentu byly jednotlivé zkoumané varianty namodelovány ve výpočetním programu Teplo 2010. Simulace ukázala, že pouze varianta „bez záklopu“ v daném případě vyhoví a nedochází zde ke kondenzaci. V ostatních vzorcích (viz. Přílohy) ke kondenzaci dochází a dokonce v takové míře, že se kondenzát během ročního cyklu nestihne vypařit a konstrukce zůstává stále mokrá. Jedná se však o počítačovou simulaci s jinými okrajovými podmínkami. Ovšem přesně tyto výsledky má k dispozici projektant při návrhu skladby konstrukce a proto je důležité je tu uvést.

Aktuální kondenzace/vypařování				
Gc*10 ⁻⁷ [kg/m2s]				
	Fólie	OSB	OSB s mezerou	Prkna
září	0,344	0,956	0,933	1,210
říjen	1,700	2,500	2,450	2,650
listopad	3,010	3,110	3,050	3,220
prosinec	3,520	3,220	3,170	3,310
leden	3,590	3,110	3,050	3,220
únor	3,520	2,550	2,500	2,700
březen	3,060	1,240	1,220	1,470
duben	1,940	-0,485	-0,489	-0,123
květen	0,524	-1,810	-1,800	-1,320
červen	-0,522	-2,470	-2,450	-1,920
červenec	-1,030	-2,240	-2,220	-1,710
srpen	-0,851	-0,712	-0,713	-0,330

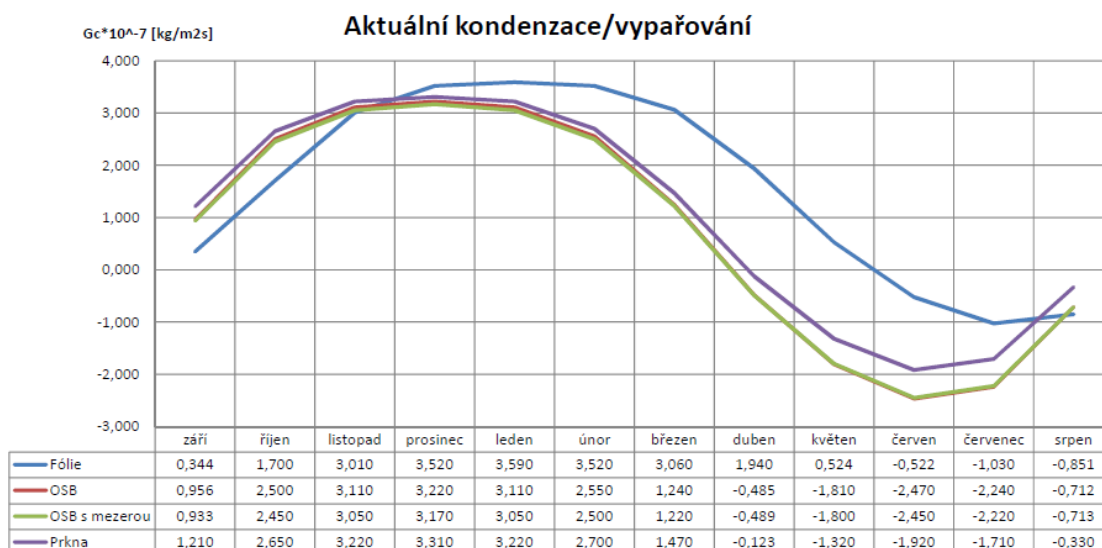
Tabulka 5: Aktuální kondenzace/vypařování

Zdroj: Autor



Graf 7: Aktuální kondenzace/vypařování 01

Zdroj: Autor



Graf 8: Aktuální kondenzace/vypařování 02

Zdroj: Autor

Ovšem podobné tendence ukázal i tento experiment, jak je možné vidět dále ve výsledcích této práce.

2.5.2 Kontrola přesnosti měřidel použitých při experimentu

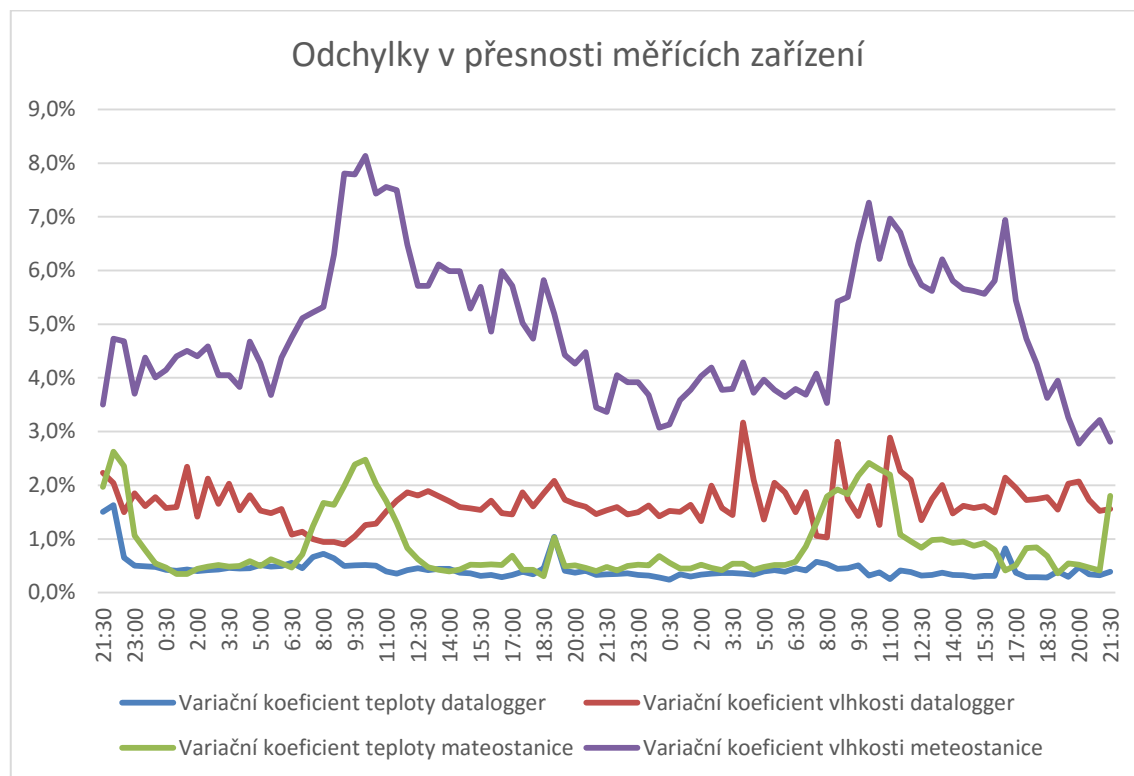
Po ukončení měření a vyndání měřidel ze vzorků byla umístěna v jedné místnosti a bylo provedeno kontrolní měření. To znamená, že všechna čidla najednou měřila stejné hodnoty a následně byly tyto výsledky porovnány v počítačovém programu Excel, pomocí funkce *variační koeficient*.



Obrázek 82: Kontrolní měření provedené v interiéru

Zdroj: Autor

Výsledky tohoto měření ukázaly, že v obou případech měřících zařízení se jedná o drobné odchylky, které jsou vzhledem k povaze této práce tolerovatelné. Podrobné výsledky jsou uvedeny v digitální části této práce. Níže je uveden graf a tabulka ukazující hodnoty odchylek a tabulka s výsledky provedeného kontrolního měření.



Graf 9: Odchylky v přesnosti měřících zařízení

Zdroj: Autor

		Meteostanice	Datalogger
Teplota	Průměr variačních koeficientů	0,88%	0,44%
	Průměrná směrodatná odchylka	0,21	0,11
	Maximální směrodatná odchylka	0,61	0,35
	Garantovaná odchylka	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
Vlhkost	Průměr variačních koeficientů	4,88%	1,67%
	Průměrná směrodatná odchylka	1,95	0,70
	Maximální směrodatná odchylka	3,06	1,50
	Garantovaná odchylka	$\pm 3\%$	$\pm 3\%$

Tabulka 6: Výsledky kontroly přesnosti měřidel

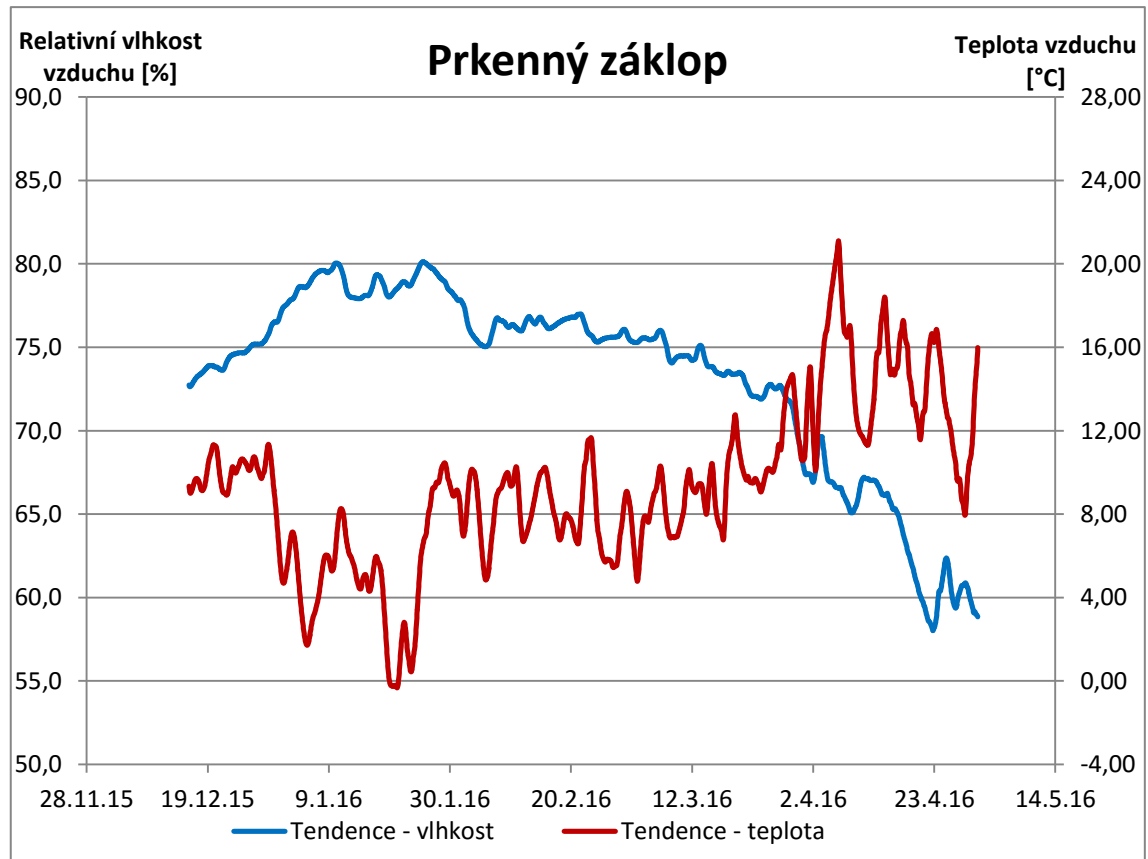
Zdroj: Autor

2.5.3 Výsledky měření teplot a vlhkostí ve vzorcích

Od 14.12.2015 do 30.4.16. probíhalo měření a zaznamenávání teplot a relativních vlhkostí ve vzorcích, v prostoru ložnice pod vzorky, v prostoru půdy a v exteriéru. Tyto hodnoty byly zaznamenávány pomocí meteostanice a dataloggeru. Jak je patrné z kap. 2.5.2, přesnější hodnoty s menší odchylkou zaznamenával datalogger. Proto v této kapitole budou uváděny výsledky naměřené ve vzorcích právě tímto přístrojem. Hodnoty

interiérů a exteriéru jsou převzaty z měření meteostanicí. V digitální části této práce jsou k nahlédnutí výsledky obou zařízení. Nyní jsou uvedeny jednotlivé průběhy měření.

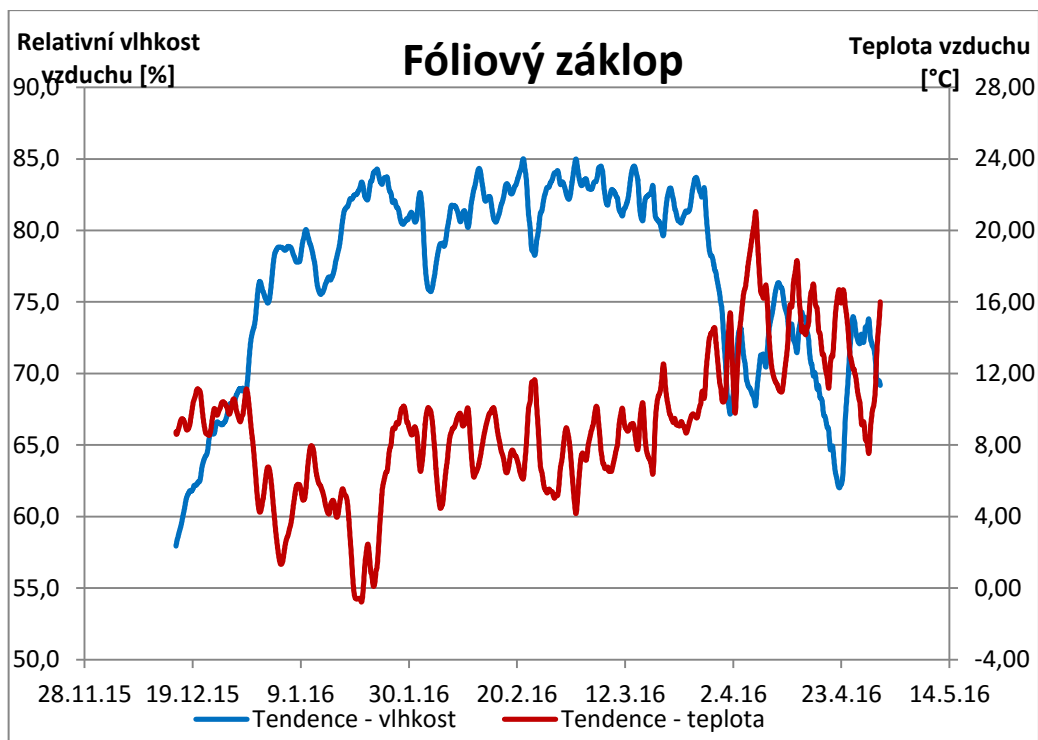
Na Graf 10 je možné vidět, že vlhkost velice rychle vystoupila, patrně vlivem vysoké vlhkosti v půdním prostoru. Následně je ovšem patrný rapidní pokles vlhkosti již od první třetiny měření. To patrně zapříčinily mezery mezi prkny, které velice usnadnily odpar vlhkosti ze vzorku. Porovnání těchto průběhů bude více patrné v dalších grafech, které znázorňují průběhy vzorků společně.



Graf 10: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s prkenným záklopem

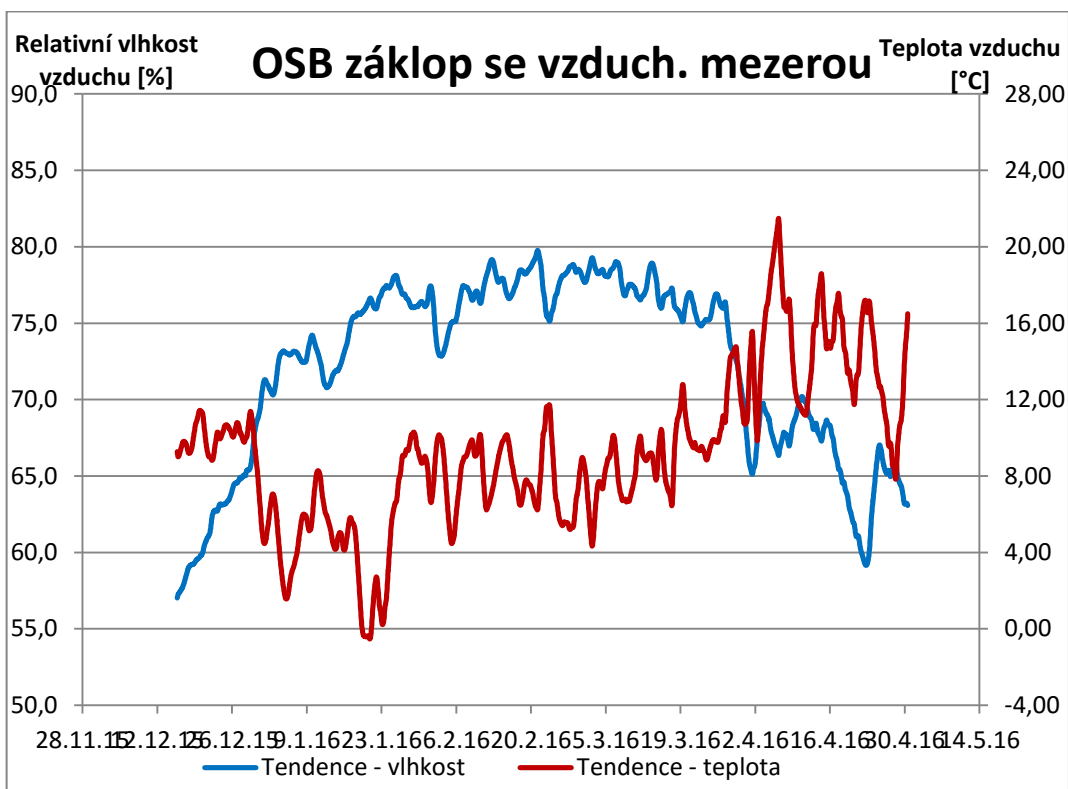
Zdroj: Autor

Graf 11 popisuje průběhy měřených veličin ve vzorku s fóliovým záklopem. Zde je nejvýraznějším prvkem fakt, že se vysoká vlhkost ve vzorku udržuje po většinu času průběhu experimentu. S tím souvisí i výsledky kapitoly 2.5.5, kde byl právě tento záklop vyhodnocen jako prostředí s největším rizikem vzniku a rozvoje plísní.

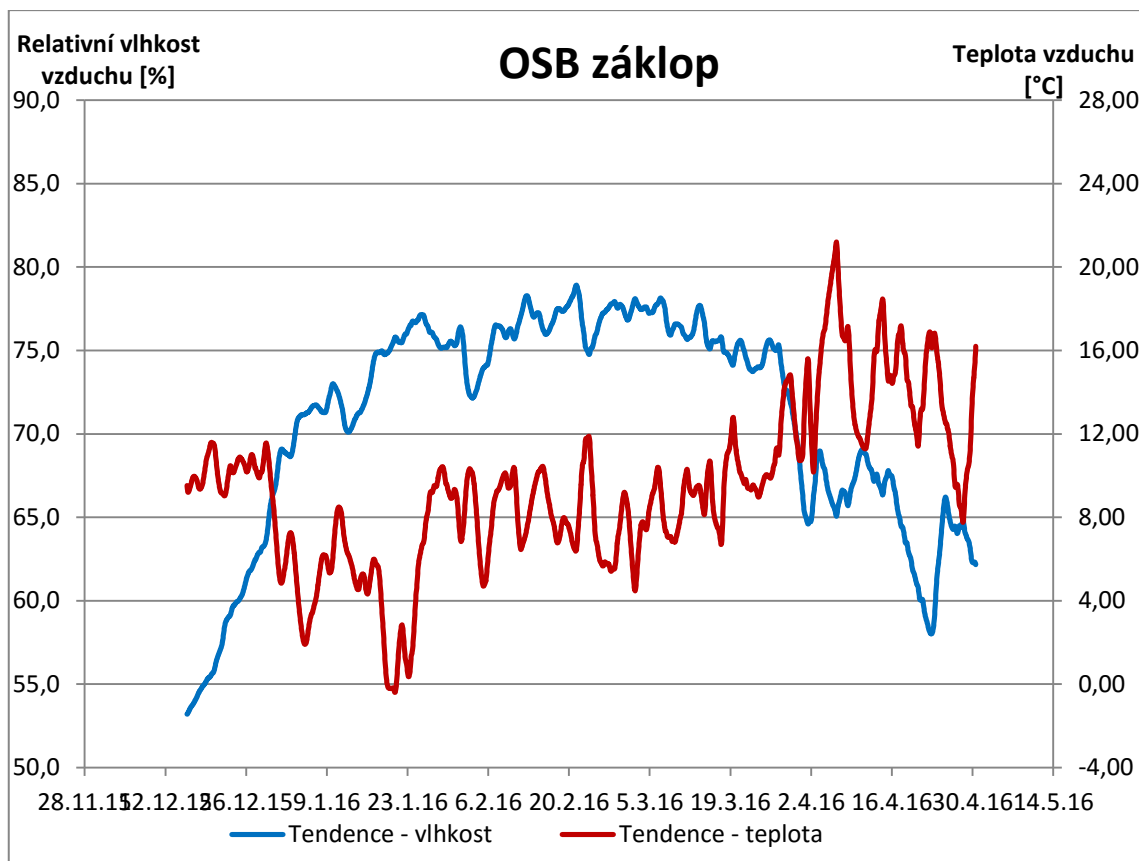


Graf 11: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s fóliovým záklopem
Zdroj: Autor

Průběhy měření znázorněné na Graf 12 a Graf 13 jsou velice podobné a vzájemné posouzení ukáže, která z těchto variant dosahuje příznivějších výsledků.



Graf 12: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s OSB záklopem a vzduchovou mezerou
Zdroj: Autor

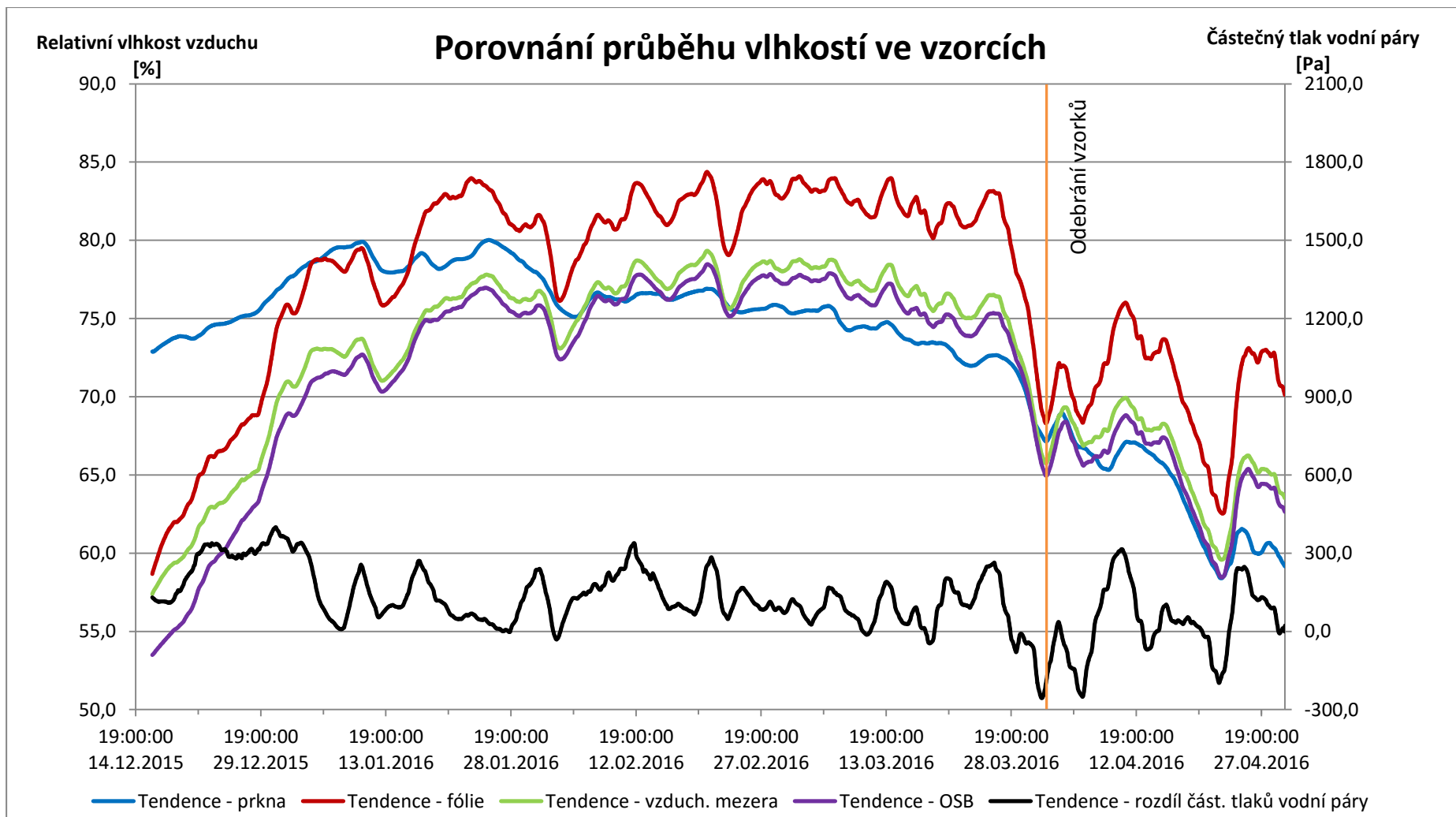


Graf 13: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s OSB záklopem

Zdroj: Autor

Níže uvedený Graf 14 ukazuje průběh a vývoj vlhkostí ve vzorcích v závislosti na rozdílu parciálních tlaků vodní páry v ložnici a v půdním prostoru. První věc, kterou měření ukázalo, je relativně dlouhý čas, po který se postupně shromažďovala vlhkost ve vzorcích až do určitého ustálení, které nastalo okolo 15. ledna. Vlhkost ve vzorku zakrytém prkenným záklopem nastoupila jednoznačně nejrychleji. Nabízí se tedy tvrzení, že vlhkost v tomto vzorku byla ovlivněna vlhkostí v půdním prostoru. Čili že izolant nasál vzdušnou vlhkost z prostoru půdy. Ovšem v dalším průběhu grafu je možné vidět, že se vlhkost v tomto vzorku rychle dostala pod hranice vlhkostí vzorků s OSB záklopy a v této poloze již zůstala. Otázkou zůstává, jaký by byl další vývoj tohoto vzorku.

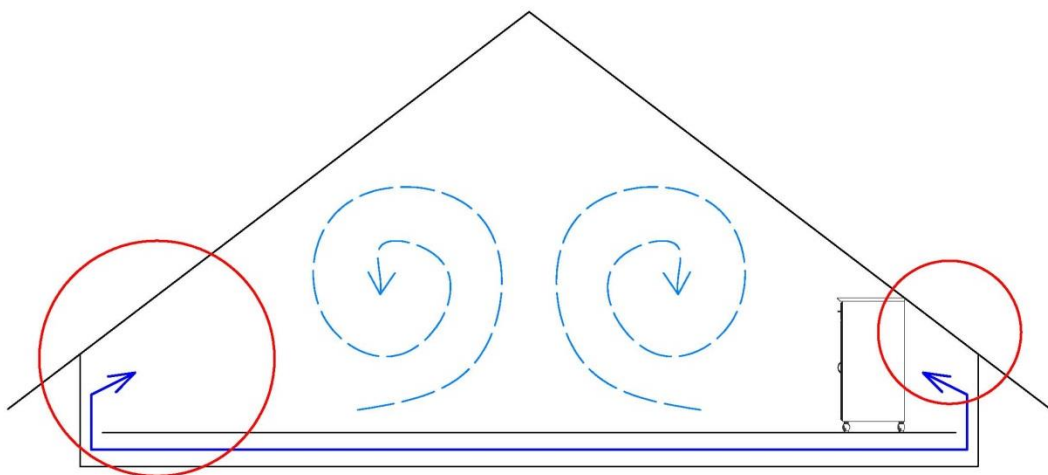
Dále tento graf ukazuje rapidní pokles vlhkostí ve všech vzorcích okolo 3.4., kdy proběhlo odebrání vzorků izolantu pro gravimetrickou zkoušku. Z toho plyne, že ve všech vzorcích se vlhkost zadržovala velice intenzivně a „otevření“ vzorků způsobilo rapidní únik vlhkosti do prostoru půdy.



Graf 14: Porovnání průběhu vlhkostí ve vzorcích
Zdroj: Autor

Překvapivým zjištěním v porovnání vzorku s OSB záklopem a s OSB záklopem plus vzduchovou mezerou je, že se ukázala varianta pouze s OSB záklopem jako nepatrně lepší. Vlhkost v tomto vzorku dosahovala po celou dobu měření nižší úrovně a dokonce ani ve vysychající etapě nebyla vlhkost vyšší než ve vzorku simulující vzduchovou mezeru nad izolantem. To může být způsobeno buď chybným provedením realizace vzorku, které by bylo třeba ověřit, nebo přes měkké dřevo na bočnicích vzorku procházela vlhkost půdního vzduchu dovnitř do vzorku. To by ovšem mohlo simulovat variantu, kdy realizační firma vytvoří nad izolantem „provětrávanou“ vzduchovou mezeru, která nebude funkční a vytvoří se nad izolantem stojatá vzduchová vrstva. Takový případ je pro izolant a dřevěné konstrukce nežádoucí, neboť se tudy může do izolantu dostávat vlhkost. Oboje tvrzení ovšem již není v rozsahu diplomové práce a bylo by nutné delší a podrobnější zkoumání.

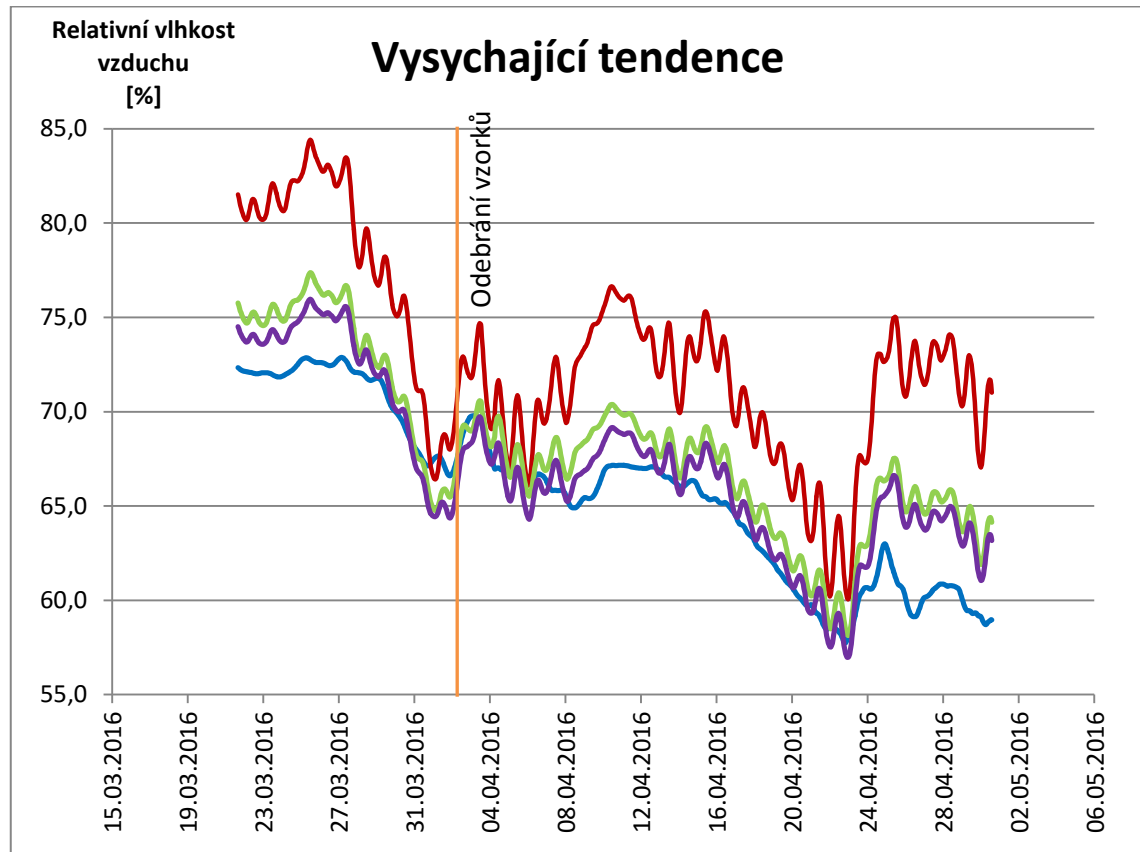
Dalším tématem k zamyšlení je fakt, že většinou realizační firmy vytvoří provětrávané mezery zakryté mřížkou na bocích podlahy půdy. To je ovšem velmi špatné řešení, jak je možné vidět na Obrázek 83. Prvním problémem je, že vzduch v mezeře nemá příliš důvod k pohybu. Není zde žádný teplotní spád ani tlakové rozdíly mezi vzduchovou mezerou a půdním prostorem. Další problém je, že hlavním prostorem, kde cirkuluje vzduch, je střed místnosti. V tomto ohledu je velice nepříznivé vypouštět vodní páry na bocích podlahy, kde se vzduch pohybuje minimálně. Navíc tato vada může být umocněna, pokud majitelé ztíží cirkulaci ještě tím, že na půdu umístí nějaké předměty, které samozřejmě dají na boky prostoru, aby nepřekážely.



Obrázek 83: Problematika provětrávané mezery s odtahy na bocích
Zdroj: Autor

Graf 15 detailněji vykresluje vysychající trendy jednotlivých vzorků. Vysychání nastalo koncem března a od té doby převažuje především vysychající trend. Na tomto grafu je dobře vidět, jak vysychání ovlivnilo otevření „bedniček“ kvůli odběru vzorků na

gravimetrickou zkoušku. Z toho plyne, že všechny vzorky vlhkost zadržovaly ve velké míře a otevření způsobilo rychlý a rapidní pokles vlhkosti. Je patrné, že nejlépe vlhkost uvolňuje vzorek s prkenným záklopem. Nejhůře je na tom vzorek s fóliovým záklopem, na kterém je také vidět největší propad při „otevření“ vzorku.



Graf 15: Vysychající tendence vzorku

Zdroj: Autor

2.5.4 Výsledky gravimetrické zkoušky

Cílem gravimetrické zkoušky bylo stanovit míru kondenzátu, kterou bude obsahovat nasákavý izolant. Dalším cílem této zkoušky bylo určit místo v průřezu vzorku, kde se drží nejvíce vlhkosti a potažmo tedy, kde dochází ke kondenzaci. Dle očekávání bylo toto místo převážně u horního povrchu izolační vrstvy, kde byla zjištěna nevyšší vlhkost v průřezu všech vzorků. Dále experiment ukázal, že i záklop vzorku nasál vlhkost. Hodnoty této vlhkosti se nebezpečně blíží hranici 16% hmotnosti vzorku (viz. 1.4), což je hrubá hranice pro nebezpečí vzniku plísní. Vzhledem k nepříznivým podmínkám, které experiment ovlivnily, lze předpokládat, že při správném zaizolování a tužší zimě by vlhkost dosahovala vyšší úrovně. Toto tvrzení je pouze předpoklad, který se ovšem, na základě tohoto experimentu, zdá jako velice pravděpodobný.

Výsledky gravimetrické zkoušky ukázaly, že nejvyšší vlhkosti dosáhl vzorek s prkenným záklopem, který byl patrně ovlivněn vysokou vlhkostí půdního prostoru. V kapitole 2.5.3 je patrné, že právě tento vzorek dosáhl nejdříve maximální vlhkosti. To tedy potvrzuje výše uvedené tvrzení. Dále je vidět, že i vzorek prkenného záklopu dosáhl nejvyšší míry vlhkosti a tudíž je z tohoto hlediska nejvíce ohrožen případnou degradací nebo vznikem plísní.

Na pomyslném druhém místě skončil vzorek s fóliovým záklopem, těsně následovaný vzorkem simulujícím vzduchovou mezeru zaklopenou OSB deskou.

Zkouška: Gravimetrická zkouška

Autor: Bc. Jan Pitner

Práce: Diplomová práce

Vzorek	Označní vz.	Hmotnost misky [g]	Hmotnost vzorku s miskou [g]			m_1	m_2	Vlhkost materiálu w [%]
			4.4.2016 10h	6.4.2016 14h	11.4.2016 14h			
mimo D	1p	1,6	4,5	4,2	4,2	2,9	2,6	11,5%
mimo S	2p	1,6	5,9	5,5	5,5	4,3	3,9	10,3%
mimo V	3p	1,6	5,4	5,0	5,0	3,8	3,4	11,8%
prkna D	4p	1,6	6,1	5,7	5,7	4,5	4,1	9,8%
prkna S	5p	1,6	5,1	4,7	4,7	3,5	3,1	12,9%
prkna V	6p	1,6	5,4	4,9	4,9	3,8	3,3	15,2%
prkno	7p	8,4	108,8	95,6	95,6	100,4	87,2	15,1%
fólie D	8p	1,6	5,3	4,9	4,9	3,7	3,3	12,1%
fólie S	9p	1,6	4,9	4,5	4,5	3,3	2,9	13,8%
fólie V	10p	1,6	5,7	5,2	5,2	4,1	3,6	13,9%
OSB D	11p	1,6	5,8	5,4	5,4	4,2	3,8	10,5%
OSB S	12p	1,6	5,7	5,3	5,2	4,1	3,6	13,9%
OSB V	13p	1,6	5,5	5,1	5,1	3,9	3,5	11,4%
OSB	14p	8,3	162,4	147,7	147,7	154,1	139,4	10,5%
OSB + M D	15p	1,6	6,5	6,1	6,1	4,9	4,5	8,9%
OSB + M S	16p	1,6	5,8	5,4	5,4	4,2	3,8	10,5%
OSB + M V	17p	1,6	6,7	6,1	6,1	5,1	4,5	13,3%
OSB + M	18p	8,3	150,4	136,6	136,5	142,1	128,2	10,8%

D, S, V Označní místa odběru vzorku: D = dole, S = střed, V = vrch

mimo ... Vzorek odebraný mimo "bedničky" = vzorek bez záklopu

prkna ... Vzorek odebraný ze vzorku s prkenným záklopem

fólie ... Vzorek odebraný ze vzorku s fóliovým záklopem

OSB ... Vzorek odebraný ze vzorku s OSB záklopem

OSB + M ... Vzorek odebraný ze vzorku s OSB záklopem se vzduchovou mezerou

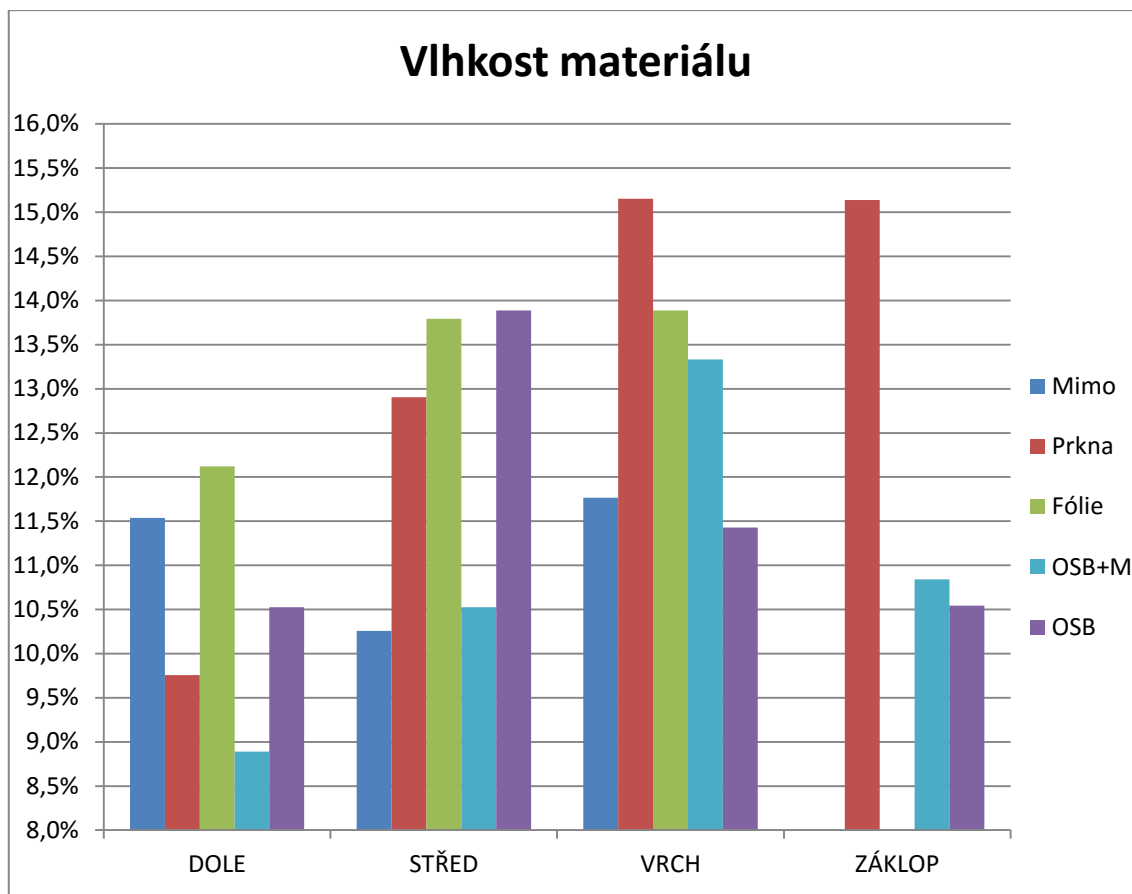
$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100$$

m_1 ...hm. vzorku po odebrání z "bedničky" minus hm. misky

m_2 ...hm. vzorku po vysušení minus hm. misky

Tabulka 7: Výsledky gravimetrické zkoušky

Zdroj: Autor



Graf 16: Vlhkost materiálu na základě výsledků gravimetrické zkoušky
Zdroj: Autor

2.5.5 Výsledky posouzení nebezpečí vzniku plísní ⁷

Tato kapitola je směřována na sledování možnosti vzniku a rozvoje plísní ve vzorcích. Během sledovaného období nedošlo k rozvoji plísní ani u jedné skladby, protože vlhkostní spád nebyl tak veliký a kritická relativní vlhkost byla překročena jen v několika málo hodinách (viz níže uvedené grafy). Příznivé podmínky pro tvorbu a rozvoj plísní byly dosaženy u fóliového záklopu po dobu cca 9 dní během 4 měsíčního experimentu. Zmiňovaných 9 dní ovšem nebylo v jednom celku, a tudíž plísně neměly příznivé podmínky pro vznik a rozvoj.

Ovšem stejně jako v předchozí kapitole 2.5.4 je na níže uvedených grafech možné pozorovat tendence chování konstrukce, které se blíží kritickým hodnotám. Je tedy opět na místě předpokládat, že během delšího průběhu experimentu a odstranění nežádoucích faktorů by v takto koncipovaných vzorcích mohlo reálně dojít k ohrožení konstrukce tvorbou plísní. Počáteční podmínky „suché“ konstrukce se během následujících let mohou měnit vlivem zabránění odparu málo propustnými záklopy vzorků. Další roky by proto mohly vzorky „začínat“ již s počáteční vyšší vlhkostí.

⁷ <http://www.ventotech.se/docs/FinalCopenhagen2008Color.pdf>, Ing. Jan Richter

DATE :	TIME :	M1-FOLIE		T>20°C	RHcrit	m=RH/RHcrit	m>1	
		teplota	vlhkost	T≤20°C				
14.12.2015	19:00:00	13,48	53,1	0	80,34122	0,660930997	0,660930997	0
14.12.2015	20:00:00	11,96	53,0	0	80,88408	0,655258736	0,655258736	0
14.12.2015	21:00:00	11,02	52,9	0	81,36467	0,650159302	0,650159302	0
14.12.2015	22:00:00	10,28	52,9	0	81,83153	0,646450126	0,646450126	0
14.12.2015	23:00:00	9,78	52,9	0	82,19472	0,643593686	0,643593686	0
15.12.2015	00:00:00	9,42	52,9	0	82,48138	0,641356879	0,641356879	0
15.12.2015	01:00:00	9,17	53,0	0	82,6933	0,640922543	0,640922543	0
15.12.2015	02:00:00	9,00	53,0	0	82,84357	0,639759972	0,639759972	0
15.12.2015	03:00:00	8,85	53,1	0	82,98038	0,639910313	0,639910313	0
15.12.2015	04:00:00	8,76	53,1	0	83,06438	0,639263146	0,639263146	0
15.12.2015	05:00:00	8,69	53,2	0	83,13073	0,639955896	0,639955896	0
15.12.2015	06:00:00	8,64	53,3	0	83,17866	0,640789362	0,640789362	0
15.12.2015	07:00:00	8,62	53,4	0	83,19796	0,641842672	0,641842672	0
15.12.2015	08:00:00	8,60	53,4	0	83,21733	0,641693259	0,641693259	0
15.12.2015	09:00:00	8,58	53,5	0	83,23678	0,642744746	0,642744746	0
15.12.2015	10:00:00	8,57	53,6	0	83,24653	0,643870719	0,643870719	0

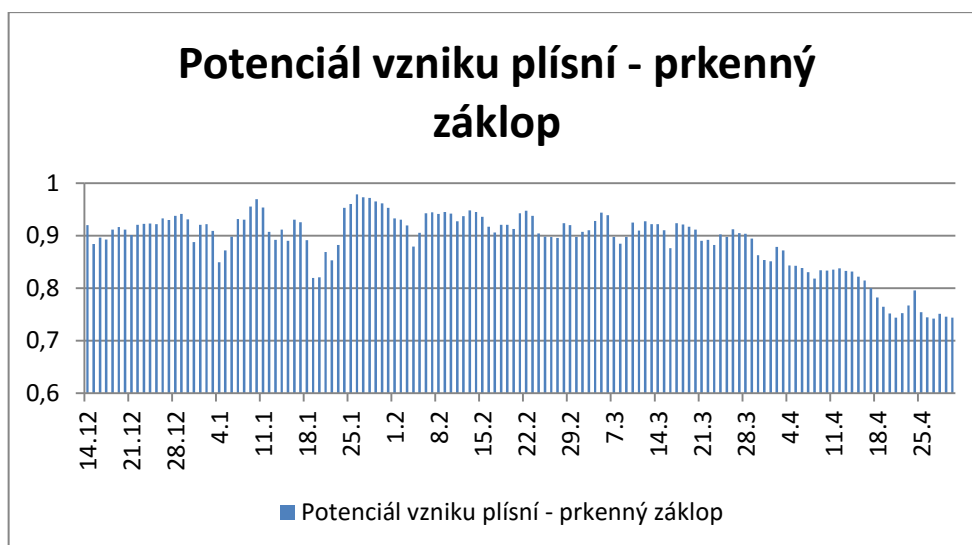
T>20°C...RHcrit= 80

T≤20°C...RHcrit= $-0,00267 \cdot T^3 + 0,16 \cdot T^2 - 3,13 \cdot T + 100$

Tabulka 8: Ukázka protokolu pro stanovení potenciálu tvorby plísní

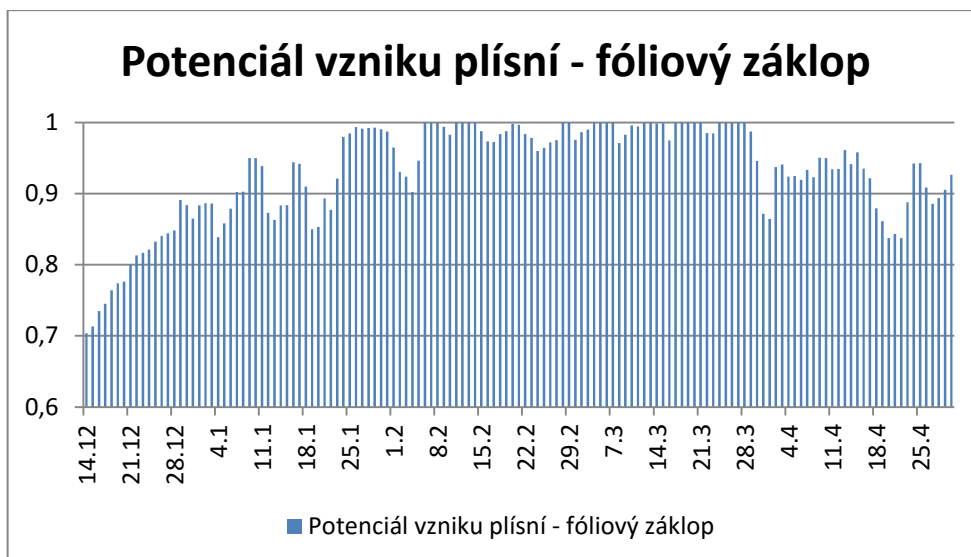
Zdroj: Autor

Následující grafy ukazují vývoj míry příznivosti prostředí pro tvorbu plísní v jednotlivých vzorcích. Hodnota 1 na grafech značí prostředí vhodné pro tvorbu plísní.



Graf 17: Potenciál vzniku plísní - prkenný záklopá

Zdroj: Autor

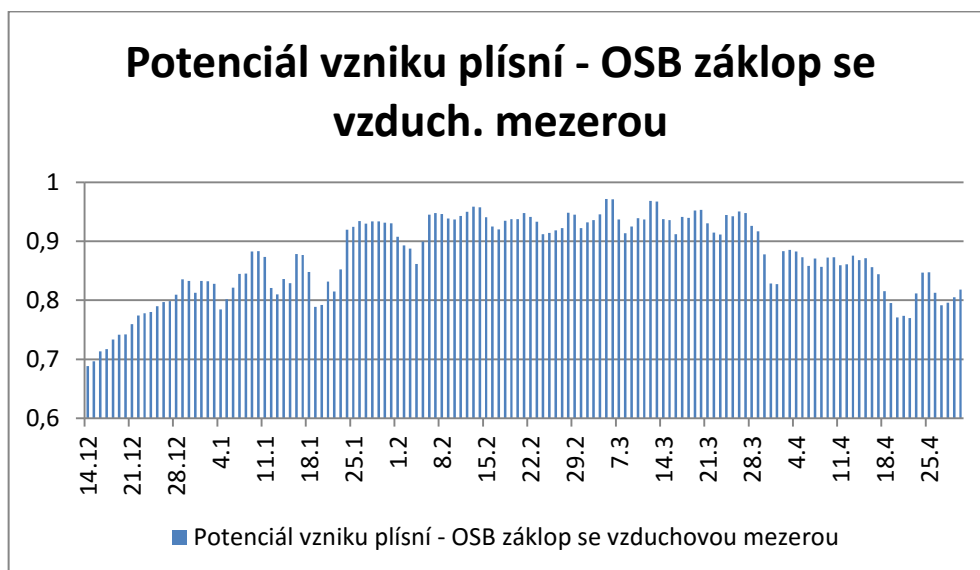


Počet hodin, kdy hrozí
nebezpečí vzniku plísní 210

Počet dní, kdy hrozí
nebezpečí vzniku plísní 8,75

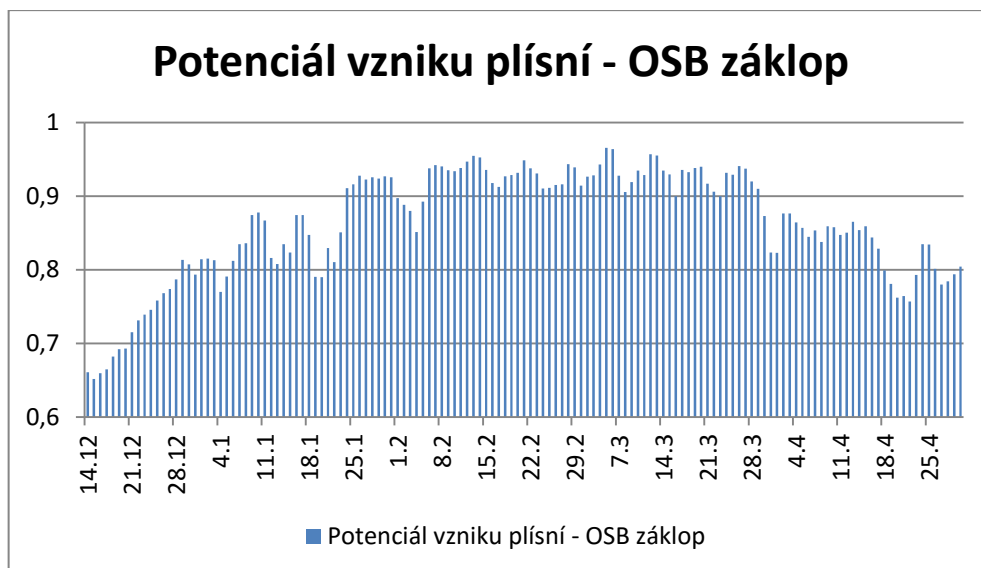
Graf 18: Potenciál vzniku plísní - fóliový záklop

Zdroj: Autor

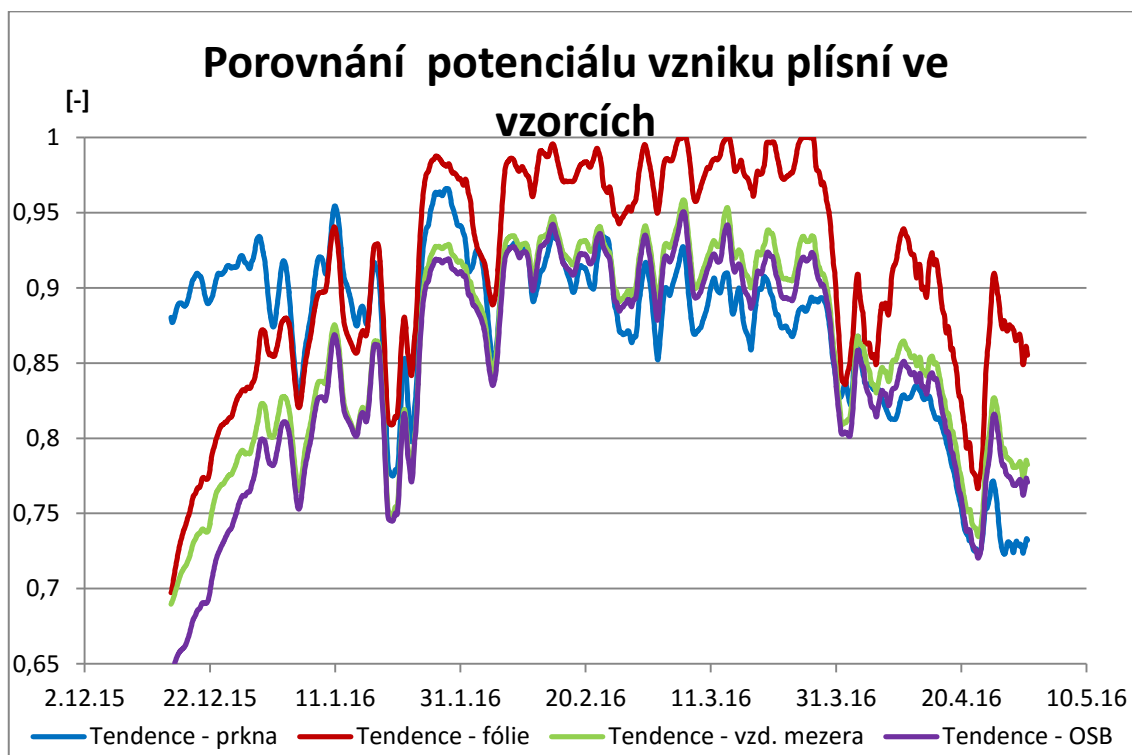


Graf 19: Potenciál vzniku plísní - OSB záklop se vzduch. mezerou

Zdroj: Autor



Graf 20: Potenciál vzniku plísní - OSB záklop
Zdroj: Autor



Graf 21: Porovnání potenciálů vzniku plísní ve vzorcích
Zdroj: Autor

Na Graf 21 je jasně viditelné, že největší nebezpečí tvorby plísní vzniká ve vzorku s fóliovým záklopem. Je ovšem nutné poukázat na fakt, že i ostatní vzorky dosahují v zimním období nebezpečně vysoké úrovně potenciálu vzniku plísní. Z toho důvodu by jistě tato problematika zasloužila delší pozorování a měření, které by tuto hrozbu mohlo potvrdit nebo vyvrátit. Bohužel takové dlouhodobé zkoumání není možné vzhledem k povaze a rozsahu této práce.

Závěr

Výsledky experimentu potvrdily předpoklady, uvedené na začátku této práce. Ve všech zkoumaných vzorcích se během experimentu objevilo nebezpečně velké množství vlhkosti a objevily se i nebezpečné tendence z hlediska vzniku a rozvoje plísní. Je nutné ovšem konstatovat, že výsledky nejsou tak dramatické, jak ukazovaly modely průběhu tohoto experimentu. Toto zjištění může mít více příčin, které byly popsány v kapitole 2.5. Hlavní příčinu je možné vidět v tom, že experiment tohoto typu by měl probíhat minimálně 3 roky a ukázat tak, jak se konstrukce chová během třech celých ročních cyklů. Další nežádoucí faktor způsobilo nedostatečné zateplení zbytku stropu, které neodpovídá realitě. Pokud si majitel nemovitosti nechá zateplit strop nad vytápěným prostorem, jistě tak učiní v celé ploše stropu. Konstrukce pak nepropouští teplo do půdního prostoru, tím dochází k markantnějším rozdílům tlaků mezi interiérem a půdním prostorem. Z toho vyplývá, že se dá poté předpokládat i větší tok vlhkosti.

Nicméně i za těchto nepříznivých okolností experiment ukázal zajímavé výsledky. Na grafech a měřeních jsou jasně viditelné tendence velkého nárůstu vlhkosti ve vzorcích a bylo i prokázáno, že prostředí pod záklopy je téměř na příznivé úrovni pro vznik plísní. Proto je možné říci, že experiment byl úspěšný a v reálných případech (při odstranění příčin uvedených v kapitole 2.5) by se chování konstrukce více blížilo simulacím výpočetního programu.

Překvapivým zjištěním v tomto experimentu bylo zjištění, že v porovnání vzorku s OSB záklopem a s OSB záklopem plus vzduchovou mezerou se ukázala varianta pouze s OSB záklopem jako nepatrně lepší. Toto tvrzení ovšem není s určitostí potvrdit vzhledem k rozsahu diplomové práce. Bylo by nutné učinit další experimentální měření, která by byla delší a podrobnější. Dochází-li ve vzduchové mezeře k proudění vzduchu, jedná se o další relativně dobré řešení. Pokud se ovšem vzduch v této mezeře bude chovat jako stojatý, bude situace odpovídat simulaci tohoto experimentu, která se ukázala jako nevyhovující. Každopádně řešení s provětrávanou mezerou má své nedostatky (viz. kapitola 2.5.3). Především je to problematika zajištění proudění vzduchu v mezeře. Dalším problémem je umístění větracích otvorů po stranách místnosti. Jak tedy zajistit proudění vzduchu v mezeře nad izolantem? To zůstává otázkou pro realizační firmy, které toto řešení často nabízí svým zákazníkům jako sice dražší, ale zaručeně výhodné a dokonale bezpečné.

Pokud by bylo nutné vybrat jednu z uváděných variant, zdá se varianta s prkenným záklopem jako „nejlepší“. Je to z toho důvodu, že se nejvíce podobá situaci, kdy záklop na izolantu není vůbec, a tudíž může volně docházet k odpařování kondenzátu do půd-

ního prostoru. Ovšem toto tvrzení vyvrací gravimetrická zkouška, kde tato varianta záklopu vyšla jako nejhorší. Otázkou tedy zůstává, zda přízných výsledků prkenný záklop nedosáhl za cenu, že sám zplesniví a časem ztrouchniví. Je tedy nutné si uvědomit, že nepoměrně daleko lepším řešením by byl případ, kdy by ke kondenzaci nedocházelo vůbec. Pokud se tak ale stane, musí se zajistit potřebné větrání půdního prostoru, aby odpařovaná vodní pára mohla odcházet do exteriéru a nezdržovala se uvnitř půdního prostoru.

Varianta s fóliovým záklopem v tomto experimentu simulovala případy difuzně neprostupných záklopů. Jedná se o případy, kdy realizační firma umístí parozábranu až nad izolant nebo např. o variantu, kdy je na prkna půdy umístěn igelit a na něj vylita betonová deska. Dle očekávání experiment ukázal, že toto řešení je naprosto chybné a nevyhovující.

Na závěr je tedy možné konstatovat, že ačkoliv nebyly podmínky pro experiment maximálně příznivé, poukázala tato práce na řadu problémů, které jsou v každodenní praxi zanedbávány. Výsledky této práce není možné brát jako precedent pro všechny navrhované konstrukce tohoto typu a nelze stanovit přesnou závažnost výše zmiňovaných poruch. Určitě ale poukazuje na to, že problematika kondenzace vodní páry v konstrukcích tohoto typu je závažná a každou takovou konstrukci by měl navrhnout a posoudit odborník. V této práci bylo počítáno pouze s difuzí, tedy prostupem vlhkosti skrz materiál. Jak by se chovala konstrukce, ve které by ještě docházelo k proudění vzduchu, je námětem pro další výzkum. Každopádně je lepší předcházet kvalitním návrhem skladby konstrukce nepříjemným zjištěním, že se na půdě začaly tvořit plísně nebo dokonce, že dřevo nosných konstrukcí je ztrouchnivělé a napadené dřevokazným hmyzem. To znamená: zamezit únikům tepla stropní konstrukcí, zajistit dostatečné větrání půdního prostoru, zamezit prostupu vodní páry stropní konstrukcí, nevytvářet přívětivé prostředí pro vznik a rozvoj plísní, nevytvářet živnou půdu pro dřevokazný hmyz. To vše je prací odborníka, který se danou problematikou zabývá.

Správným řešením, které pro rodinný dům bude stát tisíce korun, se předejde pozdějším opravám, které by mohly stát deseti nebo dokonce statisíce korun.

Zdroje a použitá literatura

Použité elektronické dokumenty

INOUTIC. Vlhkost vzduchu a tvoření plísní. *Inoutic.cz* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.inoutic.cz/cz/tipy-pro-nakup-oken/ventilace/vlhkost-vzduchu-a-tvoreni-plisni/>

TZB-INFO. Článek - odolnost a trvanlivost dřevěných konstrukcí. *Tzb-info.cz* [online]. © 2001-2016 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/9638-odolnost-a-trvanlivost-drevenych-konstrukci>

KANEV IZOLACE. Technické parametry. *Izolace-kanev.cz* [online]. © 2008 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.izolace-kanev.cz/parametry>

VENTOTECH. Výpočet potenciálu vzniku plísní. *Ventotech.se* [online]. © 2008 [cit. 2016-04-18] <http://www.ventotech.se/docs/FinalCopenhagen2008Color.pdf>

Použitá tištěná literatura

KULHÁNEK, František a Jan TYWONIAK. *Stavební fyzika 20: Stavební tepelná technika*. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02219-6

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky*. Praha: ÚNMZ, Říjen 2011. 21 s. Třídící znak 730540.

ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: ÚNMZ, Listopad 2005. 13 s. Třídící znak 730540

K-CAD. *Svoboda software-Teplo 2010 CZ* [software]. [přístup 18. března 2014]. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelná-technika/teplo/?do=download&id=27>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Příklad optimální cirkulace vzduchu v místnosti.....	9
Obrázek 2: Příklad proudění vzduchu v místnosti s radiátorem.....	9
Obrázek 3: Prostupy vlhkosti konstrukcí stropu.....	19
Obrázek 4: Detaily uchycení parozábrany.....	21
Obrázek 5: Dřevo napadané dřevokazným hmyzem.....	22
Obrázek 6: Zkoumaný objekt Zborná u Jihlavy, Vysočina	27
Obrázek 7: Schéma stávajícího stavu	28
Obrázek 8: Prostor pod vzorky.....	28
Obrázek 9: Půdní prostor.....	28
Obrázek 10: Odstranění pochozí vrstvy půdy.....	28
Obrázek 11: Průhled skladbou stropu.....	28
Obrázek 12: Původní izolant – skelná vata.....	29
Obrázek 13: Použití ochran. Pomůcek.....	29
Obrázek 14: Vyklizený prostor pro umístění vzorků.....	29
Obrázek 15: Schéma umístění vzorků v půdním prostoru	30
Obrázek 16: Schéma umístění měřících zařízení.....	30
Obrázek 17: Zvolený izolant Climatizer Plus.....	31
Obrázek 18: Climatizer Plus.....	32
Obrázek 19: Skladba „bedniček“	34
Obrázek 20: „Bednička“	34
Obrázek 21: „Bednička“ s parotěsnou fólií JUTAFOL N 110.....	34
Obrázek 22: Vyhlazení povrchu pod lepicí páskou.....	35
Obrázek 23: Lepicí páska JUTAFOL SP1.....	35
Obrázek 24: Nalepení pásu parozábrany.....	35
Obrázek 25: Přelepení přesahů 1.....	35
Obrázek 26: Přelepení přesahů 2.....	35
Obrázek 27: Dotěsnění hřebíků.....	35
Obrázek 28: Uložení „bedniček“ na půdě 1.....	36
Obrázek 29: Uložení „bedniček“ na půdě 2.....	36
Obrázek 30: Utěsnění vzorku: TESCON VANA 1.....	37
Obrázek 31: Utěsnění vzorku TESCON VANA 2.....	37
Obrázek 32: Utěsnění vzorku TESCON VANA 3.....	37
Obrázek 33: Ruční ukládání izolantu.....	37
Obrázek 34: „Bedničky“ naplněné před stlačením.....	37
Obrázek 35: Úprava izolantu před zaklopením.....	37
Obrázek 36: 3D model vzorku s prkenným záklopem.....	38

Obrázek 37: Detail vzorku s prkenným záklopem	38
Obrázek 38: Prkenný záklop.....	39
Obrázek 39: Plnost „bedničky“	39
Obrázek 40: Kompletní prkenný záklop.....	39
Obrázek 41: Utěsnění prkenného záklopu.....	39
Obrázek 42: 3D model vzorku s fóliovým záklopem	40
Obrázek 43: Detail vzorku s prkenným záklopem	40
Obrázek 44: Fóliový záklop.....	40
Obrázek 45: Utěsnění fóliového záklopu.....	41
Obrázek 46: Utěsnění fóliového záklopu.....	41
Obrázek 47: 3D model vzorku s OSB záklopem a vzduchovou mezerou	42
Obrázek 48: Detail vzorku s OSB záklopem a vzduchovou mezerou	42
Obrázek 49: Schéma typického krovu s difuzně otevřenou konstrukcí podlahy	43
Obrázek 50: „Bednička“ se vzduchovou mezerou.....	43
Obrázek 51: Utěsnění čel vzorku.....	43
Obrázek 52: Plnost vzorku.....	43
Obrázek 53: Utěsnění vzorku.....	44
Obrázek 54: 3D model vzorku s OSB záklopem.....	44
Obrázek 55: Detail vzorku s OSB záklopem.....	44
Obrázek 56: Uložení vzorku.....	44
Obrázek 57: Utěsnění vzorku	45
Obrázek 58: Plnost vzorku	45
Obrázek 59: Prostor mezi vzorky pro odebrání vzorku varianty bez záklopu.....	46
Obrázek 60: ALMEMO 2590-4AS.....	47
Obrázek 61: Teploměr s vlhkoměrem TFA 30.3039	47
Obrázek 62: Digitální váha s přesností 0,1g.....	47
Obrázek 63: Vysoušecí pec.....	48
Obrázek 64: Umístění čidel pod prkny.....	48
Obrázek 65: Umístění čidel pod fólií	49
Obrázek 66: Umístění čidel pod prkny.....	49
Obrázek 67: Umístění čidel pod fólií.....	50
Obrázek 68: Utěsnění prostupu kabelu	50
Obrázek 69: Propojení dataloggeru s PC.....	51
Obrázek 70: Odebrání vzorku 1.....	51
Obrázek 71: Odebrání vzorku 2.....	52
Obrázek 72: Odebrání vzorku 3.....	51
Obrázek 73: Odebrané vzorky.....	52

Obrázek 74: Uskladnění vzorku 1.....	52
Obrázek 75: Uskladnění vzorku 2... ..	53
Obrázek 76: Rozříznutí fóliového záklopu.....	52
Obrázek 77: Znovuutěsnění fóliového záklopu.....	53
Obrázek 78: Příprava na gravimetrickou zkoušku.....	53
Obrázek 79: Vážení vzorku.....	54
Obrázek 80: Soubor připravených vzorků.....	53
Obrázek 81: Vzorky ve vysoušecí peci.....	54
Obrázek 82: Kontrolní měření provedené v interiéru	57
Obrázek 83: Problematika provětrávané mezery s odtahy na bocích.....	63

Seznam grafů

Graf 1: Průběh hodnot tlaků při variantě 1.....	10
Graf 2: Průběh hodnot tlaků při variantě 2.....	11
Graf 3: Průběh hodnot tlaků při variantě 3.....	12
Graf 4: Průběh hodnot tlaků při variantě 4.....	13
Graf 5: Částečný tlak nasycené vodní páry.....	16
Graf 6: Vyšetření výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci.....	17
Graf 7: Aktuální kondenzace/vypařování 01	56
Graf 8: Aktuální kondenzace/vypařování 02	57
Graf 9: Odchyly v přesnosti měřících zařízení.....	58
Graf 10: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s prkenným záklopem.....	59
Graf 11: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s fóliovým záklopem	60
Graf 12: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s OSB záklopem a vzduchovou mezerou....	60
Graf 13: Vývoj teploty a vlhkosti ve vzorku s OSB záklopem.....	61
Graf 14: Porovnání průběhu vlhkostí ve vzorcích.....	62
Graf 14: Vysychající tendence vzorku.....	64
Graf 16: Vlhkost materiálu na základě výsledků gravimetrické zkoušky.....	66
Graf 17: Potenciál vzniku plísní - prkenný záklopá	67
Graf 18: Potenciál vzniku plísní - fóliový záklop.....	68
Graf 19: Potenciál vzniku plísní - OSB záklop se vzduch. mezerou.....	68
Graf 20: Potenciál vzniku plísní - OSB záklop.....	69
Graf 21: Porovnání potenciálů vzniku plísní ve vzorcích.....	69

Seznam tabulek

Tabulka 1: Třídy použití, dle ČSN EN 335-1,2 pro rostlé dřevo v ČR.....	25
Tabulka 2: Základní deklarované technické parametry - climatizer.....	32
Tabulka 3: Určení vhodného materiálu pro simulaci difuzně otevřeného krovu.....	43
Tabulka 4: Laboratorní protokol pro zápis výsledků gravimetrické zkoušky.....	55
Tabulka 5: Aktuální kondenzace/vypařování	56
Tabulka 6: Výsledky kontroly přesnosti měřidel.....	58
Tabulka 7: Výsledky gravimetrické zkoušky.....	65
Tabulka 8: Ukázka protokolu pro stanovení potenciálu tvorby plísní	67

Seznam příloh

Příloha 1: ČSN 730540-2: 6. Šíření vlhkosti konstrukcí	
Příloha 2: ČSN 731901: Příloha E: Předběžný návrh větrání střech	
Příloha 3: Posouzení konstrukce bez záklopu – Teplo 2010	
Příloha 4: Posouzení konstrukce s fóliovým záklopem – Teplo 2010	
Příloha 5: Posouzení konstrukce s OSB záklopem a vzduchovou dutinou– Teplo 2010	
Příloha 6: Posouzení konstrukce s OSB záklopem – Teplo 2010	
Příloha 7: Posouzení konstrukce s prkenným záklopem – Teplo 2010	
Příloha 8: Posouzení konstrukce bez záklopu – Teplo 2010	
Příloha 9: Posouzení konstrukce bez záklopu – Teplo 2010	

Příloha 1: ČSN 730540-2: 6. Šíření vlhkosti konstrukcí

ČSN 73 0540-2

6 Šíření vlhkosti konstrukcí

6.1 Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

6.1.1 Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy:

$$M_c = 0 \quad (20)$$

POZNÁMKY

- 1 Ohrožením požadované funkce je obvykle podstatné zkrácení předpokládané životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí ke vzniku plísní, objemové změny a výrazné zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň způsobující jeho degradaci. Zejména musí být respektovány podmínky pro uplatnění dřeva a/nebo materiálů na bázi dřeva ve stavebních konstrukcích podle ČSN 73 2810.
- 2 Požadavek podle 6.1.1 se prokazuje výpočtem podle ČSN 73 0540-4.
- 3 Šíření a kondenzace vodní páry podle kapitoly 6 se vždy stanovuje s bezpečnostní vlhkostní přírůzkou $\Delta\varphi = 5\%$. Kromě prostorů s vlhkými a mokřými provozy se tedy obvykle uvažuje $\varphi_i + \Delta\varphi_i = 55\%$.

6.1.2 Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce $M_{c,N}$, v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tak, aby splňovalo podmínku:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (21)$$

Pro jednoplašťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (22)$$

nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$; pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100 \text{ kg}/\text{m}^3$ se použije 6 % jeho plošné hmotnosti;

pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot:

$$M_{c,N} = 0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (23)$$

nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$; pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100 \text{ kg}/\text{m}^3$ se použije 10 % jeho plošné hmotnosti.

Pro stavební konstrukce podle 6.1.2 zároveň platí požadavek podle 6.2.

POZNÁMKY

- 1 Při zabudování dřeva a/nebo materiálů na bázi dřeva do stavebních konstrukcí je nutné dodržet jeho dovolenou vlhkost např. podle ČSN EN 14220. Překročili-li za normových podmínek užívání rovnovážná hmotnostní vlhkost dřeva nebo materiálu na bázi dřeva 16 %, je požadovaná funkce konstrukce ohrožena.
- 2 Při kondenzaci na rozhraní vrstev se pro stanovení hodnoty požadavku podle 6.1.2 uvažuje nižší z hodnot plošné hmotnosti příslušných materiálů. Při kondenzaci v lehké tenké vrstvě, umožňující snadný transport kondenzátu (např. separační vrstva), se omezení zkondenzovaného množství M_c hodnotou odpovídající výše uvedenému procentu plošné hmotnosti materiálu stanoví společně pro tuto a bezprostředně sousedící vrstvu.

6.2 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

Ve stavební konstrukci s přípustěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce podle 6.1.2 nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tedy musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce M_{ev} , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$.

POZNÁMKA Je-li ve stavebních konstrukcích hodnocených podle 6.2 dřevo a/nebo materiály na bázi dřeva, musí být navržena vhodná konstrukční opatření pro jejich ochranu před nepříznivými účinky vlhkosti a provedena trvanlivá ochrana těchto materiálů podle ČSN 49 0600-1 nejméně pro třídu ohrožení 2 podle ČSN EN 335-1 a ČSN EN 335-2. Pokud je ochrana podle ČSN 49 0600-1 jediným přijatým opatřením proti nepříznivému působení vlhkosti, musí být zajištěna její snadná obnova. Zároveň je při zabudování nutné dodržet dovolenou vlhkost dřeva a/nebo materiálů na bázi dřeva např. podle ČSN EN 14220. Pokud v odůvodněných případech výjimečně překročí rovnovážná hmotnostní vlhkost dřevěných prvků v okamžiku zabudování 16 %, musí být zajištěn snadný odvod vlhkosti z konstrukce.

Příloha 2: ČSN 731901: Příloha E: Předběžný návrh větrání střech

ČSN 73 1901

Příloha E (informativní)

Předběžný návrh větrání střech

E.1 Plochy přiváděcích větracích otvorů se u dvouplášťové střechy volí v rozmezí 1/100 až 1/400 plochy střech v závislosti na sklonu vzduchové vrstvy – viz tabulku E.1, popř. i větší; plocha odváděcích větracích otvorů oproti ploše přiváděcích větracích otvorů zpravidla zvětšuje nejméně o 10 %.

E.2 Nelze-li potřebné plochy otvorů dosáhnout bodovými prvky krytiny, je nutné navrhnout liniový konstrukční otvor.

E.3 Vzdálenost přiváděcích a odváděcích větracích otvorů střech nemá přesahovat 18 m.

E.4 Lze také kombinovat přirozené a nucené větrání vzduchových vrstev nad prostory s mokřým provozem.

Tabulka E.1 – Tabulka pro předběžný návrh větrání střech

Sklon vzduchové vrstvy	Nejmenší tloušťka větrané vzduchové vrstvy, určené pro odvod vodní páry difundující do střešní konstrukce, při délce vzduchové vrstvy do 10 m ¹⁾	Nejmenší tloušťka větrané vzduchové vrstvy, určené pro odvod vodní páry difundující do střešní konstrukce i k odvedení vody technologické a vody srážkové zabudované do konstrukce při realizaci, při délce vzduchové vrstvy do 10 m ¹⁾	Plocha přiváděcích větracích otvorů k ploše větrané střechy
	(mm)	(mm)	
< 5°	100	250	1 / 100
5° – 25°	60 ⁴⁾	150	1 / 200
25° – 45°	40 ⁴⁾	100	1 / 300
> 45°	40	50	1 / 400

Údaje uvedené v tabulce jsou platné při splnění následujících podmínek:

- ¹⁾ Na každý 1 m délky vzduchové vrstvy přesahující 10 m se zvětšuje nejmenší tloušťka vzduchové vrstvy o 10 % hodnoty připadající k nejmenší tloušťce a příslušnému sklonu.
- ²⁾ Uvedené dimenze větrání uvažují čistou účinnou průřezovou plochu větracích otvorů.
- ³⁾ Tabulka uvádí dimenze větrání za účelem odvedení vzdušné vlhkosti ze skladby střechy. V případech, kdy se má větraná vzduchová vrstva podílet na snížení nežádoucích slunečních zisků, musí být větrání navrženo a posouzeno samostatně.
- ⁴⁾ Uvedené dimenze větrání platí pro střechy s tepelněizolačními vlastnostmi odpovídajícími standardu tepelné ochrany budov, tj. součiniteli prostupu tepla střechy podle požadované hodnoty ČSN 73 0540-2, tj. 0,24 W/m² · K.
- ⁵⁾ Plášť střechy mezi větranou vzduchovou vrstvou a vnitřním prostředím stavby musí být vzduchotěsný.
- ⁶⁾ V případech, kdy bude mít střecha lepší tepelněizolační vlastnosti než je uvedeno v poznámce 4), je třeba zvýšit dimenzi větrání alespoň na 100 mm.

Příloha 3: Posouzení konstrukce bez záklopu – Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : Rodinný dům Zborná
Zpracovatel : Bc. Jan Pítner
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 20.04.2016

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Dřevotříská	0.0200	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Climatizer Plu	0.2000	0.0370	2000.0	27.0	1.1	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	52.4	1302.4	-3.6	81.5	368.3
2	28	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9
3	31	21.0	57.0	1416.8	1.7	79.9	551.5
4	30	21.0	57.4	1426.7	6.4	78.1	750.4
5	31	21.0	59.9	1488.9	11.5	75.3	1021.3
6	30	21.0	62.7	1558.5	14.7	73.0	1220.4
7	31	21.0	64.2	1595.7	16.1	71.8	1313.2
8	31	21.0	63.6	1580.8	15.6	72.2	1278.9
9	30	21.0	60.4	1501.3	12.1	74.9	1058.9
10	31	21.0	57.6	1431.7	7.3	77.6	793.2
11	30	21.0	57.0	1416.8	1.9	79.9	559.5
12	31	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.52 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.177 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.20 / 0.23 / 0.28 / 0.38 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro říznou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou příbližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Diffúzní odpor konstrukce ZpT : 2.5E+0009 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* : 65.4
Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 3.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19,36 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0,957

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		$T_{si}[C]$	f_{Rsi}	RHsi[%]
	$T_{si}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si}[C]$	$f_{Rsi,m}$			
1	14,3	0,727	10,9	0,589	19,9	0,957	55,9
2	14,9	0,735	11,5	0,588	20,0	0,957	58,0
3	15,6	0,720	12,2	0,542	20,2	0,957	60,0
4	15,7	0,637	12,3	0,402	20,4	0,957	59,7
5	16,4	0,513	12,9	0,149	20,6	0,957	61,4
6	17,1	0,380	13,6	-----	20,7	0,957	63,8
7	17,5	0,279	14,0	-----	20,8	0,957	65,0
8	17,3	0,318	13,8	-----	20,8	0,957	64,5
9	16,5	0,495	13,0	0,106	20,6	0,957	61,8
10	15,8	0,618	12,3	0,366	20,4	0,957	59,7
11	15,6	0,717	12,2	0,537	20,2	0,957	60,0
12	14,9	0,735	11,5	0,588	20,0	0,957	58,0

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu.
 T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

**Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	e
tepl.[C]:	19,4	18,6	-16,7
p [Pa]:	1367	701	115
p,sat [Pa]:	2247	2147	140

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 5,329E-0007 kg/m2s

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převládající skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2010

Příloha 4: Posouzení konstrukce s fóliovým záklopem – Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : Rodinný dům Zborná
Zpracovatel : Bc. Jan Pítner
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 20.04.2016

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m3]	Mi[-]	Ma[kg/m2]
1	Dřevotříská	0.0200	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Climatizer Plu	0.2000	0.0370	2000.0	27.0	1.1	0.0000
3	Jutafol N 110	0.0002	0.3900	1700.0	440.0	210154.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	52.4	1302.4	-3.6	81.5	368.3
2	28	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9
3	31	21.0	57.0	1416.8	1.7	79.9	551.5
4	30	21.0	57.4	1426.7	6.4	78.1	750.4
5	31	21.0	59.9	1488.9	11.5	75.3	1021.3
6	30	21.0	62.7	1558.5	14.7	73.0	1220.4
7	31	21.0	64.2	1595.7	16.1	71.8	1313.2
8	31	21.0	63.6	1580.8	15.6	72.2	1278.9
9	30	21.0	60.4	1501.3	12.1	74.9	1056.9
10	31	21.0	57.6	1431.7	7.3	77.6	793.2
11	30	21.0	57.0	1416.8	1.9	79.9	559.5
12	31	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.52 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.177 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.20 / 0.23 / 0.28 / 0.38 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 2.5E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* : 65.4

Fázový posun teplotního kmitu Psi* :

3.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.36 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.957

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.3	0.727	10.9	0.589	19.9	0.957	55.9
2	14.9	0.735	11.5	0.588	20.0	0.957	58.0
3	15.6	0.720	12.2	0.542	20.2	0.957	60.0
4	15.7	0.637	12.3	0.402	20.4	0.957	59.7
5	16.4	0.513	12.9	0.149	20.6	0.957	61.4
6	17.1	0.380	13.6	----	20.7	0.957	63.8
7	17.5	0.279	14.0	----	20.8	0.957	65.0
8	17.3	0.318	13.8	----	20.8	0.957	64.5
9	16.5	0.495	13.0	0.108	20.6	0.957	61.8
10	15.8	0.618	12.3	0.366	20.4	0.957	59.7
11	15.6	0.717	12.2	0.537	20.2	0.957	60.0
12	14.9	0.735	11.5	0.588	20.0	0.957	58.0

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
tepl.[C]:	19.4	18.6	-16.7	-16.7
p [Pa]:	1367	1360	1354	115
p,sat [Pa]:	2247	2147	140	140

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
1	0.2050	0.2200	5.237E-0007

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 5.425 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 2.039 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 15.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. Gc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
9	0.2200	0.2200	3.44E-0008	0.0891
10	0.2200	0.2200	1.70E-0007	0.5455
11	0.2200	0.2200	3.01E-0007	1.3267
12	0.2200	0.2200	3.52E-0007	2.2700
1	0.2200	0.2200	3.59E-0007	3.2307
2	0.2200	0.2200	3.52E-0007	4.0827
3	0.2200	0.2200	3.06E-0007	4.9014
4	0.2200	0.2200	1.94E-0007	5.4053
5	0.2200	0.2200	5.24E-0008	5.5457
6	0.2200	0.2200	-5.22E-0008	5.4104
7	0.2200	0.2200	-1.03E-0007	5.1340
8	0.2200	0.2200	-8.51E-0008	4.9062

Maximální množství kondenzátu Mc,a: 5.5457 kg/m2

Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. Mc,a > Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry

prevažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2010

Příloha 5: Posouzení konstrukce s OSB záklopem a vzduchovou dutinou– Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : **Rodinný dům Zborná**
Zpracovatel : Bc. Jan Pítner
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 20.04.2016

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m3]	Mi[-]	Ma[kg/m2]
1	Dřevotříská	0.0200	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Climatizer Plu	0.2000	0.0370	2000.0	27.0	1.1	0.0000
3	Vzd. dutina 40	0.0400	0.2940	1010.0	1.2	0.2	0.0000
4	OSB desky	0.0150	0.1300	1700.0	650.0	50.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	52.4	1302.4	-3.6	81.5	368.3
2	28	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9
3	31	21.0	57.0	1416.8	1.7	79.9	551.5
4	30	21.0	57.4	1426.7	6.4	78.1	750.4
5	31	21.0	59.9	1488.9	11.5	75.3	1021.3
6	30	21.0	62.7	1558.5	14.7	73.0	1220.4
7	31	21.0	64.2	1595.7	18.1	71.8	1313.2
8	31	21.0	63.6	1580.8	15.6	72.2	1278.9
9	30	21.0	60.4	1501.3	12.1	74.9	1056.9
10	31	21.0	57.6	1431.7	7.3	77.6	793.2
11	30	21.0	57.0	1416.8	1.9	79.9	559.5
12	31	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.77 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.169 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kčpe U_{kč} : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou příbližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 6.5E+0009 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* : 70.1
 Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 4.5 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.43 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.959

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.3	0.727	10.9	0.589	20.0	0.959	55.8
2	14.9	0.735	11.5	0.586	20.1	0.959	57.9
3	15.6	0.720	12.2	0.542	20.2	0.959	59.9
4	15.7	0.637	12.3	0.402	20.4	0.959	59.6
5	16.4	0.513	12.9	0.149	20.6	0.959	61.4
6	17.1	0.380	13.6	-----	20.7	0.959	63.7
7	17.5	0.279	14.0	-----	20.8	0.959	65.0
8	17.3	0.318	13.8	-----	20.8	0.959	64.5
9	16.5	0.495	13.0	0.108	20.6	0.959	61.8
10	15.8	0.618	12.3	0.366	20.4	0.959	59.6
11	15.6	0.717	12.2	0.537	20.2	0.959	59.8
12	14.9	0.735	11.5	0.586	20.1	0.959	57.9

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
tepl.[C]:	19.4	18.7	-15.2	-16.0	-16.7
p [Pa]:	1367	1112	888	880	115
p,sat [Pa]:	2256	2160	162	150	140

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
1	0.2114	0.2600	5.038E-0007

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 4.298 kg/m2,rok
 Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 3.488 kg/m2,rok
 Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. Gc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
10	0.2600	0.2600	9.33E-0008	0.2498
11	0.2600	0.2600	2.46E-0007	0.8853
12	0.2600	0.2600	3.05E-0007	1.7034
1	0.2600	0.2600	3.17E-0007	2.5514
2	0.2600	0.2600	3.05E-0007	3.2903
3	0.2600	0.2600	2.50E-0007	3.9597
4	0.2600	0.2600	1.22E-0007	4.2749
5	0.2600	0.2600	-4.89E-0008	4.1438
6	0.2600	0.2600	-1.80E-0007	3.6778
7	0.2600	0.2600	-2.45E-0007	3.0211
8	0.2600	0.2600	-2.22E-0007	2.4269
9	0.2600	0.2600	-7.13E-0008	2.2420

Maximální množství kondenzátu Mc,a: 4.2749 kg/m2

Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. Mc,a > Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převážující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Příloha 6: Posouzení konstrukce s OSB záklopem – Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : **Rodinný dům Zborná**
Zpracovatel : Bc. Jan Pítner
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 20.04.2016

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Dřevotříská	0.0200	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Climatizer Flu	0.2000	0.0370	2000.0	27.0	1.1	0.0000
3	OSB desky	0.0150	0.1300	1700.0	650.0	50.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	52.4	1302.4	-3.6	81.5	368.3
2	28	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9
3	31	21.0	57.0	1416.8	1.7	79.9	551.5
4	30	21.0	57.4	1426.7	6.4	78.1	750.4
5	31	21.0	59.9	1488.9	11.5	75.3	1021.3
6	30	21.0	62.7	1558.5	14.7	73.0	1220.4
7	31	21.0	64.2	1595.7	18.1	71.8	1313.2
8	31	21.0	63.6	1580.8	15.6	72.2	1278.9
9	30	21.0	60.4	1501.3	12.1	74.9	1056.9
10	31	21.0	57.6	1431.7	7.3	77.6	793.2
11	30	21.0	57.0	1416.8	1.9	79.9	559.5
12	31	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.63 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.173 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou příbžnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 6.5E+0009 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* : 67.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 4.3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.40 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.958

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.3	0.727	10.9	0.589	20.0	0.958	55.9
2	14.9	0.735	11.5	0.588	20.0	0.958	58.0
3	15.6	0.720	12.2	0.542	20.2	0.958	59.9
4	15.7	0.637	12.3	0.402	20.4	0.958	59.6
5	16.4	0.513	12.9	0.149	20.6	0.958	61.4
6	17.1	0.380	13.6	----	20.7	0.958	63.7
7	17.5	0.279	14.0	----	20.8	0.958	65.0
8	17.3	0.318	13.8	----	20.8	0.958	64.5
9	16.5	0.495	13.0	0.106	20.6	0.958	61.8
10	15.8	0.618	12.3	0.366	20.4	0.958	59.7
11	15.6	0.717	12.2	0.537	20.2	0.958	59.9
12	14.9	0.735	11.5	0.586	20.0	0.958	58.0

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu.
 Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
tepl.[C]:	19.4	18.7	-16.0	-16.7
p [Pa]:	1367	1110	885	115
p,sat [Pa]:	2251	2153	150	140

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
1	0.2089	0.2200	5.095E-0007

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 4.374 kg/m2,rok
 Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 3.521 kg/m2,rok
 Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. Gc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
10	0.2200	0.2200	9.56E-0008	0.2561
11	0.2200	0.2200	2.50E-0007	0.9033
12	0.2200	0.2200	3.11E-0007	1.7357
1	0.2200	0.2200	3.22E-0007	2.5983
2	0.2200	0.2200	3.11E-0007	3.3502
3	0.2200	0.2200	2.55E-0007	4.0318
4	0.2200	0.2200	1.24E-0007	4.3542
5	0.2200	0.2200	-4.85E-0008	4.2242
6	0.2200	0.2200	-1.81E-0007	3.7551
7	0.2200	0.2200	-2.47E-0007	3.0931
8	0.2200	0.2200	-2.24E-0007	2.4943
9	0.2200	0.2200	-7.12E-0008	2.3097

Maximální množství kondenzátu Mc,a: 4.3542 kg/m2

Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. Mc,a > Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry

prevažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Příloha 7: Posouzení konstrukce s prkenným záklopem – Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : Rodinný dům Zborná
Zpracovatel : Bc. Jan Pítner
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 20.04.2016

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Dřevotříská	0.0200	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Climatizer Plu	0.2000	0.0370	2000.0	27.0	1.1	0.0000
3	Dřevo měkké (t)	0.0250	0.1800	2510.0	400.0	50.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	52.4	1302.4	-3.6	81.5	368.3
2	28	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9
3	31	21.0	57.0	1416.8	1.7	79.9	551.5
4	30	21.0	57.4	1426.7	6.4	78.1	750.4
5	31	21.0	59.9	1488.9	11.5	75.3	1021.3
6	30	21.0	62.7	1558.5	14.7	73.0	1220.4
7	31	21.0	64.2	1595.7	16.1	71.8	1313.2
8	31	21.0	63.6	1580.8	15.6	72.2	1278.9
9	30	21.0	60.4	1501.3	12.1	74.9	1056.9
10	31	21.0	57.6	1431.7	7.3	77.6	793.2
11	30	21.0	57.0	1416.8	1.9	79.9	559.5
12	31	21.0	54.6	1357.1	-1.9	81.1	422.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.66 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.173 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 9.1E+0009 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* : 68.9

Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 4.7 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.40 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.958

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.3	0.727	10.9	0.589	20.0	0.958	55.9
2	14.9	0.735	11.5	0.586	20.0	0.958	57.9
3	15.6	0.720	12.2	0.542	20.2	0.958	59.9
4	15.7	0.637	12.3	0.402	20.4	0.958	59.6
5	16.4	0.513	12.9	0.149	20.6	0.958	61.4
6	17.1	0.380	13.6	----	20.7	0.958	63.7
7	17.5	0.279	14.0	----	20.8	0.958	65.0
8	17.3	0.318	13.8	----	20.8	0.958	64.5
9	16.5	0.495	13.0	0.106	20.6	0.958	61.8
10	15.8	0.618	12.3	0.366	20.4	0.958	59.7
11	15.6	0.717	12.2	0.537	20.2	0.958	59.9
12	14.9	0.735	11.5	0.586	20.0	0.958	57.9

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
tepl.[C]:	19.4	18.7	-15.9	-16.7
p [Pa]:	1367	1185	1025	115
p,sat [Pa]:	2252	2154	152	140

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
1	0.2111	0.2200	5.119E-0007

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 4.594 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 2.844 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. Gc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
10	0.2200	0.2200	1.21E-0007	0.3228
11	0.2200	0.2200	2.65E-0007	1.0102
12	0.2200	0.2200	3.22E-0007	1.8721
1	0.2200	0.2200	3.31E-0007	2.7599
2	0.2200	0.2200	3.22E-0007	3.5384
3	0.2200	0.2200	2.70E-0007	4.2610
4	0.2200	0.2200	1.47E-0007	4.6428
5	0.2200	0.2200	-1.23E-0008	4.6098
6	0.2200	0.2200	-1.32E-0007	4.2664
7	0.2200	0.2200	-1.92E-0007	3.7525
8	0.2200	0.2200	-1.71E-0007	3.2953
9	0.2200	0.2200	-3.30E-0008	3.2098

Maximální množství kondenzátu Mc,a: 4.6428 kg/m2

Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. Mc,a > Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry

převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.