

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

Vliv tepelných mostů na energetickou bilanci staveb

Anna Benešová

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anna Benešová

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Vliv tepelných mostů na energetickou bilanci staveb

Název anglicky

Influence of thermal bridges on the energy balance of buildings

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na zhodnocení tepelně technických vlastností budov, jejich energetickou náročnost a posouzení vlivu tepelných mostů na energetickou bilanci. Práce zahrnuje posouzení tepelné bilance budovy a vyhodnocení tepelných mostů v reálných podmínkách, na základě vlastního měření a výpočtů.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Současný stav sledované problematiky

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

Energie; detail stavby; měření; stavba; tepelné ztráty; vytápění

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace. Klimatizace.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.- Čuprová, D.- Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.


Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Šubrt, R.- Volf, M.: Stavební detaily. Tepelné mosty. Grada, Praha, 2003, 152 s

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady. Grada, Praha, 2005, 194 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a další. Grada, Praha, 2012, 195 s.



Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 01. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv tepelných mostů na energetickou bilanci staveb" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce panu prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za rady s výběrem zadání bakalářské práce a odborné konzultace, které mi napomáhaly při tvorbě práce. Dále děkuji panu Ing. Arch. Tomáši Kudělkovi za zprostředkování měření v jím navrhovaných domech. Panu Janu Navrátilovi děkuji za ochotu při měření domů a za zapůjčení termokamery. Nadále děkuji Michalu Sikorovi za základní zaučení v programu Archicad, které mi pomohlo provést energetické bilance u jednotlivých detailů.

Vliv tepelných mostů na energetickou bilanci staveb

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá měřením a vyhodnocením tepelných mostů u dvou rodinných domů v jedné lokalitě a s podobným datem výstavby. V teoretické části je vysvětleno, co tepelný most je a na co má jeho vznik vliv. S tím úzce souvisí požadavky na vytápění a větrání budovy. Je zde zmíněno, že dnešní normy kladou důraz na výstavbu nízkoenergetických nebo nulových staveb, které by měly být částečně zásobovány z obnovitelných zdrojů energie. Praktická část se zabývá měřením a porovnáním vybraných problémových detailů u dvou domů. Měření bylo provedeno termokamerou a dále byla na základě výkresové dokumentace vytvořena simulace tepelných mostů pro jednotlivé detaily. Reálné naměřené hodnoty jsou porovnány s hodnotami návrhovými, zda předpoklad odpovídá realitě. V části příloh jsou výpočty a grafy prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi. Závěrem práce je zhodnoceno, která stavba vychází podle měření lépe.

Klíčová slova: tepelný most, simulace tepelných mostů, prostup tepla, tepelný odpor materiálu, součinitel prostupu tepla, měření, termokamera, konstrukční části staveb, detaily konstrukce

Influence of thermal bridges on the energy balance of buildings

Abstract

The bachelor's thesis deals with the measurement and evaluation of thermal bridges in two family houses in one locality and with a similar construction date. The theoretical part explains what a thermal bridge is and what its formation affects. Closely related to this are the heating and ventilation requirements of the building. It is mentioned here that today's standards emphasize the construction of low-energy or zero-energy buildings, which should be partially supplied from renewable energy sources. The practical part deals with measuring and comparing selected problem details in two houses. The measurement was performed with a thermal camera and a simulation of thermal bridges for individual details was created on the basis of drawing documentation. The real measured values are compared with the designed values, whether the assumption corresponds to reality. The appendices contain calculations and graphs of heat transfer through individual structures. At the end of the work, it is evaluated which construction works better according to the measurements.

Keywords: thermal bridge, simulation of thermal bridges, heat transfer, thermal resistance of material, heat transfer coefficient, measurement, thermal camera, structural parts of buildings, construction details

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce a metodika	9
2.1 Cíl práce	9
2.2 Metodika	9
3 Teoretická východiska	11
3.1 Nulové stavby.....	11
3.2 Tepelný most.....	11
3.2.1 Typický příklad tepelného mostu	12
3.3 Vliv tepelných mostů	13
3.4 Jednoduchá energetická bilance	14
3.5 Prostup tepla stavební konstrukcí.....	16
3.5.1 Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla.....	17
3.6 Tepelné ztráty.....	17
3.6.1 Jednoduchý výpočet.....	18
4 Vlastní práce	19
4.1 Stavba 1 - popis.....	19
4.1.1 Výpočet.....	19
4.1.2 Detail 1.....	20
4.1.2.1 Měření termokamerou	20
4.1.2.2 Simulace tepelných mostů	22
4.1.3 Detail 2.....	22
4.1.3.1 Měření termokamerou	23
4.1.3.2 Simulace tepelných mostů	24
4.1.4 Detail 3.....	24
4.1.4.1 Měření termokamerou	25
4.1.4.2 Simulace tepelných mostů.....	27
4.1.5 Detail 4.....	27
4.1.5.1 Měření termokamerou	28
4.1.5.2 Simulace tepelných mostů	29
4.2 Stavba 2 – popis	29
4.2.1 Výroba a popis KLH panelů	30
4.2.2 Detail 5.....	30
4.2.2.1 Měření termokamerou	30
4.2.2.2 Simulace tepelných mostů.....	32

4.2.3	Detail 6.....	32
4.2.3.1	Fotografie detailu střešní konstrukce.....	33
4.2.3.2	Simulace tepelných mostů	33
4.2.4	Detail 7.....	33
4.2.4.1	Měření termokamerou	34
4.2.4.2	Simulace tepelných mostů	35
5	Výsledky a diskuse	36
5.1	Stavba 1	36
5.2	Stavba 2	36
6	Závěr.....	37
7	Přílohy	40

Seznam obrázků

Obr. 1:	Rozlišení termokamery [1]	9
Obr. 2:	Zorné pole termokamery [1]	10
Obr. 3:	Příklad typického tepelného mostu.....	12
Obr. 4:	Překlad s tepelnou izolací	12
Obr. 5:	Překlad bez tepelné izolace.....	12
Obr. 6:	Základní energetické bilanční schéma budovy [4]	14
Obr. 7:	Schéma chráněného prostoru a systémové hranice budovy [4].....	15
Obr. 8:	Příklad dvouzónové budovy. Výrobní hala a administrativní část s velmi odlišnými provozními režimy (teploty, doba vytápění a větrání) a společnou dělicí stěnou jsou spojeny jednou otopnou soustavou [4].....	15
Obr. 9:	Oblasti typických tepelných vazeb (lineárních) [4].....	16
Obr. 10:	Fotka rohu obvodových stěn a napojení střechy, kde bylo prováděno měření.....	20
Obr. 11:	Fotka z termokamery měřeného místa.....	21
Obr. 12:	Výkres detailu 1	22
Obr. 13:	Průběh teplot u detailu 1	22
Obr. 14:	Tok energie u detailu 1	22
Obr. 15:	Fotka vrcholu střechy, kde bylo prováděno měření.....	23
Obr. 16:	Fotka z termokamery vrcholu střechy	23
Obr. 17:	Výkres detailu 2	24
Obr. 18:	Průběh teplot u detailu 2	24
Obr. 19:	Tok energie u detailu 2	24
Obr. 20:	Fotka rohu obvodových stěn a stropní konstrukce	25
Obr. 21:	Fotka z termokamery rohu obvodových stěn.....	25
Obr. 22:	Fotka z termokamery okna z (obrázku 20).....	26
Obr. 23:	Výkres detailu 3	27
Obr. 24:	Průběh teplot u detailu 3	27
Obr. 25:	Tok energie u detailu 3	27
Obr. 26:	Fotka základového soklu s dveřmi na terasu	28
Obr. 27:	Fotka z termokamery dveří na terasu.....	28

Obr. 28: Výkres detailu 4.....	29
Obr. 29: Průběh teplot u detailu 4.....	29
Obr. 30: Tok energie u detailu 4.....	29
Obr. 31: Fotka okna, které bylo měřeno.....	30
Obr. 32: Fotka kamery pravého horního rohu okna z (obr. 31).....	31
Obr. 33: Fotka kamery levého dolního rohu okna z (obr. 31).....	31
Obr. 34: Výkres detailu 5.....	32
Obr. 35: Průběh teplot u detailu 5.....	32
Obr. 36: Tok energie u detailu 5.....	32
Obr. 37: Fotka střešní konstrukce.....	33
Obr. 38: Výkres detailu 6.....	33
Obr. 39: Průběh teplot u detailu 6.....	33
Obr. 40: Tok energie u detailu 6.....	33
Obr. 41: Fotka soklu a dveří na terasu.....	34
Obr. 42: Fotka z termokamery měřeného místa.....	34
Obr. 43: Výkres detailu 7.....	35
Obr. 44: Průběh teplot u detailu 7.....	35
Obr. 45: Tok energie u detailu 7.....	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Seznam použitých materiálů a jejich vlastnosti.....	19
--	----

Seznam použitých zkratek

Název zkratky	Vysvětlivka
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
např.	například
tzn.	to znamená

1 Úvod

Téma práce jsem si vybírala na základě předchozího studia na střední průmyslové škole stavební, kde jsme se touto problematikou okrajově zabývali. Tato oblast stavitelství je z mého pohledu velice zajímavá a stále více probíraná. V dnešní době se klade velký důraz na kvalitně provedenou obálku budovy a na výstavbu nulových a pasivních domů. Ty by měly být částečně vytápěné z obnovitelných zdrojů energie. Na vysoké škole jsme žádný předmět, který by se touto problematikou zabýval, neměli. Z tohoto důvodu jsem chtěla právě toto téma zpracovat.

V dnešní době je jedním z klíčových témat oblast tepelných mostů, tepelných ztrát, potřeby tepla k vytápění či zateplování budov, které je vyžadováno stavebními normami. Z důvodu dřívějšího nedostatku stavebního materiálu na trhu nebo jeho omezeného množství a výběru docházelo ke stavbám rodinných domů svépomocí, tudíž nebyl kladen důraz na použití stejného stavebního materiálu, což přirozeně vede ke vzniku tepelných mostů v konstrukci.

V současnosti je tendence, aby výrobci zdících systémů a stavebních prvků vymýšleli a přicházeli se stále lepšími zdíciými prvky, materiály, technologiemi zdění a konstrukčními variantami detailů. To vše by mělo vést ke snazší eliminaci tepelných mostů, celkových tepelných ztrát objektu a ke zvyšování tepelně izolačních schopností materiálů.

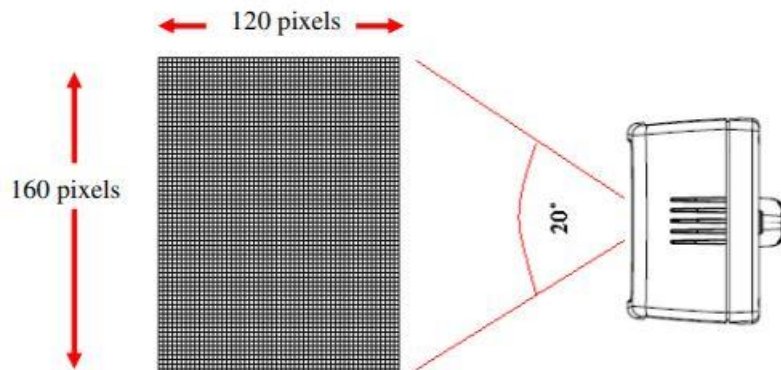
2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

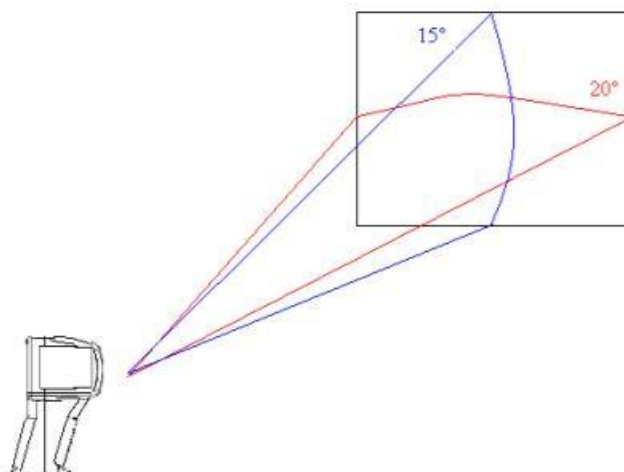
Cílem bakalářské práce je vyhodnocení typicky problematických míst s tepelnými mosty v závislosti na energetické náročnosti budovy. V této závěrečné práci posuzují, zda reálné naměřené hodnoty odpovídají návrhovým průběhům teplot. Měření bylo provedeno termokamerou a návrhové průběhy teplot byly získány z výkresů jednotlivých detailů, u kterých byla provedena simulace tepelných mostů. Pokud se tyto průběhy teplot neshodují, je uvedena možná příčina této skutečnosti. Kvůli porovnání výsledků bylo žádoucí měření provést na, pokud možno, současně postavených domech a v podobné lokalitě.

2.2 Metodika

Práce pojednává o vyhodnocení tepelných mostů u dvou novostaveb na základě měření termokamerou Irisys 4000, která má rozlišení 160 x 120 (19 200) pixelů (obr. 1) a zorné pole, které je vymezeno hodnotami 20° x 15° (obr. 2) [1]. Obrázky z kamery se ukládají na SD kartu a poté se nahrají do počítače, kde jsou dále zpracovávány v programu 1.1. IRI – IRISYS 4000 Series Imager, který je určen přímo k této kameře.



Obr. 1: Rozlišení termokamery [1]



Obr. 2: Zorné pole termokamery [1]

Termodiagnostika je optická metoda pro stanovení povrchových teplot na nejrůznějších předmětech, konstrukcích atd. Tato metoda je založena na měření intenzity vyzařování infračerveného záření měřenými předměty. Výsledek měření termokamerou je termovizní fotografie neboli termogram. Termogram je obrázek, na kterém jsou jednotlivé teploty vyobrazeny barevnou škálou podle příslušných teplot. Modrá až skoro černá barva vyjadřuje teploty nejstudenější, naopak žlutá až bílá barva znázorňuje teploty nejteplejší.

Pozn.: U simulace tepelných mostů z výkresové dokumentace jsou barvy uspořádány jinak. Tmavě modrá je nejchladnější, bílá barva znázorňuje teploty kolem 0°C a nejteplejší je oranžová až červená.

Bylo vybráno několik typických problémových detailů, u nichž je provedeno srovnání mezi dřevostavbou a stavbou z broušených cihel. Obě stavby jsou postaveny ve stejném roce a ve stejné lokalitě. Měření bylo provedeno v lednu roku 2022, kdy se venkovní teplota pohybovala kolem 0°C a vnitřní okolo 22°C.

V rámci této práce jsem se seznámila se základními funkcemi aplikace DEKSOFT Tepelná technika 1D ve které se na základě zadání parametrů jednotlivých vrstev konstrukce a příslušných okrajových podmínek, vypočítá součinitel prostupu tepla U , dále např. kondenzace vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4, nebo dle ČSN EN ISO 13788 a tak podobně. Tato aplikace umí vykreslit grafy průběhů teplot v dané konstrukci v závislosti na různých veličinách a také v jednotlivých ročních měsících. Tyto výpočty a grafy se nachází v části příloh. Dalším nápomocným programem, se kterým jsem se seznámila, byl Archicad 25 od společnosti Graphisoft, pomocí kterého jsem kreslila jednotlivé detaily konstrukcí a který také umí vyhodnocovat průběhy teplot a tok energie ve vybraných detailech.

3 Teoretická východiska

3.1 Nulové stavby

Téměř nulová budova (NZEB) je zjednodušeně řečeno budova, která má kvalitativně přísnější požadavky na obálku budovy, dobře regulovatelné vytápění, větrání i osvětlení a technické systémy pokrývající potřebu energie s vysokou účinností. Budova je zásobována částečně z obnovitelných zdrojů energie, případně energii produkuje (elektřina, teplo).

Požadavek na výstavbu NZEB (Nearly Zero-Energy Building) vychází ze směrnice Evropského parlamentu. Ta vyžaduje, aby projekty novostaveb od 1. ledna 2020 byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie.

Budovou s téměř nulovou spotřebou energie se rozumí budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů [2].

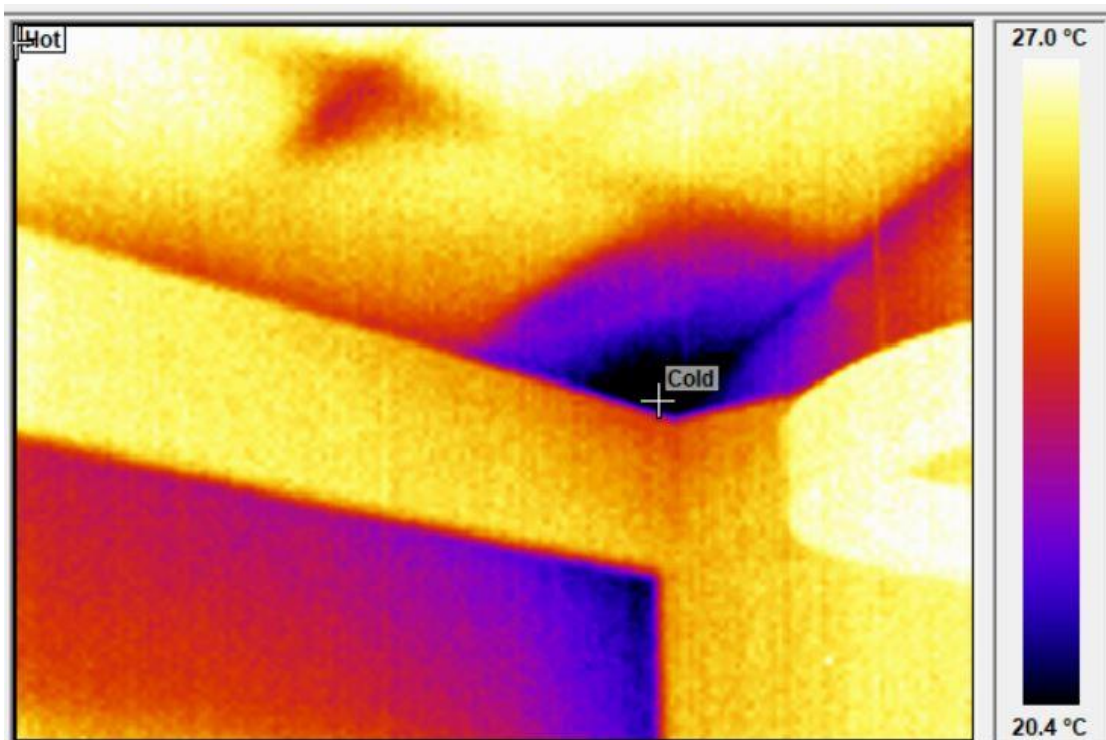
3.2 Tepelný most

Tepelný most je místo v konstrukci, kde dochází k větším tepelným tokům, než v jeho okolí. V praxi se pak projevuje chladnějším povrchem konstrukce v interiéru (pokud je exteriér chladnější než interiéru a dochází k prostupu tepla pouze vedením). Tento obecný pojem tepelných mostů pak můžeme ještě rozdělit na tepelné mosty vznikající ve vlastní konstrukci (různé kotvy, nosný rám či skelet, maltové lože cihel atd.) a na tepelné mosty vznikající napojením dvou konstrukcí (styk dvou stěn, styk okna se stěnou apod.). Druhý typ tepelných mostů je možné nazvat tepelnými vazbami. Jedná se v podstatě o vzájemné ovlivňování tepelných toků ve dvou různých konstrukcích v místě jejich styku.

Tepelné mosty tedy mohou být:

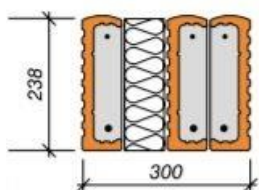
- stavební (napojení dvou konstrukcí, např. základ a stěna, stěna a okno či dveře, vstup potrubí);
- geometrické (geometrické změny konstrukce, např. roh stěn, uskočení);
- systematické (v konstrukci se opakují místa s horšími tepelně izolačními vlastnostmi, např. spony, krokve mezi izolací ve střeše, maltové lože mezi cihlami);
- konvektivní (dochází k přenosu energie přes tepelnou izolaci prouděním, např. v netěsných střešních konstrukcích) [3].

3.2.1 Typický příklad tepelného mostu

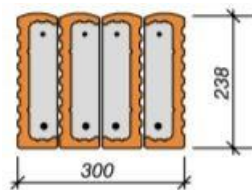


Obr. 3: Příklad typického tepelného mostu

Tepelný most typicky vzniká u překladů nad otvory (obr. 3 – modrá část ve spodní části fotografie). To je způsobeno především použitím různých druhů materiálů, s různými tepelně technickými vlastnostmi. V tomto případě je dům postaven z broušených cihel Porotherm a překlady nad otvory jsou použity od stejného výrobce. Tyto překlady jsou z keramických tvárnic (obr. 4, 5 – oranžový profil ve tvaru písmene U), do kterých je vložena ocelová výztuž (obr. 4, 5 – černé tečky ve spodní a horní části), která je zalita betonem (obr. 4, 5 – šedé výplně v oranžových profilech ve tvaru písmene U). Tento proces tvorby si dělá výrobce sám, na stavbu přijde již hotový překlad s výztuží i betonem. Mezi jednotlivé překlady se občas vkládá tepelná izolace (obr. 4 – vlnovka mezi překlady), podle tloušťky stěny (obr. 4, 5). Tím, že se překlad skládá z více materiálů, které nemají stejný součinitel tepelné vodivosti, může zde vznikat problém - tepelný most, pokud je toto místo špatně navrženo, nebo zrealizováno. Dalším takovým typickým místem je napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu (obr. 3 – modrá část označená kurzorem cold). V tomto případě je problém u zateplení ztužujícího železobetonového věnce a napojení tepelné izolace obvodové stěny na izolaci střešní roviny.



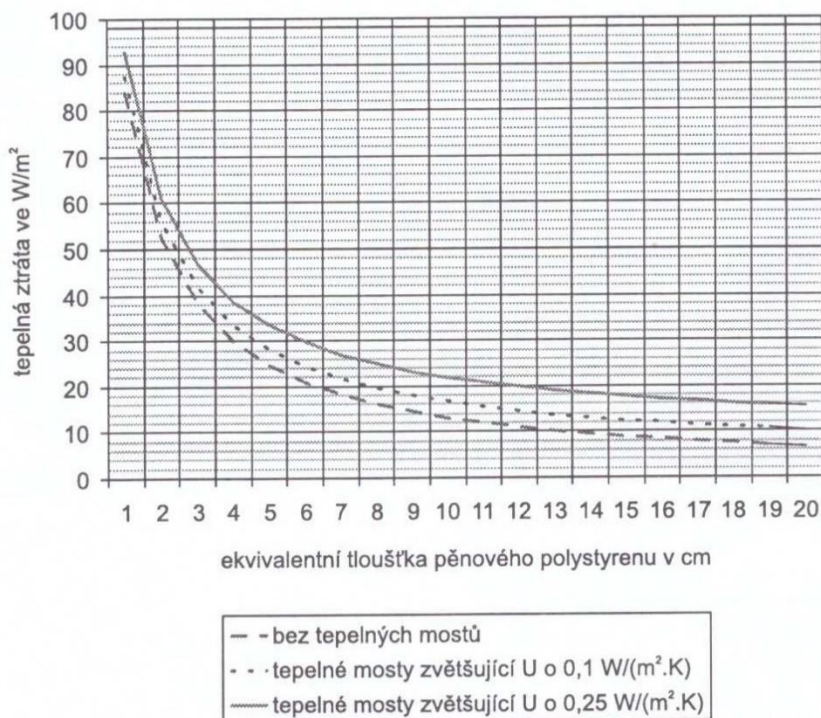
Obr. 4: Příklad s tepelnou izolací [8]



Obr. 5: Příklad bez tepelné izolace [8]

3.3 Vliv tepelných mostů

Vliv tepelných mostů na tepelně izolační vlastnosti konstrukce může být značný. Pokud byly realizovány stavby s poměrně slabými tepelnými izolacemi, pak byly relativně vyjádřené tepelné ztráty tepelnými mosty minimální, neboť lineární činitelé prostupu tepla ψ dosahují u špatně izolovaných staveb relativně minimálních hodnot. Se stále se zvyšujícími tepelnými odpory konstrukcí neustále vzrůstá vliv tepelných mostů a běžně se hovoří o tom, že mohou způsobovat až 1/3 tepelných ztrát objektu prostupem. Význam tepelných mostů dokládá *graf 1* [3].



Graf 1: Závislost tepelné ztráty na tloušťce izolace a tepelných mostech [3]

Na svislé ose grafu jsou tepelné ztráty z 1 m^2 konstrukce při rozdílu teplot 35°C . Na vodorovné ose je vynesena tloušťka pěnového polystyrenu. Jakoukoli konstrukci si můžeme dosadit spočítáním ekvivalentu tepelného odporu konstrukce (jako součinitel tepelné vodivosti pěnového polystyrenu byla uvažována $\lambda = 0,044 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Jednotlivé křivky pak značí hodnoty pro příslušný součinitel prostupu tepla U ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Nejspodnější křivka odpovídá spočítanému součiniteli prostupu tepla, křivka nad ním odpovídá součiniteli prostupu tepla zvětšenému o $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a konečně poslední křivka odpovídá součiniteli prostupu tepla zvětšenému o $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ [3].

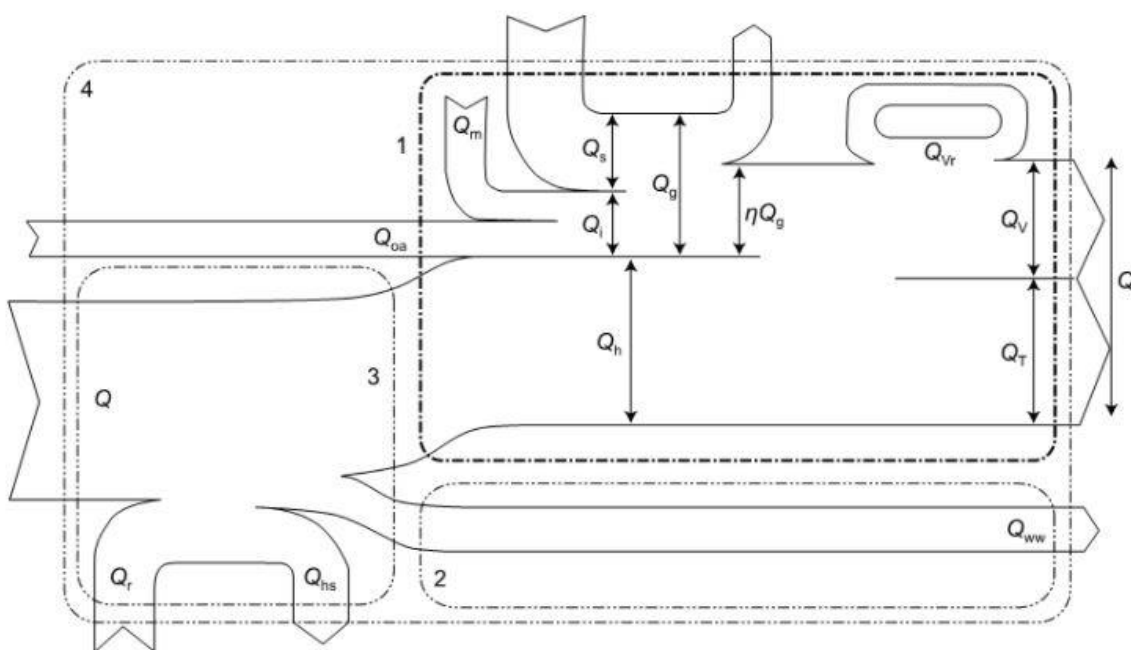
Na tomto grafu je patrné, že dobře izolovaný dům s tepelnou izolací z pěnového polystyrenu tloušťky 16 cm, ale bez vyřešení tepelných mostů způsobujících zhoršení součinitele prostupu tepla U o $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, může mít stejné tepelně izolační vlastnosti jako dům s podstatně slabší tepelnou izolací tloušťky necelých 7 cm, ale s vyřešenými tepelnými mosty. Tento fakt je opomíjen hlavně proto, že si jej nikdo neuvědomuje. Vlastník domu s nevyřešenými tepelnými mosty si po nastěhování do něj myslí, jak šetří teplo, když má dobrou tepelnou izolaci zdí, podlahy i střechy. K jeho pocitu napomáhají i silně předimenzované zdroje vytápění. V nedávné době jsme se například setkali s případem, kdy

projektant ústředního vytápění vypočítal tepelné ztráty objektu na 11,9 kW a navrhl zdroj o výkonu 15 kW. Na tento dům jsme provedli vlastní výpočet tepelných ztrát a došli jsme k výsledné tepelné ztrátě 7,4 kW. Toto více jak dvojnásobné předimenzování tepelného zdroje pak vede k tomu, že vlastník domu nezjistí, jaké má s domem problémy, protože 100% rezerva ve výkonu je pochopitelně obvykle dostatečná na pokrytí tepelných ztrát způsobených tepelnými mosty [3].

Další pohled na *graf 1* nám ukáže, že při malých tepelných odporech konstrukce je vliv tepelných mostů procentuálně zanedbatelný, ale při masivních tepelných izolacích (o které se v současném stavebnictví snažíme) může být vliv tepelných mostů na tepelnou ztrátu prostupem více jak 100% [3].

3.4 Jednoduchá energetická bilance

Přehledné bilanční schéma (*obr. 6*) pomáhá pochopit základní souvislosti rozhodujících energetických dějů v budově. Zjednodušeně si představme, že budova působí jako jeden celek – jako jedna zóna. Zóna je ohraničena konstrukcemi na svislé systémové hranici (*obr. 7*). V odůvodněných případech se chráněný prostor budovy dělí na více zón s výrazně odlišnými vnitřními teplotami nebo odlišným provozním režimem (*obr. 8*). Energetické toky v budově jsou vzájemně provázány. Tepelný tok z jedné zóny, pro kterou znamená tepelnou ztrátu, je tepelným ziskem pro zónu přiléhající apod. Pro zjednodušení výpočtů se někdy mohou jednotlivé zóny chápat jako vzájemně nezávislé.

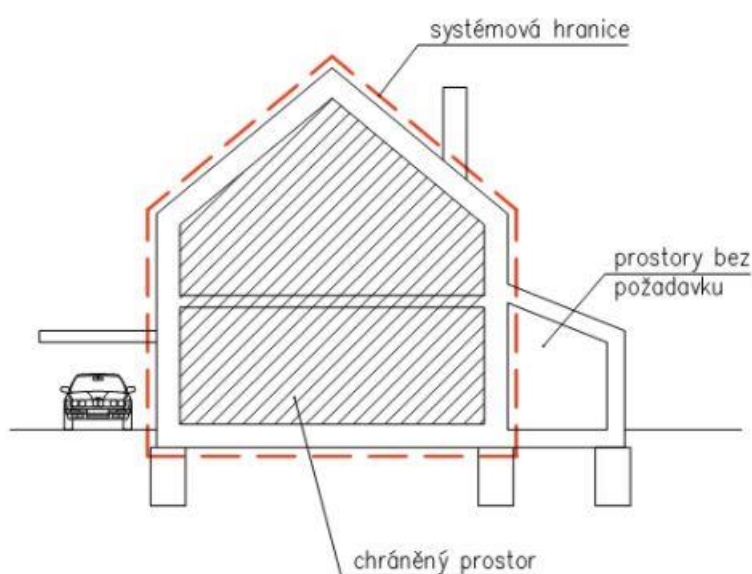


Obr. 6: Základní energetické bilanční schéma budovy [4]

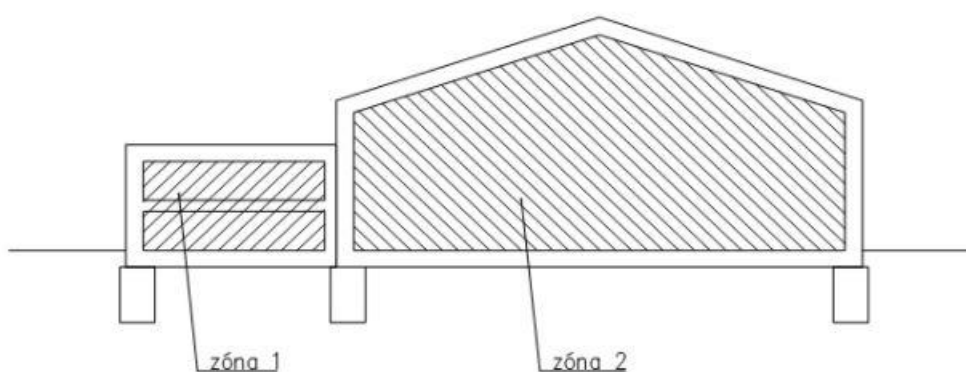
Popisek k obrázku 6.: Ztráta prostupem tepla (Q_T) a výměnou vzduchu (Q_V) musí být kompenzována dodanou energií. Příznivě se zde projeví zpětně získané teplo z větracího vzduchu (Q_{Vr}). Dodaná energie se z části skládá z vnitřních tepelných zisků Q_g , přesněji řečeno jejich využitelné části $\eta \cdot Q_g$: od osob (Q_m), spotřebičů (Q_{oa}) a proměnlivých pasivních solárních zisků (Q_s). Zbývající teplo musí být dodáno pomocí otopné soustavy (Q_h). Otopná soustava často také řeší přípravu teplé vody (Q_{ww}). Na vstupu do objektu musíme dodat dostatečné množství energie (Q) tak, abychom kromě skutečné potřeby pokryli i tepelné

ztráty technického systému v důsledku úniku tepla i nevhodné regulace (Q_{hs}). V některých případech můžeme využít i část zpětně získané energie z technologických procesů (Q_r), například odpadní teplo ve výrobním areálu [4].

Často se pro prostor zóny používá označení *vytápěný prostor* místo obecnějšího a správnějšího označení *prostor s požadovaným stavem vnitřního prostředí* (též *klimatizovaný prostor*), kde se musí teplota s odvoláním na požadavek normy, předpisu nebo přání investora pohybovat v určitém intervalu hodnot, je-li budova užívána. Sousední nevytápěné prostory (analogicky *prostor bez požadovaného stavu vnitřního prostředí, neklimatizovaný prostor*) jsou pak takové, kde není požadavek výše uvedeného druhu stanoven. Aktuální teplota tam bude proměnlivá, jako výsledek energetických toků na tento prostor působících.



Obr. 7: Schéma chráněného prostoru a systémové hranice budovy [4]



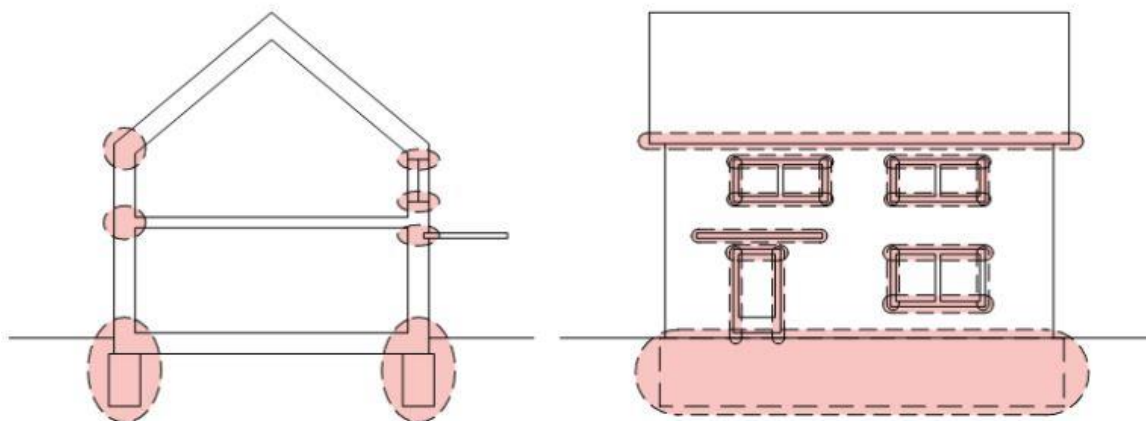
Obr. 8: Příklad dvouzónové budovy. Výrobní hala a administrativní část s velmi odlišnými provozními režimy (teploty, doba vytápění a větrání) a společnou dělicí stěnou jsou spojeny jednou otopnou soustavou [4].

Bilance zahrnuje jak tepelnou ztrátu (prostupem tepla v důsledku výměny vzduchu), tak tepelné zisky (od slunečního záření pronikajícího prosklenými plochami, metabolického

tepla osob, domácích spotřebičů a kancelářské techniky a prvků umělého osvětlení). Takové bilanční schéma je základem obvyklých energetických výpočtů a odpovídajících počítačových programů.

Výpočty se provádějí nejčastěji po měsíčních úsecích, výjimečně postačí i výpočet za celou otopnou sezónu. Pro podrobné studium energetických vlastností budovy, například pro porovnání výpočtů s naměřenými údaji, mohou být zapotřebí i výpočty pracující s kratšími časovými úseky – až po dynamické simulační modely využívající data po hodinách.

Energetické bilance v tomto pojetí neslouží k návrhu jednotlivých technických systémů, ale pro kvalifikované stanovení energetických potřeb. Technické systémy musí být dimenzovány s dostatečnou rezervou pro zajištění potřebného špičkového výkonu [4].



Obr. 9: Oblasti typických tepelných vazeb (lineárních) [4]

3.5 Prostup tepla stavební konstrukcí

Základními veličinami, které charakterizují tepelněizolační schopnost stavební konstrukce, je *tepelný odpor* R ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) a *součinitel prostupu tepla* U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$). Pro určení těchto veličin je třeba znát skladbu posuzované konstrukce ve směru tepelného toku tzn. materiálové a geometrické charakteristiky jednotlivých vrstev – tloušťku d (m) a *součinitel tepelné vodivosti* λ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$).

Při posuzování konstrukce z hlediska prostupu tepla je třeba dále zohlednit:

- typ konstrukce – jednoplášťová, dvouplášťová, obrácená skladba
- směr tepelného toku – nahoru, dolů, horizontálně
- polohu konstrukce – konstrukce ve styku s venkovním vzduchem, s nevytápěným prostorem, ve styku se zeminou

3.5.1 Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

Tepelný odpor R ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) vyjadřuje izolační schopnost konstrukce nebo její vrstvy, tedy kolika čtverečními metry konstrukce při kolika stupních teplotního rozdílu na jejích stranách projde jednotka tepla. Tepelný odpor se vypočítá ze vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda}, \quad (1)$$

kde d je tloušťka konstrukce nebo její vrstvy a λ je součinitel tepelné vodivosti, který vyjadřuje schopnost materiálu vést teplo ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$).

Určitý tepelný odpor mají i vzduchové vrstvy přiléhající těsně ke stavební konstrukci. To je dáno prouděním vzduchu a výměnou tepla sáláním. Tento jev se nazývá odpor při přestupu tepla (R_{si} a R_{se}). Hodnoty odporu při přestupu tepla jsou ovlivněny polohou povrchu (interiér, exteriér, případně vzduchová vrstva uvnitř konstrukce) a pohybem vzduchu.

Součtem tepelných odporů všech vrstev konstrukce a odporů při přestupu tepla získáváme odpor konstrukce při prostupu tepla:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}. \quad (2)$$

kde je:

- R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
- R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

Převrácenou hodnotou odporu konstrukce při prostupu tepla je součinitel prostupu tepla. Součinitel prostupu tepla ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot 1 K . Získáme jej ze vztahu:

$$U (U_T) = \frac{1}{R_T}. \quad (3)$$

Do tepelného odporu konstrukce jednovrstevných konstrukcí se obvykle uvažují vrstvy, které jsou chráněny před účinky vlhkosti, např. u střešních jsou to vrstvy chráněné hydroizolací. V případě obrácené skladby střešních je uvažována i vrstva extrudovaného polystyrenu. U dvouvrstevných konstrukcí se uvažují vrstvy vnitřního pláště, tzn. od vnitřního líce konstrukce k větrané vzduchové vrstvě. U konstrukce ve styku se zemí, např. podlahy na zemi, se počítají vrstvy nad hydroizolací. V případě použití nenasákové tepelné izolace pod hydroizolací, např. extrudovaného polystyrenu nebo pěnového skla, se ve výpočtu uvažuje i tato izolace [5].

3.6 Tepelné ztráty

Celková tepelná ztráta objektu se využívá při dimenzování zdroje tepla objektu. Tepelná ztráta místnosti slouží k návrhu otopného zařízení v jednotlivých místnostech.

Tepelná ztráta není omezena žádnými normativními požadavky, hodnocení energetických kvalit budovy se provádí pomocí celkové tepelné charakteristiky budovy.

3.6.1 Jednoduchý výpočet

Celková ztráta budovy je dána součtem tepelných ztrát jednotlivých vytápěných místností při uvažování vlivu infiltrace a lokálních tepelných zisků [6].

Celková tepelná ztráta místnosti Q_c je tady dána vztahem:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [W] \tag{4}$$

kde je:

- Q_p tepelná ztráta prostupem konstrukcemi [W]
- Q_v tepelná ztráta větráním [W]
- Q_z trvalý tepelný zisk [W]

4 Vlastní práce

4.1 Stavba 1 - popis

Jde o novostavbu jednopodlažního rodinného domu v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z broušených cihel Porotherm 24 Profi spojených zdící maltou. Střecha je sedlová se sklonem 25° a je z dřevěných vazníků, krytina je keramická. Základy jsou ze železobetonových pasů, na které navazuje základová též železobetonová deska. Okna jsou zde plastová s izolačním trojsklem.

4.1.1 Výpočet

Jedná se o vzorový výpočet součinitele prostupu tepla, který již nadále nebude počítán ručně, ale pomocí aplikace DEKSOFT Tepelná technika 1D a bude součástí přílohy.

Skladba střechy:

Číslo	Název vrstvy	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]
1	Sádrokarton	0,0125	0,22
2	Isover Unirol profi	0,06	0,036
3	Jutafol N AL 170 Special	0,002	0,39
4	Isover Unirol profi	0,06	0,036
5	Isover Unirol profi	0,18	0,036

Tabulka 1: Seznam použitých materiálů a jejich vlastnosti

Výpočet tepelných odporů R dle rovnice (1):

$$R_1 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,0125}{0,22} = 0,05682 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,06}{0,036} = 1,66667 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_3 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,0002}{0,39} = 0,00051 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_4 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,06}{0,036} = 1,66667 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_5 = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,18}{0,036} = 5,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T dle rovnice (2):

$$R_T = \sum R + R_{si} + R_{se} = 8,39067 + 0,1 + 0,04 = 8,53067 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Hodnoty R_{si} a R_{se} viz příloha II

Součinitel prostupu tepla U dle rovnice (3):

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{8,53067} = 0,117 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

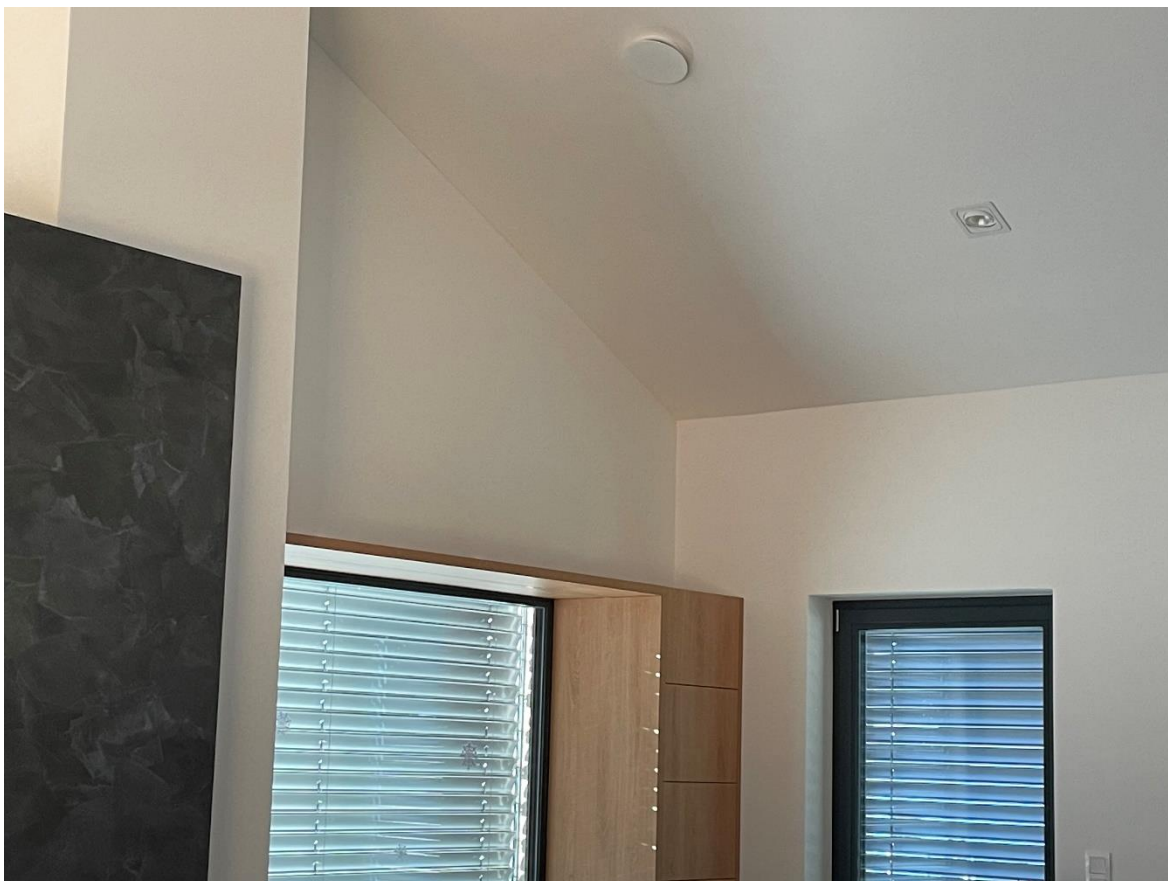
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_N = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (hodnota U_N viz příloha II).

$U < U_N \Rightarrow$ konstrukce splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.

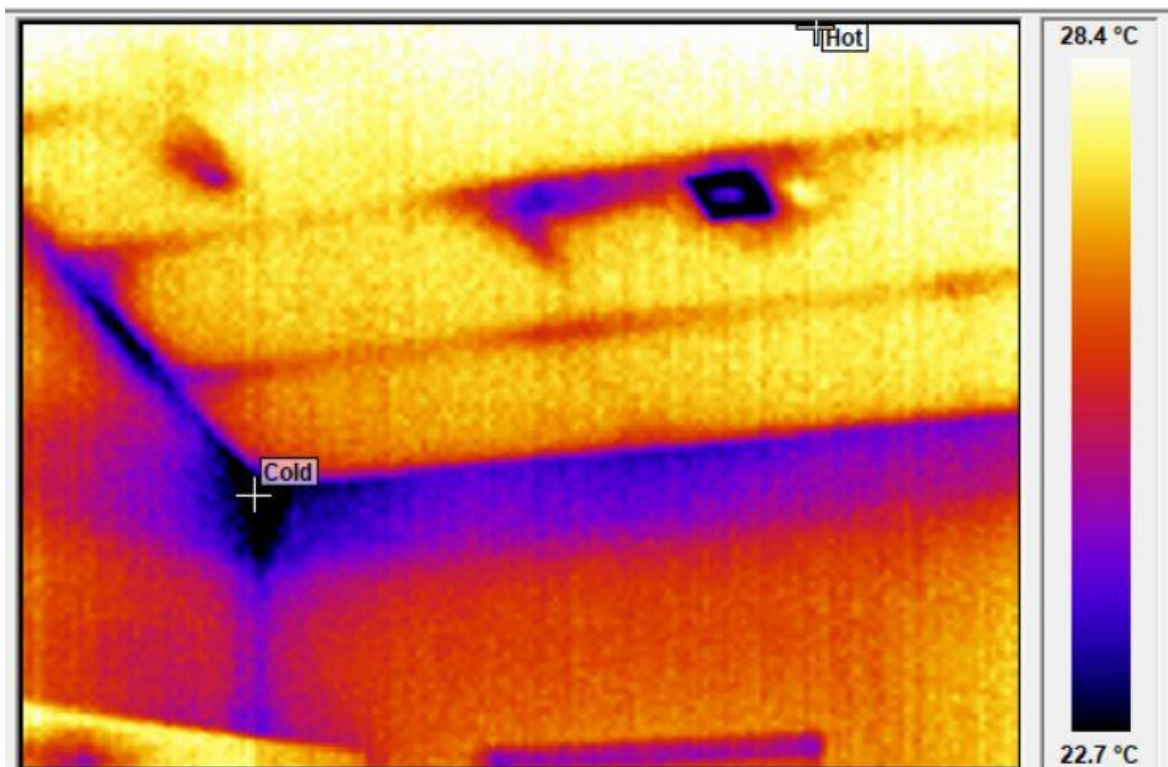
4.1.2 Detail 1

Jedná se o detail napojení střechy na obvodovou konstrukci na jihozápadní straně domu. V pravé části se nachází dveře na terasu a v levé neotevíratelné okno (obr. 10). Tento detail se nachází v obývací místnosti s kuchyňským koutem.

4.1.2.1 Měření termokamerou



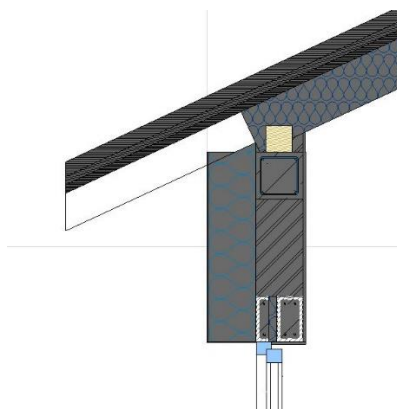
Obr. 10: Fotka rohu obvodových stěn a napojení střechy, kde bylo prováděno měření



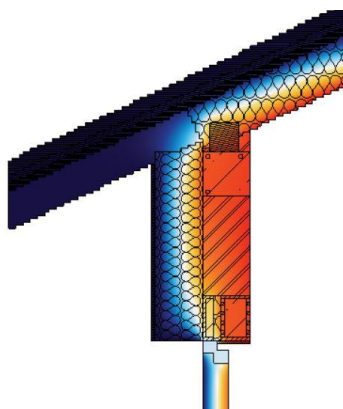
Obr. 11: Fotka z termokamery měřeného místa

Na tomto snímku (obr. 11) je možno vidět, že nejchladnější místo tohoto detailu je v rohu, kde se napojují dvě obvodové stěny a střecha. U tohoto rohu je riziko výskytu kondenzace vodních par v konstrukci, což dále může vést ke vzniku plísní. Dalším chladným místem, a tím i problémovým, místem je samotné napojení střechy na obvodovou stěnu. Dále je zde vidět, že dalšími problematickými místy jsou bodové světlo (obr. 11 – modrý čtverec v pravé horní části) a na levé straně od něj viditelný modrý (chladný) pruh, který je nejspíše způsoben porušenou parozábranou. Na pravé straně (obr. 11) se nachází teplotní škála, kde je patrné, že rozdíl teplot nejteplejšího a nejchladnějšího místa je téměř 6 °C, což představuje ze všech vyhodnocovaných detailů největší teplotní rozdíl.

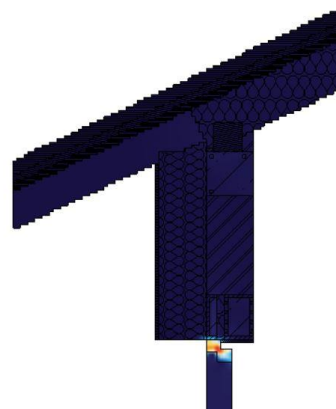
4.1.2.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 12: Výkres detailu 1



Obr. 13: Průběh teplot u detailu 1



Obr. 14: Tok energie u detailu 1

Na výkrese (obr. 12) je možno vidět, že okenní překlád je vytvořen ze systémových překladů Porotherm s tepelnou izolací tloušťky 40 mm. Obvodová stěna je zateplena expandovaným polystyrénem tloušťky 250 mm. Střecha je zateplena tepelnou izolací z minerální vaty.

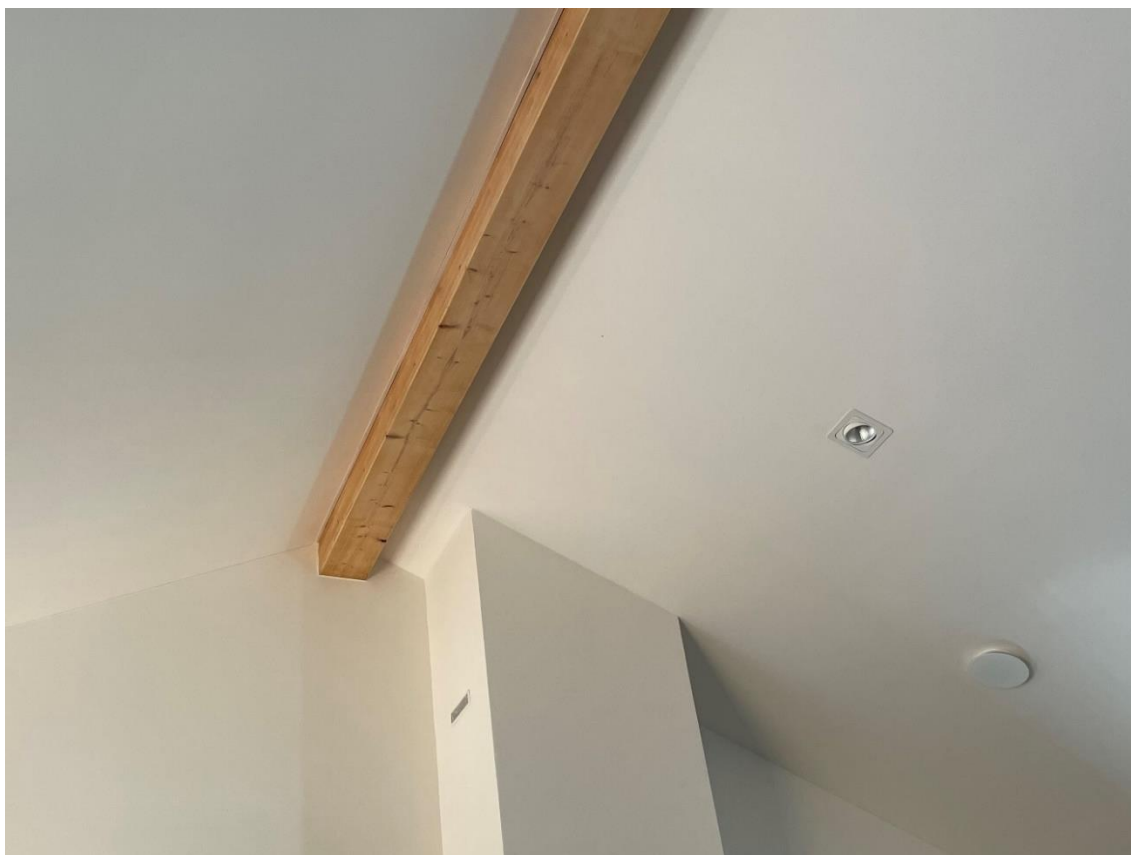
Průběh teplot (obr. 13) z výkresu, u kterého byla provedena simulace tepelných mostů v daném detailu, naznačuje, že roh napojení konstrukce střechy na obvodovou stěnu by měl být teplý, jelikož v rohu je červená barva. To ale neodpovídá reálnému naměření termokamerou, které ukazuje, že právě toto místo je modré - chladné. To je nejspíše způsobeno špatným technologickým provedením napojení obou typů konstrukcí.

Nej slabší místo tohoto detailu je okenní rám (obr. 14). Okenní rám je obecně problematický, je tedy velice důležitá správná realizace při stavbě - správné utěsnění pěnou a nalepení pásek kolem celého okna pro co možná nejlepší těsnost.

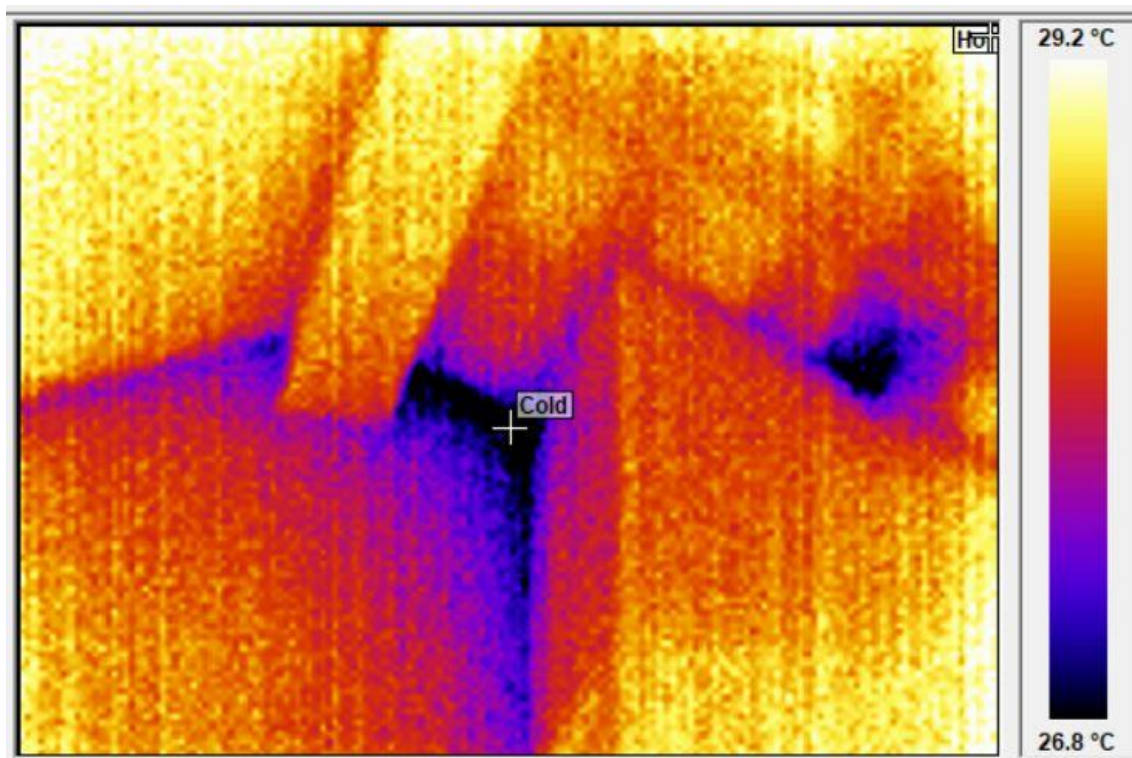
4.1.3 Detail 2

Dalším měřeným detailem je vrchol střechy s vrcholovým vazným trámem. Kousek od vrcholu je krbový komín (obr. 15), který je určen k pomocnému vytápění budovy. Jedná se o stejnou místnost, jako u detailu 1. Štítová stěna je orientována jižním směrem.

4.1.3.1 Měření termokamerou



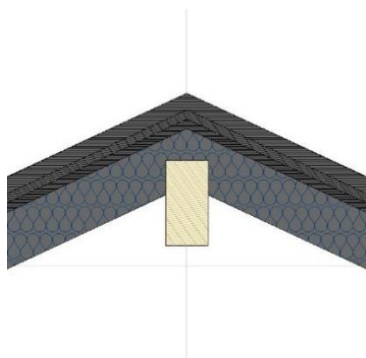
Obr. 15: Fotka vrcholu střechy, kde bylo prováděno měření



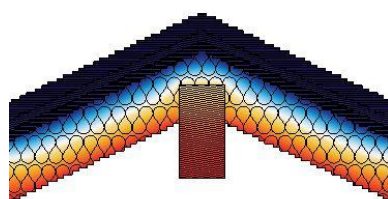
Obr. 16: Fotka z termokamery vrcholu střechy

Na této fotce (obr. 16) je patrné, že nejchladnější místo se nachází tam, kde se protíná komín s konstrukcí střechy. Zde je nejspíše také špatně provedena nebo porušena parozábrana, to samé platí i pro modré místo v pravé části obrázku. Zde je rozdíl teplot nejteplejšího a nejchladnějšího místa jen 2,4 °C. To je podstatně lepší než u detailu 1.

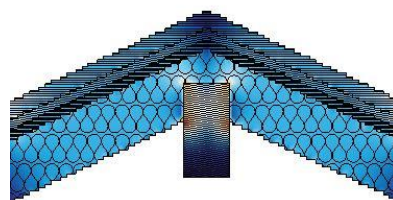
4.1.3.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 17: Výkres detailu 2



Obr. 18: Průběh teplot u detailu 2



Obr. 19: Tok energie u detailu 2

Na tomto detailu podle návrhu vychází průběh teplot (obr. 18) správně a tok energie (obr. 19) přes vrcholovou vaznici je dle očekávání slabým místem. To ale opět neodpovídá měření. Chyba je pravděpodobně ve špatném provedení stavby.

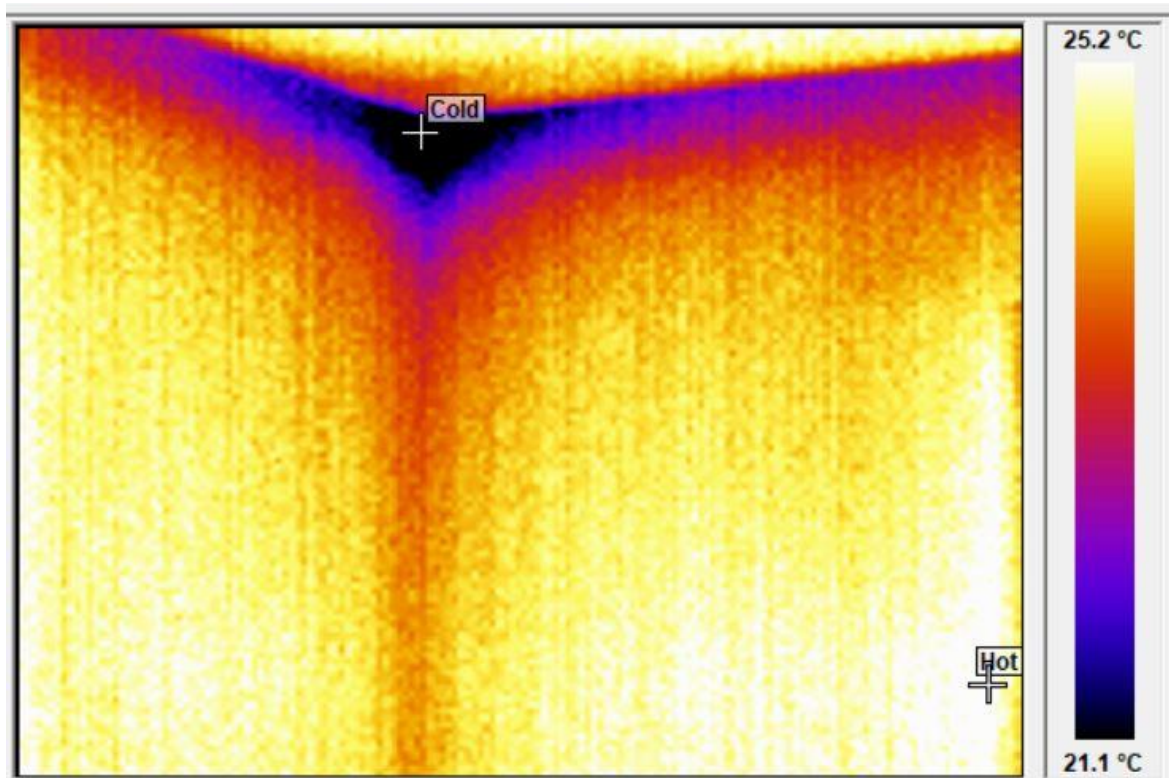
4.1.4 Detail 3

Detail rohu obvodové konstrukce s napojením na stropní konstrukci. Strop je dřevěný trámový se sádkartonovým podhledem a nevětranou vzduchovou mezerou. Tepelná izolace je z minerální vaty a je vložena mezi trámy. Trámy stropní konstrukce jsou spojeny s vazníky střešní konstrukce. Půdní prostor není navrhovaný jako obytný, je určen ke skladování věcí a občasnému pohybu osob. Měření bylo provedeno v ložnici, která je orientována na sever.

4.1.4.1 Měření termokamerou

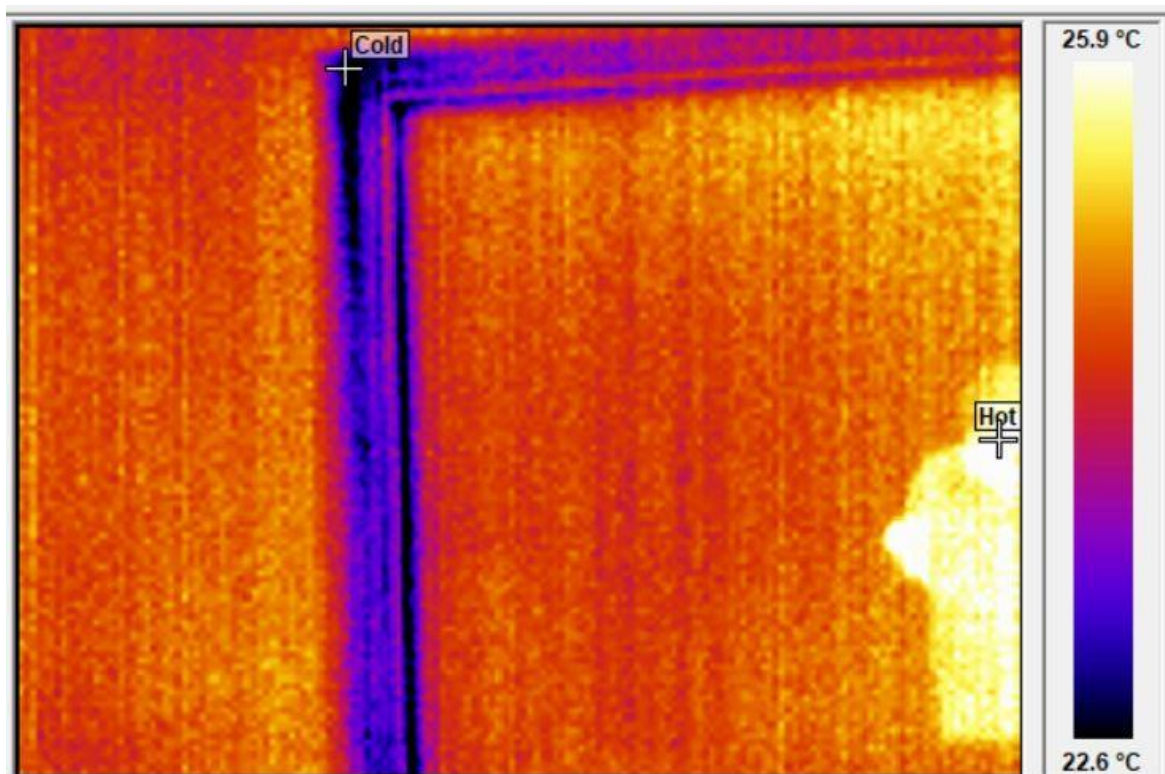


Obr. 20: Fotka rohu obvodových stěn a stropní konstrukce



Obr. 21: Fotka z termokamery rohu obvodových stěn

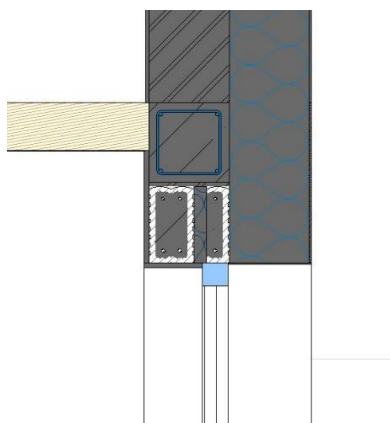
Roh napojení obvodových zdí a stropu je podle modré, až skoro černé barvy (obr. 21), velice chladný. Dotyková teplota je zde 21,1°C. Rozdíl teplot nejteplejšího a nejchladnějšího místa jsou zhruba 4° C. Chlad v tomto místě může vést ke kondenzaci vodní páry v konstrukci.



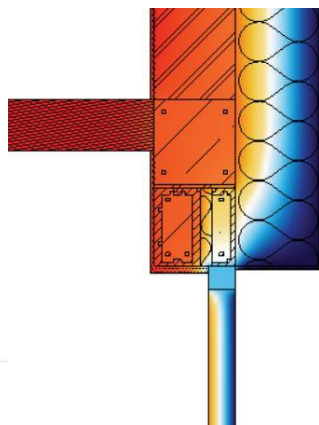
Obr. 22: Fotka z termokamery okna z (obr. 20)

Okenní rám má modrou barvu (obr. 22), to odpovídá analýze (obr. 25) a také faktu, že okna jsou z hlediska prostupu tepla slabým místem. Zde je ale modré i ostění kolem okna (obr. 22), což je možno vidět i v analýze (obr. 24, 25). Tento fakt nasvědčuje možnosti rosení okna a vzniku plísní v této oblasti. Na pravé straně (obr. 22) je žluté místo, které je označené za nejteplejší. Tento údaj může být poněkud zkreslený, jelikož kamera naměřila objekt za oknem, který byl osvětlený a vyhřátý sluncem.

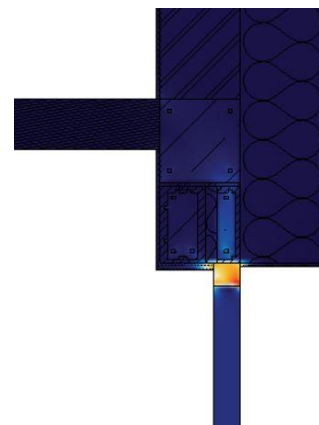
4.1.4.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 23: Výkres detailu 3



Obr. 24: Průběh teplot u detailu 3



Obr. 25: Tok energie u detailu 3

U napojení stropu a obvodové stěny je nejproblematictější místem ztužující stropní železobetonový věnec, který je na výkrese znázorněný modrým čtvercem (obr. 23 – nad okenními překlady). Zde lze vidět (obr. 24, 25), že zeď kolem okenního rámu může být studená, jak naznačuje žlutá barva. Přechází přes bílou do modré v nad okenním překladu na vnitřní straně zdi (obr. 24). Tomu odpovídá i měření kamerou, při kterém bylo ostění kolem okna skutečně studené.

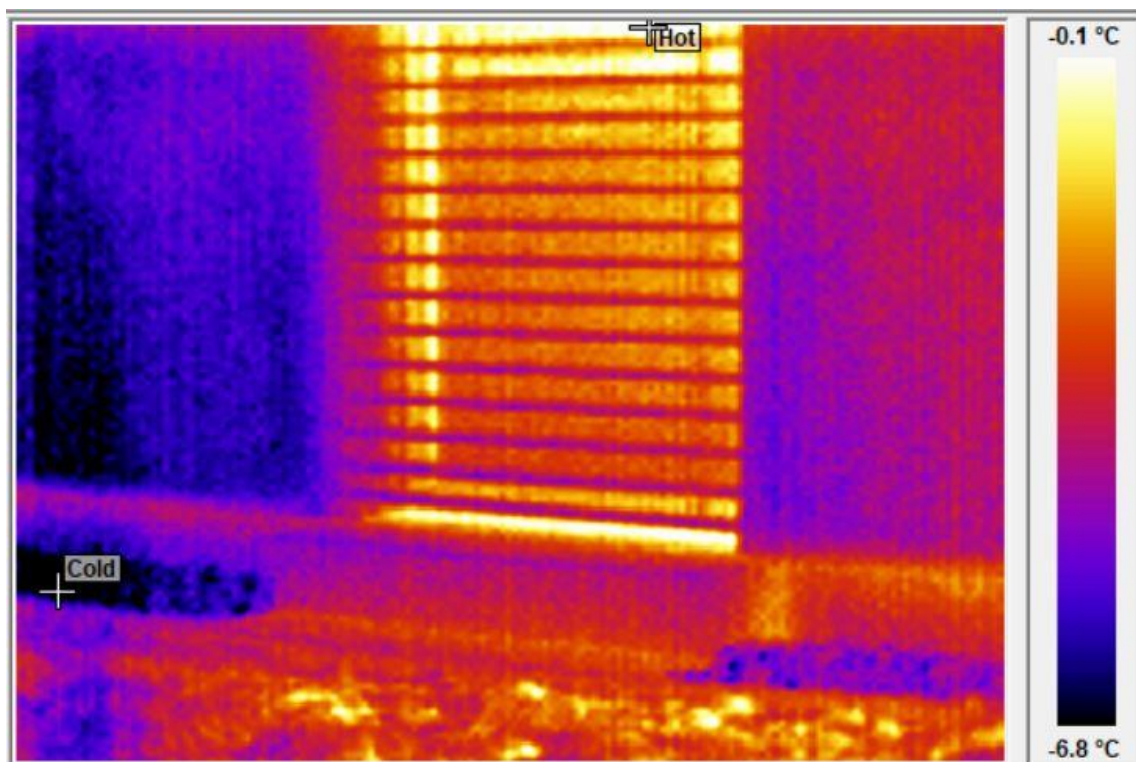
4.1.5 Detail 4

Detail základových pasů a soklu s dveřmi na terasu, které se nacházejí na jihozápadě. Základová spára musí být v nezámrazné hloubce, v tomto případě min. 300 mm, aby nedocházelo k promrzání základových pasů a tím i k jejich praskání a narušení statiky celé stavby.

4.1.5.1 Měření termokamerou



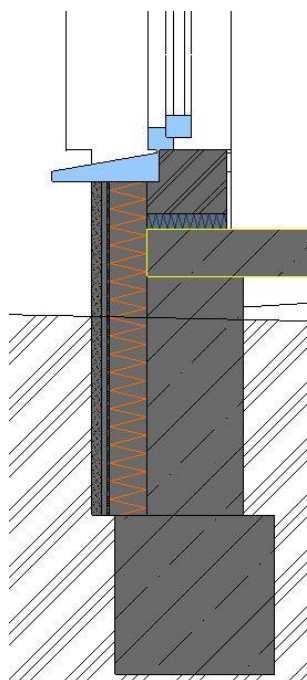
Obr. 26: Fotka základového soklu s dveřmi na terasu



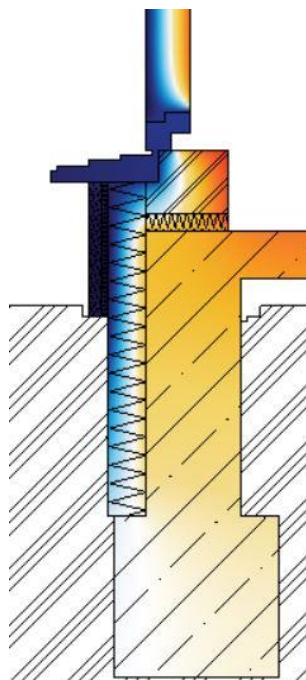
Obr. 27: Fotka z termokamery dveří na terasu

Tento detail se zdá být vyřešen dobře, v inkriminovaném místě se nikde nevyskytuje modrá barva (obr. 27). Modrá barva zde naznačuje zeminu, která je studená (obr. 27). Levá strana fotografie (obr. 27) je zbarvena do modra, což je způsobeno úhlem, ze kterého byla pořízena. Ve skutečnosti toto místo není tak studené, jak by se mohlo zdát.

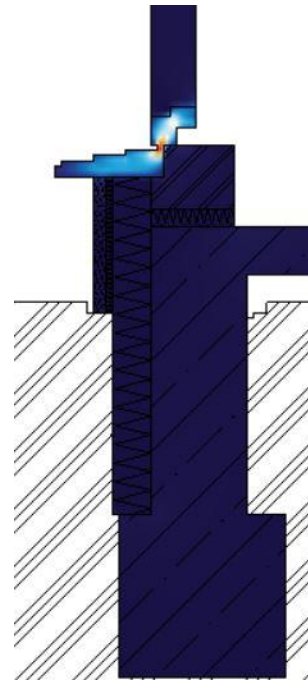
4.1.5.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 28: Výkres detailu 4



Obr. 29: Průběh teplot u detailu 4



Obr. 30: Tok energie u detailu 4

Nadzákladové zdivo je z betonových tvárnic pro ztracené bednění a je vyztuženo ocelí, která je provázaná s KARI sítěmi v základové desce. Ztracené bednění i s výztuží je zalito betonem, čímž se dosáhne požadované pevnosti. Celé nadzákladové zdivo je zatepleno extrudovaným polystyrénem (obr. 28), aby nedocházelo k promrzání základové konstrukce. To dokazuje fakt, že bílá barva začíná přecházet v modrou (obr. 29) až v místě tepelné izolace. Podle výkresu je zde navrženo položení první cihly na tepelnou izolaci z pěnového skla, která je velice tuhá a má dobré tepelné technické vlastnosti, ale je velmi drahá, takže při realizaci stavby nebyla vzhledem k vysoké ceně použita. Dá se říct, že tento způsob založení první cihly na pěnové sklo se používá jen výjimečně, jelikož je to nákladné a návratnost není příliš vysoká. Největší tok energie je zde přes rám dveří (obr. 30).

4.2 Stavba 2 – popis

Druhou měřenou stavbou je taktéž jednopodlažní rodinný dům v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z dřevěných KLH panelů (popis viz. 4.2.1). Výhodou tohoto systému konstrukce je, že zde odpadají překlady nad otvory a tím je konstrukce celistvá a nedochází zde k přílišnému výskytu tepelných mostů. Dům má dřevěná okna s izolačním trojsklem. Střecha má sklon 25°, je sedlová z dřevěných vazníků, střešní krytina je keramická. Dům je založen na železobetonových pasech, na které navazuje základová železobetonová deska.

4.2.1 Výroba a popis KLH panelů

KLH panely jsou velkoformátové lepené vícevrstvé konstrukční panely z masivního smrkového dřeva. Panely KLH se vyrábějí slepením smrkového řeziva ve 3, 5 nebo 7 vrstvách. Sousední vrstvy jsou uloženy vždy kolmo k sobě. Hoblované a uměle vysušené smrkové desky v tloušťkách 13, 19, 30 a 40 mm jsou lepeny lepidlem na bázi polyuretanu pod vysokým tlakem ve velkoformátovém lisu. Při maximálním rozměru 2,95 m x 16,5 m a tloušťkách panelů od 60 mm do 500 mm získává užití KLH panelů při stavbě obytných domů, továrních hal nebo kupříkladu mostů úplně novou perspektivu [7].

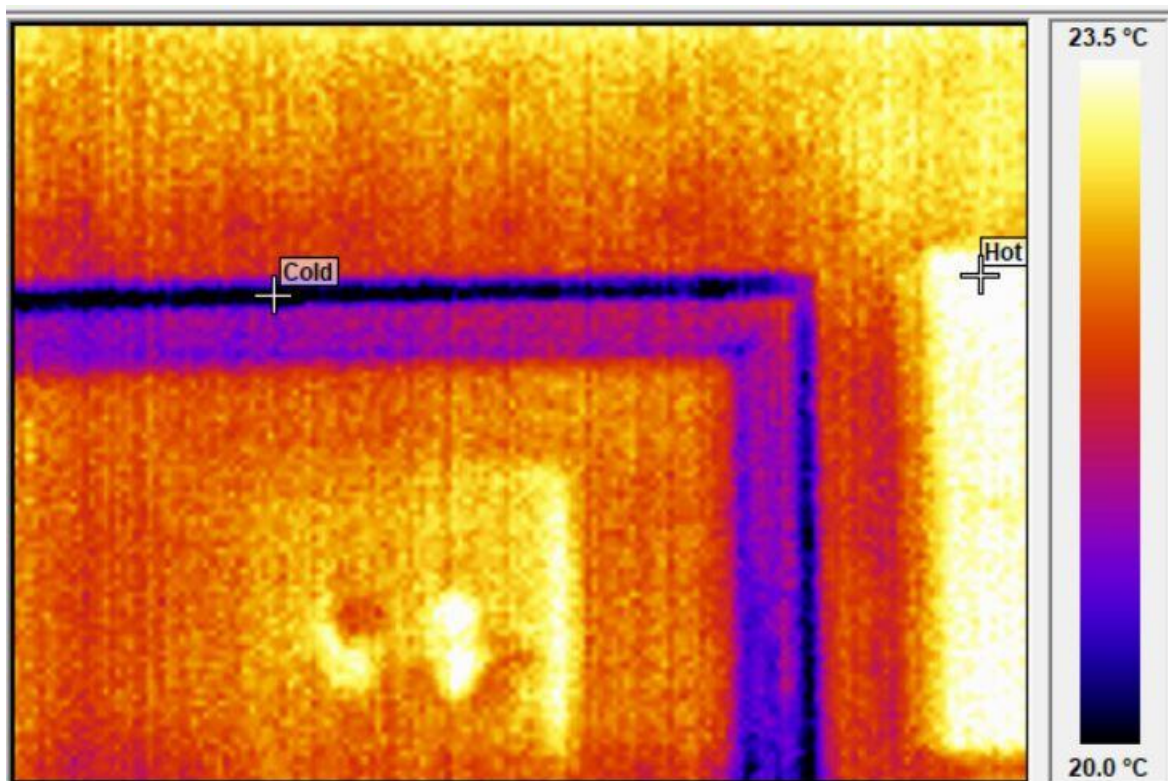
4.2.2 Detail 5

Napojení střechy na obvodovou stěnu domu orientovanou na západ, v níž se nachází kuchyňské otvíravé okno (obr. 31).

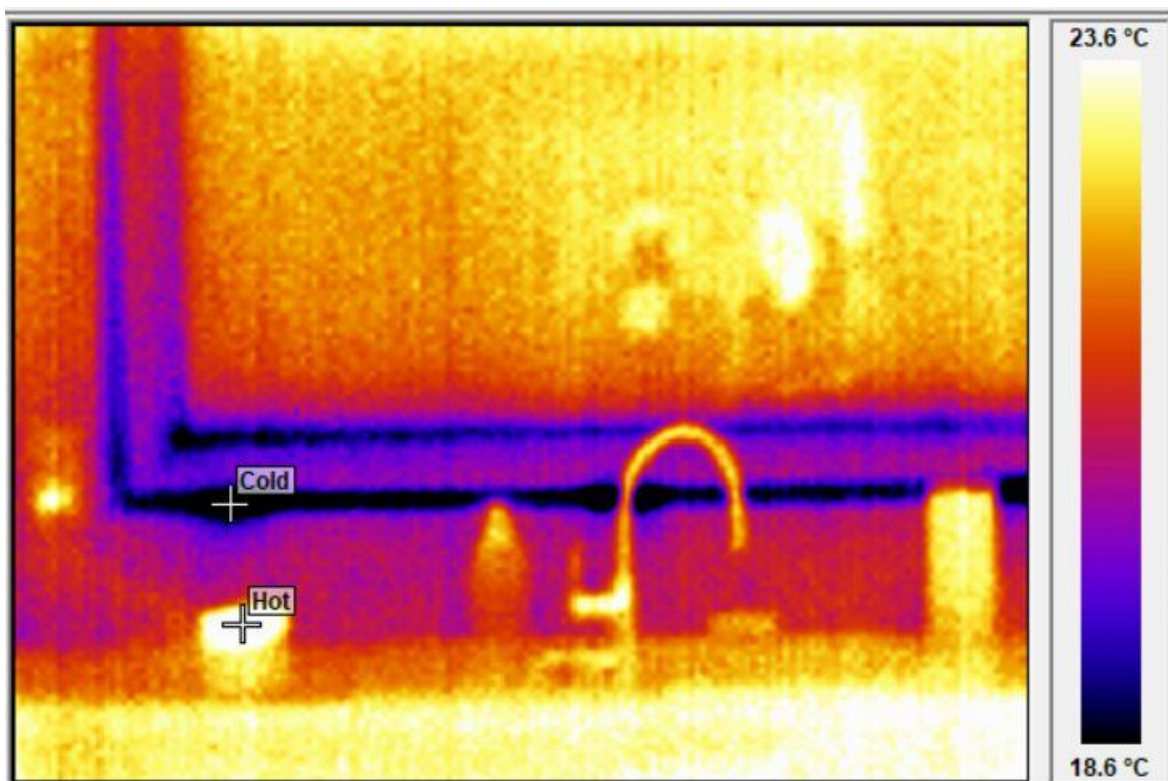
4.2.2.1 Měření termokamerou



Obr. 31: Fotka měřeného okna



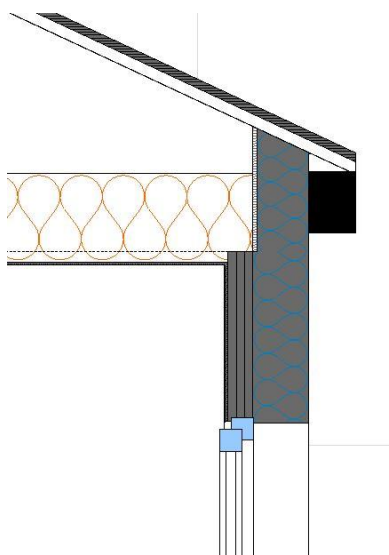
Obr. 32: Fotka kamery pravého horního rohu okna (z obr. 31)



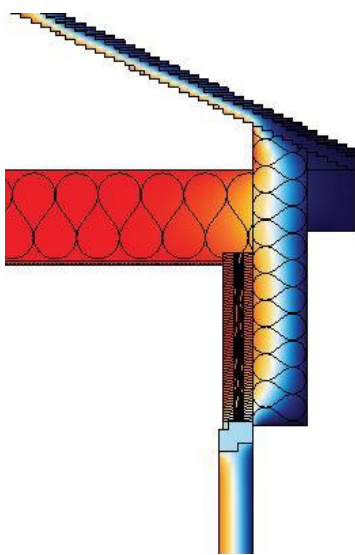
Obr. 33: Fotka kamery levého dolního rohu okna (z obr. 31)

Modrá barva okenního rámu (obr. 32, 33) naznačuje, že rám okna je chladný dle předpokladu.

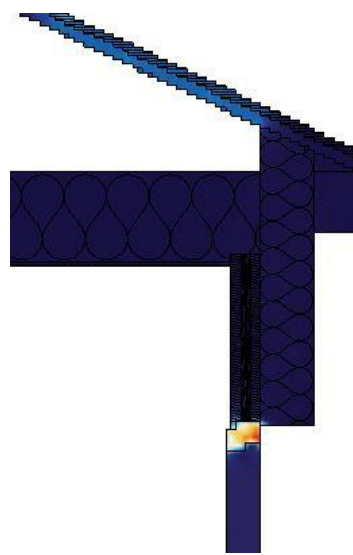
4.2.2.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 34: Výkres detailu 5



Obr. 35: Průběh teplot u detailu 5



Obr. 36: Tok energie u detailu 5

U tohoto detailu (obr. 34) je vidno, že právě nad okenním otvorem není překlad, který bývá v navrhování stavby s ohledem na tepelné mosty problematický. Strop je dřevěný, trámový, spřažený s konstrukcí střechy, zateplen je minerální vatou. Stěna je zateplena též minerální vatou tloušťky 100 mm (obr. 34). Zde přechází žlutá barva přes bílou až do modré na vnější straně KLH panelu (obr. 35) a nemělo by zde docházet ke kondenzaci vody v konstrukci a tvoření plísní. Tok energie je největší přes okenní rám.

4.2.3 Detail 6

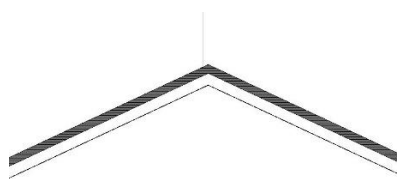
Střešní konstrukce je lehká nezateplená. Jelikož podkroví není obytný prostor, stačí pouze zateplení stropu. Štítové stěny jsou orientovány na sever a jih.

4.2.3.1 Fotografie detailu střešní konstrukce

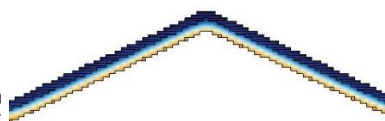


Obr. 37: Fotka střešní konstrukce

4.2.3.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 38: Výkres detailu 6



Obr. 39: Průběh teplot u detailu 6



Obr. 40: Tok energie u detailu 6

U této konstrukce je slabým místem samotný vrchol střechy, který je bílý až světle modrý (obr. 40). Není to však až takový problém, protože barva nejde do tmavě modré.

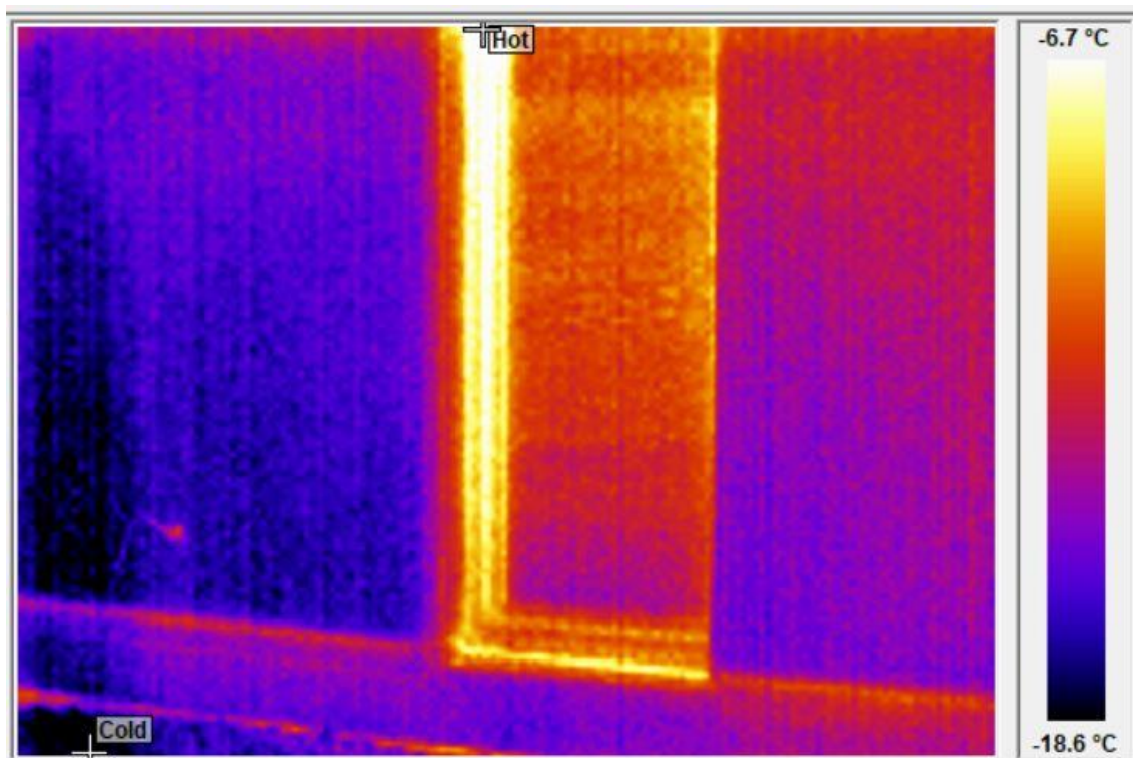
4.2.4 Detail 7

Detail základového pasu a soklu s dveřmi na terasu, které se nachází na severní straně domu. Základová spára je v nezámrné hloubce min. 300 mm.

4.2.4.1 Měření termokamerou



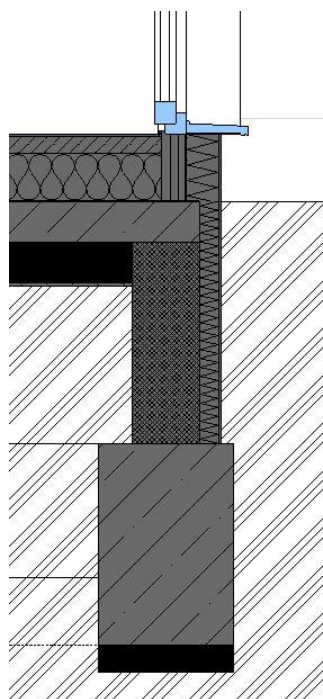
Obr. 41: Fotka soklu a dveří na terasu



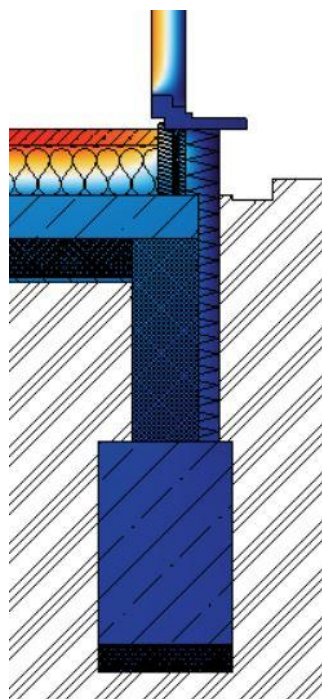
Obr. 42: Fotka z termokamery měřeného místa

Detail základových pasů a soklu (obr. 42) je vyřešen i proveden dobře. V inkriminovaném místě, se zdá být povrch celkem teplý, vzhledem k tomu, že měření bylo prováděno z venkovní strany domu. Na levé straně (obr. 42) je tmavě modrý pruh, který je způsoben úhlem, pod kterým byl snímek pořízen.

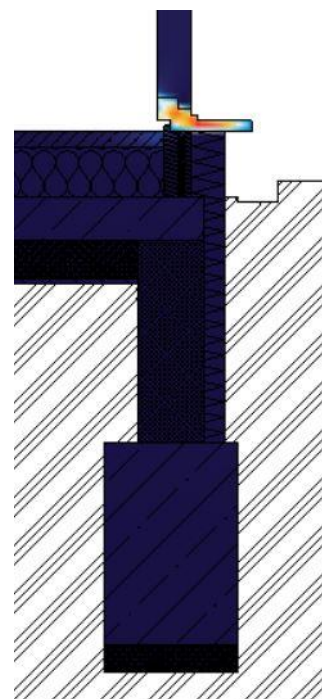
4.2.4.2 Simulace tepelných mostů



Obr. 43: Výkres detailu 7



Obr. 44: Průběh teplot u detailu 7



Obr. 45: Tok energie u detailu 7

Nadzákladové zdivo je realizováno ze ztraceného bednění s ocelovou výztuží, která je svázána s KARI výztužemi základové desky a následně zalita betonem pro dosažení maximální tuhosti. Celé nadzákladové zdivo včetně soklu nad zeminou, je opět zatepleno extrudovaným polystyrénem (obr. 43), aby nedocházelo k promrzání základového zdiva. Teplota na podlaze začíná klesat až v tepelné izolaci (obr. 44), což je žádoucí pro tepelnou pohodu uvnitř domu. Největší tok energie jde přes rám dveří (obr. 45).

5 Výsledky a diskuse

5.1 Stavba 1

U první stavby se ve většině případů měřené teploty neshodují s návrhovými. Návrhové průběhy teplot byly získány z výkresů jednotlivých detailů a následným provedením simulace tepelných mostů. Tato neshoda byla zřejmě způsobena při samotné výstavbě domu, kdy stavební firma nejspíše nedodržela technologické postupy, což vedlo k naměřeným rozdílům. Majitel domu si stěžoval, že mu táhne ze zásuvek v obvodové stěně, což může být způsobeno tím, že dům je postaven z děrovaných cihel. Díry v cihlách způsobují komínový efekt, což právě vede k víření vzduchu v tomto prostoru a v kombinaci se špatným utěsněním zásuvek k proudění studeného vzduchu do vnitřních prostor domu. Dle energetické náročnosti byla budova zařazena do kategorie B – velmi úsporná. Toto zařazení se počítá již ve fázi projektu. Projektanti se snaží, aby budova byla zařazena do co možná nejvyšší třídy, což je v dnešní době velmi žádoucí. Podle měření je energetická náročnost větší, vzhledem k tomu, že se zde nacházelo dost problematických míst v kombinaci s prouděním vzduchu ze zásuvek. To ve výsledku znamená, že majitel domu protopí, zejména v zimním období, více, než co predikují projektové výpočty.

5.2 Stavba 2

U druhé stavby byly shody podstatně lepší. Naměřené hodnoty spíše odpovídaly těm návrhovým. V tomto případě může hrát roli fakt, že dům je postaven z dřevěných KLH panelů a odpadá zde řešení překladů nad otvory a také velice problematický ztužující železobetonový věnec. Konstrukce je tedy celistvá a nenarušuje ji přílišné použití různých druhů materiálů s různými tepelnými vlastnostmi. Budova byla zařazena opět do kategorie B – velmi úsporná dle energetické náročnosti. U tohoto domu se skeletem z KLH panelů nebyly zjištěny žádné zásadní problémy či vady a ani energetická náročnost není oproti návrhu nijak zhoršena.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení tepelně technických vlastností budov, jejich energetickou náročnost a posouzení vlivu tepelných mostů na energetickou bilanci.

Tepelné mosty mají značný vliv na energetickou bilanci budovy, jejich výskyt je nežádoucí a narušuje obálku budovy. Pokud se v konstrukci tepelný most nachází, dochází na inkriminovaném místě k úniku tepla z vnitřních prostor do ovzduší a může zde docházet i k promrzání konstrukce. Tím je zhoršena energetická bilance i tepelně technické vlastnosti budovy. U takto narušených staveb je mnohem větší nárok na vytápění, jelikož část tepla samovolně uniká do venkovních prostor. V místě výskytu tepelných mostů může docházet ke kondenzaci vodních par v konstrukci a navlhání zdí ve vnitřních prostorech budov, což by mohlo vést k výskytu plísní.

Projektanti problém tepelných mostů řeší již ve fázi projektu, kdy se problémová místa snaží navrhnout tak, aby zde tepelné mosty, pokud možno, nevznikaly. K této skutečnosti je tlačí i normy, které požadují výstavbu nízkoenergetických až nulových staveb, kde je správné vyřešení tepelných mostů nutnost. Problém jejich výskytu tedy nevzniká v prvopočátku, ale až při samotné realizaci stavby. Stavební firmy se snaží ušetřit co nejvíce peněz a při realizaci stavby např. nepoužijí navrhovaný materiál jako je v projektu, nebo použijí méně tepelné izolace, než je uvedeno na výkrese a tím může vzniknout problém - tepelný most.

U obou staveb byl pomocí programu DEKSOFT Tepelná technika 1D vypočítán součinitel prostupu tepla U , který je v dnešní době pro navrhování staveb nedílnou součástí projektu. Veškeré konstrukce v budově musí tomuto faktoru U vyhovět, jinak projekt nemůže být schválen k realizaci. Po vypočtení jednotlivých součinitelů prostupu tepla je vypočtená hodnota součinitele U porovnána s požadovanou hodnotou pro daný typ konstrukce (např. střecha, podlaha, stěna apod.). Námi vypočtená hodnota musí být nižší než požadovaná hodnota, jinak konstrukce požadavku nevyhovuje. Pro výpočet tepelného součinitele U musíme znát skladbu konstrukce, tloušťku jednotlivých vrstev a součinitel tepelné vodivosti každé vrstvy v konstrukci (tento výpočet je podrobně rozebrán v kapitole 3.5.). V našem případě byly vyhovující všechny konstrukce u obou domů. Dále jsou pomocí tohoto programu vytvořeny grafy průběhů teplot, průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukcích. Je zde i graf pro měsíc leden, kdy bylo prováděno měření a to graf průběhu tlaků vodní páry a teploty v konstrukci pro daný měsíc. Na těchto grafech můžeme názorně vidět, kde v konstrukci hrozí kondenzace vodní páry a kde klesá teplota. Výpočty a grafy jsou součástí příloh.

Na základě poznatků uvedených v této práci vyplývá, že u rodinného domu, postaveného z KLH panelů, je výskyt tepelných mostů menší než u druhého domu, který je postaven z broušených cihel. U domu z KLH panelů je velkou výhodou jeho celistvost struktury a nenarušování obálky budovy překlady nad otvory. Výsledek měření může zkreslovat fakt, že stavební firma, která realizovala dům z broušených cihel, udělala zásadní chyby v konstrukci, což bylo prokázáno měřeními. Na základě této skutečnosti by se mohlo zdát, že broušené cihly jsou obecně horší pro vznik tepelných mostů než dřevo, ale nemusí tomu tak být, pokud je stavba dobře navržena a následně dobře zrealizována.

Navzdory stále se vyvíjejícím a zlepšujícím vlastnostem oken a okenních ráků jsou výplně otvorů nejhorším místem k pronikání tepla v celé konstrukci budov. Výrobci okna stále modifikují a zlepšují - přidávají větší počet komor v okenním rámu a větší množství skel, což by ve výsledku mělo tepelné vlastnosti zlepšit, ale narážejí na limity materiálových tepelně-izolačních vlastností. Obecně platí, že čím více komor v okenním rámu a čím více skel, tím jsou lepší výsledné tepelné vlastnosti okna. V průběhu posledních dekád se tepelné vlastnosti oken podstatně zlepšily, přesto stále zaostávají za ostatními konstrukčními materiály.

V souhrnu platí, že i přes zlepšující se tepelně-izolační vlastnosti oken jsou stále nejslabším místem z hlediska toku energie okenní rámy, které mají horší součinitel prostupu tepla U než skleněné tabulové výplně.

Na závěr je nutno konstatovat, že je třeba dbát na správnou a vhodnou volbu stavebních materiálů, jednotný stavební systém s ohledem na účel a využití stavby. Z důvodu vyvarování se následným obtížím se špatnou volbou konstrukčního řešení, skladeb konstrukcí a stavebních materiálů. Dále je třeba dbát na správnou realizaci stavby a kontrolovat, zda stavební firma použila opravdu vše, jak měla a zda technologické provedení je správné. Někdy se vyplatí vyšší investice při realizaci stavby, díky které se v budoucnu vyhneme vyšším nákladům na vytápění z důvodu unikání tepla a výskytu plísní.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Technická specifikace termokamery Irisys 4000 [online], [cit. 2022-2-10]. Dostupné z: http://www.techniq.hu/admin/kepek/file/vil_irisys/ipu_40108_iri4000_series_user_manual_issue_4.pdf
- [2] Odborný portál pro stavebnictví – nulové budovy [online], [cit. 2022-2-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>
- [3] Šubrt, R., Volf, M.: Stavební detaily. Tepelné mosty. Grada, Praha, 2003, 152 s. ISBN 80-247-0610-5
- [4] Tywoniak, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 2 – principy a příklady. Grada, Praha, 2008, 194 s. ISBN 978-80-247-2061-6
- [5] Odborný portál pro stavebnictví – prostup tepla [online], [cit. 2022-2-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci>
- [6] Kaňka J., Kulhánek F.: Stavební fyzika. Vydavatelství ČVUT, 1998, 180 s. ISBN 80-01-01775-3
- [7] Web architektonické kanceláře [online], [cit. 2022-2-14]. Dostupné z: <https://www.kudelka.cz/drevostavby-klh.aspx>
- [8] Online katalog společnosti Porotherm – Podklady pro navrhování [online], [cit. 2022-2-22]. Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/CZ_Podklad_pro_navrhovani.pdf

7 Přílohy

Příloha I – Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – obvodová stěna

Příloha II – Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – šikmá střecha

Příloha III – Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – strop

Příloha IV – Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – podlaha

Příloha V – Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – obvodová stěna

Příloha VI – Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – strop

Příloha VII – Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – podlaha

Příloha I

Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – obvodová stěna

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 1
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Jde o novostavbu jednopodlažního rodinného domu v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z broušených cihel Porotherm 24 Profi spojených zdicí maltou. Střecha je sedlová se sklonem 25° a je z dřevěných vazníků, krytina je keramická. Základy jsou ze železobetonových pasů, na které navazuje základová též železobetonová deska. Okna jsou zde plastová s izolačním trojsklem.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli




Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	

Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

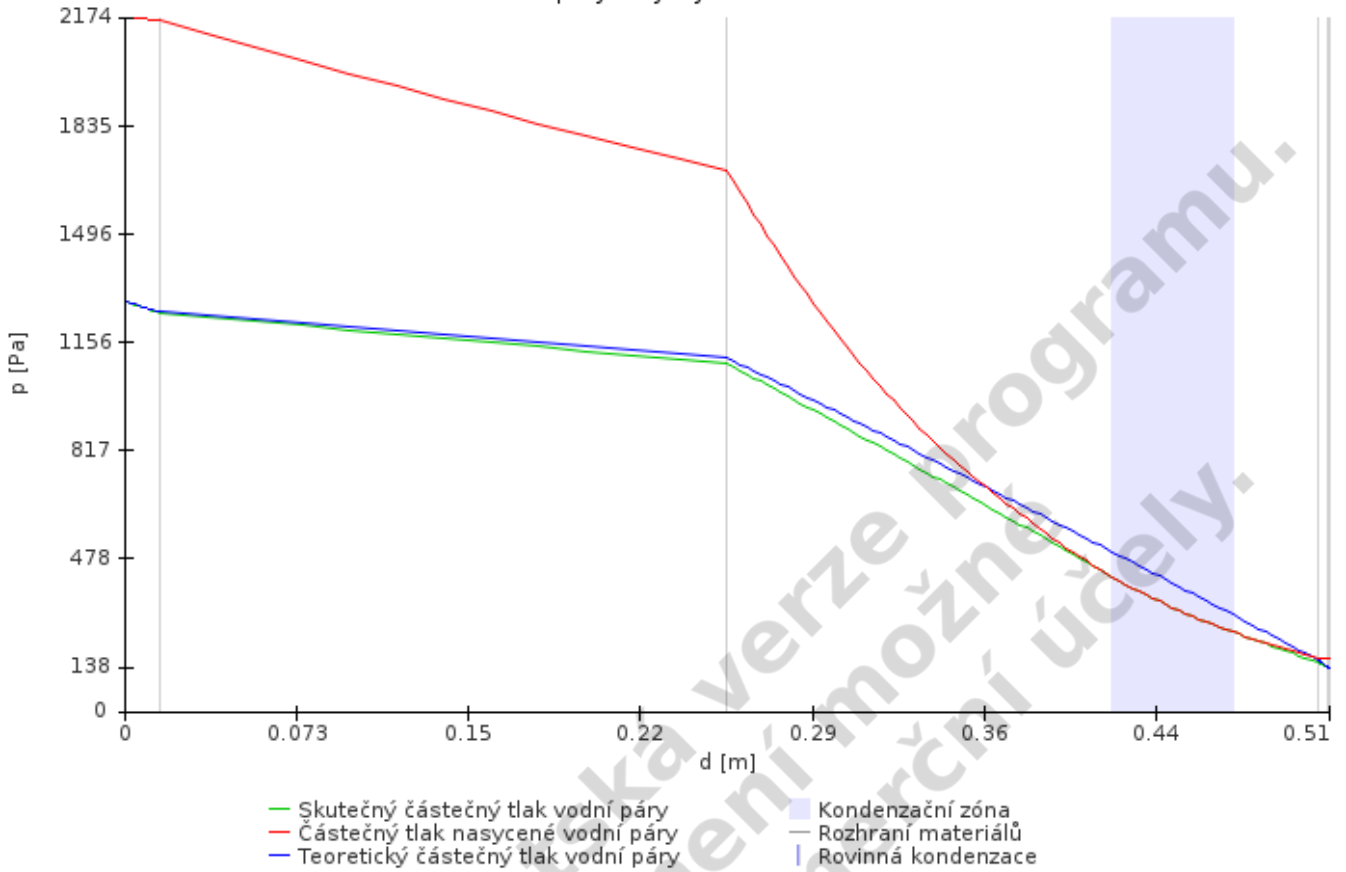
Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

STN-1: Obvodová stěna													
Vnitřní konstrukce:										NE			
Charakter konstrukce:										Stěna (vodorovný tepelný tok)			
Konstrukce dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou:										NE			
Konstrukce ve styku se zemínou:										NE			
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem			
Skladba konstrukce od interiéru:													
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu						
			λ	λ_{ekv}									
-	-	d	[W/(m.K)]		c	ρ	μ						
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]						
1	Omítka vápenocementová	0,0150	0,990	-	790	2 000	19,0						
2	Porotherm 24 Profi	0,2400	0,290	-	1 000	850	5,0						
3	ISOVER EPS 70F	0,2500	0,039	-	1 270	14	30,0						
4	ETICS - lepicí malta k podkladu plnoplošně nanesená	0,0040	0,700	-	920	1 300	40,0						
5	Omítka vápenná	0,0002	0,880	-	840	1 600	6,0						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{si}	0,25	0,13	m ² .K/W				
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{se}	0,04	0,04	m ² .K/W				
Okrajové podmínky:													
Návrhová vnitřní teplota						θ_i	20,0	°C					
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:						θ_{ai}	20,0	°C					
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:						φ_i	50	%					
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:						$\Delta\varphi_i$	5	%					
Návrhová teplota venkovního vzduchu:						θ_e	-15,0	°C					
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:						φ_e	84	%					
Nadmořská výška budovy (terénu):						h	284	m.n.m.					
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$\theta_{e,m}$	[°C]	-2,1	-0,3	3,7	9,1	13,5	17,1	18,2	18,0	13,9	9,0	3,6	-0,2
$\varphi_{e,m}$	[%]	81	81	79	77	74	71	70	70	74	77	79	81
$\theta_{i,m}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\varphi_{i,m}$	[%]	46	49	52	58	64	71	74	73	65	57	51	49
Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{e,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu; $\varphi_{e,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti venkovního vzduchu; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.													

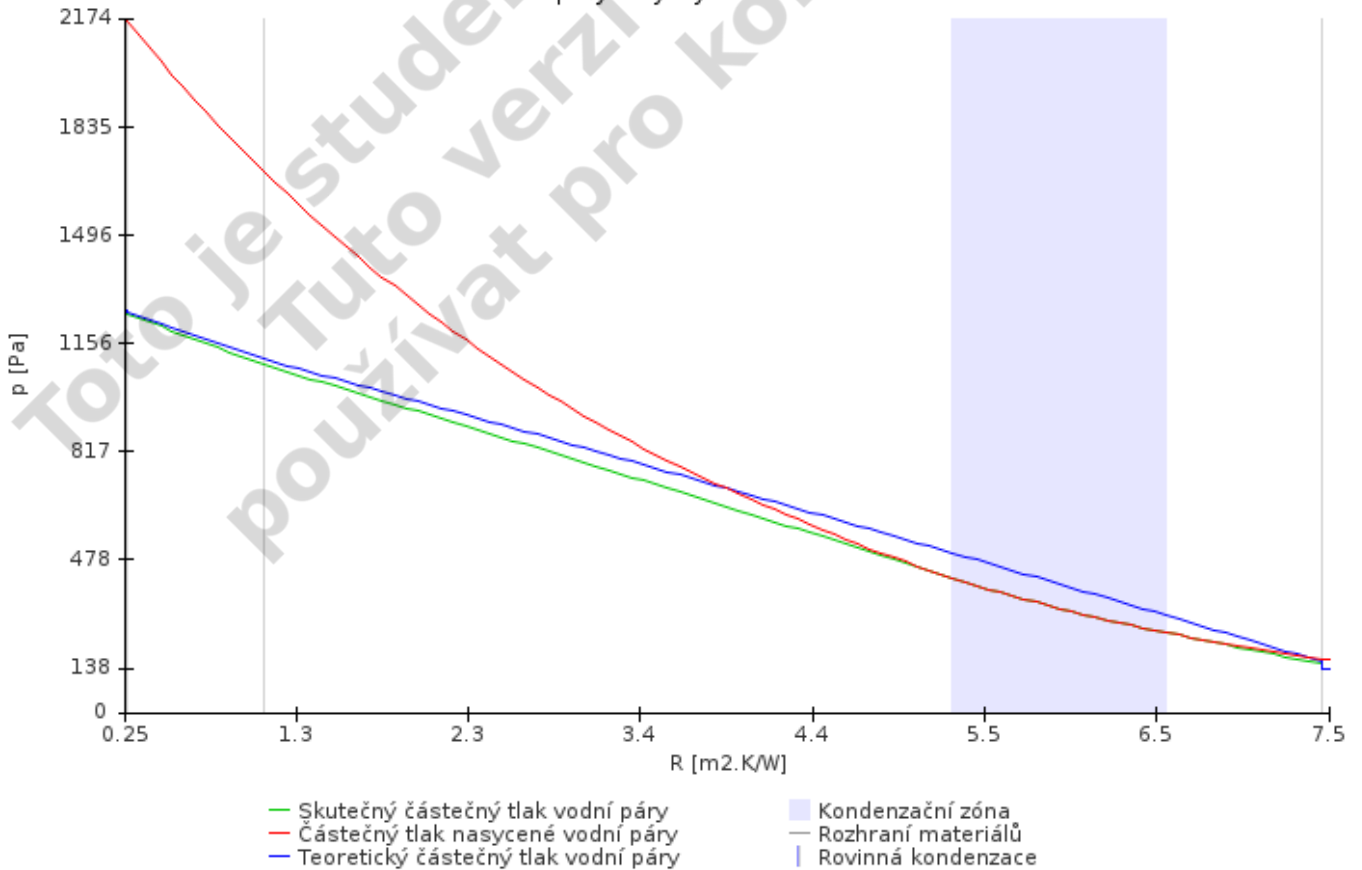
Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,020	W/(m ² .K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	6,468	m ² .K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,155	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,30	W/(m ² .K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,25	W/(m ² .K)	
Hodnocení:	Konstrukce STN-1: Obvodová stěna splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:				
Podmínky na rozhraních mezi materiály:				
Rozhraní	Teplota	Částečný tlak vodní páry	Nasycený částečný tlak vodní páry	Rel. vlhkost vzduchu
-	[°C]	[Pa]	[Pa]	[-]
i - 1	18,8	1 285	2 174	59%
1 - 2	18,8	1 248	2 165	58%
2 - 3	14,9	1 089	1 697	64%
3 - 4	-14,8	153	168	91%
4 - 5	-14,8	138	168	83%
5 - e	-14,8	138	168	83%
Kondenzační zóny:				
Číslo zóny	Od	Do	Mn. zkond. vodní páry	
[-]	[m]	[m]	[kg/(m ² .s)]	
1	0,418	0,468	9.84e-9	
Požadované maximální roční množství zkondenzované vodní páry:	$M_{c,N}$	0,000	kg/(m ² .a)	
Roční množství zkondenzované vodní páry:	M_c	0,007	kg/(m ² .a)	
Roční množství vypařitelné vodní páry:	M_{ev}	1,670	kg/(m ² .a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní			
Hodnocení:	V konstrukci dochází k nadměrné kondenzaci vodní páry			
<i>Pozn.: Výpočet byl proveden bez vlivu sluneční radiace a zabudované vlhkosti.</i>				
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní			
Hodnocení:	Konstrukce bez vnitřní kondenzace.			
Poznámka ke konstrukci:				
-				

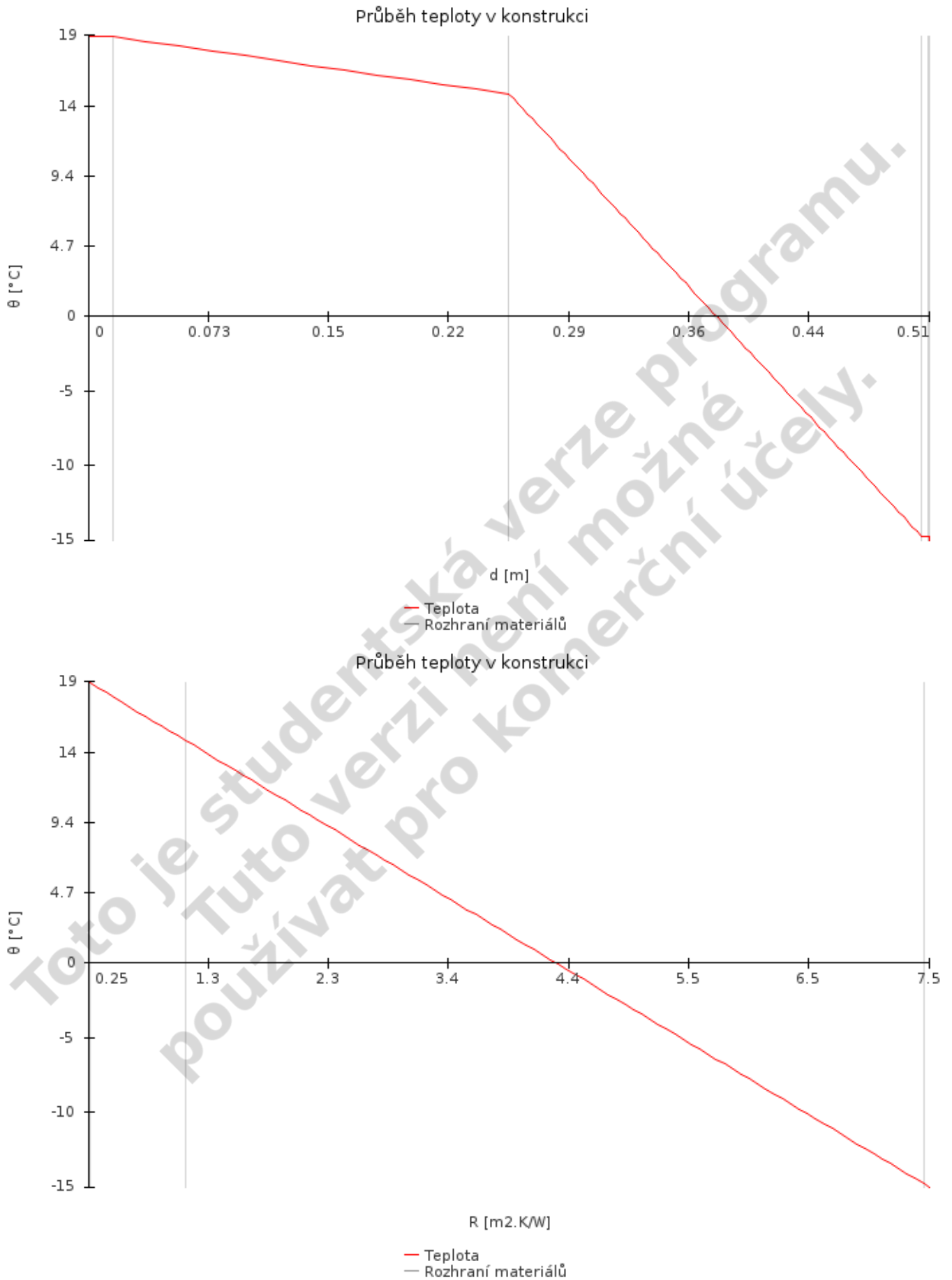
STN-1 - Obvodová stěna

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

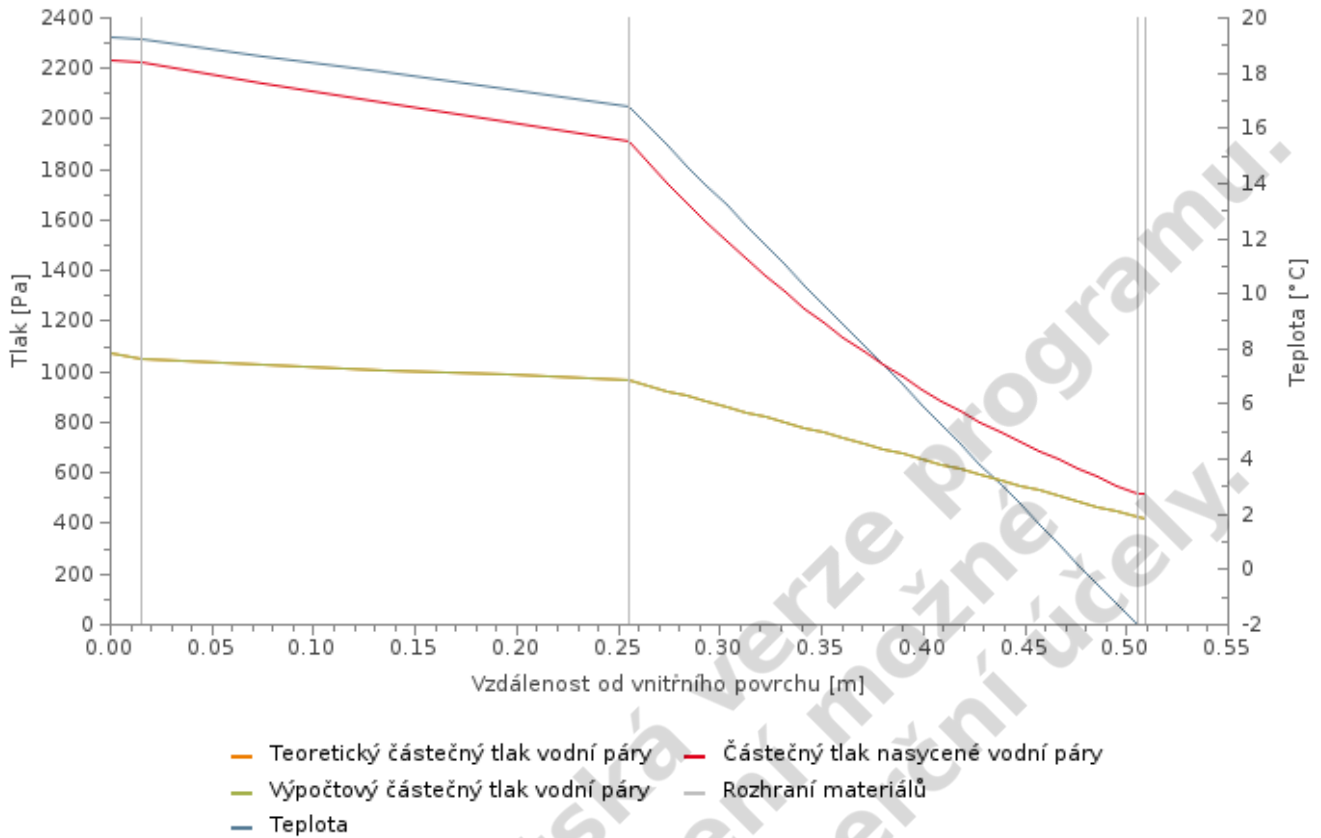


Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden



Příloha II

Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – šikmá střecha

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 1
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Jde o novostavbu jednopodlažního rodinného domu v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z broušených cihel Porotherm 24 Profi spojených zdicí maltou. Střecha je sedlová se sklonem 25° a je z dřevěných vazníků, krytina je keramická. Základy jsou ze železobetonových pasů, na které navazuje základová též železobetonová deska. Okna jsou zde plastová s izolačním trojsklem.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli

Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	

Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

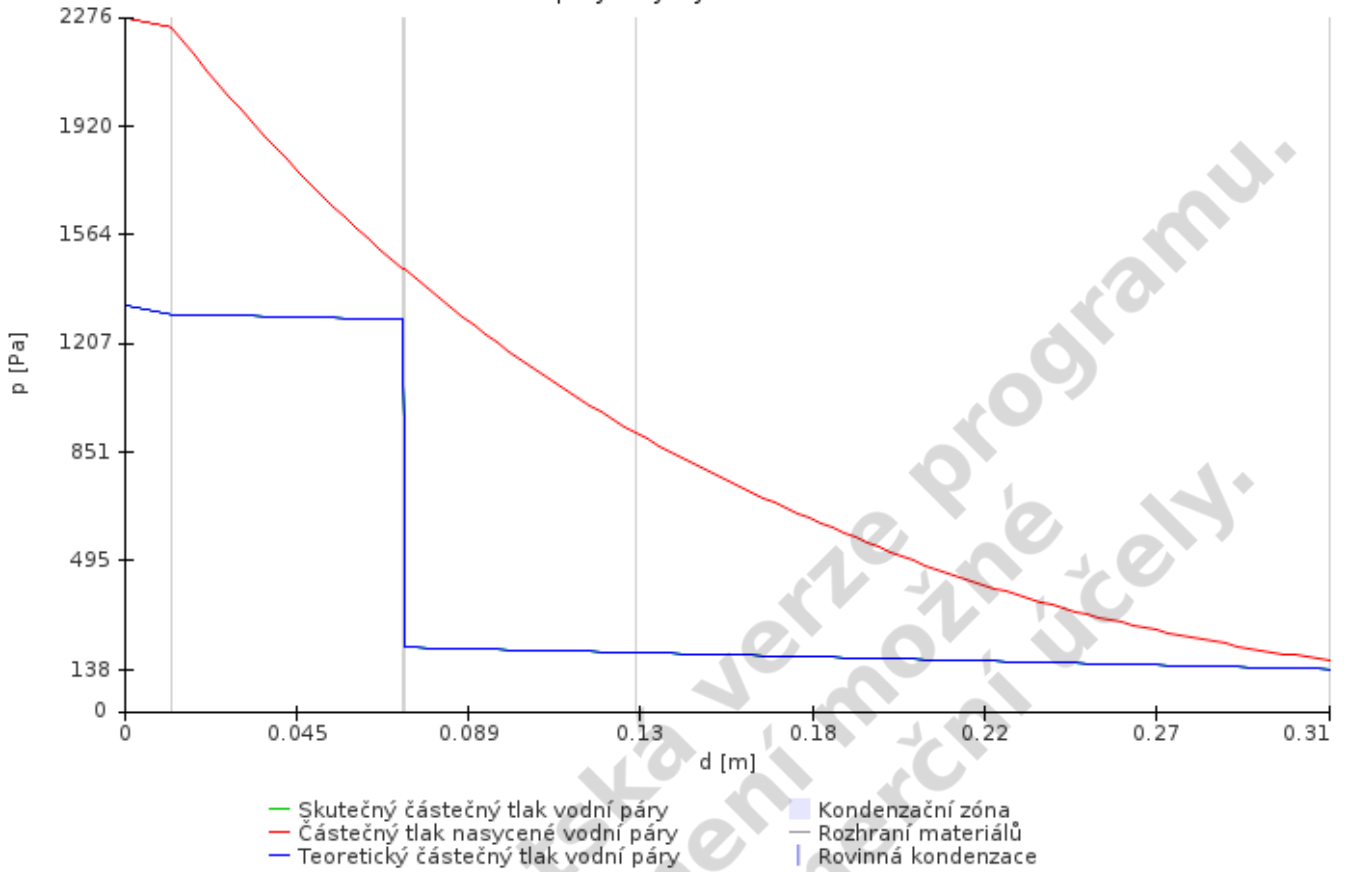
Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

STR-1: Šikmá střecha												
Vnitřní konstrukce:										NE		
Charakter konstrukce:										Strop nebo střecha (tepelný tok nahoru)		
Konstrukce dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou:										NE		
Konstrukce ve styku se zemínou:										NE		
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem		
Skladba konstrukce od interiéru:												
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu					
			λ	λ_{ekv}								
-	-	d	[W/(m.K)]		c	ρ	μ					
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]					
1	Sádrokarton	0,0125	0,220	-	1 060	750	9,0					
2	ISOVER Unirol Profi	0,0600	0,036	-	840	21	1,0					
3	Jutafol N AL	0,0002	0,390	-	1 700	850	18 772,0					
4	ISOVER Unirol Profi	0,0600	0,036	-	840	21	1,0					
5	ISOVER Unirol Profi	0,1800	0,036	-	840	21	1,0					
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)							R_{si}	0,25	0,10	m ² .K/W		
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)							R_{se}	0,04	0,04	m ² .K/W		
Okrajové podmínky:												
Návrhová vnitřní teplota							θ_i	20,0	°C			
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:							θ_{ai}	20,6	°C			
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:							φ_i	50	%			
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:							$\Delta\varphi_i$	5	%			
Návrhová teplota venkovního vzduchu:							θ_e	-15,0	°C			
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:							φ_e	84	%			
Nadmořská výška budovy (terénu):							h	284	m.n.m.			
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):												
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31
$\theta_{e,m}$	[°C]	-2,1	-0,3	3,7	9,1	13,5	17,1	18,2	18,0	13,9	9,0	3,6
$\varphi_{e,m}$	[%]	81	81	79	77	74	71	70	70	74	77	79
$\theta_{i,m}$	[°C]	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
$\varphi_{i,m}$	[%]	44	47	50	56	62	69	71	70	63	56	47
Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{e,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu; $\varphi_{e,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti venkovního vzduchu; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.												

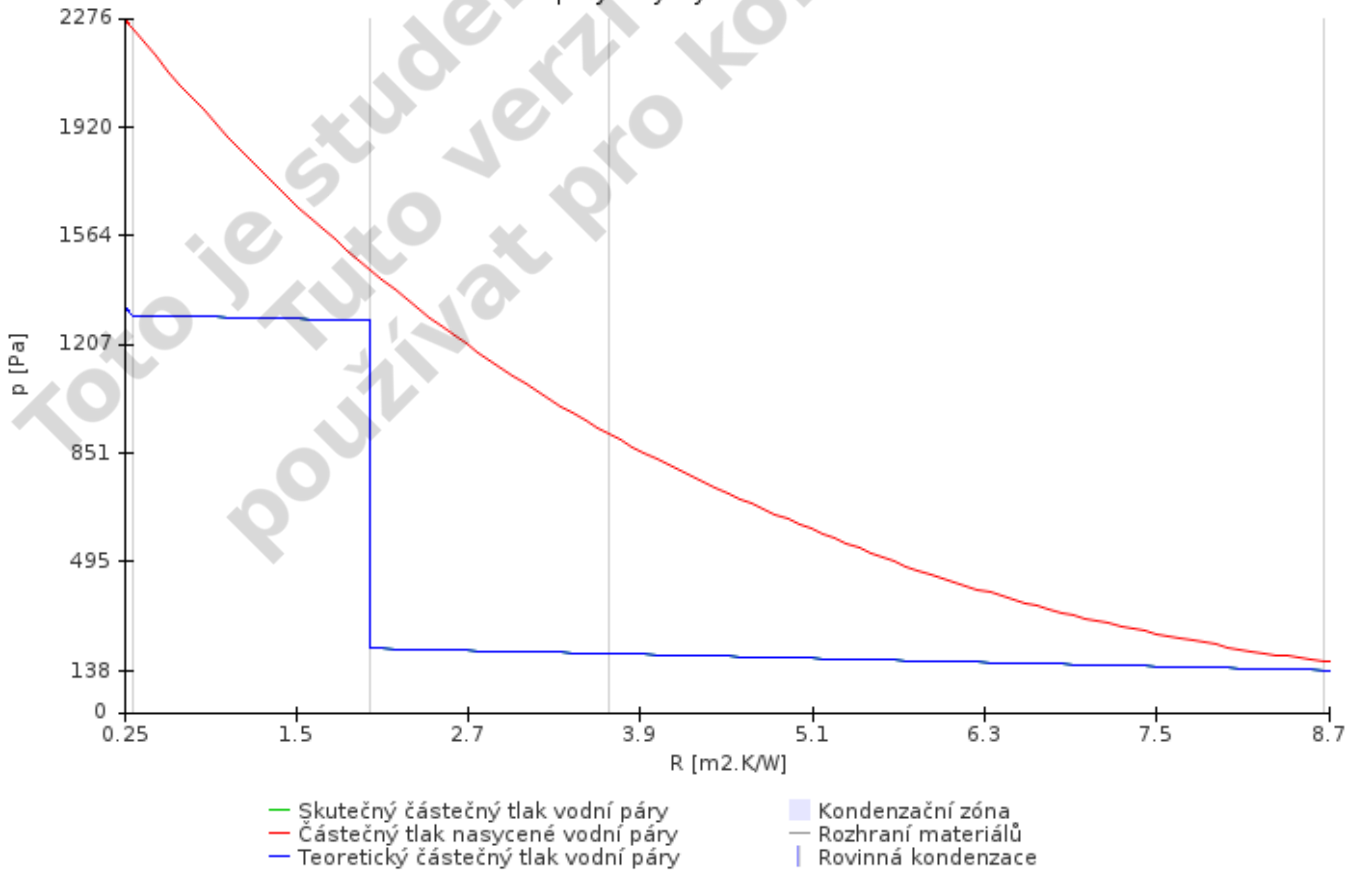
Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,000	W/(m ² .K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	8,531	m ² .K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,117	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,24	W/(m ² .K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,16	W/(m ² .K)	
Hodnocení:	Konstrukce STR-1: Šikmá střecha splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:				
Podmínky na rozhraních mezi materiály:				
Rozhraní	Teplota	Částečný tlak vodní páry	Nasycený částečný tlak vodní páry	Rel. vlhkost vzduchu
-	[°C]	[Pa]	[Pa]	[-]
i - 1	19,6	1 334	2 276	59%
1 - 2	19,3	1 302	2 243	58%
2 - 3	12,5	1 285	1 449	89%
3 - 4	12,5	210	1 449	14%
4 - 5	5,7	193	913	21%
5 - e	-14,8	138	167	83%
Kondenzační zóny:				
Číslo zóny	Od	Do	Mn. zkond. vodní páry	
[-]	[m]	[m]	[kg/(m ² .s)]	
Bez kondenzace	-	-	-	
Požadované maximální roční množství zkondenzované vodní páry:	$M_{c,N}$	0,000	kg/(m ² .a)	
Roční množství zkondenzované vodní páry:	M_c	-	kg/(m ² .a)	
Roční množství vypařitelné vodní páry:	M_{ev}	-	kg/(m ² .a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní			
Hodnocení:	V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry			
<i>Pozn.: Výpočet byl proveden bez vlivu sluneční radiace a zabudované vlhkosti.</i>				
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:			aktivní	
Hodnocení:	Konstrukce bez vnitřní kondenzace.			
Poznámka ke konstrukci:				
-				

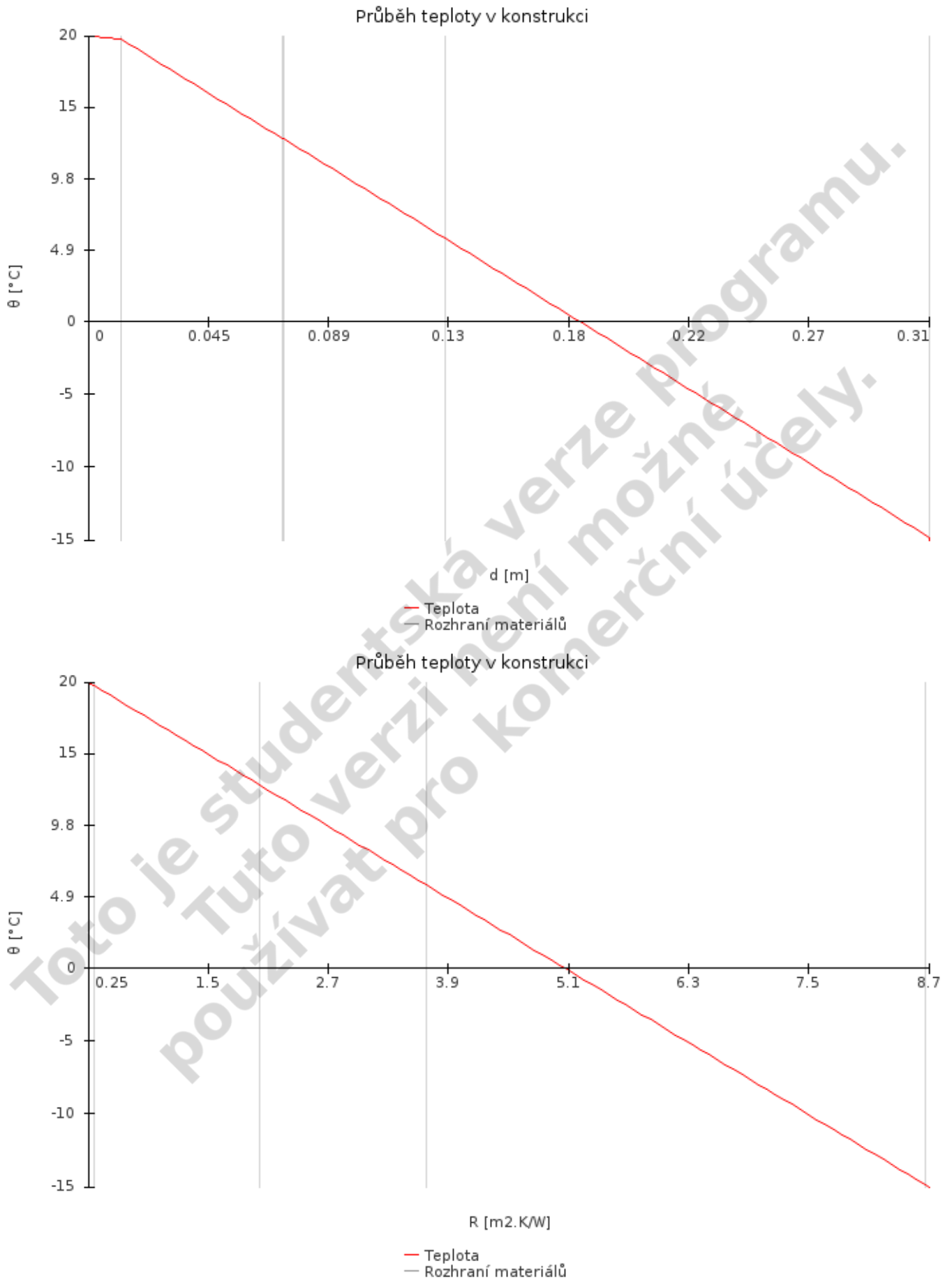
STR-1 - Šikmá střecha

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

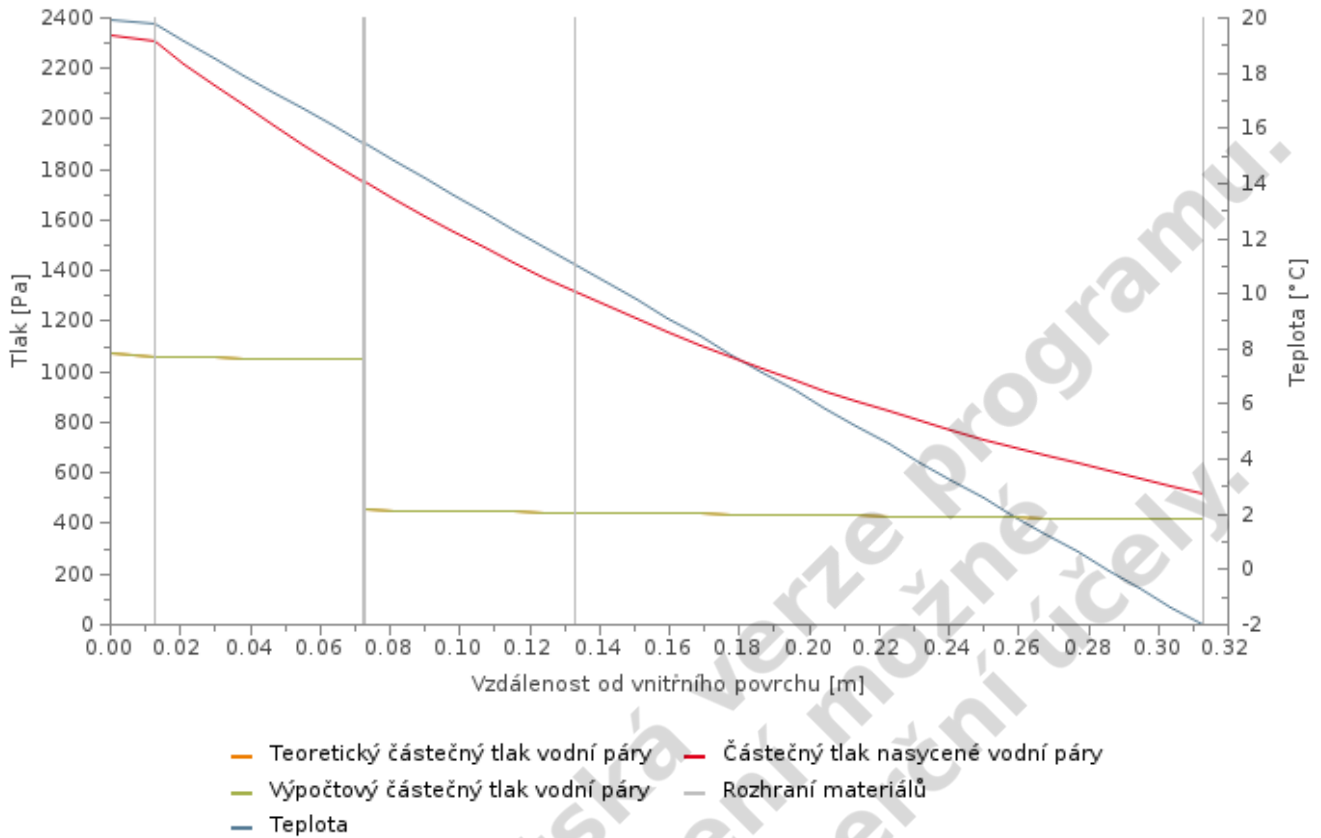


Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden



Příloha III

Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – strop

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 1
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Jde o novostavbu jednopodlažního rodinného domu v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z broušených cihel Porotherm 24 Profi spojených zdicí maltou. Střecha je sedlová se sklonem 25° a je z dřevěných vazníků, krytina je keramická. Základy jsou ze železobetonových pasů, na které navazuje základová též železobetonová deska. Okna jsou zde plastová s izolačním trojsklem.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli

Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	

Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

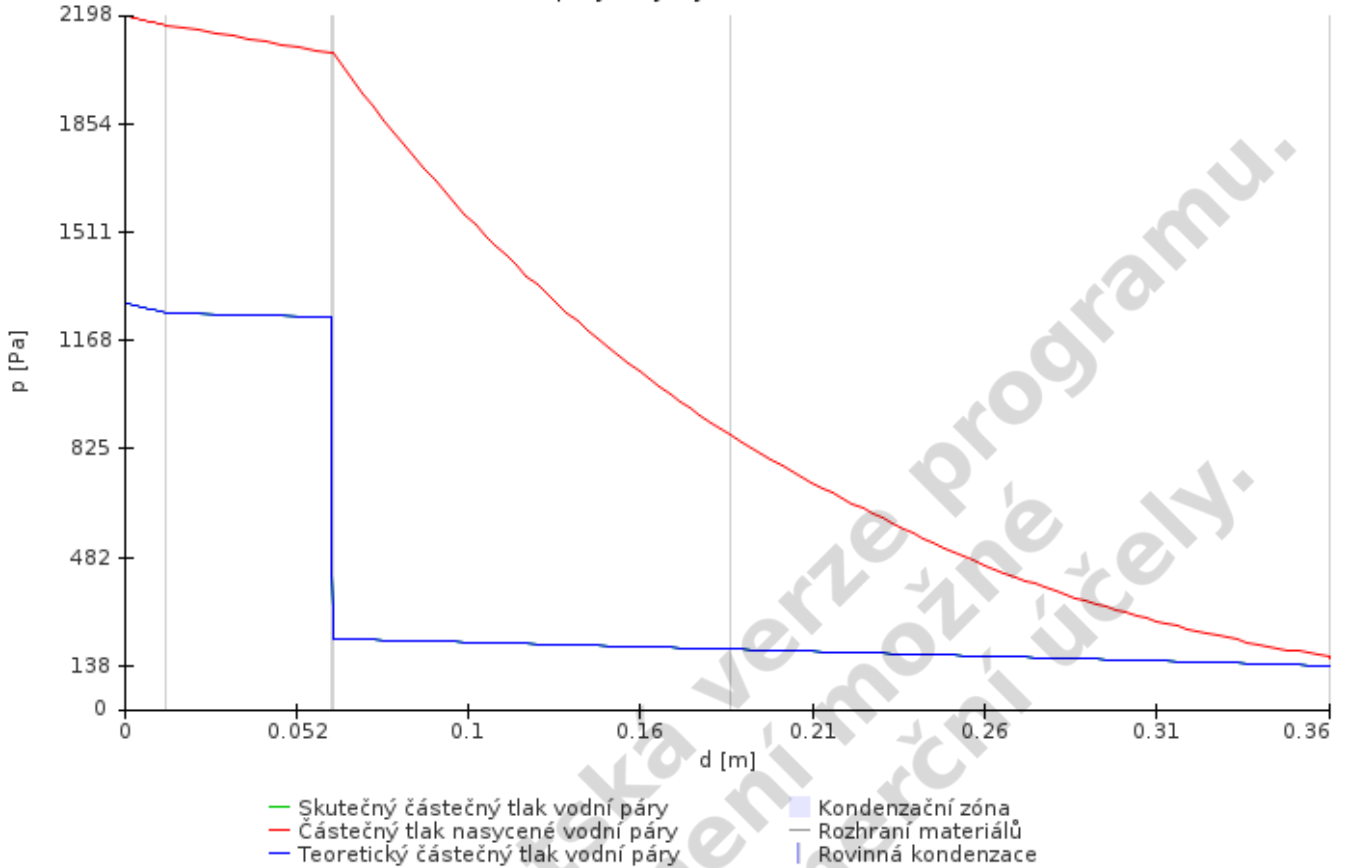
Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

STR-1: Strop												
Vnitřní konstrukce:										NE		
Charakter konstrukce:										Strop nebo střecha (tepelný tok nahoru)		
Konstrukce dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou:										NE		
Konstrukce ve styku se zemí:										NE		
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem		
Skladba konstrukce od interiéru:												
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu					
			λ	λ_{ekv}								
-	-	d	[W/(m.K)]		c	ρ	μ					
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]					
1	Sádkartón	0,0125	0,220	-	1 060	750	9,0					
2	nevětraná vzduchová vrstva	0,0500	0,294	-	1 010	1	1,0					
3	Jutafol N AL	0,0002	0,390	-	1 700	850	18 772,0					
4	ISOVER Unirol Profi	0,1200	0,036	-	840	21	1,0					
5	ISOVER Unirol Profi	0,1800	0,036	-	840	21	1,0					
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{si}	0,25	0,10	m ² .K/W			
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{se}	0,04	0,04	m ² .K/W			
Okrajové podmínky:												
Návrhová vnitřní teplota						θ_i	20,0	°C				
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:						θ_{ai}	20,0	°C				
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:						φ_i	50	%				
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:						$\Delta\varphi_i$	5	%				
Návrhová teplota venkovního vzduchu:						θ_e	-15,0	°C				
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:						φ_e	84	%				
Nadmořská výška budovy (terénu):						h	284	m.n.m.				
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):												
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31
$\theta_{e,m}$	[°C]	-2,1	-0,3	3,7	9,1	13,5	17,1	18,2	18,0	13,9	9,0	3,6
$\varphi_{e,m}$	[%]	81	81	79	77	74	71	70	70	74	77	79
$\theta_{i,m}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\varphi_{i,m}$	[%]	57	60	61	64	68	73	75	74	69	64	60
Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{e,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu; $\varphi_{e,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti venkovního vzduchu; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.												

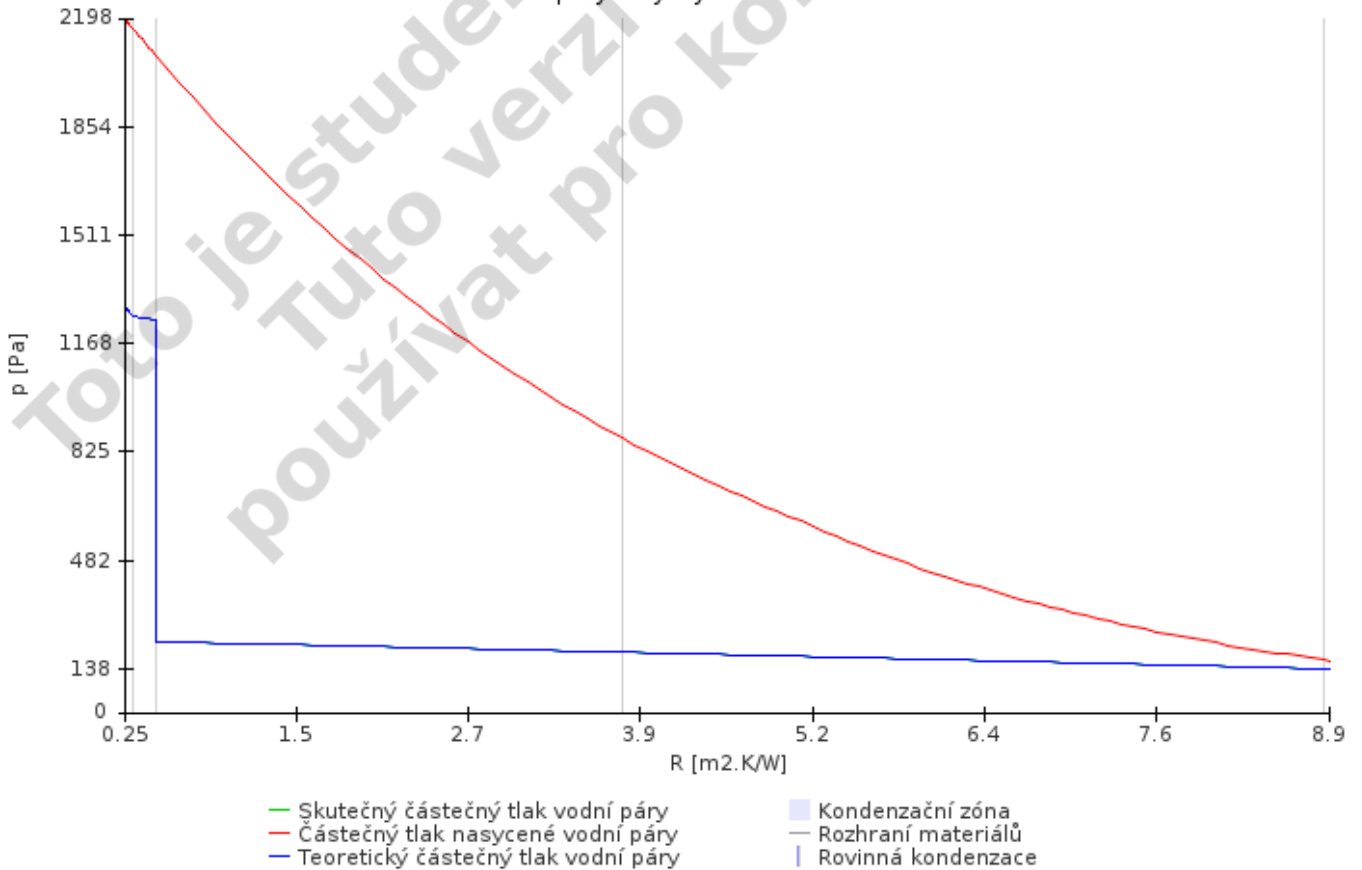
Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,000	W/(m ² .K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	8,701	m ² .K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,115	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,75	W/(m ² .K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,50	W/(m ² .K)	
Hodnocení:	Konstrukce STR-1: Strop splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:				
Podmínky na rozhraních mezi materiály:				
Rozhraní	Teplota	Částečný tlak vodní páry	Nasyčený částečný tlak vodní páry	Rel. vlhkost vzduchu
-	[°C]	[Pa]	[Pa]	[-]
i - 1	19,0	1 285	2 198	58%
1 - 2	18,8	1 255	2 167	58%
2 - 3	18,1	1 241	2 078	60%
3 - 4	18,1	224	2 077	11%
4 - 5	4,9	191	868	22%
5 - e	-14,8	138	167	83%
Kondenzační zóny:				
Číslo zóny	Od	Do	Mn. zkond. vodní páry	
[-]	[m]	[m]	[kg/(m ² .s)]	
Bez kondenzace	-	-	-	
Požadované maximální roční množství zkondenzované vodní páry:	$M_{c,N}$	0,000	kg/(m ² .a)	
Roční množství zkondenzované vodní páry:	M_c	-	kg/(m ² .a)	
Roční množství vypařitelné vodní páry:	M_{ev}	-	kg/(m ² .a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní			
Hodnocení:	V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry			
Pozn.: Výpočet byl proveden bez vlivu sluneční radiace a zabudované vlhkosti.				
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní			
Hodnocení:	Konstrukce bez vnitřní kondenzace.			
Poznámka ke konstrukci:				
-				

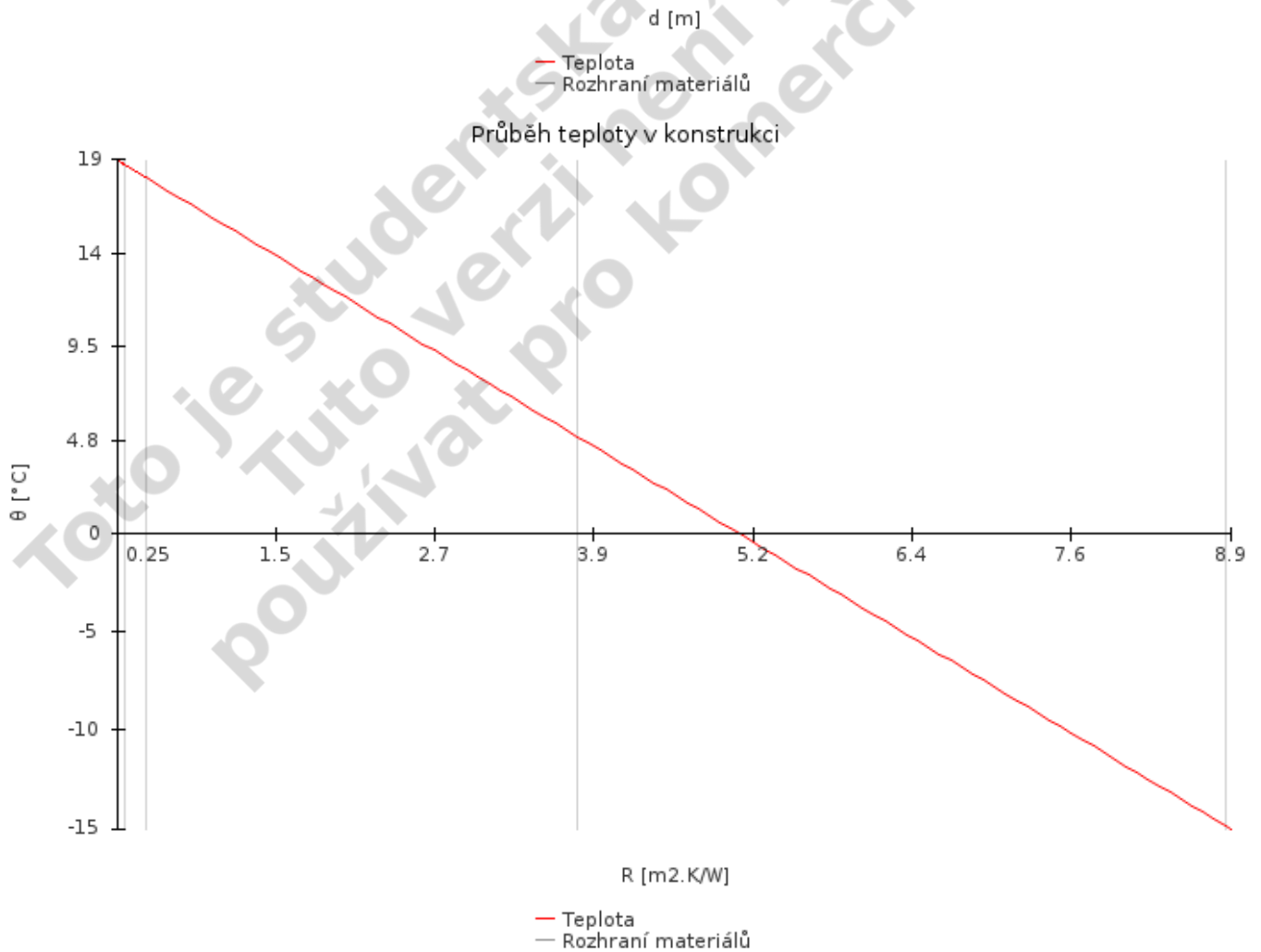
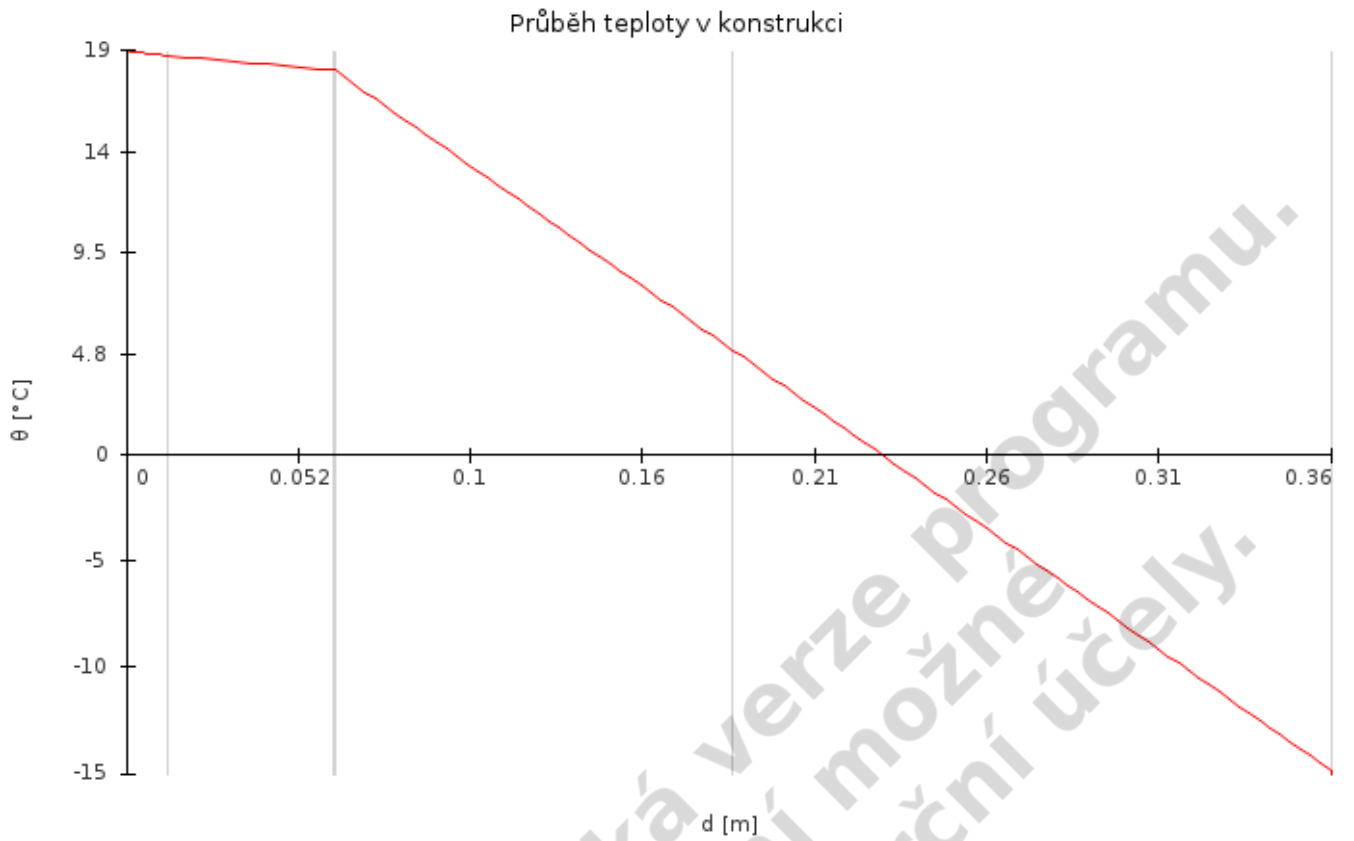
STR-1 - Strop

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

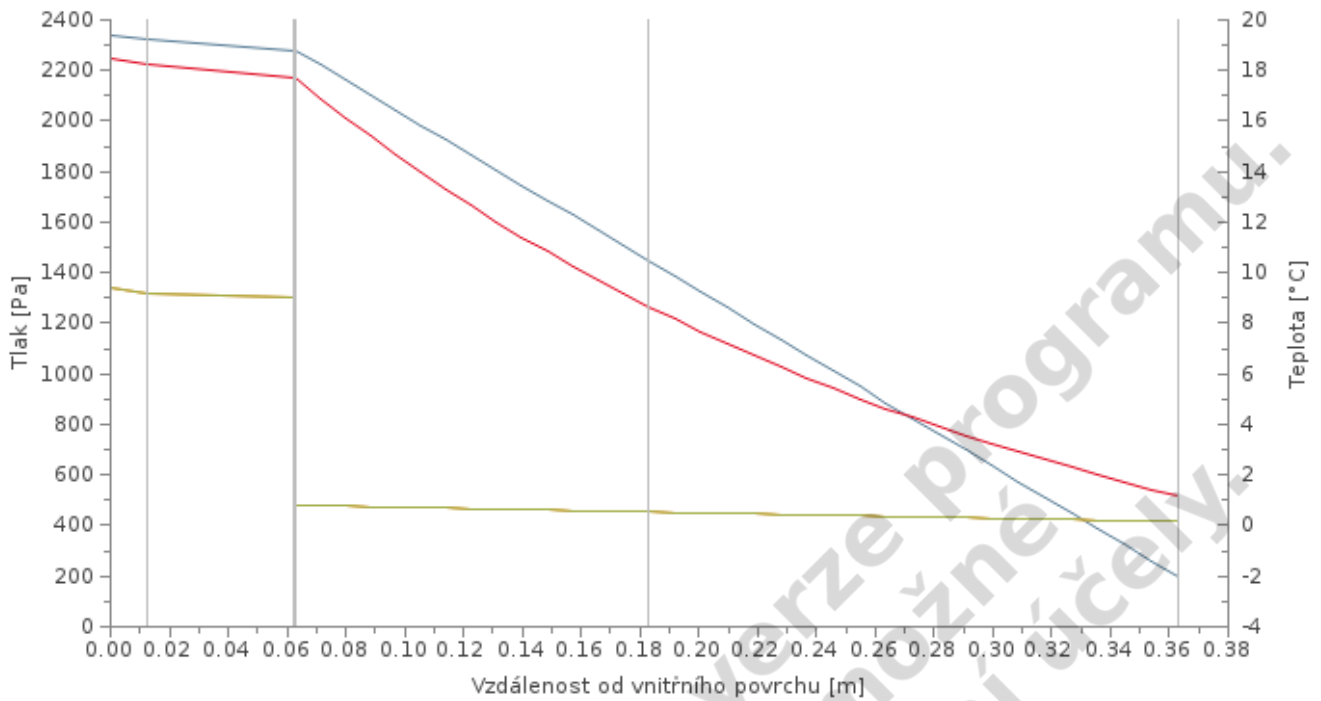


Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden



- Teoretický částečný tlak vodní páry
- Výpočtový částečný tlak vodní páry
- Částečný tlak nasycené vodní páry
- Teplota
- Rozhraní materiálů

Příloha IV

Stavba 1 – Tepelně technické posouzení konstrukce – podlaha

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 1
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Jde o novostavbu jednopodlažního rodinného domu v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z broušených cihel Porotherm 24 Profi spojených zdicí maltou. Střecha je sedlová se sklonem 25° a je z dřevěných vazníků, krytina je keramická. Základy jsou ze železobetonových pasů, na které navazuje základová též železobetonová deska. Okna jsou zde plastová s izolačním trojsklem.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli



Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	


Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

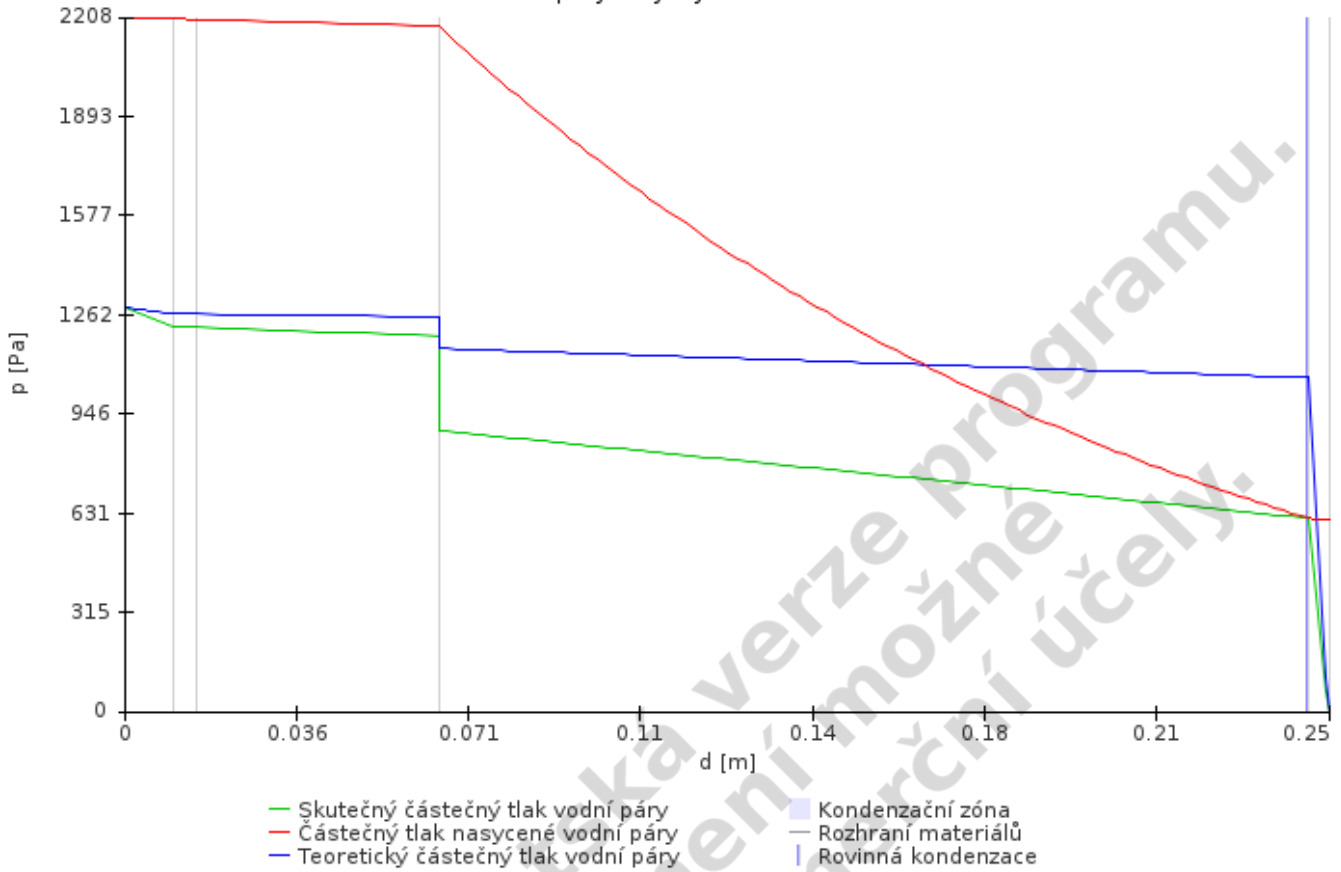
PDL(z)-1: Podlaha													
Vnitřní konstrukce:										NE			
Charakter konstrukce:										Podlaha (tepelný tok dolů)			
Konstrukce dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou:										NE			
Konstrukce ve styku se zeminou:										ANO (podlaha na terénu)			
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem			
Skladba konstrukce od interiéru:													
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu						
			λ	λ_{ekv}									
-	-	d	λ	λ_{ekv}	c	ρ	μ						
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]						
1	Keramická dlažba	0,0100	1,010	-	840	2 000	200,0						
2	Malta cementová, cementový potěr	0,0050	1,160	-	840	2 000	19,0						
3	Malta cementová, cementový potěr	0,0500	1,160	-	840	2 000	19,0						
4	PE fólie	0,0001	0,350	-	1 470	1 200	100 000,0						
5	ISOVER EPS 150	0,1800	0,035	-	1 270	25	50,0						
6	Elastodek 40 Standard Mineral	0,0040	0,200	-	1 470	1 400	25 000,0						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{si}	0,25	0,17	m ² .K/W				
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{se}	0,00	0,00	m ² .K/W				
Okrajové podmínky:													
Návrhová vnitřní teplota						θ_i	20,0	°C					
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:						θ_{ai}	20,0	°C					
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:						φ_i	50	%					
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:						$\Delta\varphi_i$	5	%					
Návrhová teplota venkovního vzduchu:						θ_e	-15,0	°C					
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:						φ_e	84	%					
Nadmořská výška budovy (terénu):						h	284	m.n.m.					
Návrhová teplota zeminy v zimním období						θ_{gr}		°C					
Návrhová relativní vlhkost zeminy						φ_{gr}	100	%					
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):													
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31	
$\theta_{\text{gr,m}}$	[°C]	4,2	3,3	4,2	6,2	8,9	11,1	12,9	13,4	13,3	11,3	8,8	6,1
$\varphi_{\text{gr,m}}$	[%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
$\theta_{\text{i,m}}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	

$\varphi_{i,m}$	[%]	46	49	52	58	64	71	74	73	65	57	51	49
<p>Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{gr,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota v zemině; $\varphi_{gr,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti v zemině; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.</p>													
Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:													
Korekce součinitele prostupu tepla:									ΔU	0,000	W/(m ² .K)		
Odpor při prostupu tepla:									R_T	5,390	m ² .K/W		
Součinitel prostupu tepla:									U	0,186	W/(m².K)		
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:									U_N	0,45	W/(m ² .K)		
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:									U_{rec}	0,30	W/(m ² .K)		
Hodnocení	Konstrukce PDL(z)-1: Podlaha splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.												
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:													
Podmínky na rozhraních mezi materiály:													
Rozhraní	Teplota		Částečný tlak vodní páry		Nasycený částečný tlak vodní páry		Rel.vlhkost vzduchu						
-	[°C]		[Pa]		[Pa]		[-]						
i - 1	19,1		1 285		2 208		58%						
1 - 2	19,0		1 225		2 203		56%						
2 - 3	19,0		1 222		2 201		56%						
3 - 4	18,9		1 194		2 179		55%						
4 - 5	18,9		892		2 179		41%						
5 - 6	0,1		614		614		100%						
6 - e	0,0		0		611		0%						
Kondenzační zóny:													
Číslo zóny		Od		Do		Mn. zkond. vodní páry							
[-]		[m]		[m]		[kg/(m ² .s)]							
1		0,245		0,245		4.68e-9							
Postupem dle ČSN 73 0540-4 nelze pro tuto konstrukci stanovit bilanci vodních par. Pro vyhodnocení této bilance je potřeba použít výpočet dle ČSN EN ISO 13788.													

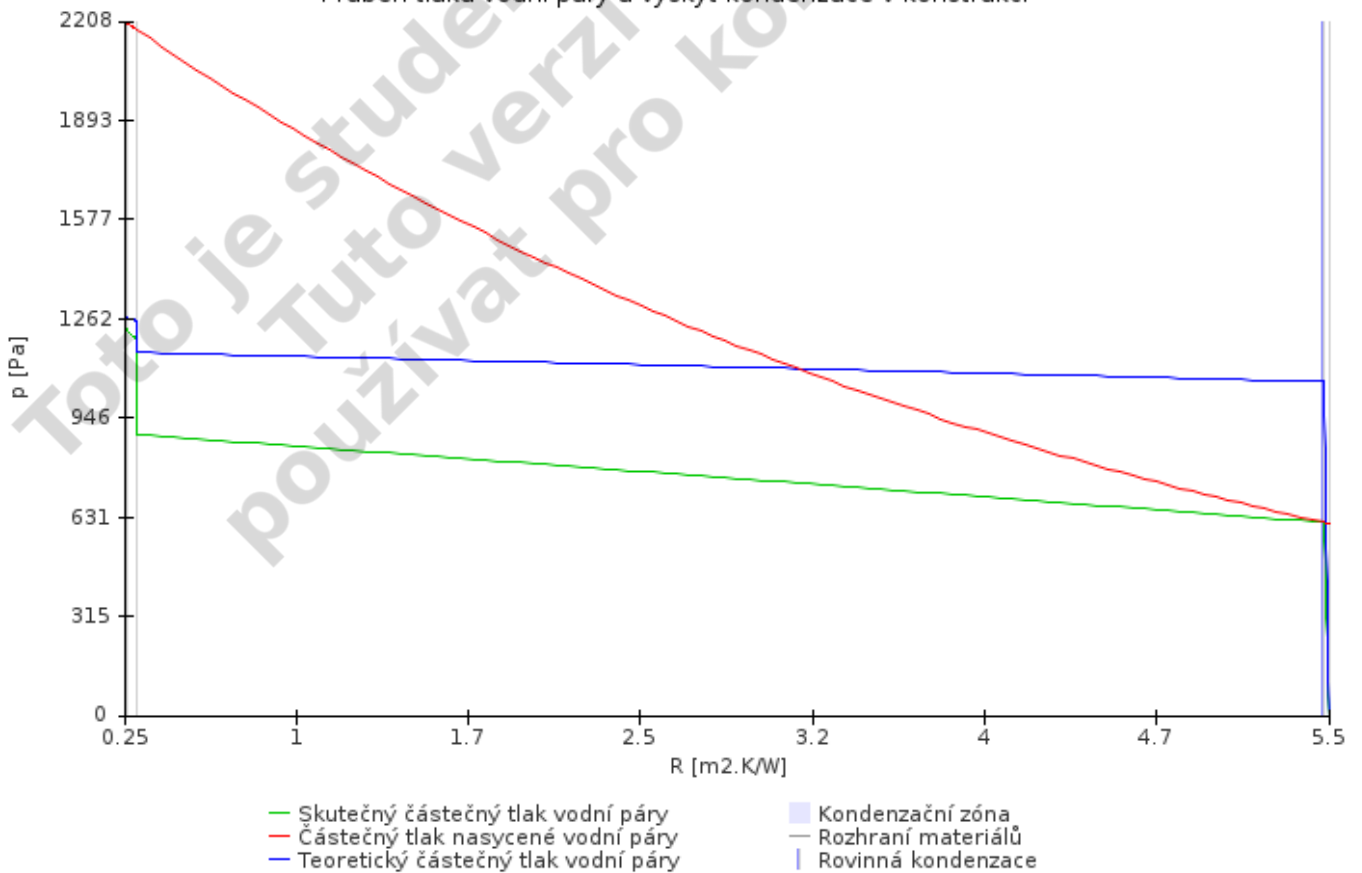
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:														
Měsíc	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1. rozhraní				Vzdálenost od vnitřního povrchu					x	0,2451	m			
g_c	[kg/m ²]	0,000	0,002	0,005	0,006	0,008	0,009	0,009	0,009	0,008	0,006	0,004	-0,000	
M_a	[kg/m ²]	0,000	0,002	0,006	0,012	0,020	0,030	0,039	0,048	0,056	0,062	0,066	0,066	
Povrchová kondenzace														
M_a	[kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkem														
M_a	[kg/m ²]	0,000	0,002	0,006	0,012	0,020	0,030	0,039	0,048	0,056	0,062	0,066	0,066	
Maximální roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci									$M_{c,N}$	0,000	kg/(m ² .a)			
Maximální množství kondenzátu v konstrukci									M_c	0,066	kg/(m ² .a)			
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:									pasivní					
Hodnocení:	Konstrukce v hodnocení neuspěla, v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, která se ani v příznivějších měsících nevypaří.													
Poznámka ke konstrukci:														
-														

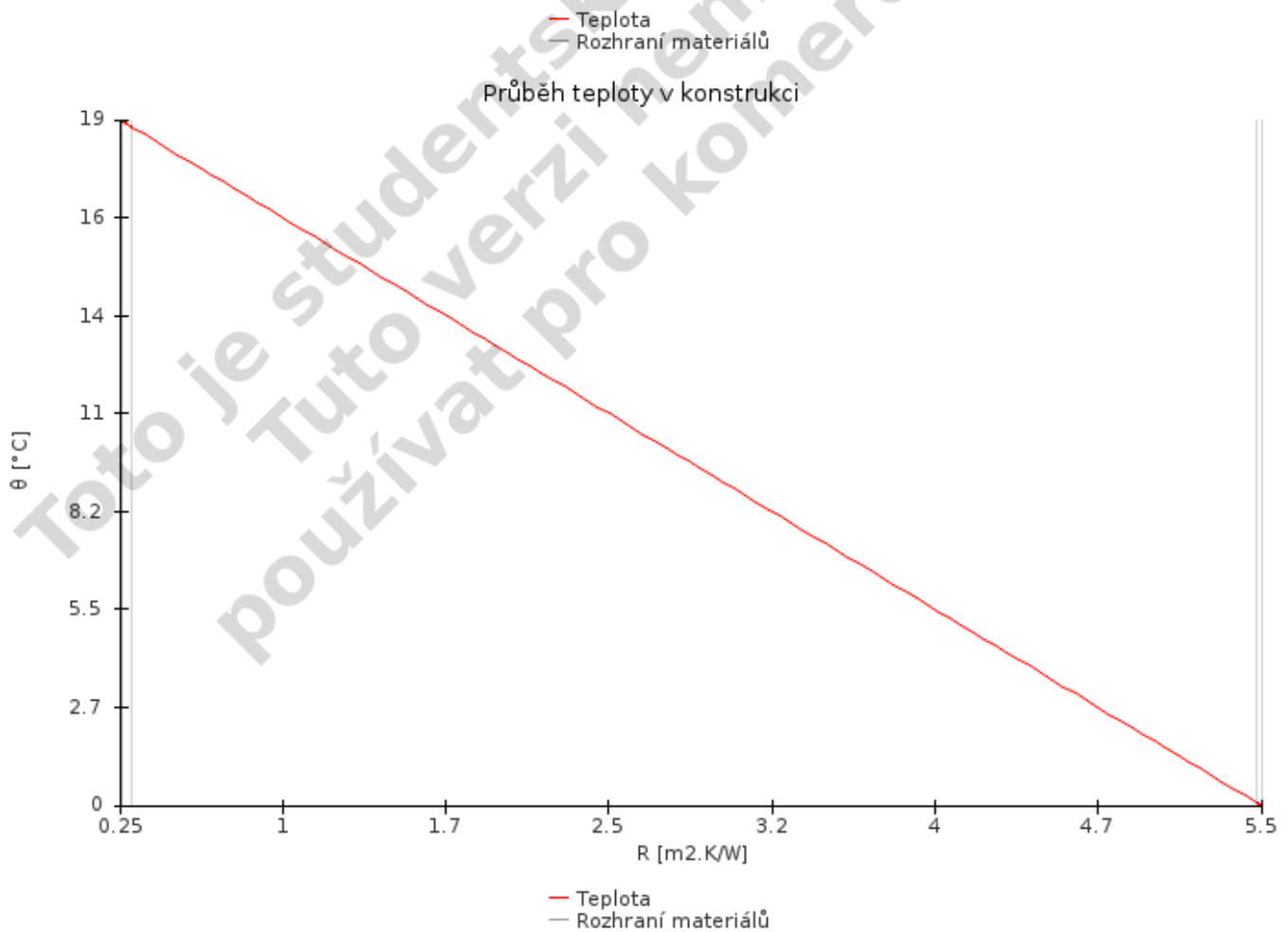
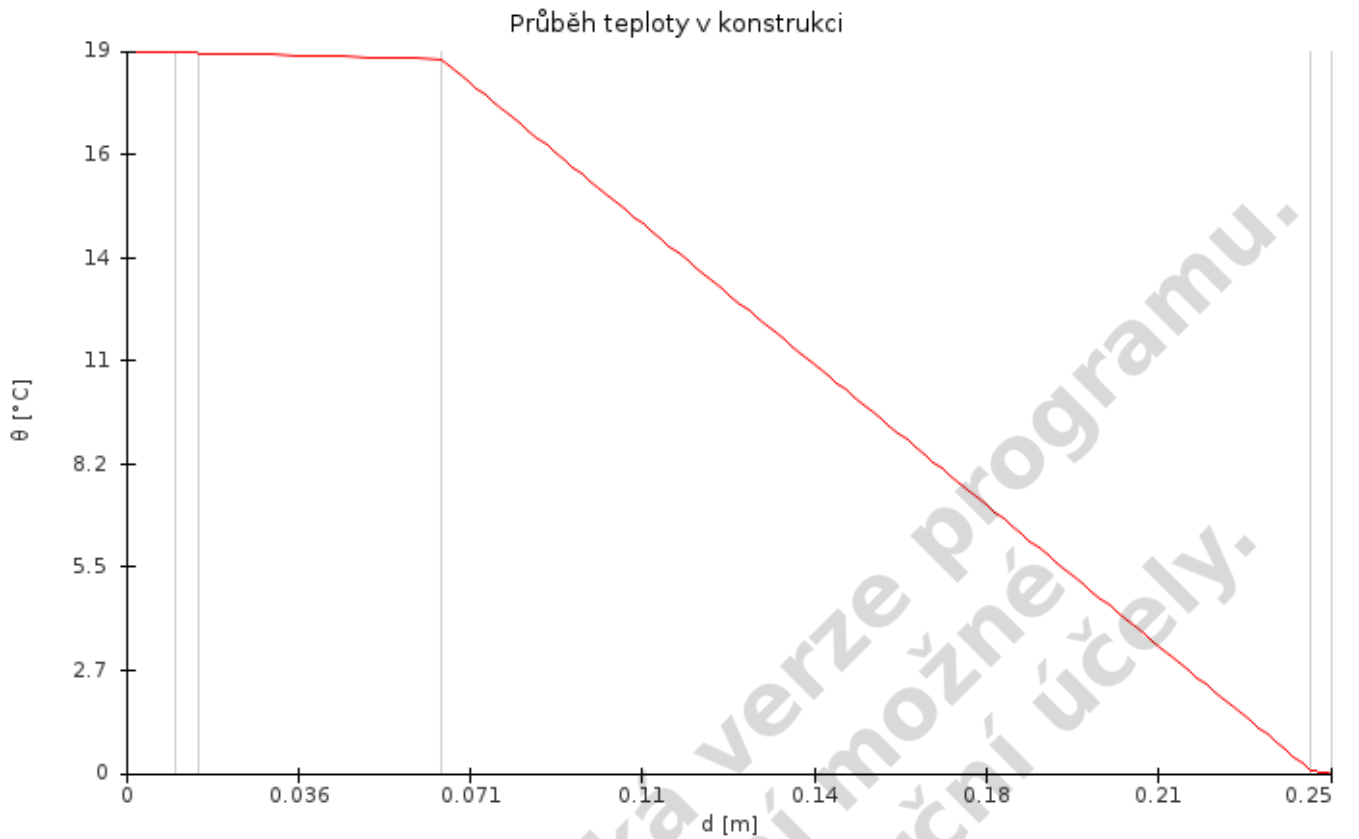
PDL(z)-1 - Podlaha

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

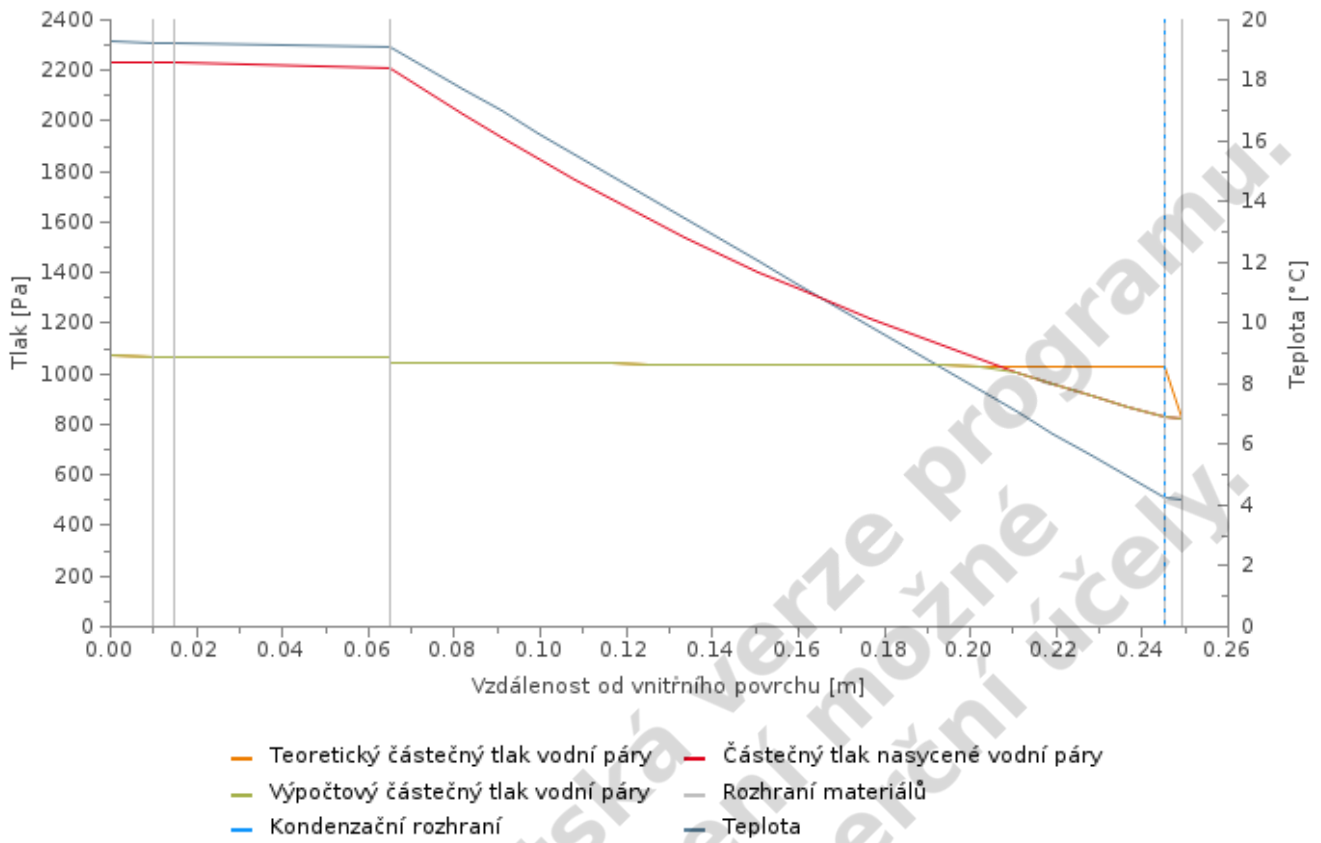


Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden



Příloha V

Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – obvodová stěna

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 2
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Druhou měřenou stavbou je taktéž jednopodlažní rodinný dům v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z dřevěných KLH panelů. Tento systém konstrukce má výhodu, že zde odpadají překlady nad otvory a tím je konstrukce celistvá a nedochází zde k přílišnému výskytu tepelných mostů. Dům má dřevěná okna s izolačním trojsklem. Střecha má sklon 25°, je sedlová z dřevěných vazníků, střešní krytina je keramická. Dům je založen na železobetonových pasech, na které navazuje základová železobetonová deska.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli

Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	

Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

STN-1: Obvodová stěna													
Vnitřní konstrukce:										NE			
Charakter konstrukce:										Stěna (vodorovný tepelný tok)			
Konstrukce dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou:										NE			
Konstrukce ve styku se zemínou:										NE			
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem			
Skladba konstrukce od interiéru:													
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu						
-	-	d	λ	λ_{ekv}	c	ρ	μ						
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]						
1	RIGIPS Sádrokartonová stavební deska RB (A)	0,0125	0,210	-	1 060	750	8,0						
2	Dřevo rostlé měkké - tepelný tok kolmo k vláknům; desky z rostlého dřeva	0,0900	0,180	-	2 510	400	157,0						
3	ISOVER Orsik	0,2500	0,040	-	800	30	1,0						
4	ETICS - lepicí malta k podkladu plnoplošně nanesená	0,0040	0,700	-	920	1 300	40,0						
5	Omítka vápenná	0,0020	0,880	-	840	1 600	6,0						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{si}	0,25	0,13	$\frac{m^2}{K/W}$				
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{se}	0,04	0,04	$\frac{m^2}{K/W}$				
Okrajové podmínky:													
Návrhová vnitřní teplota						θ_i	20,0	°C					
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:						θ_{ai}	20,0	°C					
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:						φ_i	50	%					
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:						$\Delta\varphi_i$	5	%					
Návrhová teplota venkovního vzduchu:						θ_e	-15,0	°C					
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:						φ_e	84	%					
Nadmožská výška budovy (terénu):						h	284	m.n.m.					
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):													
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$\theta_{e,m}$	[°C]	-2,1	-0,3	3,7	9,1	13,5	17,1	18,2	18,0	13,9	9,0	3,6	-0,2
$\varphi_{e,m}$	[%]	81	81	79	77	74	71	70	70	74	77	79	81
$\theta_{i,m}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\varphi_{i,m}$	[%]	46	49	52	58	64	71	74	73	65	57	51	49

Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{e,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu; $\varphi_{e,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti venkovního vzduchu; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.

Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:			
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,000	W/(m ² .K)
Odpor při prostupu tepla:	R_T	6,988	m ² .K/W
Součinitel prostupu tepla:	U	0,143	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,30	W/(m ² .K)
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,25	W/(m ² .K)

Hodnocení: Konstrukce STN-1: Obvodová stěna splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.

Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:

Podmínky na rozhraních mezi materiály:				
Rozhraní	Teplota	Částečný tlak vodní páry	Nasycený částečný tlak vodní páry	Rel.vlhkost vzduchu
-	[°C]	[Pa]	[Pa]	[-]
i - 1	18,8	1 285	2 165	59%
1 - 2	18,5	1 278	2 125	60%
2 - 3	16,0	174	1 819	10%
3 - 4	-14,8	153	168	91%
4 - 5	-14,8	139	168	83%
5 - e	-14,8	138	168	82%

Kondenzační zóny:			
Číslo zóny	Od	Do	Mn. zkond. vodní páry
[-]	[m]	[m]	[kg/(m ² .s)]
Bez kondenzace	-	-	-
Požadované maximální roční množství zkondenzované vodní páry:	$M_{c,N}$	0,000	kg/(m ² .a)
Roční množství zkondenzované vodní páry:	M_c	-	kg/(m ² .a)
Roční množství vypařitelné vodní páry:	M_{ev}	-	kg/(m ² .a)
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní		

Hodnocení: V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry

Pozn.: Výpočet byl proveden bez vlivu sluneční radiace a zabudované vlhkosti.

Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:

Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry: aktivní

Hodnocení: Konstrukce bez vnitřní kondenzace.

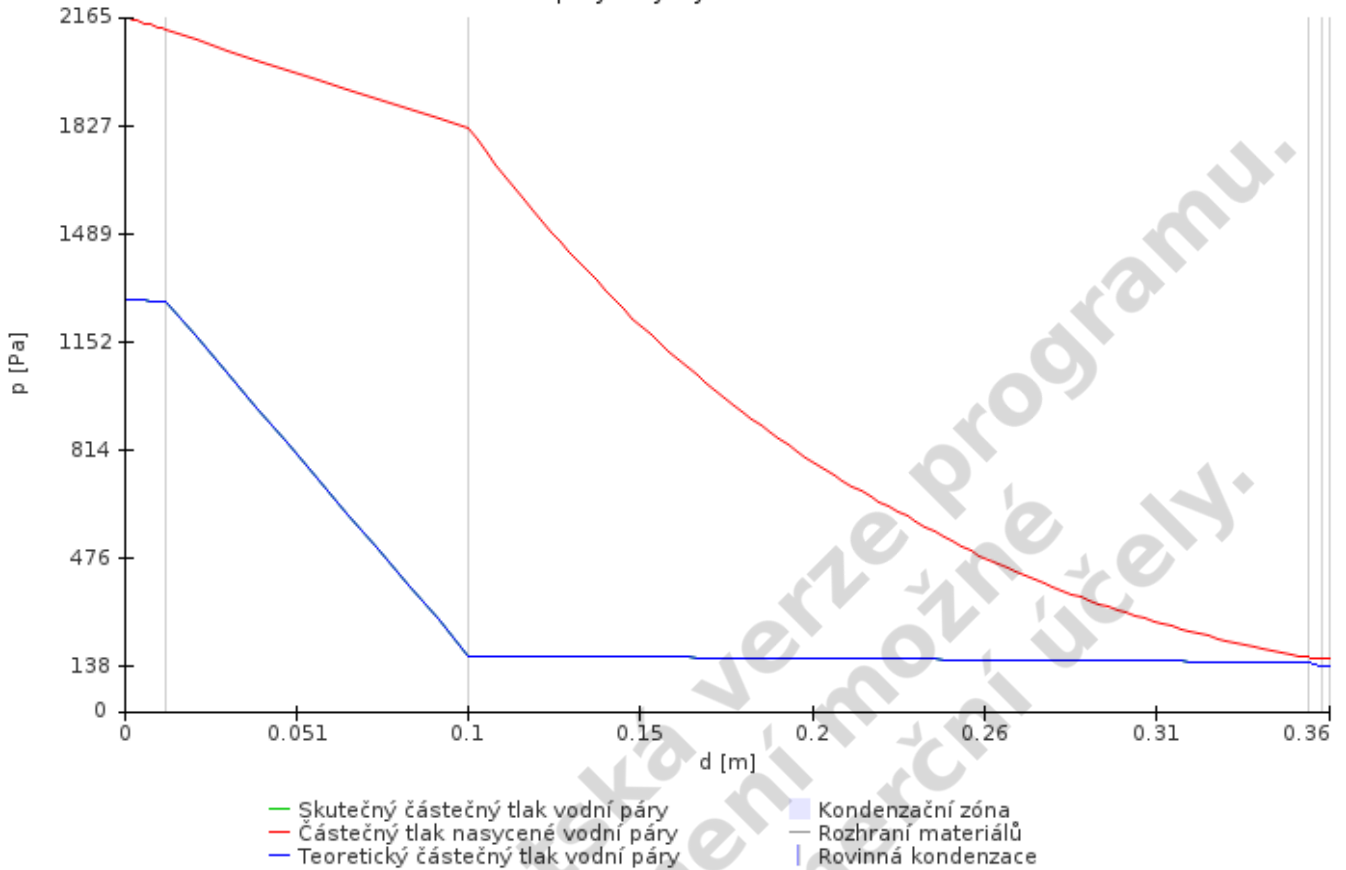
Poznámka ke konstrukci:

-

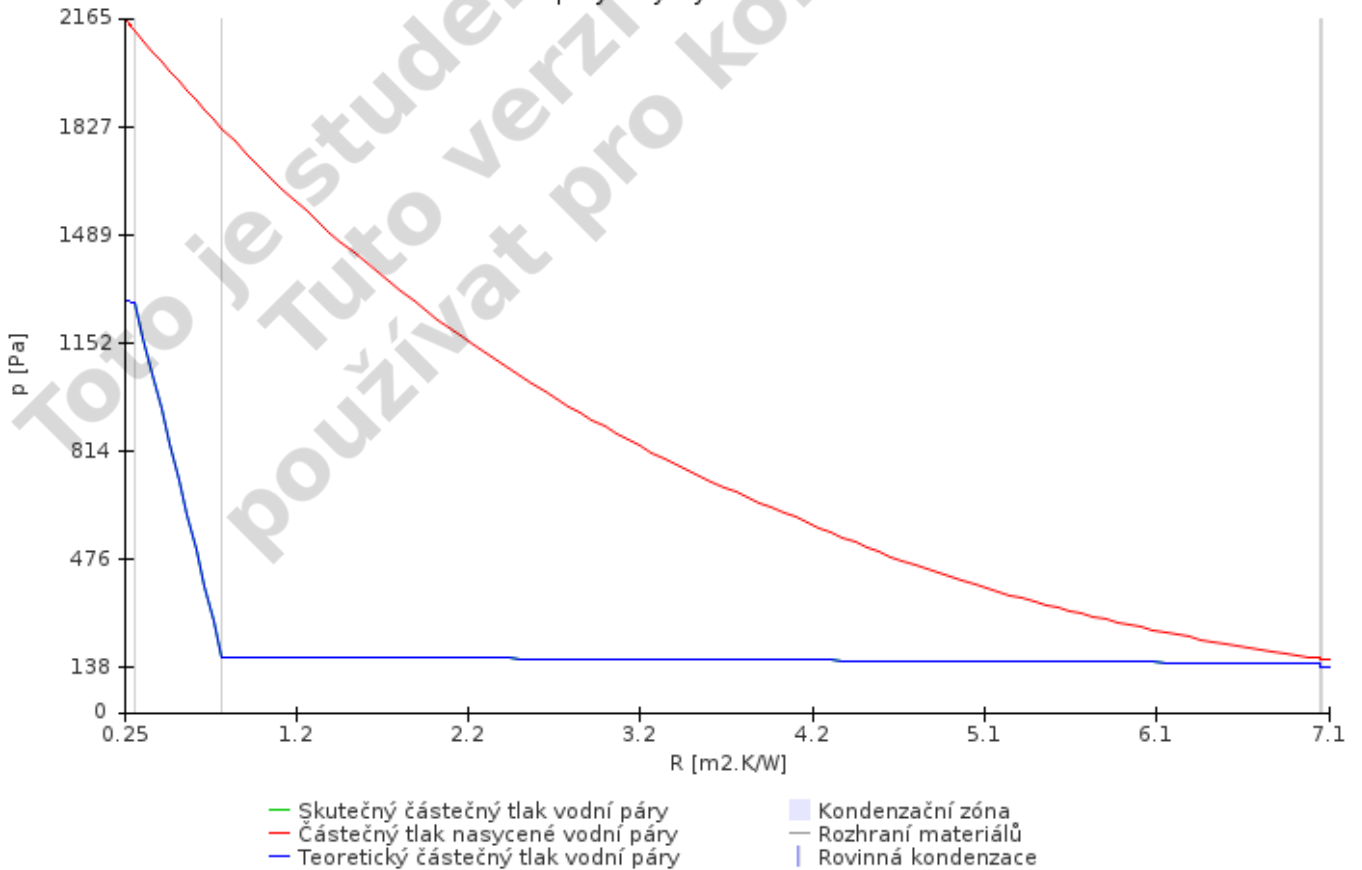
Toto je studentská verze programu.
Tuto verzi není možné
používat pro komerční účely.

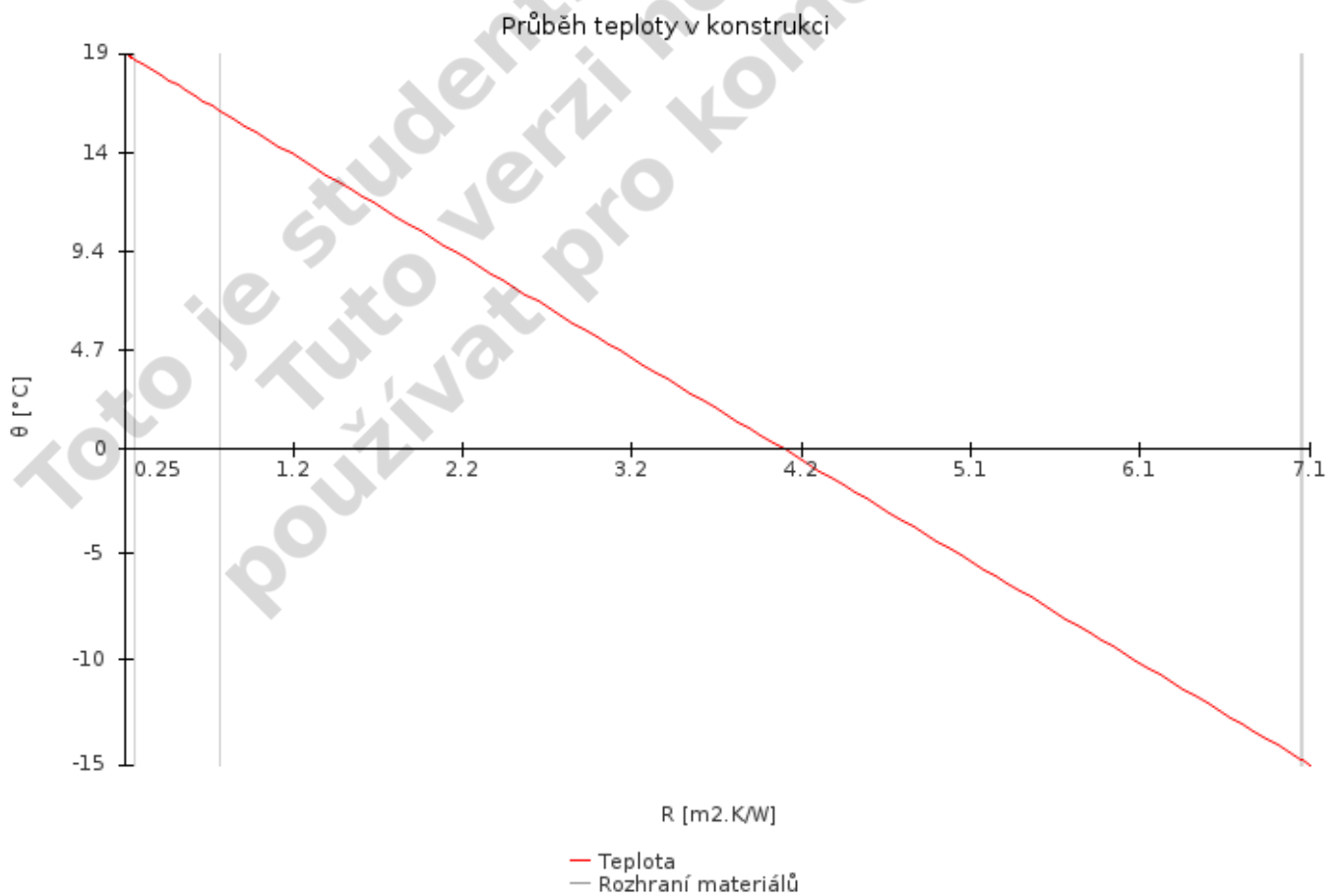
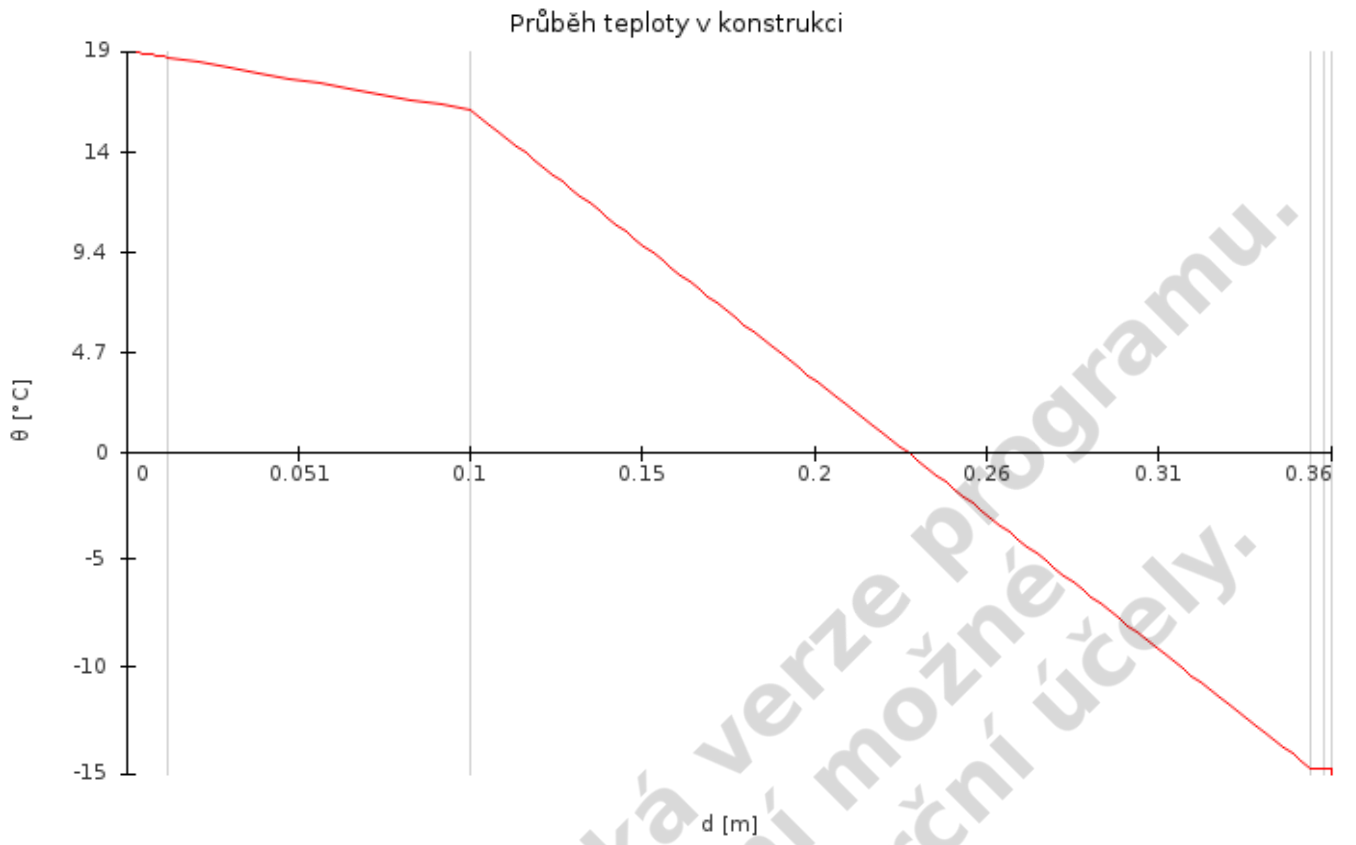
STN-1 - Obvodová stěna

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

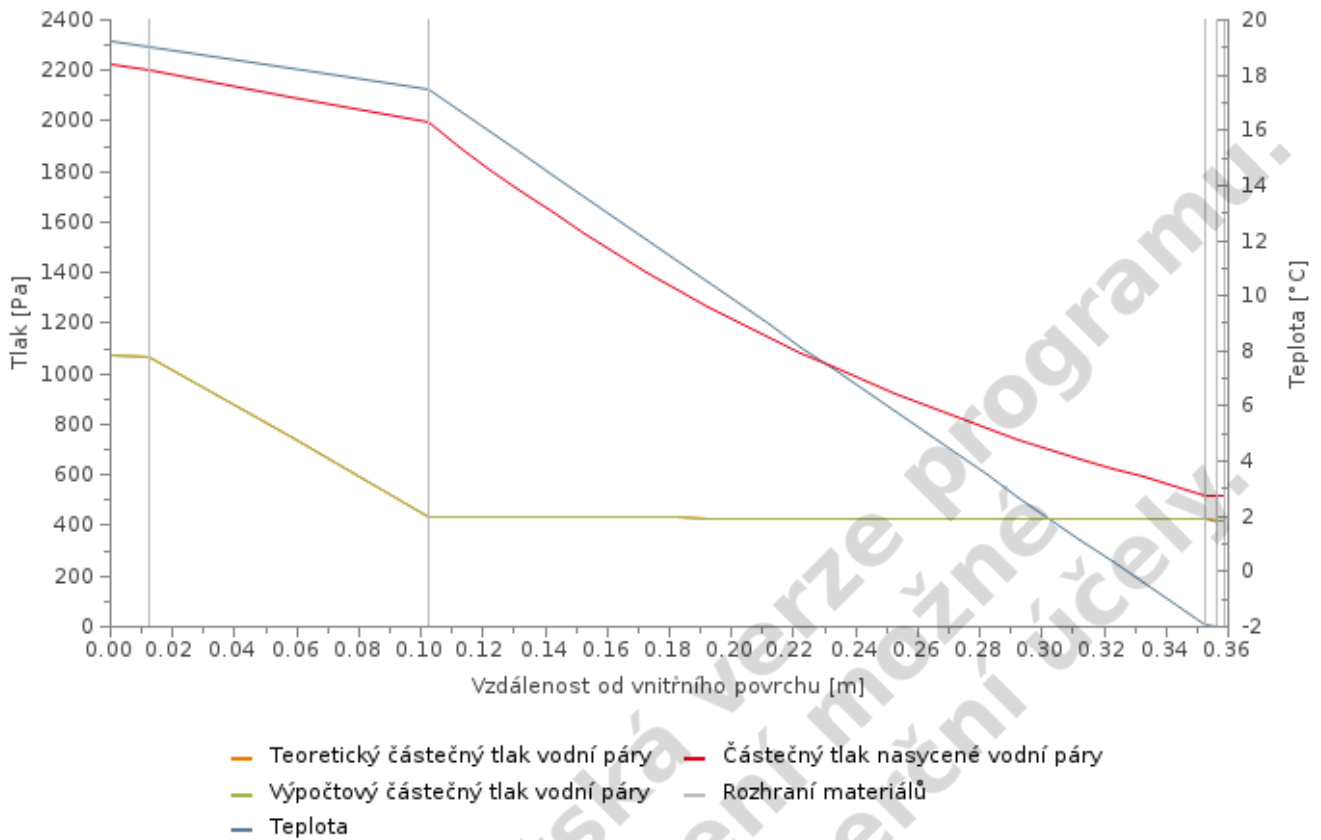


Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden



Příloha VI

Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – strop

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 2
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Druhou měřenou stavbou je taktéž jednopodlažní rodinný dům v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z dřevěných KLH panelů. Tento systém konstrukce má výhodu, že zde odpadají překlady nad otvory a tím je konstrukce celistvá a nedochází zde k přílišnému výskytu tepelných mostů. Dům má dřevěná okna s izolačním trojsklem. Střecha má sklon 25°, je sedlová z dřevěných vazníků, střešní krytina je keramická. Dům je založen na železobetonových pasech, na které navazuje základová železobetonová deska.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli

Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	

Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

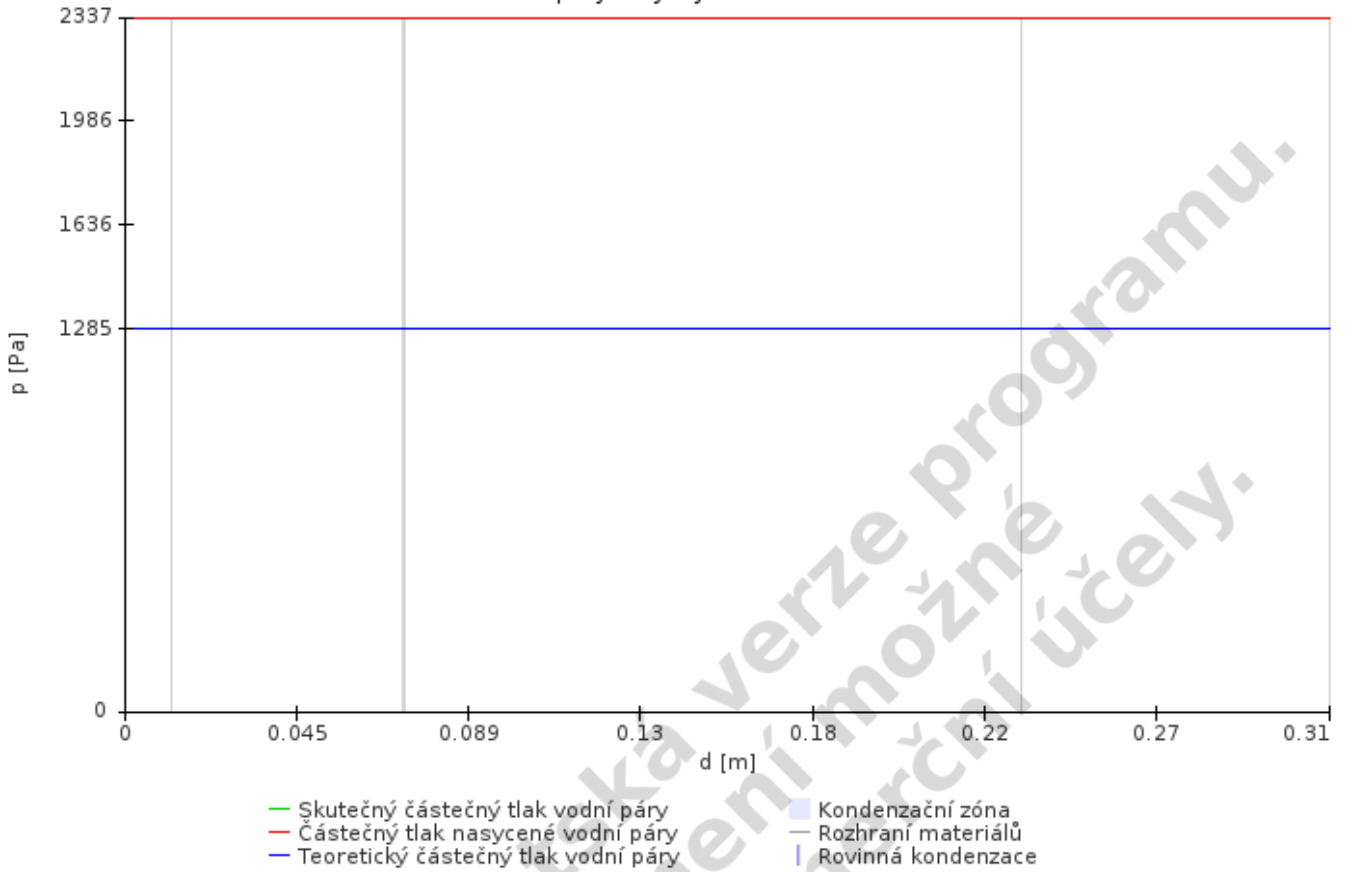
Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

STR-1: Strop													
Vnitřní konstrukce:										ANO			
Charakter konstrukce:										Strop nebo střecha (tepelný tok nahoru)			
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem			
Skladba konstrukce od interiéru:													
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu						
			λ	λ_{ekv}									
-	-	d	λ	λ_{ekv}	c	ρ	μ						
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]						
1	Sádrokarton	0,0125	0,220	-	1 060	750	9,0						
2	ISOVER Unirol Profi	0,0600	0,036	-	840	21	1,0						
3	Jutafol N AL	0,0002	0,390	-	1 700	850	18 772,0						
4	ISOVER Unirol Profi	0,1600	0,036	-	840	21	1,0						
5	ISOVER Unirol Profi	0,0800	0,036	-	840	21	1,0						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{si}	0,25	0,10	m ² .K/W				
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{se}	0,10	0,10	m ² .K/W				
Okrajové podmínky:													
Návrhová vnitřní teplota						θ_i	20,0	°C					
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:						θ_{ai}	20,0	°C					
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:						φ_i	50	%					
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:						$\Delta\varphi_i$	5	%					
Návrhová teplota vzduchu za konstrukcí:						$\theta_{i,e}$	20	°C					
Návrhová relativní vlhkost vzduchu za konstrukcí:						$\varphi_{i,e}$	55	%					
Návrhová teplota venkovního vzduchu:						θ_e	-15,0	°C					
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:						φ_e	84	%					
Nadmořská výška budovy (terénu):						h	284	m.n.m.					
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$\theta_{i,e,m}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\varphi_{i,e,m}$	[%]	46	49	52	58	64	71	74	73	65	57	51	49
$\theta_{i,m}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\varphi_{i,m}$	[%]	46	49	52	58	64	71	74	73	65	57	51	49
Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{i,e,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota za konstrukcí; $\varphi_{i,e,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti za konstrukcí; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.													

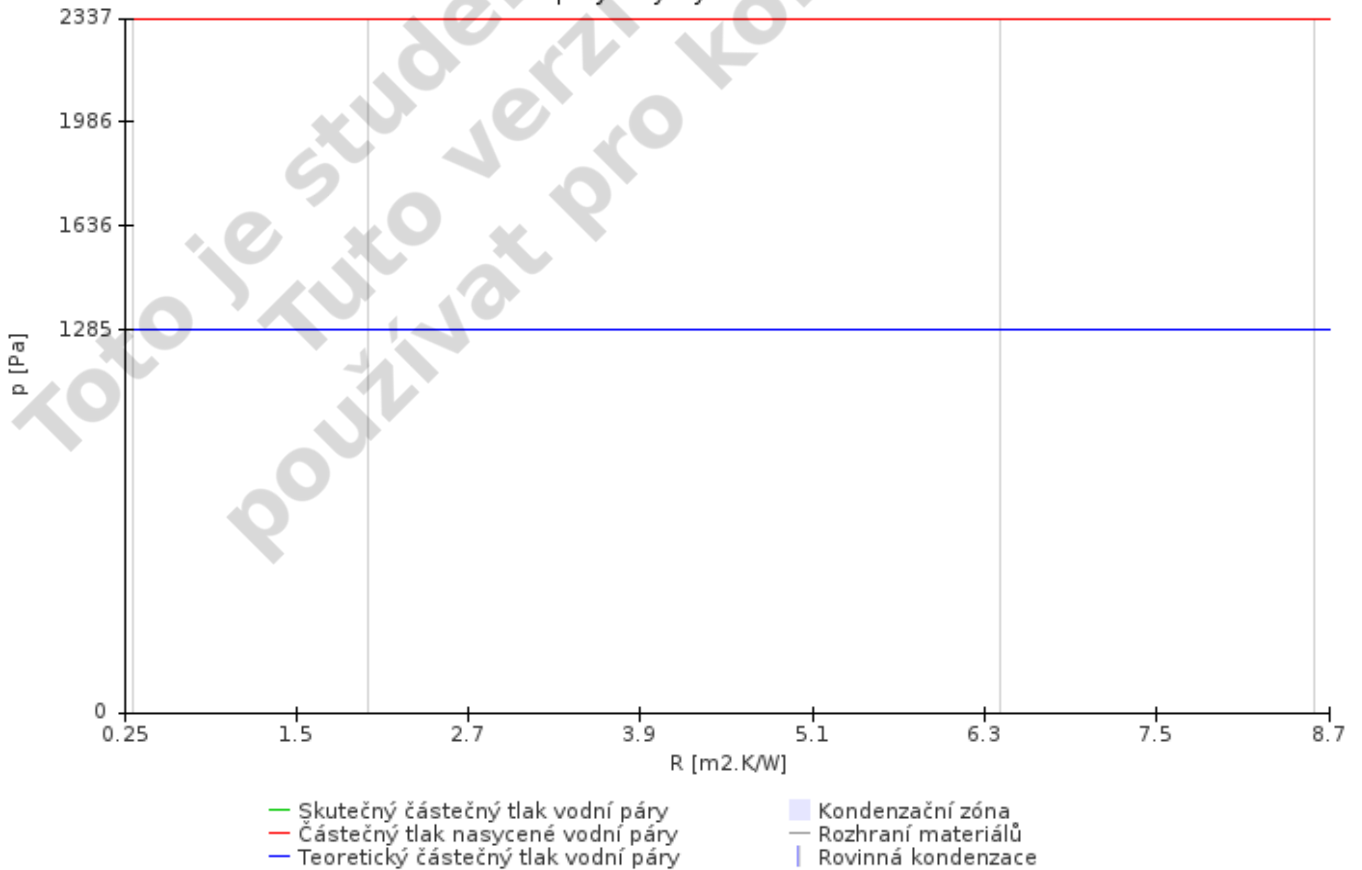
Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,000	W/(m ² .K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	8,591	m ² .K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,116	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,60	W/(m ² .K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,40	W/(m ² .K)	
Hodnocení:	Konstrukce STR-1: Strop splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:				
Podmínky na rozhraních mezi materiály:				
Rozhraní	Teplota	Částečný tlak vodní páry	Nasycený částečný tlak vodní páry	Rel. vlhkost vzduchu
-	[°C]	[Pa]	[Pa]	[-]
i - 1	20,0	1 285	2 337	55%
1 - 2	20,0	1 285	2 337	55%
2 - 3	20,0	1 285	2 337	55%
3 - 4	20,0	1 285	2 337	55%
4 - 5	20,0	1 285	2 337	55%
5 - e	20,0	1 285	2 337	55%
Kondenzační zóny:				
Číslo zóny	Od	Do	Mn. zkond. vodní páry	
[-]	[m]	[m]	[kg/(m ² .s)]	
Bez kondenzace	-	-	-	
<i>Postupem dle ČSN 73 0540-4 nelze pro tuto konstrukci stanovit bilanci vodních par. Pro vyhodnocení této bilance je potřeba použít výpočet dle ČSN EN ISO 13788.</i>				
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:			aktivní	
Hodnocení:	Konstrukce bez vnitřní kondenzace.			
Poznámka ke konstrukci:				
-				

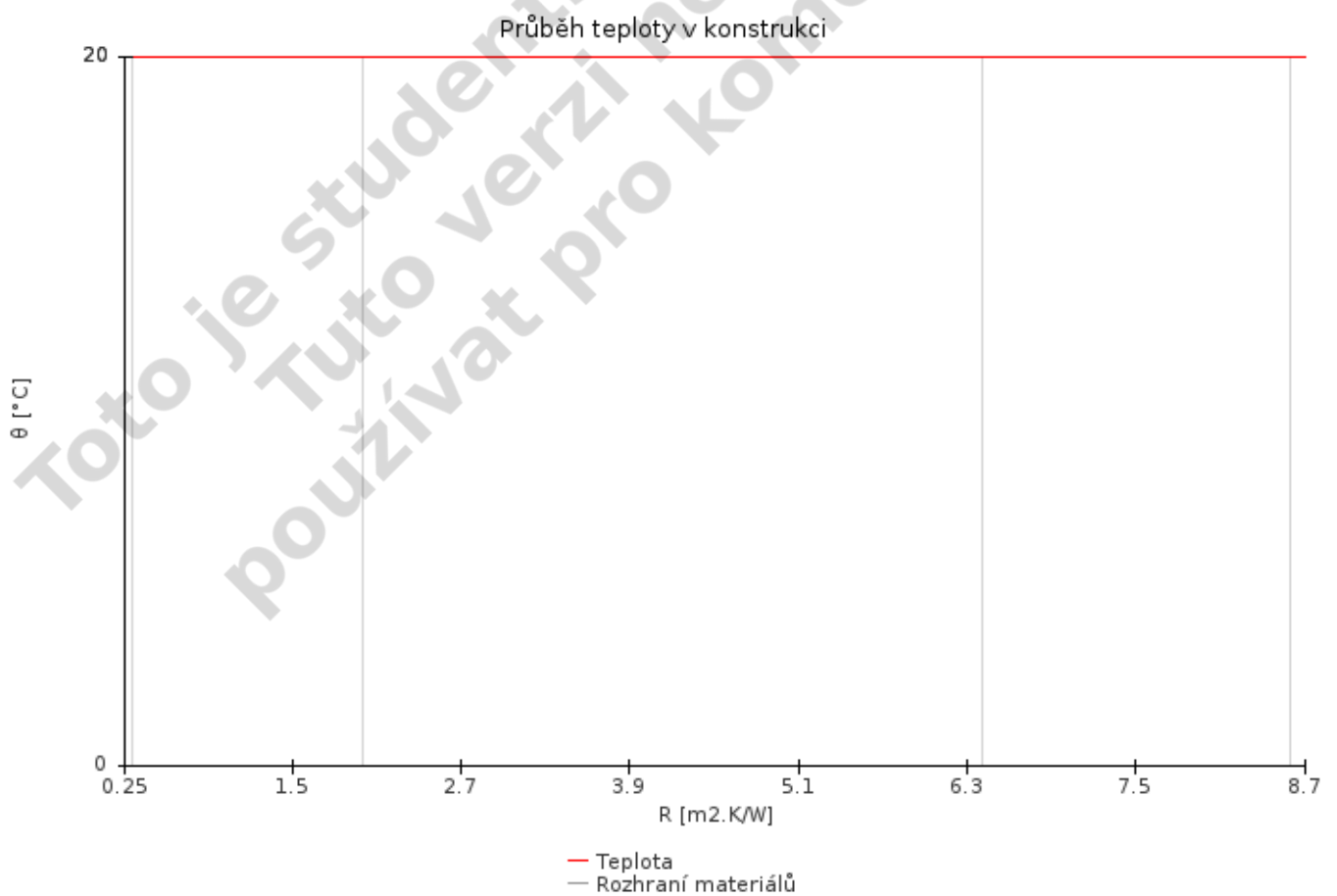
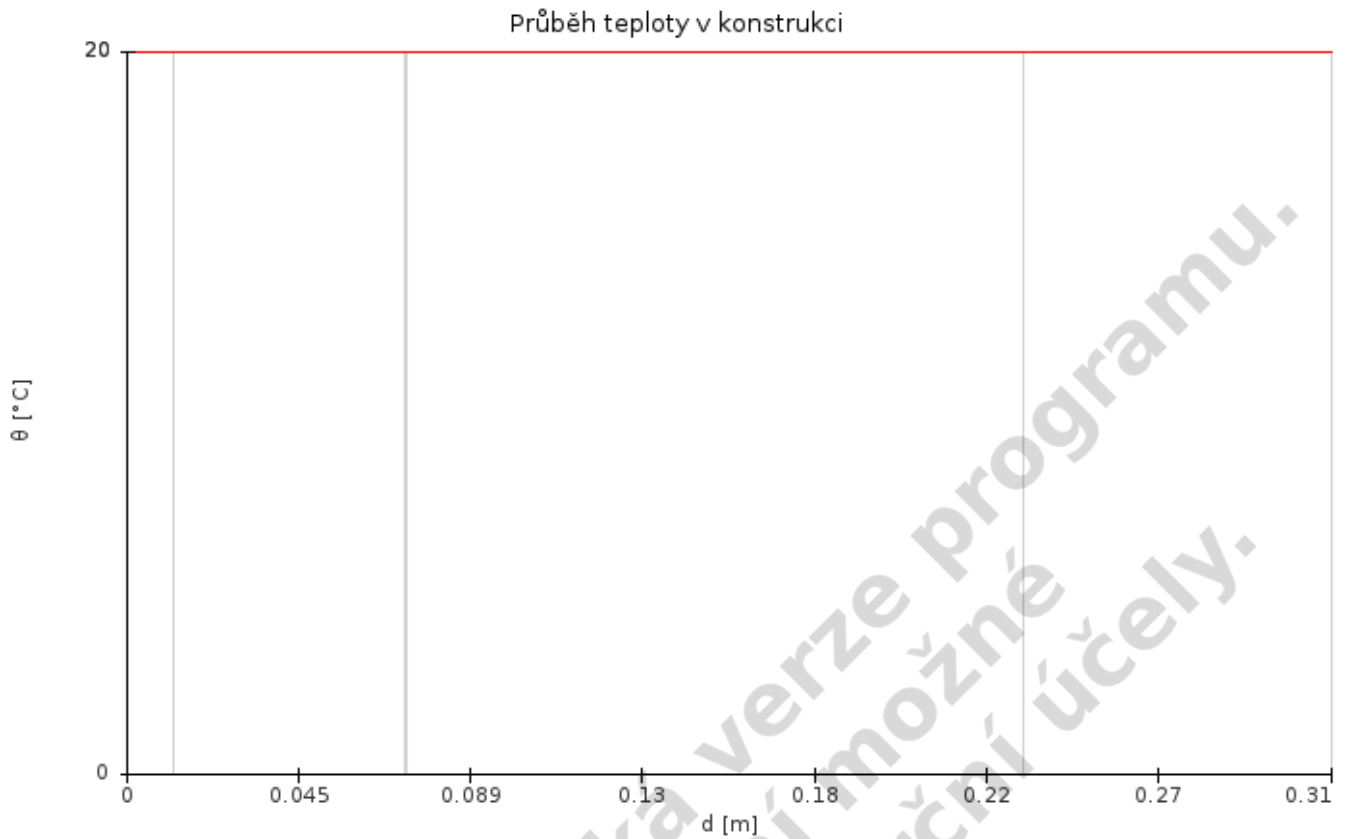
STR-1 - Strop

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

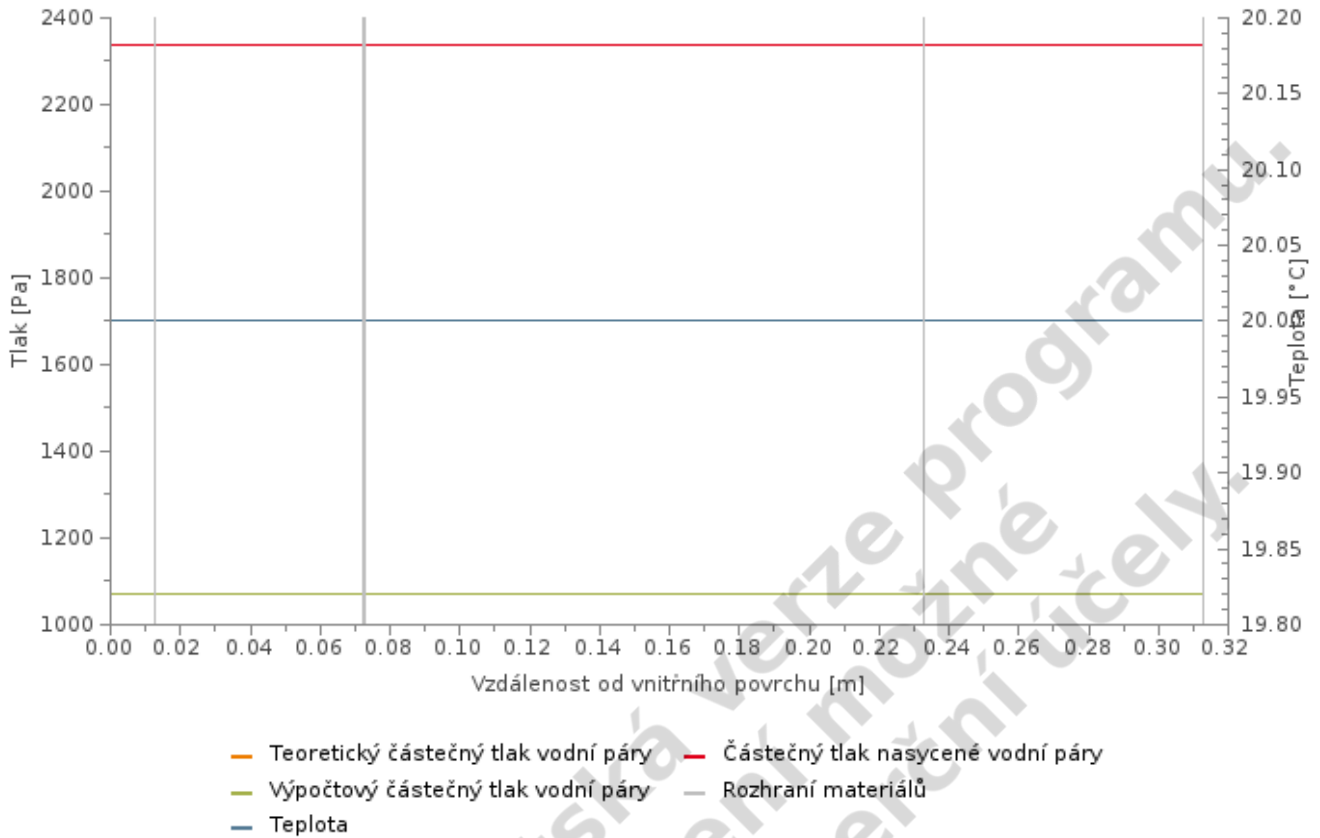


Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden



Příloha VII

Stavba 2 – Tepelně technické posouzení konstrukce – podlaha

TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE - Dle českých technických norem

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Identifikační údaje o budově

Název budovy:	Stavba 2
Ulice:	
PSČ:	
Město:	

Stručný popis budovy

Druhou měřenou stavbou je taktéž jednopodlažní rodinný dům v okrese Nový Jičín. Dům je postaven z dřevěných KLH panelů. Tento systém konstrukce má výhodu, že zde odpadají překlady nad otvory a tím je konstrukce celistvá a nedochází zde k přílišnému výskytu tepelných mostů. Dům má dřevěná okna s izolačním trojsklem. Střecha má sklon 25°, je sedlová z dřevěných vazníků, střešní krytina je keramická. Dům je založen na železobetonových pasech, na které navazuje základová železobetonová deska.

Seznam podkladů použitých pro hodnocení budovy

--

Identifikační údaje o zpracovateli



Název zpracovatele:	Anna Benešová
Ulice:	
PSČ:	
Město zpracovatele:	


Datum zpracování:	
-------------------	--

Informace o použitém výpočetním nástroji

Výpočetní nástroj:	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Verze:	3.1.9
Bližší informace na:	www.deksoft.eu

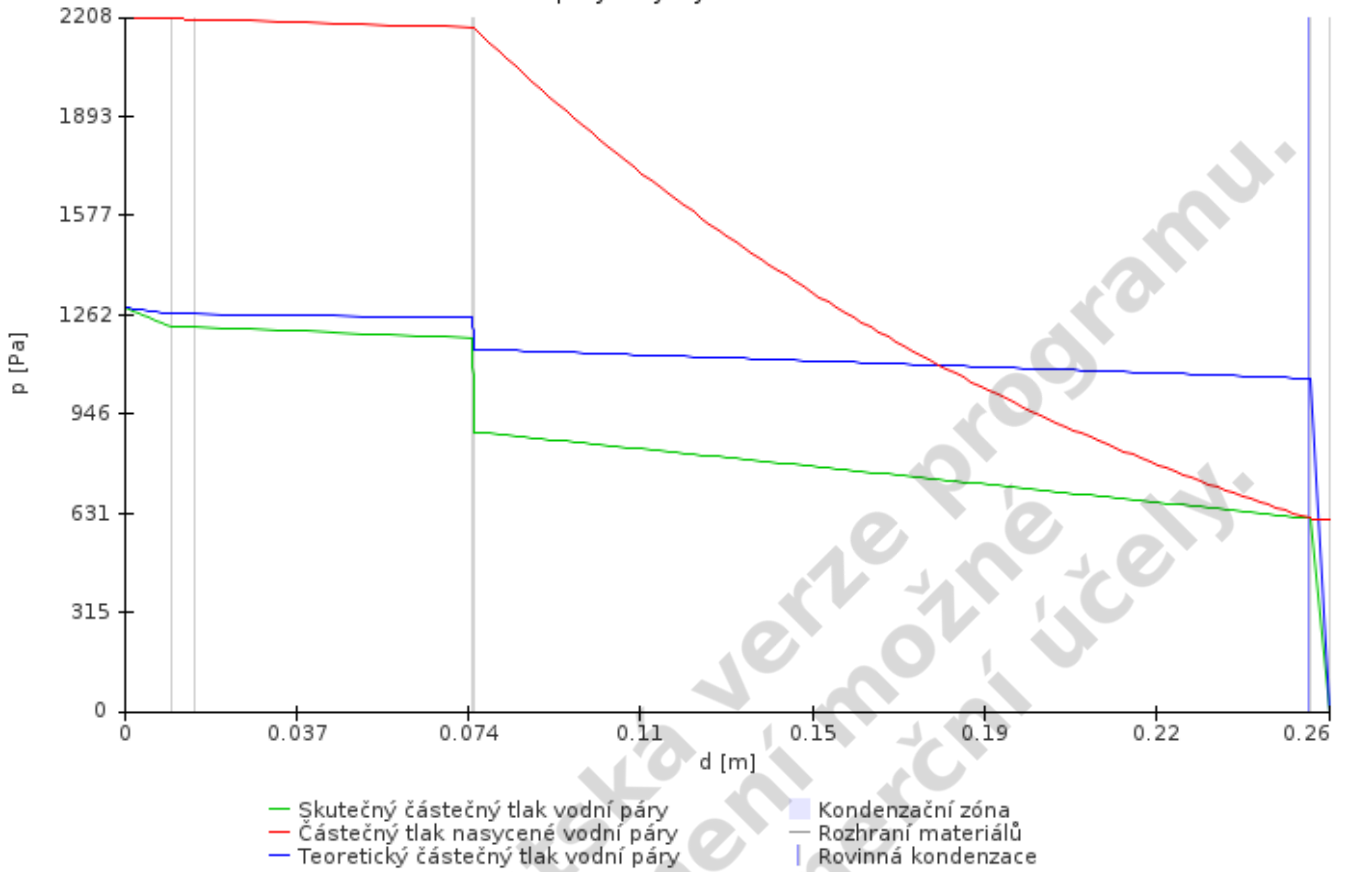
PDL(z)-1: Podlaha													
Vnitřní konstrukce:										NE			
Charakter konstrukce:										Podlaha (tepelný tok dolů)			
Konstrukce dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou:										NE			
Konstrukce ve styku se zemínou:										ANO (podlaha na terénu)			
Součinitel prostupu tepla stanoven:										výpočtem			
Skladba konstrukce od interiéru:													
č.	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti		Měrná tepelná kapacita	Objemová hmotnost	Faktor difuzního odporu						
			λ	λ_{ekv}									
-	-	d	λ	λ_{ekv}	c	ρ	μ						
-	-	[m]	[W/(m.K)]		[J/(kg.K)]	[kg/m ³]	[-]						
1	Keramická dlažba	0,0100	1,010	-	840	2 000	200,0						
2	Malta cementová, cementový potěr	0,0050	1,160	-	840	2 000	19,0						
3	Anhydritová směs	0,0600	1,200	-	840	2 050	20,0						
4	PE fólie	0,0001	0,350	-	1 470	1 200	100 000,0						
5	ISOVER EPS 150	0,1800	0,035	-	1 270	25	50,0						
6	Elastodek 40 Standard Mineral	0,0040	0,210	-	1 470	1 400	25 000,0						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{si}	0,25	0,17	m ² .K/W				
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (šíření vlhkosti / šíření tepla)						R_{se}	0,00	0,00	m ² .K/W				
Okrajové podmínky:													
Návrhová vnitřní teplota						θ_i	20,0	°C					
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:						θ_{ai}	20,0	°C					
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:						φ_i	50	%					
Bezpečnostní vlhkostní přírážka:						$\Delta\varphi_i$	5	%					
Návrhová teplota venkovního vzduchu:						θ_e	-15,0	°C					
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:						φ_e	84	%					
Nadmořská výška budovy (terénu):						h	284	m.n.m.					
Návrhová teplota zeminy v zimním období						θ_{gr}		°C					
Návrhová relativní vlhkost zeminy						φ_{gr}	100	%					
Okrajové podmínky (průměrné měsíční):													
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31	
$\theta_{gr,m}$	[°C]	4,2	3,3	4,2	6,2	8,9	11,1	12,9	13,4	13,3	11,3	8,8	6,1
$\varphi_{gr,m}$	[%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
$\theta_{i,m}$	[°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	

$\varphi_{i,m}$	[%]	46	49	52	58	64	71	74	73	65	57	51	49
<p>Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{gr,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota v zemině; $\varphi_{gr,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti v zemině; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\varphi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.</p>													
Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:													
Korekce součinitele prostupu tepla:									ΔU	0,000	W/(m ² .K)		
Odpor při prostupu tepla:									R_T	5,396	m ² .K/W		
Součinitel prostupu tepla:									U	0,185	W/(m².K)		
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:									U_N	0,45	W/(m ² .K)		
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:									U_{rec}	0,30	W/(m ² .K)		
Hodnocení	Konstrukce PDL(z)-1: Podlaha splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.												
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-4:													
Podmínky na rozhraních mezi materiály:													
Rozhraní	Teplota		Částečný tlak vodní páry		Nasycený částečný tlak vodní páry		Rel.vlhkost vzduchu						
-	[°C]		[Pa]		[Pa]		[-]						
i - 1	19,1		1 285		2 208		58%						
1 - 2	19,1		1 226		2 203		56%						
2 - 3	19,0		1 223		2 201		56%						
3 - 4	18,9		1 187		2 176		55%						
4 - 5	18,9		889		2 176		41%						
5 - 6	0,1		614		614		100%						
6 - e	0,0		0		611		0%						
Kondenzační zóny:													
Číslo zóny		Od		Do		Mn. zkond. vodní páry							
[-]		[m]		[m]		[kg/(m ² .s)]							
1		0,255		0,255		4.62e-9							
Postupem dle ČSN 73 0540-4 nelze pro tuto konstrukci stanovit bilanci vodních par. Pro vyhodnocení této bilance je potřeba použít výpočet dle ČSN EN ISO 13788.													

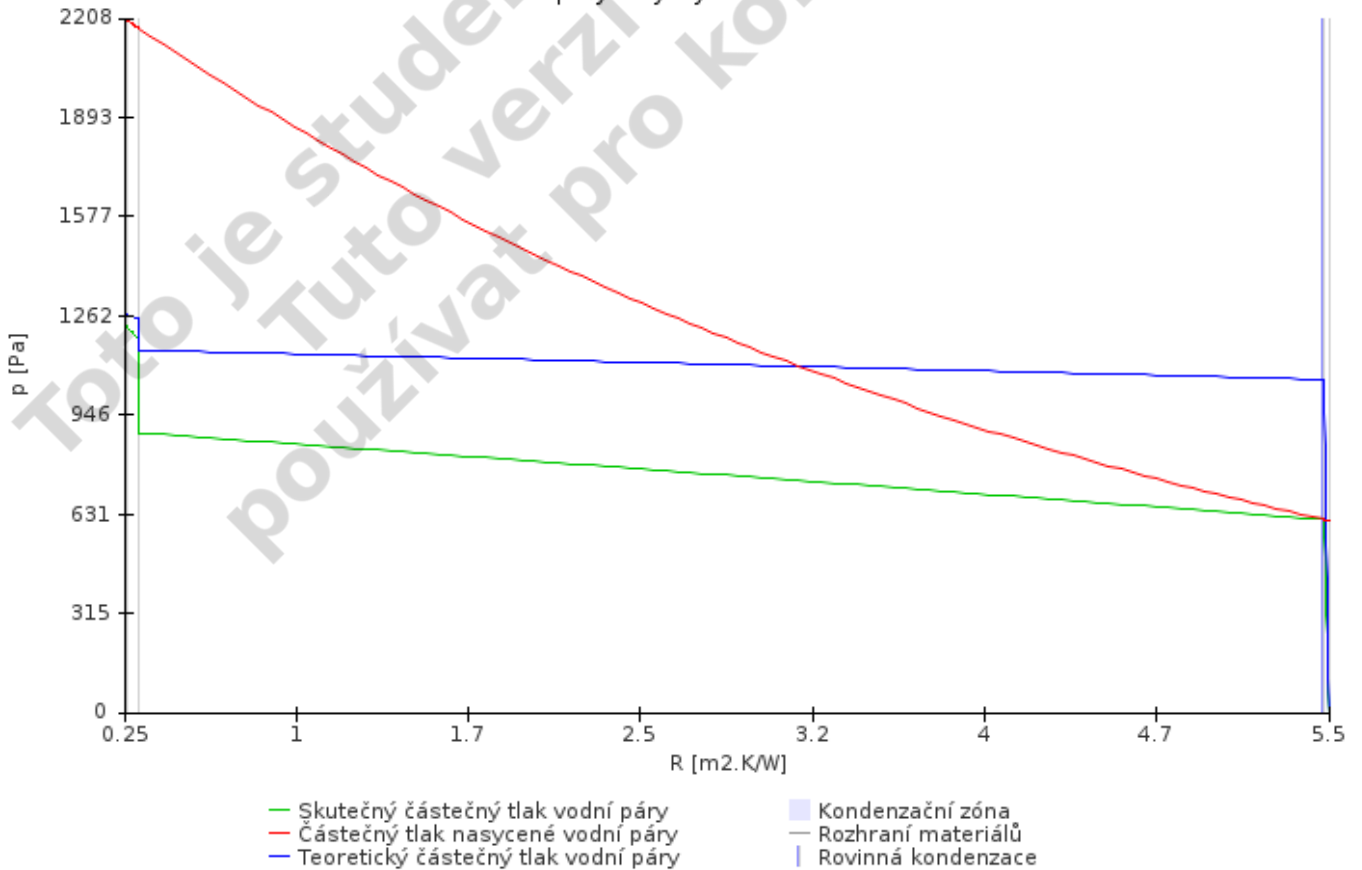
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:														
Měsíc	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1. rozhraní				Vzdálenost od vnitřního povrchu					x	0,2551	m			
g_c	[kg/m ²]	0,000	0,002	0,005	0,006	0,008	0,009	0,009	0,009	0,008	0,006	0,004	-0,000	
M_a	[kg/m ²]	0,000	0,002	0,006	0,012	0,020	0,029	0,039	0,047	0,055	0,061	0,065	0,065	
Povrchová kondenzace														
M_a	[kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Celkem														
M_a	[kg/m ²]	0,000	0,002	0,006	0,012	0,020	0,029	0,039	0,047	0,055	0,061	0,065	0,065	
Maximální roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci									$M_{c,N}$	0,000	kg/(m ² .a)			
Maximální množství kondenzátu v konstrukci									M_c	0,065	kg/(m ² .a)			
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:									pasivní					
Hodnocení:	Konstrukce v hodnocení neuspěla, v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, která se ani v příznivějších měsících nevypaří.													
Poznámka ke konstrukci:														
-														

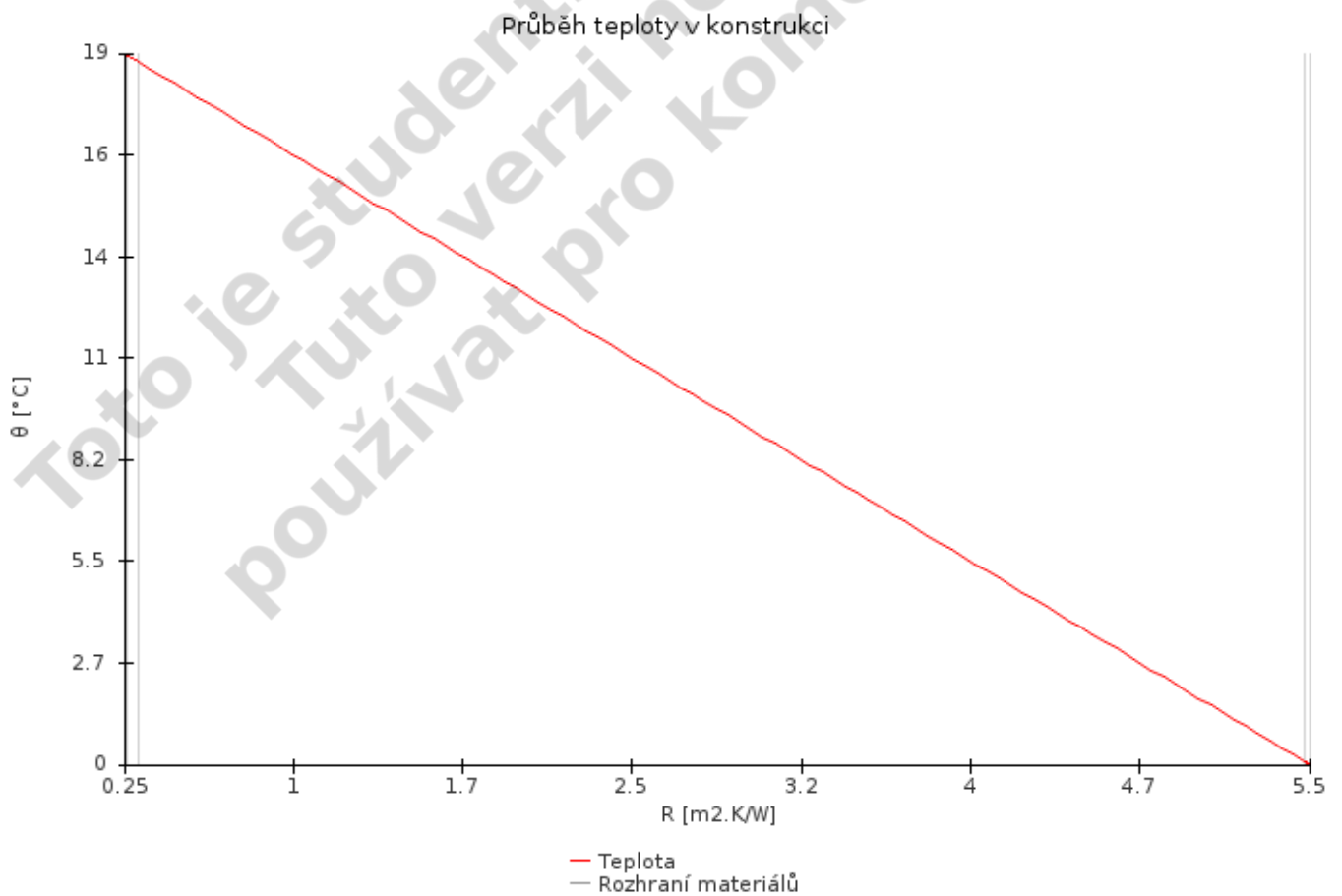
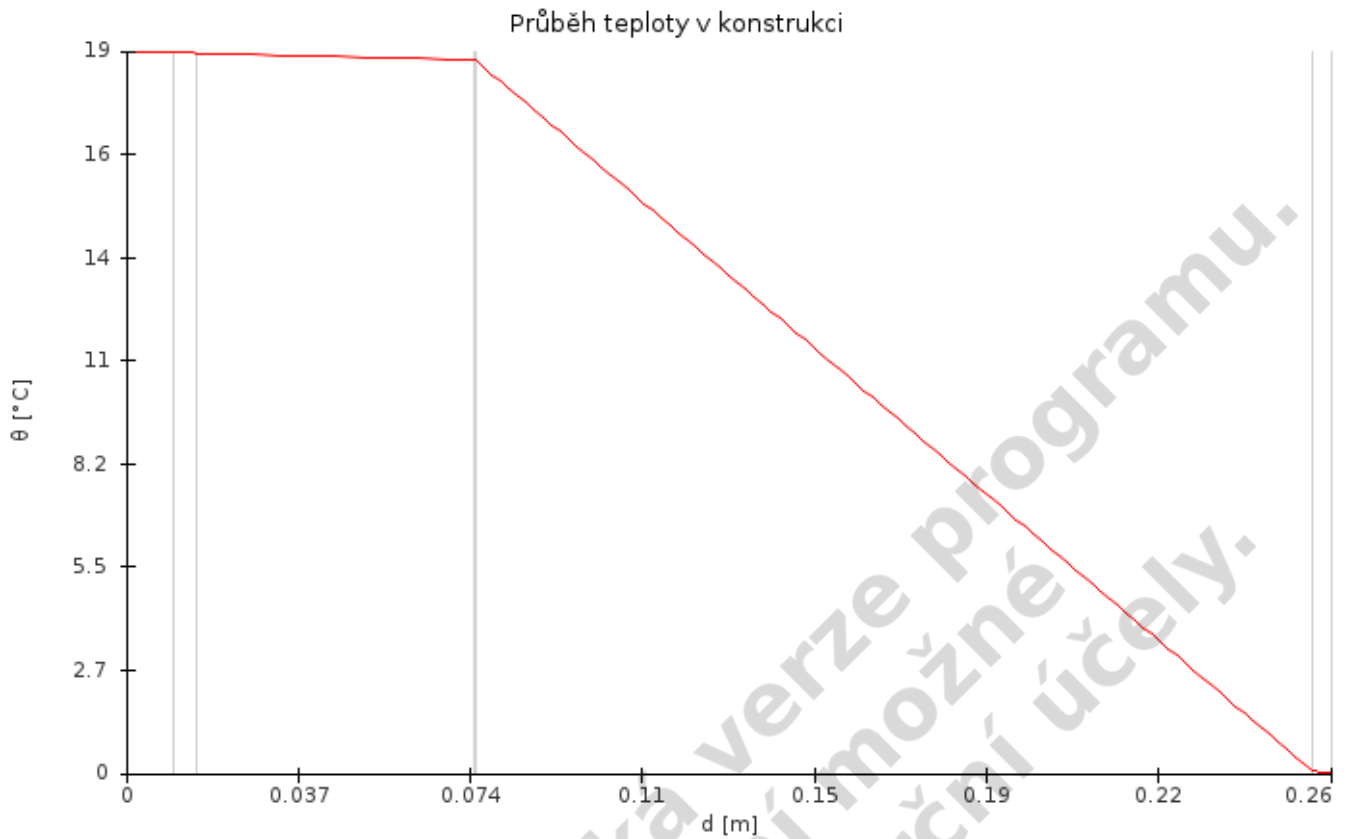
PDL(z)-1 - Podlaha

Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci



Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci





Průběh tlaků vodní páry a teploty v konstrukci - leden

