

Česká Zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Tepelné mosty konstrukcí staveb
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Autor práce: Lukáš Koukl

Praha 2013

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „*Tepelné mosty konstrukcí staveb*“ vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu“

V Praze, dne 6. dubna 2013

.....

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce, panu Prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc., za odborné vedení mé práce a za pomoc při získávání termografických snímků z nafocené stavby.

Abstrakt

V úvodní části bakalářské práce jsou charakterizovány základní parametry pro optimální podmínky interiéru obytných budov, jako například požadavky na kondenzaci vodní páry, podmínky průvzdušnosti, požadovaná tepelná jímavost podlahové konstrukce a tepelná stabilita z hlediska zimního a letního období. V kapitole „Definice, popis a výpočet vybraných příkladů tepelných mostů“ je popsána problematika týkající se tepelných mostů, jejich nejčastější místa výskytu podpořené termografickými snímky z terénu, výpočet vybraných příkladů a jejich dopad na energetickou náročnost na vytápění. Dále jsou popsány použité vzorce jak pro výpočet samotného součinitele prostupu tepla, tak pro výpočet s přírážkou zohledněných tepelných mostů. Další kapitola se věnuje prevenci proti vzniku a řešením vhodných metod pro již vzniklé, nejčastěji se objevující tepelné mosty. Finanční dopad na budovu vyhodnocuje předposlední kapitola. Práce je ukončena shrnutím, které by mohlo předejít případným budoucím těžkostem spojených s výstavbou.

Klíčová slova

Energie, stavba, tepelná bilance, úniky tepla, měření

Summary

In the first part of this paper describes the basic parameters for optimum conditions inside residential buildings, such as the requirements for the condensation of water vapor, air permeability conditions, the required thermal capacity of the floor structure and thermal stability in terms of winter and summer seasons. In the chapter "Definition, description, and selected examples of calculation of heat bridges" is described problems related to thermal bridges, the most common sites of supported thermo-graphic images of the terrain and the calculation of selected examples and their impact on energy demand for heating. Further describes how the formula used for computing the heat transfer coefficient and for calculating surcharge reflected heat bridges. Another chapter is devoted to prevention and solution of appropriate methods for already existing, mostly occurring heat bridges. The financial impact of the building evaluates the penultimate chapter. Work is completed summary, which could prevent any future difficulties associated with construction.

Key words

Energy, construction, heat balance, heat dissipation, measurement

1. Úvod	1
2. Výpočet zimní tepelné bilance	2
<i>2.1 Základní požadavky na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov</i> ..	<i>2</i>
<i>2.2 Seznam norem pro hodnocení tepelné bilance a tepelných mostů:</i>	<i>9</i>
<i>2.3 Výpočet prostupu tepla u naměřeného domu</i>	<i>10</i>
2.3.1 Potřeba tepla (W)	11
3. Definice, popis a výpočet vybraných příkladů tepelných mostů	14
3.1. Definice	14
3.1.1 Rozdělení tepelných mostů:	14
3.1.2 Lokalizace tepelných mostů	17
3.2 Popis tepelných mostů	19
3.2.1 Tepelný most – základový pas	19
3.2.2 Tepelný most – styk schodiště se základovou deskou	20
3.2.3 Tepelný most – styk vnitřní příčky se základovou deskou	20
3.2.4 Tepelný most – styk stropní desky, podesty schodiště, vnitřní příčky s obvodovou stěnou	20
3.2.5 Tepelný most – balkóny a terasy	21
3.2.6 Tepelný most – komín, krb	21
3.2.7 Tepelné vazby - styk střešní konstrukce s obvodovým zdívem	21
3.2.8 Tepelný most – hřeben střechy.....	22
3.2.9 Tepelná vazba/tepelný most – krokve, atika ploché střechy	22
3.2.10 Tepelný most – osazení oken	23
3.2.11 Tepelný most – vnější parapet francouzských oken.....	24
3.2.12 Tepelné mosty - ukázky z terénu.....	24
3.3 Výpočet vybraných příkladů tepelných mostů	26
3.3.1 Požadavky	26
3.3.2 Výpočet	27
4. Metodika měření základních parametrů	31
<i>4.1 Prostupu tepla obálkou budovy:</i>	<i>31</i>
<i>4.2 Tepelnou ztrátu prostupem s vlivem dvourozměrných tepelných mostů</i>	<i>32</i>
5. Výběr vhodných metod zlepšení tepelné bilance	33
<i>5.1 Izolace a tepelné mosty</i>	<i>33</i>
<i>5.2 Skladba materiálů určuje kvalitu bydlení</i>	<i>34</i>
<i>5.3. Možné metody eliminace tepelných mostů u konkrétních případů konstrukce</i>	<i>34</i>

5.3.1Řešení zmíněných tepelných mostů:	34
6. Ekonomické zhodnocení	37
6.1 Finanční otázka.....	37
7. Závěr a doporučení pro praxi	39
8. Seznam použité literatury:	40

1.Úvod

V současné době je v rámci snižování ekologické zátěže napříč celým světem kladen důraz na minimalizaci spotřeby energie. Ve stavebnictví se s ním setkáme v podobě stále se zpřísnujících nároků na spotřebu energetické náročnosti staveb potřebné k výrobě stavebních materiálů a prvků, na samotnou výstavbu, na energetickou náročnost v průběhu jejího užívání i na její následnou likvidaci. V rámci energetické náročnosti staveb v průběhu užívání se v současnosti nachází řešení v podobě nízkoenergetických a pasivních domů, které až na jejich vyšší počáteční investice při výstavbě nabízejí výhodu z hlediska menších nákladů na provoz a údržbu a z toho vyplývající menší zátěž na životní prostředí.

Předkládaná bakalářská práce řeší ekologickou zátěž při provozu budovy v podobě úniků tepla tepelnými mosty a u každého příkladu tepelného mostu jeho dopad na energetickou náročnost na vytápění.

2. Výpočet zimní tepelné bilance

Je známo, že v našich klimatických podmínkách je zajišťování požadovaného tepelného stavu vnitřního prostředí budov spojeno s přívodem energie k pokrytí tepelných ztrát budov (zimní období), popř. k eliminování tepelné zátěže budov (letní období).

Tepelné ztráty budov souvisejí mj. s tepelně technickými vlastnostmi budov. Tato souvislost je charakterizována takto: čím jsou tepelně technické vlastnosti lepší, tím menší jsou tepelné ztráty a energie spotřebovaná pro vytápění. Ale nejen to - zmenšují-li se tepelné ztráty budov, zmenšují se i nároky na dimenze otopných zařízení a tepelné zdroje. Úspora energie znamená také zmenšení škodlivých emisí pronikajících do ovzduší a vznikajících při výrobě tepla spalovacími procesy, takže zlepšení tepelně technických vlastností budov přispívá rovněž ke zlepšování životního prostředí. [2]

2.1 Základní požadavky na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov

Základními požadavky na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov rozumíme požadavky, které zajišťují požadovaný tepelný stav vnitřního prostředí budov. Ten je nutný z hlediska tepelné pohody lidí pobývajících v budovách, hygienického a zdravého bydlení a ve výrobních budovách k zajištění výroby požadované kvality.

Není-li zajištěn požadovaný tepelný stav vnitřního prostředí v budovách, pak v nich dochází nejen k nepohodě, hygienickým a zdravotním problémům, popř. k výrobě zmetků, ale často i k poruchám stavebních konstrukcí nebo jejich některých vrstev. A tudíž ke zmenšení jejich životnosti a také ke znehodnocení předmětů vnitřního vybavení místností a budov. [2]

Znehodnocení očekávané funkční způsobilosti stavebních konstrukcí znamená mj. také zvětšení tepelné ztráty a spotřeby tepla při vytápění, tedy zvětšení nákladů na provoz budovy.

Aby se předešlo vzniku uvedených problémů, musí mít stavební konstrukce a budovy takové tepelně technické vlastnosti, které zajišťují, že (viz ČSN 73 0540):

- a) na jejich vnitřním povrchu nedochází ke kondenzaci vodní páry

- b) nedochází k vnitřní kondenzaci vodní páry, popř. jen v množství, které neohrožuje jejich funkční způsobilost po dobu předpokládané životnosti
- c) neprůsvitné konstrukce mají dostatečný odpor při průvzdušnosti a jejich styky, spáry a spoje jsou vzduchotěsné,
- d) spáry a styky výplně mají průvzdušnost ne větší, než je nutná z hlediska požadované intenzity výměny vzduchu při požadované infiltraci; v případě, že jsou prostory budovy klimatizovány nebo se uskutečňuje v budově nucená výměna vzduchu. Pak i tyto styky, spáry a spoje mají být vzduchotěsné,
- e) podlahové konstrukce mají na vnitřním povrchu požadovanou teplotu a vnitřní povrchová vrstva (povrchové vrstvy) požadovanou tepelnou jímavost,
- f) místnost (budovy) mají požadovanou tepelnou stabilitu z hlediska zimního období, uvažuje-li se přerušovaný způsob vytápění,
- g) místnost (budovy) mají požadovanou tepelnou stabilitu z hlediska letního období, nejsou-li klimatizovány. [2]

Ad a) Nemá-li docházet ke kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu stavební konstrukce a jejich částí (zejména se to týká tepelných mostů), musí být na jejich povrchu teplota vyšší než je teplota rosného bodu.

V zimním období musí konstrukce (stavební konstrukce a výplně otvorů) v prostorách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu φ_i vykazovat v každém místě vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} podle vztahu: [2] [3]

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} \quad (2.1)$$

kde $\theta_{si,N}$ je požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty, stanovená ze vztahu:

$$\theta_{si,N} = \theta_{si,cr} + \Delta\theta_{si} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (2.2)$$

kde $\theta_{si,cr}$ je kritická vnitřní povrchová teplota, při které by vnitřní vzduch s navrhovanou teplotou θ_{ai} a navrhovanou relativní vlhkostí φ_i podle ČSN 73 0540-3 a ČSN 73 0540-4 dosáhl kritické vnitřní povrchové vlhkosti $\varphi_{si,cr}$. Hodnoty kritických vnitřních povrchových teplot $\theta_{si,cr}$ pro požadované vnitřní povrchové vlhkosti $\varphi_{si,cr}$ ve

výši 80 % a 100 % jsou v tabulkách ČSN 73 0540-3, výpočtový postup jejich stanovení je zahrnut v ČSN 73 0540-4. Pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost $\varphi_{si,cr} = 100\%$ představuje kritickou vnitřní teplotu $\theta_{si,cr}$ teplota rosného bodu ($^{\circ}\text{C}$),

$\varphi_{si,cr}$ - kritická vnitřní povrchová vlhkost, tedy relativní vlhkost vzduchu bezprostředně při vnitřním povrchu konstrukce, která nesmí být pro danou konstrukci překročena. Pro stavební konstrukce (stěny, střechy, stropy a podlahy, tj. konstrukce kromě výplně otvorů) je kritická vnitřní povrchová vlhkost $\varphi_{si,cr} = 80\%$. Pro výplně otvorů (okna, světlíky, dveře, vrata, střešní poklopy a osvětlovací část zasklených nebo lehkých obvodových konstrukcí) je kritická vnitřní povrchová vlhkost $\varphi_{si,cr} = 100\%$,

φ_i - návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu, stanovená pro budovu nebo její ucelenou část pro požadované užívání podle ČSN 73 0540-3. Kromě prostorů s vlhkými a mokřými provozy je uvažováno $\varphi_i = 50\%$,

θ_{ai} - návrhová teplota vnitřního vzduchu, stanovená pro budovu nebo její ucelenou část pro požadované užívání podle ČSN 73 0540-3 ($^{\circ}\text{C}$),

$\Delta\theta_{si}$ - bezpečnostní teplotní přírážka, zohledňující způsob vytápění vnitřního prostředí a tepelnou setrvačnost konstrukce (stavební konstrukce a výplně otvorů, stanovená pro stavební konstrukce (stěny, střechy, stropy a podlahy, tj. konstrukce kromě výplně otvorů) z tab.1 a pro výplně otvorů (okna, světlíky, dveře, vrata, střešní poklopy a osvětlovací část zasklených nebo lehkých obvodových konstrukcí) z tab. 2 ($^{\circ}\text{C}$). [2]

Tab.1 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přírážky pro stavební konstrukce $\Delta\theta_{si}$

Způsob vytápění	Stavební konstrukce	
	těžká	lehká
	Bezpečnostní teplotní přírážka $\Delta\theta_{si}$ ($^{\circ}\text{C}$)	
Nepřerušované	0	0,5
tlumené s poklesem teploty θ_r rovným a menším než 7°C	0,5	1
přerušované s poklesem výsledné teploty θ_r větším než 7°C	1	1,5

Tab. 2 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přírážky $\Delta\theta_{si}$ pro výplně otvorů

Způsob vytápění	Stavební konstrukce	
	ano	ne
	Bezpečnostní teplotní přírážka $\Delta\theta_{si}$ (°C)	
Nepřerušované	-1	0
tlumené s poklesem teploty θ_r rovným a menším než 7 °C	-0,5	0,5
přerušované s poklesem výsledné teploty θ_r větším než 7 °C	0	1

POZNÁMKY:

1. Vnitřní povrchové teploty θ_{si} se obvykle stanoví řešením teplotního pole pro kritické detaily stavebních konstrukcí, kterými jsou například tepelné mosty ve stavební konstrukci a tepelné vazby mezi stavebními konstrukcemi, např. okenní ostění poblíž koutu, pod střechou apod. Ověřuje se vždy nejnižší z uvedených hodnot. V místě spojení více konstrukcí se uvažuje vyšší z bezpečnostních přírážek $\Delta\theta_{si}$ stanovených pro jednotlivé konstrukce.
2. Splnění požadavku podle rovnice (3.1) je prevencí růstu plísní a rizika povrchové kondenzace.
3. Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si} se podle ČSN EN ISO 13788 uvažuje pro vnější výplně otvorů $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, pro ostatní vnitřní prostory konstrukcí ve zvýšené hodnotě $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.
4. Požadavek výplně otvorů se vztahuje jak na rámy, tak na výplň mezi nimi. Pokud se na výplně otvorů vztahují požadavky jiných norem, uplatní se vždy přísnější z požadavků.
5. Nízkoteplotní velkoplošné podlahové či stěnové vytápění, sálavé vytápění a lokální vytápění vzdálené od vnějších výplní otvorů zpravidla zvyšují riziko orosování vnějších výplní otvorů na vnitřním povrchu. Vytápění s otopnými tělesy pod vnějšími výplněmi otvorů zaručuje vyšší bezpečnost, neboť způsobuje místní zvýšení teploty vnitřního vzduchu u vnější výplně otvoru. Toto zohledňují hodnoty teplotní přírážky uvedené v tab. 3.2.
6. Například Pro obytné místnosti s vnitřním vzduchem o $\theta_{ai} = 21 \text{ °C}$ a $\varphi_i = 50 \%$ je kritická vnitřní povrchová teplota stavební konstrukce $\theta_{si,cr} = 13,6 \text{ °C}$ a kritická vnitřní povrchová teplota výplně otvorů $\theta_{si,cr} = 10,2 \text{ °C}$. [2] [3]

Pokud při změně dokončené budovy nelze u konstrukce v prostorách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i = 60 \%$ v zimním období splnit požadavek podle vztahu (2.1), připouští se ve výjimečném odůvodněném případě:

U konstrukcí, které v prostorách relativních vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i = 60 \%$ v zimním období nesplní požadavek podle vztahu (2.1), musí být při splnění požadavku na součinitel prostupu tepla zajištěná bezchybná funkce při povrchové kondenzaci a vyloučení nepříznivého působení kondenzátu na navazující konstrukce, popř. také zajištěn odvoz kondenzátu.

U stavební konstrukce s otevřenou vzduchovou vrstvou musí část konstrukce od otevřené vzduchové vrstvy k vnějšímu prostředí vykazovat v zimním období vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} ($^{\circ}\text{C}$) podle vztahu (2.1), kde požadovaná teplota nejnižší vnitřní povrchové teploty $\theta_{si,N}$ se stanoví z rovnice (2.2) pro kritickou relativní vlhkost $\varphi_{si,cr} = 90 \%$ a pro bezpečnostní teplotní přírážku $\Delta \theta_{si} = 0,5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$. Kritickým místem pro posouzení je obvykle konec otevřené vzduchové vrstvy. [2] [3]

Ad b) Požadavky na stavební konstrukce z hlediska kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí se rozdělují na požadavky podle účinku zkondenzované vodní páry, tj.

ba) jestliže zkondenzovaná vodní pára uvnitř stavební konstrukce G_k ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) může ohrozit její požadovanou funkci, pak musí být navržena tak, aby v ní vůbec ke kondenzaci vodní páry nedocházelo, což je vyjádřeno podmínkou [2] [3]

$$G_k = 0 \quad (2.3)$$

bb) jestliže nebezpečí popsané v předu nehrozí, pak lze uplatnit ve výstavbě i stavební konstrukci, ve které kondenzuje vodní pára, avšak v celoroční bilanci musí být zkondenzované množství vodní páry G_k ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) menší než množství vodní páry G_v ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$), které se může ze stavební konstrukce vypařit, tj. musí být splněna podmínka [5] [4]

$$G_k \leq G_v \quad (2.4)$$

bc) vedle požadavků (1.2) a (1.3) musí splňovat stavební konstrukce ještě jednu podmínku, a to, že v nich zkondenzované množství páry G_k ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) za rok není větší než je daná přípustná hodnota $G_{k,N}$ ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) [2] [3]

$$G_k \leq G_{k,N} \quad (2.5)$$

Ad c) požadavky z hlediska průvzdušnosti:

ca) neprůsvitné konstrukce musí mít odpor při průvzdušnosti R_m (m/s) větší než je požadovaný odpor $R_{m,N}$ (m/s) [2] [3]

$$R_m \geq R_{m,N} \quad (2.6)$$

cb) styky, spáry a spoje neprůsvitných konstrukcí musí být vzduchotěsné, to znamená, tzn. zjištěná objemová hustota toku vzduchu q_v ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) je rovna nule (s přípustnou měřitelnou přesností) [2]

$$q_v = 0 \quad (2.7)$$

(tato podmínka platí i pro výplně otvorů v budovách klimatizovaných a v budovách, ve kterých se uskutečňuje nucená výměna vzduchu) [2]

cc) součinitel párové průvzdušnosti funkčních spár výplní otvorů v budovách s přirozenou výměnou vzduchu i_{LV} ($\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67})$) je vyhovující, je-li menší než požadovaná hodnota $i_{LV,N}$ ($\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67})$) [2]

$$i_{LV} \leq i_{LV,N} \quad (2.8)$$

Ad e) Podlahové konstrukce jsou vyhovující, jestliže je jejich:

ea) vnitřní povrchová teplota θ_{isp} ($^{\circ}\text{C}$) vyšší než je požadovaná hodnota $\theta_{isp,N}$ ($^{\circ}\text{C}$),

eb) tepelná jímavos B ($\text{W} \cdot \text{s}^{1/2}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) menší než požadovaná hodnota B_N ($\text{W} \cdot \text{s}^{1/2}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) [2]

$$B \leq B_N \quad (2.9)$$

Nebo dotýká teplota $\Delta\theta_{10}$ (°C) menší než je požadovaná hodnota $\leq \Delta\theta_{10,N}$ (°C) [2]

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} \quad (2.10)$$

Ad f) Místností (budovy) mají požadovanou tepelnou stabilitu z hlediska zimního období tehdy, když je jejich součtová teplota místnosti θ_M (°C) na konci otopné přestávky, při zadané délce otopné přestávky T (h) větší než je požadovaná hodnota $\theta_{M,N}$ (°C) [2]

$$\theta_M \geq \theta_{M,N} \quad (2.11)$$

Kde θ_M je součet teploty vzduchu na v místnosti na konci otopné přestávky θ_{ai} (°C) a průměrné teploty vnitřních ploch v místnosti θ_{sm} (°C), obě na konci otopné přestávky T (h) [2]

$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_{sm} \quad (2.12)$$

Kde $\theta_{sm} = \sum A_{sj} \cdot \theta_{sj} / \sum A_{sj}$ přičemž A_{sj} je j-tá plocha konstrukce místnosti (m^2) o teplotě θ_{sj} (°C) a $\sum A_{sj}$ je celková plocha konstrukcí ohraničující místnost (m^2)
Nebo jestliže je okles výsledné teploty v místnosti $\Delta\theta_r$ (°C) na konci otopné přestávky T (h) menší než je požadovaná hodnota $\Delta\theta_{r,N}$ (°C) [2]

$$\Delta\theta_r \leq \Delta\theta_{r,N} \quad (2.13)$$

$$\text{Kde} \quad \theta_r = 0,5 \cdot (\theta_{ai} + \theta_{sm}) \quad (2.14)$$

Ad g) Místnosti (budovy) mají požadovanou tepelnou stabilitu z hlediska letního období tehdy, když je jejich nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu $\Delta\theta_{ai,max}$ (°C) menší než je požadovaná hodnota $\Delta\theta_{ai,max,N}$ (°C) [2]

$$\Delta\theta_{ai,max} \leq \Delta\theta_{ai,max,N} \quad (2.15)$$

Kde $\Delta\theta_{ai,max} = \theta_{ai,max} - \theta_{ai,min}$ přičemž $\theta_{ai,max}$ (°C) je nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti (°C) a $\theta_{ai,min}$ (°C) je nejnižší teplota vzduchu v místnosti (°C)

Nebo jestliže je nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ (°C) menší než je požadovaná hodnota $\theta_{ai,max,N}$ (°C) [2]

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (2.16)$$

[2] [3]

2.2 Seznam norem pro hodnocení tepelné bilance a tepelných mostů:

Hodnocení tepelných mostů se děje podle technických norem, zejména se jedná o normu ČSN 73 0540, část 1 až 4 (vydané 2005 a 2007), v nichž jsou stanoveny národní požadavky na stavební konstrukce, tedy i na vliv tepelných mostů. Požadavky této normy jsou uvedeny níže v kapitole požadavky normy. Dalšími souvisejícími normami jsou:

ČSN EN ISO 10211:2008 (73 0551) Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Výpočet tepelných toků a povrchových teplot – Podrobné výpočty

ČSN EN ISO 14683:2008 (73 0561) Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla – Výpočtová metoda

ČSN EN ISO 13370:2008 (730559) Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody

ČSN EN ISO 6946:2008 (730558) Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda

ČSN EN ISO 7345:1997 (730553) Tepelná izolace – Fyzikální veličiny a definice

ČSN EN ISO 13790:2005 (730317) Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění

ČSN EN ISO 13789:2008 (730565) Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda

ČSN EN 832:2000 (730564) Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění
– Obytné budovy a další. [17]

2.3 Výpočet prostupu tepla u naměřeného domu

Obr.1 Rodinný dům (zleva) jihovýchodní a jihozápadní pohled



Pro názorný výpočet prostupu tepla skrz plášť budovy postačí dvoupodlažní rodinný dům na Praze 9, Hloubětíně. Rozměry k objektu jsou k nalezení v příloze na Obr. 14 a Obr.15.

Poznámky:

Parametry pokojů prvního a druhého patra nebyly na plánek k dispozici. Tento nedostatek byl vyřešen pomocí ručního laserového dálkoměru. Parametry byly poté promítnuty do výpočtů.

2.3.1 Potřeba tepla (W)

2.3.1.1 Plášť bez výplní otvorů:

Použité hodnoty:

Cihla plná - $U = 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ [8]

Omítka vápenocementová - $\lambda = 0,99 \text{ W/m.K}$ [14]

Prostup tepla přízemím budovy:

Severní strana:

Schodiště:	429 W
Koupelna:	89 W
Spíž:	115 W

Východní strana:

Spíž:	164 W
Kuchyň:	299 W
Pokoj P1:	392 W

Jižní strana:

Pokoj P1:	444 W
Pokoj P2:	502 W

Západní strana:

Pokoj P2:	260 W
krb+schodiště:	261 W

Prostup tepla 1. nadzemním podlažím:

Severní strana:

Chodba:	427 W
Klozet:	181 W
Koupelna:	210 W
Spíž:	106 W

Východní strana:

Spíž:	181 W
Kuchyň:	296 W
Pokoj 1NP1:	553 W

Jižní strana:

Pokoj 1NP1:	276 W
Pokoj 1NP2:	336 W

Západní strana:

Chodba:	469 W
Pokoj 1NP2:	468 W

Prostup tepla 2. nadzemním podlažím:

Severní strana:

Schodiště:	516 W
Pokoj 2NP1:	613 W

Východní strana (střecha):

celkem:	6 444 W
---------	---------

Jižní strana:

Ob. pokoj + kuchyň:	601 W
---------------------	-------

Západní strana (střecha):

celkem:	6 444 W
---------	---------

2.3.1.2 výplně otvorů:

Použité hodnoty:

Domovní dveře bez výplně - 2,6 W/m².K

Zdvojená okna s dvěma skly - 2,8 W/m².K

Jednoduchá okna s jedním sklem - 5,2 W/m².K

Přízemí: 1 935 W

1.nadzemní podlaží: 2 121 W

2.nadzemní podlaží: 1 134 W

2.3.1.3 Celkový prostup tepla bez zohlednění tepelných mostů:

$$Q_c = 26\,246 \text{ W}$$

Poznámka:

Rodinný dům disponuje ještě sklepními prostory, které ale pro zjednodušení nebyly do výpočtu zahrnuty. Pro názornost a následné ekonomické zhodnocení výpočty postačí.

V předchozím listu byly uvedeny přibližné hodnoty prostupu tepla jednotlivými částmi pláště budovy. Bylo využito internetového programu pro výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí z internetového portálu. [14]

Hodnoty prostupu tepla výplní otvorů se opírají o údaje vyhledané v normě ČSN 73 0540 - 3.

3. Definice, popis a výpočet vybraných příkladů tepelných mostů

3.1. Definice

Díky rostoucím požadavkům na tepelnou ochranu budov se tepelným mostům ve stavebnictví přikládá stále větší význam. Ovlivňují stavbu nejen z energetického a ekonomického, ale také z hygienického hlediska. Zanedbáním tepelných mostů v konstrukci běžných budov bychom se dopustily vážné chyby, u nízkoenergetických a pasivních domů se jedná o technický zločin. Přitom stačí při výpočtu součinitele prostupu tepla U zohlednit nejenom jednotlivé materiály vrstev obvodových konstrukcí, ale i působení tepelných mostů.

Pod pojmem tepelné mosty rozumíme místa, ve kterých dochází ke zvýšenému tepelnému toku z interiéru do okolního prostředí (Zasklení oken se za tepelné mosty nepovažuje). Uniká jimi více tepelné energie než bychom chtěli. V interiéru pak mají stěny studenější povrch. Teplota zde může klesnout až na teplotu rosného bodu a následná kondenzace vodních par je optimálním prostředím pro růst plísní. Množství tepelné energie, které unikne tepelným mostem, je úměrné závažnosti pochybení při realizaci a je tím větší, čím je větší rozdíl teplot na vnitřní a vnější straně konstrukce. [1] [2] [4] [5][19] [20]

3.1.1 Rozdělení tepelných mostů:

3.1.1.1 podle způsobu předávání tepla:

- prouděním (konvekce)

Jedná se o tepelné mosty způsobené netěsnostmi v plášti dělicí konstrukce, kdy je tepelný únik způsoben přímo odvětráváním vnitřního vzduchu do exteriéru.

- **vedením (kondukce)**

V druhém případě jde o tepelné mosty vzniklé nesprávně navrženou skladbou dělicí konstrukce, či nevhodně navrženým detailem. Potom dochází k únikům tepelné energie vedením (kondukce). [16]

3.1.1.2 Podle velikosti:

- **Bodové**

Bodové tepelné mosty mohou vznikat nejen při kotvení izolačního materiálu, ale například i při upevňování dalších konstrukcí a stavebních prvků, které mohou souviset se zateplením domu a s obnovou fasády. Tedy například při instalování okapů, pergoly, stříšky nad vchodem či zimní zahrady. Nebezpečí vzniku bodových tepelných mostů tak hrozí třeba v případě, kdy se rozhodnete ukotvit mansardovou střechu či pergolu pomocí pozinkovaných nebo ocelových kotev. Výrazného omezení vlivu tepelných mostů lze v takovém případě docílit použitím speciálních podložek pro uchycování konstrukcí do zateplení.

Nebezpečí bodových tepelných mostů, vznikajících při upevňování kontaktních zateplovacích systémů, lze pak předejít vhodným výběrem upevňovacích hmoždinek. Hmoždinky s plastovým trnem, nebo hmoždinky s koncem z plastu jsou minimálním tepelným mostem a mají na celkovou tepelnou ztrátu objektu jen malý vliv. [16]

- **Lineární**

Lineární tepelné mosty mohou vznikat nejčastěji u nedostatečně ošetřeného napojení mezi pláštěm budovy a částmi protínajícími nebo narušujícími obálku budovy. Patří jsem zejména ukončení zateplovacího systému u základových konstrukcí, u parapetu a nadpraží okenního otvoru nebo u atiky či pozednice, balkóny a terasy. [16]

3.1.1.3 Podle vzniku:

- **Systémové tepelné mosty:**

jsou ty, které se neustále pravidelně opakují a jejichž vliv musí být při výpočtech vždy zahrnut již do součinitele prostupu tepla konstrukcí. Jde například o krokve, mezi kterými je tepelná izolace v podkroví, o maltové lože u zděných staveb nebo o různé příčky u tepelně izolačních tvarovek, které jsou určeny pro prolití betonem. V Rakousku například vliv tepelných mostů krokvemi zahrnují do výpočtů tak, že součinitel tepelné vodivosti minerální vlny tvořící tepelnou izolaci mezi krokvemi zvýší z $\lambda = 0,04 \text{ W/(m.K)}$ na $\lambda = 0,05 \text{ W/(m.K)}$. Vliv maltového lože na součinitel přestupu tepla je jistě všem známý a jasný. Proto je velmi důležité při stavbě domu kontrolovat, zda dodavatel skutečně provádí stavbu na tepelně izolační maltu tak, jak obvykle předepisuje stavební projekt, nebo zda šetří a používá ke zdění normální maltu. [10] [25]

- **Nahodilé tepelné mosty:**

jsou takové, které se v konstrukci pravidelně neopakují. Ty nutné do výpočtu zahrnout buď zvýšením součinitele prostupu tepla (dříve se zvyšoval součinitel prostupu tepla o 10 %, nyní je vhodnější volit přírážku $\Delta U = 0,1$ až $0,25 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) a nebo je nutné jej do výpočtu zahrnout přesně spočítáním lineárního součinitele prostupu tepla ψ a jeho vynásobením příslušnou délkou tepelného mostu. Mimo lineárních tepelných mostů mohou být ještě tepelné mosty bodové. Ty se pak započítávají připočítáním bodového součinitele prostupu tepla c vynásobeného počtem prvků v konstrukci. Mezi nahodilé tepelné mosty je možné počítat různé ztužující věnce a jiné nosné konstrukce, různé niky pro měření plynu či elektřiny, niky pro suchovody i hydranty, průchody konstrukcemi, kdy jimi prochází tepelně vodivý materiál, jako nosné ocelové tyčové prvky, trubky, průchodky, kotvy atd. [10] [25]

- **Tepelné vazby:**

Tepelnými vazbami jsou myšleny styky dvou různých konstrukcí. Nejde tedy o klasický tepelný most, kdy je tepelná izolace zeslabena či přerušena jinou konstrukcí, ale kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku díky styku dvou a více různých konstrukcí, jako je například napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu, napojení stěny na okno, napojení stěny na základy apod. [10]

3.1.1.4 Další rozdělení:

- stavební (napojení dvou konstrukcí, např. základ a stěna, stěna a okno či dveře, prostup 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 (kde může docházet k přenosu energie přes tepelnou izolaci prouděním, např. v netěsných střešních konstrukcích). [1] [2] [4] [10] [25]

3.1.2 Lokalizace tepelných mostů

Tepelné mosty lze lokalizovat v průběhu navrhování stavby, v průběhu její realizace i po uvedení do provozu. V současné době se bohužel tepelný most lokalizuje až při užívání stavby. Tepelné mosty jsou na každé stavbě, není možné se jim vyhnout. Cílem je jejich minimalizace, neboť negativně ovlivňují mikroklima v interiéru, tepelné ztráty budovy, někdy i samotnou statiku stavby.

Je nepřijatelné, jak se běžně děje, aby se v obytných místnostech vyskytovala plíseň, nebo dokonce jinovatka či námraza a aby v konstrukci nadměrně kondenzovala vodní pára se všemi negativními dopady. Mnoha majitelům nemovitostí, uživatelům i investorům

při zanedbání tepelných mostů vznikají velké ekonomické škody. Je proto nutné, aby se této problematice věnovali zejména projektanti, osoby vykonávající technický dozor investora, investoři a lhotejní by neměli být ani budoucí uživatelé.

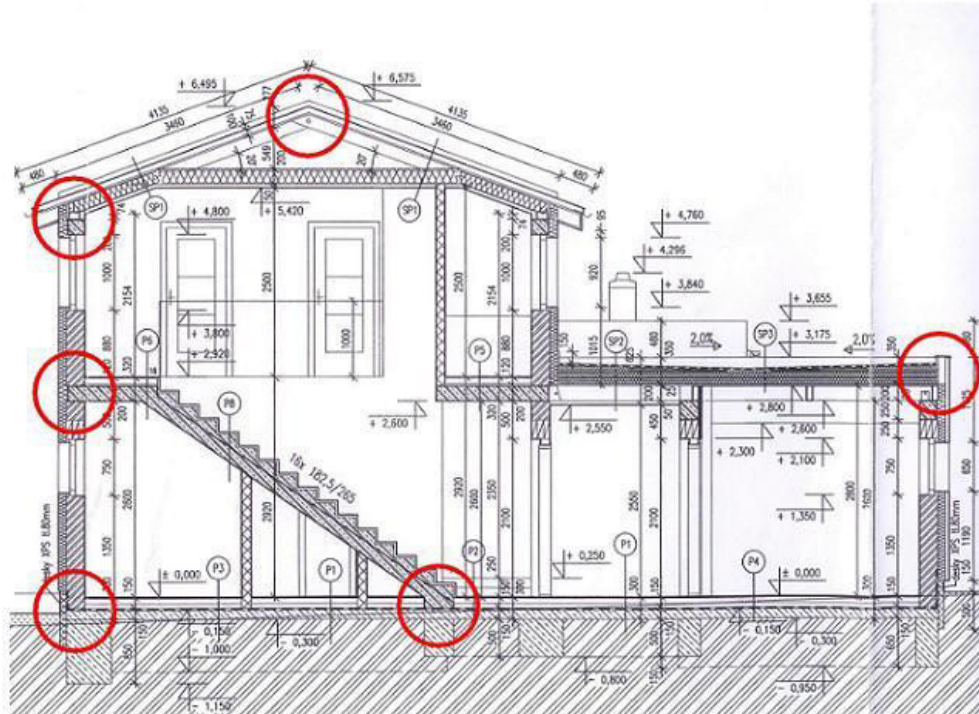
Problematice tepelných mostů je potřeba se věnovat od navrhování přes realizaci stavby až po závěrečnou kontrolu při uvedení stavby do provozu. Tato problematika se netýká jenom novostaveb. Velké nedostatky jsou při zateplování stávajících budov. Není pravdou, že následkem pozdějšího zateplení je nedýchateľnost objektu a tedy náchylnost na tvorbu plísní. Naopak správným zateplením se plísně z domu odstraní. Při zateplování je nutné věnovat pozornost zejména stavebním detailům, tedy ostění oken a dveří, ukončení u podezdívky, atiky či střechy, návaznostem na jinou budovu apod.

Tepelné mosty je nutné lokalizovat a posoudit i v rámci zpracovávání průkazu energetické náročnosti budovy, neboť se to v tomto dokumentu požaduje. V každém případě lze doporučit všem, kteří mají cokoliv společného se stavbou, aby se fenoménu tepelných mostů věnovali, neboť jde o důležitý kvalitativní aspekt stavby. Lze tak předejít mnohým triviálním i velmi fatálním problémům. Přitom jsou tepelné mosty vznikající netěsnostmi a prouděním vzduchu do místnosti velmi jednoduše odhalitelné, stačí v místnosti vyvolat podtlak a infrakamerou detekovat místa, kudy dovnitř proudí chladný vzduch z exteriéru. Také je možné použít zařízení blower door, které slouží pro kvantifikaci těsnosti budov. Odhalit proudění chladného vzduchu okolo tepelné izolace, když neproniká do interiéru, je však složitější. Nejvhodnější je provést dvě měření termovizí, jedno za bezvětří a druhé za větrného počasí a následně pak provedené termogramy porovnat. . V každém případě je potřeba se obrátit na zkušené odborníky. Dnes sice existuje mnoho technických zařízení od výpočtových programů až po termovizi, ovšem malá zkušenost či pouze částečná znalost problematiky může způsobit mnoho škod.

[17] [18] [20]

3.2 Popis tepelných mostů

Obr.2 Názorný příklad nejčastějšího výskytu tepelných mostů

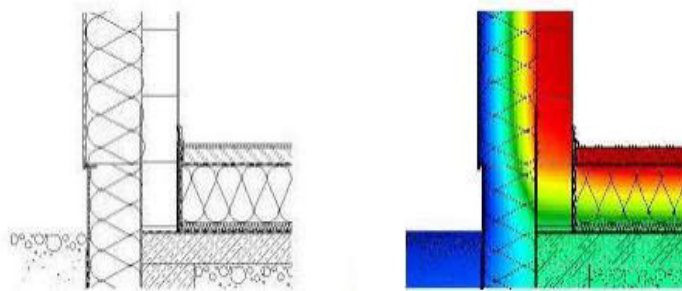


[9]

3.2.1 Tepelný most – základový pas

V běžné výstavbě zcela běžným tepelným mostem, resp. tepelnou vazbou, je styk nosné stěny se základovým pásem. Jde o to, že zdivo nosné stěny prohříváné interiérem protíná tepelnou obálku, která je tvořena vnějším zateplením stěny a zateplením podlahy. Zdivo se stýká s chladnějším betonem základového pasu.

Obr.3 Tepelný most - základový pas



[9]

3.2.2 Tepelný most – styk schodiště se základovou deskou

Dalším tepelným mostem je styk nejnižšího stupně schodiště se základovou deskou. V takovém místě je totiž přerušeno zateplení základové desky zevnitř a nejnižší schod schodiště vyhříváný interiérem předává energii základové desce. Tento tepelný most není obvykle nijak zásadní, a proto se často nijak zvlášť neřeší. [9]

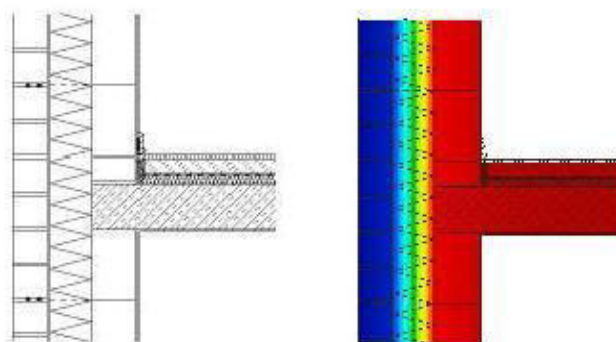
3.2.3 Tepelný most – styk vnitřní příčky se základovou deskou

Zmíněný tepelný most nepředstavuje v praxi žádný větší problém, a proto se většinou ve výpočtech nevyskytuje.

3.2.4 Tepelný most – styk stropní desky, podesty schodiště, vnitřní příčky s obvodovou stěnou

Tento tepelný most se dnes již prakticky nevyskytuje. Vznikl by v situaci, kdy by nevhodně navržená stropní deska 1.NP nebo podesta schodiště nebo vnitřní příčka protínala nosné zdivo obvodové stěny až do vrstvy tepelné izolace a zcela protínala i tuto vrstvu nebo ji oslabovala.[9]

Obr.4 Styk stropní desky, podesty schodiště, vnitřní příčky s obvodovou stěnou[9]



U dřevostaveb by byl takový tepelný most zanedbatelný z důvodů nižší tepelné vodivosti dřeva. [9]

3.2.5 Tepelný most – balkóny a terasy

Obvyklým tepelným mostem jsou různé vykonzolované konstrukce a sousedící stavby. V souvislosti s „proříznutím“ tepelné obálky stropní deskou se zde krátce zastavme u balkónů.

Dříve se balkony dělali tak, že se nosná konstrukce stropu vykonzolovala ven a provedla de facto jako pokračování vnitřního stropu. Tento způsob, bezpochyby stavebně velmi jednoduchý, má tu nevýhodu, že strop a tím i balkón je proveden z velmi vodivého materiálu (obvykle železobeton) bez jakéhokoliv přerušení a působí tak stejně jako lamela chladiče. Velmi intenzivně odvádí teplo z interiéru do exteriéru a zde je velkou teplosměnnou plochou předává okolí. [9] [18]

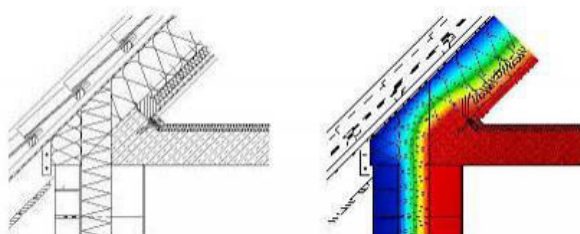
3.2.6 Tepelný most – komín, krb

Málokdo by to na první pohled řekl. Ale hned po balkónu je nejbrutálnějším tepelným mostem komín. Jako mohutné těleso, obvykle s dobrou tepelnou vodivostí, suverénně prochází tepelnou obálkou, přímo spjat s mohutným krbem stojícím přímo na základové desce, spjat se stropem, mohutně ochlazován exteriérem. Není-li zatopeno v krbu nebo v kamnech, studený vzduch komínem přímo padá dolů a jelikož kamna nebo krb nejsou oproti interiéru zatepleny, vzniká problém. [9]

3.2.7 Tepelné vazby - styk střešní konstrukce s obvodovým zdivem

Problematických místem může být i styk střešní konstrukce s obvodovým zdivem. Přece jen, střešní konstrukce musí být na nosné zdivo nějak posazena a při nevhodném řešení hrozí, že dřevěné, či dokonce kovové prvky střešní konstrukce budou pronikat skrze zateplení do exteriéru.[9]

Obr.5 *Styk střešní konstrukce s obvodovým zdívem*[9]



3.2.8 Tepelný most – hřeben střechy

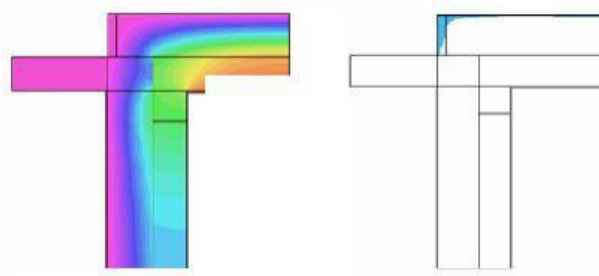
Také hřeben střechy hrozí tepelným mostem, pokud vaznice pod hřebenem oslabuje vrstvu zateplení. Na našem obrázku je toto místo označeno pouze symbolicky, neboť se nachází mimo tepelnou obálku domu, což je také možným řešením. Dalším řešením je umístění vrcholové vaznice pod konstrukci nesoucí střešní krytinu. [9]

3.2.9 Tepelná vazba/tepelný most – krokve, atika ploché střechy

a) Krokve

Problematickým místem mohou být také krokve dřevěné ploché střechy „vytažené“ skrze obvodovou stěnu, aby sloužily jako „pergola“ pro zastínění jižní fasády. Toto řešení je nejčastěji nepřijatelné pro pasivní domy, avšak přijatelné pro domy nízkoenergetické. Správné řešení představuje samostatně stojící pergola jen nejnuteněji kotvená k domu. [9]

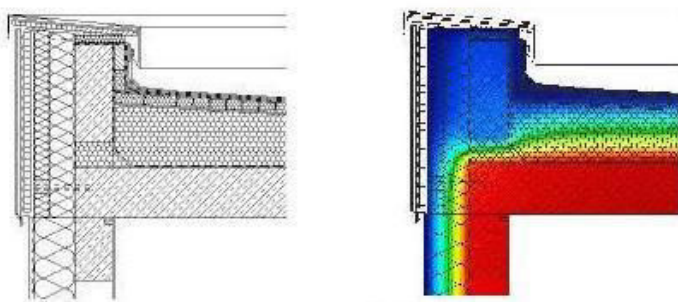
Obr.6 *Krokve ploché střechy*[9]



b) Atika

Problematické je u plochých střech také atika, která představuje nosnou „stěnu prostrčenou“ skrze tepelnou obálku domu směrem nahoru. Řešení tohoto problému je jednoduché – přerušení tohoto tepelného mostu jednou řadou vápenopískových tvárnic, které disponují dostatečnou pevností, avšak mnohem lepším tepelným odporem než-li jakékoliv zdivo. [9]

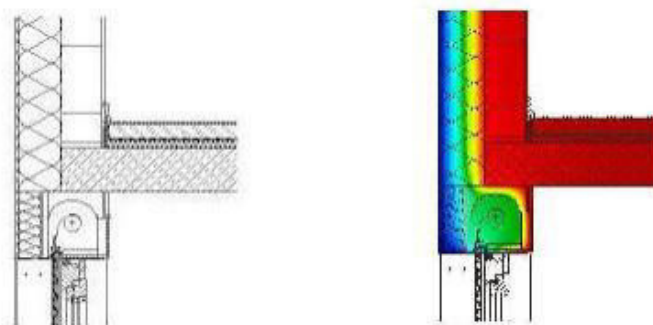
Obr. 7 Atika ploché střechy [9]



3.2.10 Tepelný most – osazení oken

To nejlepší nakonec, říká klasik. Zcela nezávaznější tepelný most, po balkónu a komínu, které jsou pro pasivní dům vůbec, resp. téměř neřešitelné, představuje osazení oken. [9]

Obr. 8 Tepelný most - osazení oken[9]



Nejhorší částí konstrukce okna z hlediska prostupu tepla je rám okna. Ten bývá v zimě z celé konstrukce okna a „jeho okolí“ nejchladnější a nesprávně řečeno tak „ochlazuje“ ostění okna. Správně řečeno uniká z domu teplo skrze ostění a následně skrze rám okna a okolní dutiny vzniklé nedbalým osazením okna.

Ano. Osazení okna je často provedeno tak, že netěsní a že podél okenního rámu proniká teplý vzduch z interiéru netěsnostmi přímo ven. [9]

3.2.11 Tepelný most – vnější parapet francouzských oken

Problematickým místem může být také vnější parapet francouzských oken určených pro vycházení ven. Jde o to, že vnější parapet musí snést velkou zátěž, aby na něj bylo možno šlápnout při vcházení či vycházení z domu. Byl-li by parapet přichycen na některém materiálu zateplování vrstvy, brzy by jej uživatelé domu prošli a zničili. [9]

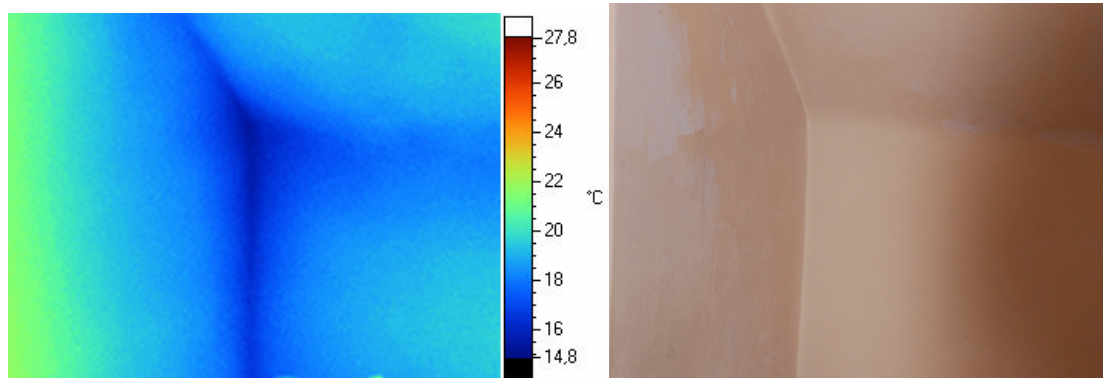
3.2.12 Tepelné mosty - ukázky z terénu

Tepelný most působící skrz obálku budovy se projevuje tak, že na vnitřní straně obvodové konstrukce, tedy na stěně interiéru budovy je výrazně menší teplota než teplota vnitřního vzduchu. Naopak v případě exteriéru se tepelný most ukáže v podobě větší teploty povrchu než má povrch stěny jeho okolí. Pro demonstraci bude níže uvedeno pár snímků interiéru a exteriéru z termografických snímků.

3.2.12.1 Interiér:

a) patrný tepelný most v rohu místnosti

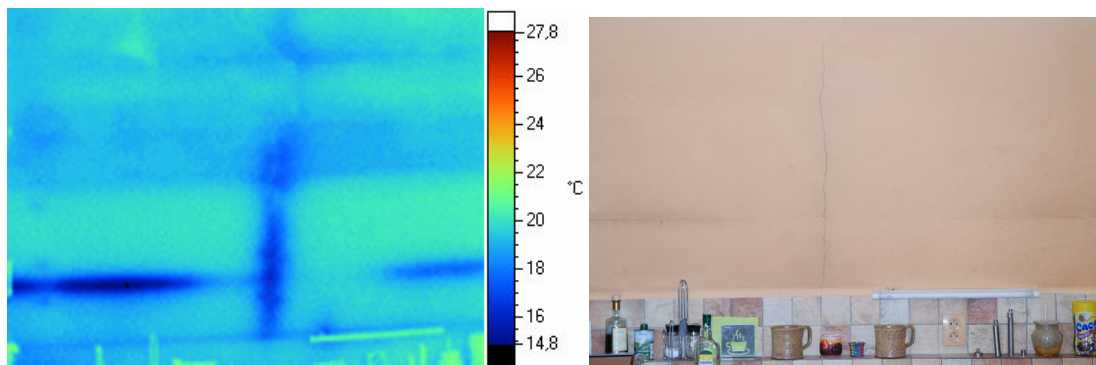
Obr. 9 únik tepla rohem místnosti



b) v průběhu let vytvořená spára

Díky stáří stavby a vnějším vlivům počasí se v průběhu let vytvořila v 2. nadzemním podlaží spára, kterou již bez sebemenšího odporu proudí venkovní vzduch do vnitřních prostor.

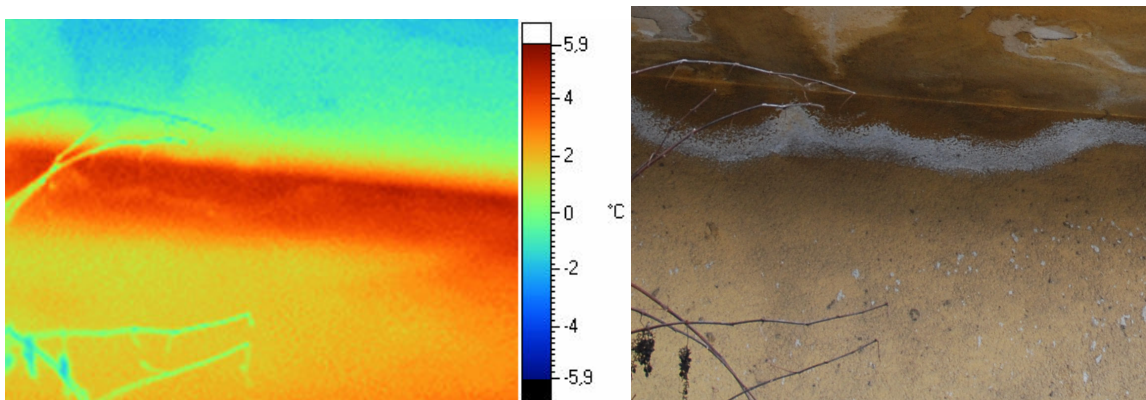
Obr. 10 Únik tepla spárou



3.2.12.2 Exteriér:

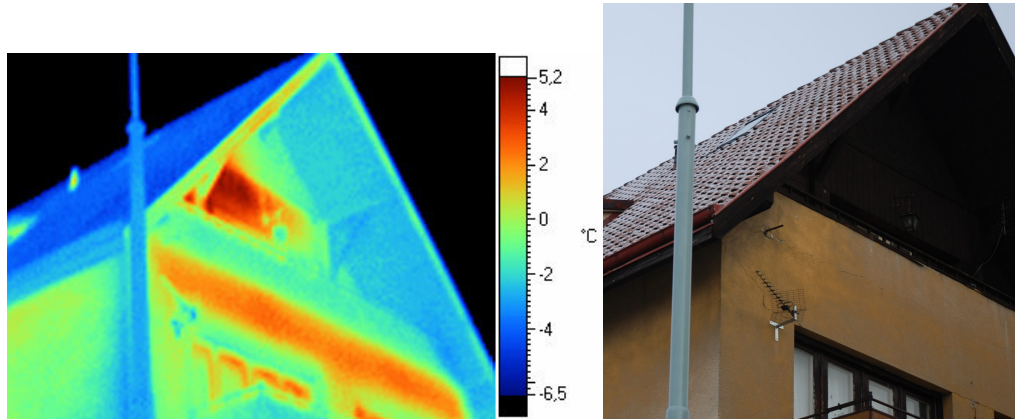
a) tepelný most pod napojením balkónu na obvodovou zeď stavby

Obr. 11 Tepelný most ve styku balkonové konzole s obvodovou zdí budovy



b) styk podlahy (stropu) s obvodovým zdívem

Obr. 12 Viditelný tepelný most vyhřívané podlahy



3.3 Výpočet vybraných příkladů tepelných mostů

K výpočtu dvourozměrných tepelných mostů je potřeba poměrně nová veličina, která charakterizuje jejich tepelně technické vlastnosti. Jedná se o lineární činitel prostupu tepla ψ . Vyjadřuje množství tepla ve W, které prochází při jednotkovém teplotním rozdílu jednotkovou délkou tepelného mostu. [22]

3.3.1 Požadavky

Požadavky na lineární činitel prostupu tepla uvádí ČSN 730540-2 v čl. 5.4. Pro každou tepelnou vazbu mezi konstrukcemi musí být splněna podmínka: [22]

$$\psi \leq \psi_N, [\text{W}/(\text{m.K})] \quad (3.1)$$

kde ψ je vypočtený lineární činitel prostupu tepla tepelné vazby mezi konstrukcemi a ψ_N je jeho normou požadovaná hodnota ve W/(m.K), která je uvedena v Tab. 3. [22]

Tab. 3 Požadovaný lineární činitel prostupu tepla $\psi_{k,N}$ podle ČSN 73 0540 - 2

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla $\psi_{k,N}$ [W/(m.K)]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř vnitřní stěnu a strop	0,6	0,2
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostěním v nadpraží	0,1	0,03
střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,3	0,1
Typ bodové tepelné ztráty	Bodový činitel prostupu tepla $\chi_{k,N}$ [W/K]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly) vnější stěnou, pohledem nebo střechou	0,9	0,3

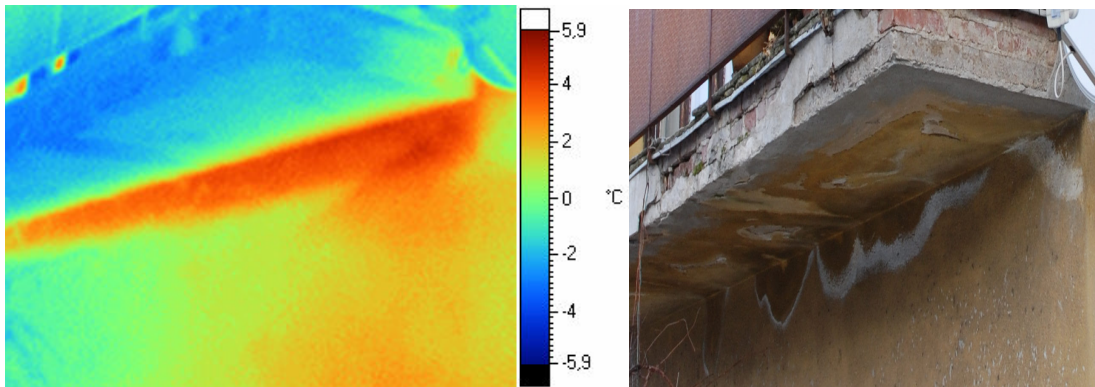
[23]

Splnění požadavků na lineární činitel prostupu tepla se nemusí hodnotit, je-li návrhem i provedením zaručeno, že je působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi velmi malé (ČSN 730540-2 konkrétně uvádí, že musí být menší než 5 % nejnižšího součinitele prostupu tepla navazujících konstrukcí). Obvykle se jedná o případy s tepelnou izolací kontinuálně probíhající přes veškeré styky konstrukcí (např. při venkovním zateplení). [22]

3.3.2 Výpočet

Pro ukázky tepelných mostů a jejich výpočet poslouží jako v předchozím bodě dvoupodlažní rodinný dům V Praze 9, Hloubětíně. Objekt byl postaven roku 1942 a je pro demonstraci tepelných mostů ideálním příkladem. Při výstavbě bylo v objektu nainstalováno podlahové vytápění. Jedná se o jediný způsob vytápění v budově. Jak bude na předvedených termografických snímcích patrné, tepelné mosty hlavně v oblasti podlah (resp. stropů) vykazují znatelné úniky tepla.

3.3.2.1 Tepelný most - balkón



Zde se jedná o klasický případ napojení balkónové konzole na obvodové zdivo.

Bez zohlednění tepelného mostu:

$$Q = U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta$$

$$Q = 302W$$

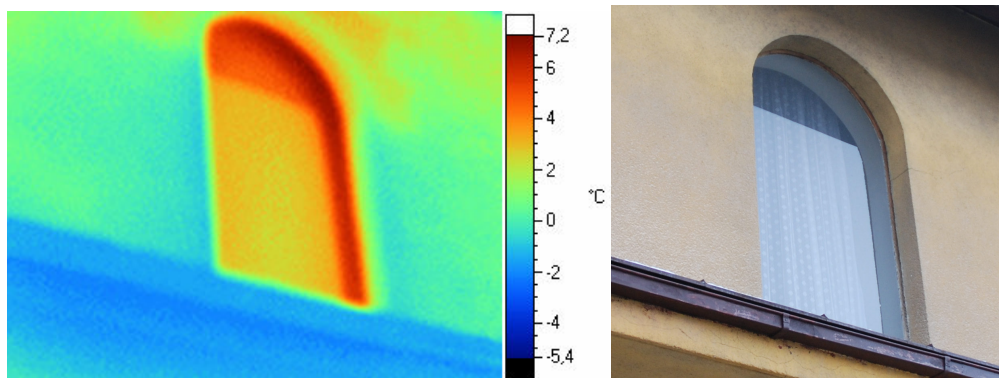
S ohledem na tepelný most:

$$Q_T = \sum U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta + \sum \psi_j \cdot l_j \Delta\theta$$

$$Q = 500W$$

3.3.2.2 Tepelný most - osazení okna

Obr. 13 Unikající teplo osazením okna



Samotné okno se za tepelný most nepovažuje i když jím prochází nezanedbatelný tok energie v podobě tepla. Její osazení se však za problémový tepelný most považuje.

Bez zohlednění tepelného mostu:

$$Q = U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta$$

$$Q = 88W$$

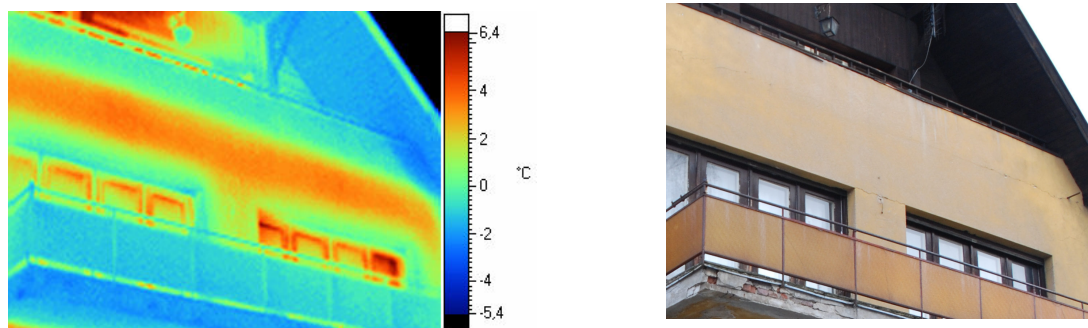
S ohledem na tepelný most:

$$Q_T = \sum U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta + \sum \psi_j \cdot l_j \Delta\theta$$

$$Q = 124W$$

3.3.2.3 Tepelný most - styk stropní desky s obvodovou stěnou pláště budovy

Obr. 14 Únik tepla vytápěnou podlahou (stropem)



Objekt je vytápěný pouze pomocí podlahového vytápění. Je tedy zřejmé, že v tomto případě je tepelný most vzniklý ve styku stropní desky s obvodovou stěnou pláště budovy (hned po oknech) ten nejproblematictější tepelný most objektu vůbec. Pro výpočet byl zvolen součinitel tepelné propustnosti z tab. 3.

Bez zohlednění tepelného mostu:

$$Q = U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta$$

$$Q = 241W$$

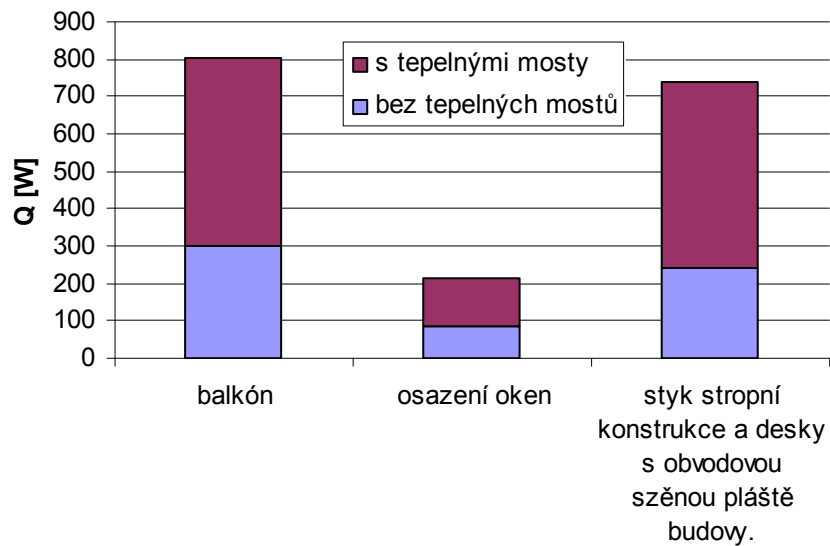
S ohledem na tepelný most:

$$Q_T = \sum U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta + \sum \psi_j \cdot l_j \Delta\theta$$

$$Q = 499W$$

Jaký je rozdíl mezi započtením přírážky pro tepelný most a jeho zanedbáním v případě výskytu je patrné z grafu na Obr. 15

Obr. 15 Grafu rozdílů úniků tepla prostupem skrz plášť budovy bez a s ohledem na tepelný most



4. Metodika měření základních parametrů

4.1 Prostupu tepla obálkou budovy:

Tepelný odpor stavební konstrukce

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2 K / W] \quad (4.1)$$

kde d (m) tloušťka konstrukce

λ (W/m.K) součinitel tepelné vodivosti

Vícevrstvé konstrukce s různými vrstvami řazenými za sebou vykazují tepelný odpor daný součinitelem dílčích tepelných odporů.

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad (4.2)$$

Tepelný tok při prostupu tepla

$$Q = US(t_i - t_e) [W] \quad (4.3)$$

kde U (W/m²K) součinitel prostupu tepla daný převrtnou hodnotou celkového tepelného odporu stěny.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (4.4)$$

Poznámka:

Pro výpočet součinitele prostupu tepla bylo využito zjednodušené verze. Ve skutečnosti je součinitel prostupu tepla ve stavebních konstrukcích značně složitější zejména vlivem časově proměnných tepelných poměrů. Externí teplota vzduchu totiž kolísá nejenom vlivem ročních období, ale i během jednoho dne.

Pro výpočet bylo použito Tab. 5 pro výpočtovou vnitřní teplotu místnosti t_i pro obytné budovy trvale užívané podle ČSN EN 12831. [7]

Početní řešení bylo provedeno v rámci úniku tepla pláštěm budovy. Při počítání prostupu tepla pláštěm se vycházelo s výše uvedených vztahů. Rozměry objektu vychází z neúplné technické dokumentace. Parametry pokojů prvního a druhého nadzemního podlaží nebyly na plánu k dispozici. Tento nedostatek byl vyřešen pomocí ručního laserového dálkoměru. Parametry byly poté promítnuty do výpočtů.

4.2 Tepelnou ztrátu prostupem s vlivem dvourozměrných tepelných mostů

Tepelnou ztrátu prostupem s vlivem dvourozměrných tepelných mostů je možné obecně vyjádřit vztahem:

$$\Phi_T = \sum U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta + \sum \psi_j \cdot l_j \Delta\theta [W] \quad (4.5)$$

kde U_j je součinitel prostupu tepla j-té plošné konstrukce ve $W/(m^2 \cdot K)$, A_j je její plocha v m^2 , ψ_j je lineární činitel prostupu tepla j-tého tepelného mostu či vazby ve $W/(m \cdot K)$, l_j je jeho délka v m a $\Delta\theta$ je rozdíl mezi návrhovou vnitřní teplotou a teplotou na vnější straně j-té konstrukce či mostu ve $^{\circ}C$.

Ze vztahu (8) je zřejmé, že hodnota ψ nesmí vyjadřovat nic více, než jednotkový prostup tepla tepelným mostem či vazbou. Pokud bychom totiž lineární činitel prostupu tepla koutu dvou stěn ztotožnili s vypočtenou tepelnou propustností (tj. $\psi = L$), obsahoval by i vliv prostupu tepla přes části obvodových stěn tvořících kout. Po dosazení takové hodnoty do vztahu (4.5) by pak celková tepelná ztráta místnosti prostupem obsahovala dvakrát tu část obvodového pláště, kde se stěna a hodnocený tepelný most překrývají. Lineární činitel prostupu tepla je proto třeba vždy vyčíslit tak, aby neobsahoval vliv těch plošných stavebních konstrukcí, které se při výpočtu tepelné ztráty místnosti prostupem hodnotí samostatně. [22]

5. Výběr vhodných metod zlepšení tepelné bilance

Odstranění tepelných mostů vyžaduje poměrně značný zásah do konstrukce, a proto se vyplatí přemýšlet nad skladbou vnějšího pláště stavby včetně vlastností jednotlivých vrstev z hlediska propustnosti plynů i par a předejít tak budoucím investicím. Je také nutné myslet na způsob odvětrávání izolace či zvolit difúzně otevřenou stavbu, která "se odvětrává sama". Česká republika je charakteristická rozdílnými klimatickými podmínkami nejen během roku, ale i co se oblastí týče. Nelze tak stanovit ideální skladbu vnějšího pláště budovy, který bude odvětrávaný či difúzně propustný a zároveň nebude vytvářet tepelné mosty. Každou konstrukci je nutné přizpůsobit dané oblasti. Firmy zabývající se izolacemi často nabízejí několik variant vhodných pro různé regiony. [11]

5.1 Izolace a tepelné mosty

Zateplení domu je nejjednodušším a finančně nejefektivnějším způsobem, jak uspořit energii. Většina domácností tedy volí variantu tepelných izolací. Izolaci lze porovnávat z mnoha hledisek. Pokud se bavíme o tepelných mostech, pak nás zajímá zejména životnost izolace, její schopnost absorpce a opětovné odpařování i odolnost vůči plísním (odolnost vůči tlaku, tahu a protipožární vlastnosti tedy protentokrát opomineme). Jak se bude izolace chovat v konstrukci, záleží i na celkové skladbě materiálů.

V době, kdy se klade velký důraz na minimální tepelné ztráty, se zvyšuje tloušťka izolací a ta sebou nese riziko zadržování vodních par. Je tedy důležité, aby v konstrukcích nedocházelo ke kondenzaci vodních par nebo aby konstrukce zůstala difúzně otevřená, pokud je dům takto stavěn. Místo kondenzace totiž ukazuje na existenci tepelného mostu.

Záleží i na pokládce jednotlivých vrstev. Kotvící prvky se používají v závislosti na sortimentu a aplikaci - jiné jsou pro fasády kontaktní, větrané a jiné pro šikmé střechy

Zateplení domu je nejjednodušším a finančně nejefektivnějším způsobem, jak uspořit energii. Většina domácností tedy volí variantu tepelných izolací [6] [11] [13]

5.2 Skladba materiálů určuje kvalitu bydlení

Jedním z typů staveb, se kterými se v poslední době můžeme setkat stále častěji, jsou difúzně otevřené konstrukce, jedná se hlavně o dřevostavby. Tento typ konstrukce umožňuje prostup více plynů na molekulární bázi, například mezi suchým vzduchem a vodní párou. Difúzně otevřené konstrukce tak nevyžadují parozábranu (ale použít ji můžete), neboť díky složení materiálů nedochází ke kondenzaci, není tedy nutný systém dokonalého utěsnění či řízené cirkulace vzduchu. Skladba materiálů, kterou zvolíte, ale závisí na typu objektu a zejména izolovaného místa. [11]

5.3. Možné metody eliminace tepelných mostů u konkrétních případech konstrukce

V předchozích kapitolách bakalářské práce se hovořilo o nejčastějších místech výskytu tepelných mostů u běžných budov. Zde se nabízí pár variant pro jejich minimalizaci nebo i případné odstranění těchto nežádoucích míst.

5.3.1 Řešení zmíněných tepelných mostů:

V kapitole 3. bakalářské práce byly zmíněny tepelné mosty, se kterými je možné se v praxi setkat. Níže budou uvedeny některá z možných řešení eliminace těchto problematických míst v konstrukci.

5.3.1.1 Tepelný most - základový pás

Řešení představuje například u zděných staveb přerušení tohoto tepelného mostu jednou řadou vápenopískových tvárnic, které mají dostatečnou únosnost, aby unesly hmotnost celé stavby, ale mají mnohem menší tepelnou vodivost.

Základový pás však představuje riziko tepelného mostu ještě z jednoho hlediska. Jde o to, že si dům zeminu ve své půdorysné ploše pod sebou postupně prohřeje. To se však v okolí vnějších základových pásů nestane, pokud nejsou z vnější strany v zámrné hloubce zatepleny. V takovém případě se dostane chlad z promrzlé zeminy v okolí domu

pod stavbu, resp. skrze beton základových pasů pod stavbu a ochlazuje ji zespod. Správně řečeno uniká teplo zpod domu skrze beton základových pasů do okolní zeminy.

Řešení je zcela snadné – zateplit základové pasy z vnější strany. Promrzání zeminy v okolí základových pasů je potenciálně ještě horší, pokud není spodní stavba domu odvodněna drenáží. V takové případě může zamrzající voda dokonce spodní stavbu i trvale poškozovat. [9]

5.3.1.2 Tepelný most - styk vnitřní příčky se základovou deskou

Řešení představuje např. realizace vnitřních příček ze sádkartonu, které není buď třeba kotvit k základové desce vůbec, nebo jen bodově. [9]

5.3.1.3 Tepelný most – styk stropní desky, podesty schodiště, vnitřní příčky s obvodovou stěnou

Řešení takového místa je velice snadné – v místě styku vnitřní příčky s obvodovým zdivem, resp. v místě styku stropní desky nebo schodišťové podesty s nosným zdivem zamezit protažení konstrukci vnitřní příčky, resp. podesty, resp. stropní desky skrze zateplení, tedy skrze vrstvu tepelné obálky. [9]

5.3.1.4 Tepelný most – balkóny a terasy

Jediným řešením je, aby byl balkón samostatně stojící, tj. stojící zcela nezávisle na domě a aby byla jeho konstrukce kotvena do nosné konstrukce domu v minimální nejnutnější míře.[9]

5.3.1.5 Tepelný most – komín

Rozhodnete-li se pro krb, umístěte jej k obvodové stěně domu tak, aby mohl být kovový komín pouze „prostrčen“ obvodovou stěnou a neprocházel z interiéru skrze střešní konstrukci. [9]

5.3.1.6 Tepelná vazby – styk střešní konstrukce s obvodovým zdívem

Ideálním řešením je, když se latě nosící krytinu octnou na vnější straně tepelné obálky. Příkladem může být lehká střešní konstrukce z "I" nosníků. Důležité je, aby trámy a pozednice ani neoslabovaly vrstvu zateplení. Velice problematické též je, pokud střešní krokve vyčnívají ven skrze tepelnou obálku domu. [9]

5.3.1.7 Tepelný most – osazení oken

Řešením je vysunout okno i zárubně vchodových dveří ven tak, aby se nacházelo ve vrstvě tepelné izolace a nikoliv ve vrstvě nosného zdiva. Namísto nosného zdiva bude rám okna ochlazovat okolní tepelnou izolaci, resp. správně řečeno nebude nosné zdivo uvolňovat teplo do rámu, ale pouze do vrstvy tepelné izolace s mnohem vyšším tepelným odporem a nebude tak docházet k energetickým ztrátám. [9]

5.3.1.8 Tepelný most -vnější parapet francouzských oken

Řešením je provedení konstrukce obvodové stěny pod parapetem např. z betonu se zateplením vakuovou izolací nebo z vápenopískových tvárnice. [9]

6. Ekonomické zhodnocení

U objektu, který je bez zateplení, byl v 2. kapitole „Výpočet zimní tepelné bilance“ změřen prostup tepla obvodovým pláštěm budovy. Dospělo se k hodnotě 21 056 W unikajícího tepla do exteriéru.

Pro demonstraci bude obvodový plášť stávajícího objektu obohacen o další vrstvu v podobě EPS desky se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,035$ (W/m.K). Po výpočtu bylo zjištěno, že díky další vrstvě tepelněizolačního materiálu bylo unikající teplo „jen“ 14 587 W.

Jak je jisté z porovnání hodnot patrné, díky tepelné izolaci má teplo unikající obálkou přibližně o 31% nižší hodnotu než v předchozím případě.

Ve výpočtu nebyly zahrnuty výplně otvorů, které jsou samostatnou kapitolou a zateplení na ně nemá vliv. Kdybychom ale vzali v potaz i okna a dveře objektu, dostaneme se na hodnotu 26 246 W unikajícího tepla. V případě zateplení je hodnota o 25 % nižší.
[24]

6.1 Finanční otázka

Tab. 4 Historická spotřeba

Fakturační období	Spotřeba v MWh
22.01.2009 - 20.01.2010	59,422
21.01.2010 - 25.01.2011	67,518
26.01.2011 - 13.01. 2012	53,296

Poznámky:

Pro zjednodušení byla použita průměrná hodnota z výše zmíněných hodnot spotřeby (MWh)

Průměrná hodnota spotřeby na vytápění (zaokrouhlená na tři desetinná místa):

60, 079 MWh

V tab.4 je přehled spotřeby plynu za 3 fakturační období. Pro zjednodušení budeme pracovat s průměrnou hodnotou spotřeby 60 079 KWh. Jednoduchým výpočtem z faktury se dostaneme na roční platbu 72 095 Kč. Budeme-li tedy počítat s 25 % úsporou spotřeby

energie prostupem tepla dostaneme se na hodnotu 54 071 Kč. Ušetření ročních nákladů za energii bude potom 18 024 Kč.

7. Závěr a doporučení pro praxi

Cílem této bakalářské práce bylo upozornit na problematiku vyskytujících se tepelným mostů, jak ve stávajících, tak v nově postavených budovách. Poukázat na zbytečné úniky tepla z budovy a nastínit metody pro jejich případnou likvidaci. V dnešní době se můžeme setkat se spoustou materiálů, které nám pomohou vylepšit tepelněizolační vlastnosti objektu(jako např. polystyren, minerální vlna, celulóza atd.) a v neposlední řadě výrazně zlepšit pohodu prostředí spojenou se zmenšením nákladů na vytápění.

Je však nezbytně nutné v případě instalace zmíněných prvků přizvání profesionála v oboru. V případě vlastní iniciativy by hrozil nežádoucí jev v podobě hromadění vlhkosti a následné tvorbě plísní. Každý, kdo uvažuje nad výstavbou domu, ve většině případů považuje budoucí objekt za stavbu, ve které stráví zbytek svého života. Díky zanedbaným „maličkostem“ v konstrukčních detailech stavby může její životnost značně zkrátit.

8. Seznam použité literatury:

1. Keim, L. Svoboda, Z. Tywoniak, J. Šála J. *Tepelná ochrana budov*, 2008
ISBN 978-80-87093-30-6
2. Řehánek, J. Janouš, A. Petr, K. Vlastimil, K. Jaroslav Š. Vladimír, V.
O tepelné izolaci budov 4 x E, energetika, environment, ekonomika, efektivnost, Praha, 2004. ISBN 80-86769-25-9
3. Dahlstveen, T. Petráš, D. Hite, J. *Energetický audit budov*, Bratislava 2003
4. <http://www.stavarina.cz/poruchy/tepelne-mosty.htm> [cit. 2013-3-11]
5. <http://www.parlament-vlada.eu/index.php/hlavni-temata-stavebnictvi/988-pasivni-dm> [cit. 2012-3-11]
6. *Vše o nízkoenergetickém domě 1/2009*, Vydavatelství: JAGA GROUP, s. r. o., Bratislava 2008, ISSN 1335-9177
7. Nový, R. a kolektiv, *Technika prostředí*, Vydavatelství: ČVUT 2000
ISBN 80-01-02108-4
8. Augusta, I.: *Stavební tepelná technika pro každého. I díl. ÚSI*, Praha, 1991, 65 s.
9. <http://www.domydomi.cz/detail/tepelne-mosty-nizkoenergeticke-domy>
[cit. 2013-3-18]
10. <http://www.e-c.cz/index.php?page=tmosty> [cit. 2013-3-19]
11. <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/tepelne-mosty-jak-se-jich-zbavit.aspx>
[cit. 2013-3-21]
12. <http://www.energeticky.cz/tepelne-mosty-predstavuji-ztraty-a-riziko.html>
[cit. 2013-3-28]

13. [http://dk.spsopava.cz:8080/docs/pdf/pozemni_stavitelstvi/setrne_stavby/Environme
ntalne_setrne_stavby_2_rocnik.pdf](http://dk.spsopava.cz:8080/docs/pdf/pozemni_stavitelstvi/setrne_stavby/Environme
ntalne_setrne_stavby_2_rocnik.pdf)[cit. 2013-3-28]
14. [http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/68-prostup-tepla-vicevrstvou-
konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci](http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/68-prostup-tepla-vicevrstvou-
konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci)[cit. 2013-3-30]
15. <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/3.htm>[cit. 2013-3-31]
16. <http://www.chatar-chalupar.cz/riziko-tepelnych-mostu>[cit. 2013-3-31]
17. http://www.sendwix.cz/pdf/prirucky/tepelna_technika.pdf[cit. 2013-4-01]
18. <http://www.izolace-info.cz/technicke-informace/tepelne-mosty/>[cit. 2013-4-01]
19. [http://bydleni.tiscali.cz/stavba-a-rekonstrukce/energie/tepelne-mosty-jsou-
nanejvys-nezadouci-85.html](http://bydleni.tiscali.cz/stavba-a-rekonstrukce/energie/tepelne-mosty-jsou-
nanejvys-nezadouci-85.html)[cit. 2013-4-02]
20. <http://www.profibau.cz/vse-o-zatepleni/tepelny-most.html>[cit. 2013-4-03]
21. [http://www.slavona.cz/konstrukcni-detaily/osazeni-okna-ve-zdivu-heluz-
predsazene-parapet.html](http://www.slavona.cz/konstrukcni-detaily/osazeni-okna-ve-zdivu-heluz-
predsazene-parapet.html)[cit. 2013-4-04]
22. kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=2395[cit. 2013-4-04]
23. <http://www.liapor.cz/dokumenty/tepelne-technicke-vlastnosti-zdiva-liapor.pdf>
[cit. 2013-4-04]
24. www.itadeco.cz[cit. 2013-4-06]
25. Šubrt,R. Volf,M. Stavební detaily, tepelné mosty, Praha 2002

Seznam obrázků

Obr.1 <i>Rodinný dům (zleva) jihovýchodní a jihozápadní pohled</i>	10
Obr.2 <i>Názorný příklad nejčastějšího výskytu tepelných mostů</i>	19
Obr.3 <i>Tepelný most - základový pas</i>	19
Obr.4 <i>Styk stropní desky, podesty schodiště, vnitřní příčky s obvodovou stěnou</i> [9]	20
Obr.5 <i>Styk střešní konstrukce s obvodovým zdivem</i> [9]	22
Obr.6 <i>Krokev ploché střechy</i> [9].....	22
Obr. 7 <i>Atika ploché střechy</i> [9].....	23
Obr. 8 <i>Tepelný most - osazení oken</i> [9]	23
Obr. 9 <i>únik tepla rohem místnosti</i>	24
Obr. 10 <i>Únik tepla spárkou</i>	25
Obr. 11 <i>Tepelný most ve styku balkónové konzole s obvodovou zdí budovy</i>	25
Obr. 12 <i>Viditelný tepelný most vyhřívané podlahy</i>	26
Obr. 13 <i>Unikající teplo osazením okna</i>	28
Obr. 14 <i>Únik tepla vytápěnou podlahou (stropem)</i>	29
Obr. 15 <i>Grafu rozdílů úniků tepla prostupem skrz plášť budovy bez a s ohledem na tepelný most</i>	30

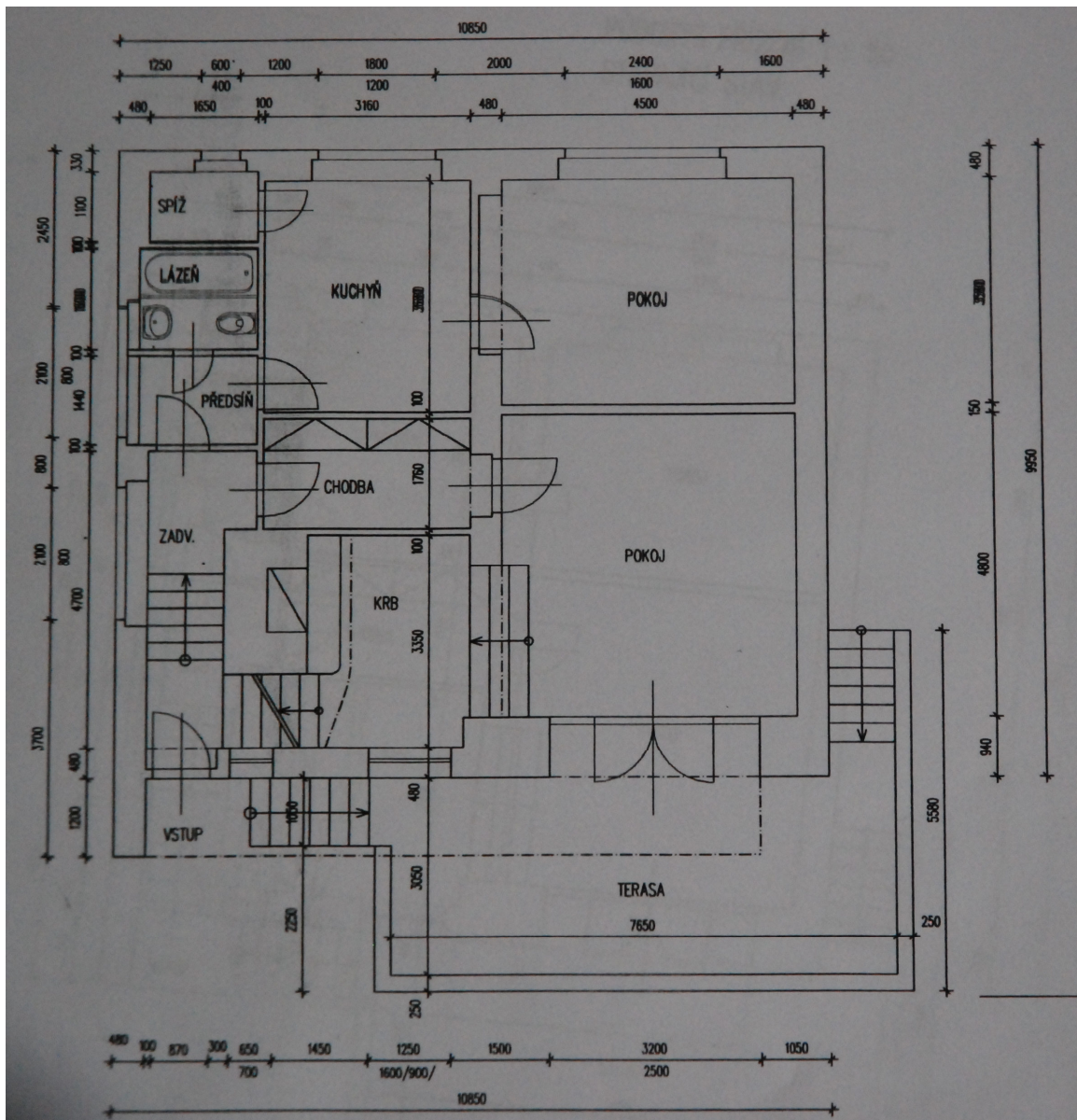
Obr. 16 Půdorys měřeného objektu	43
Obr. 17 Příčný řez měřeným objektem.....	44

Seznam tabulek

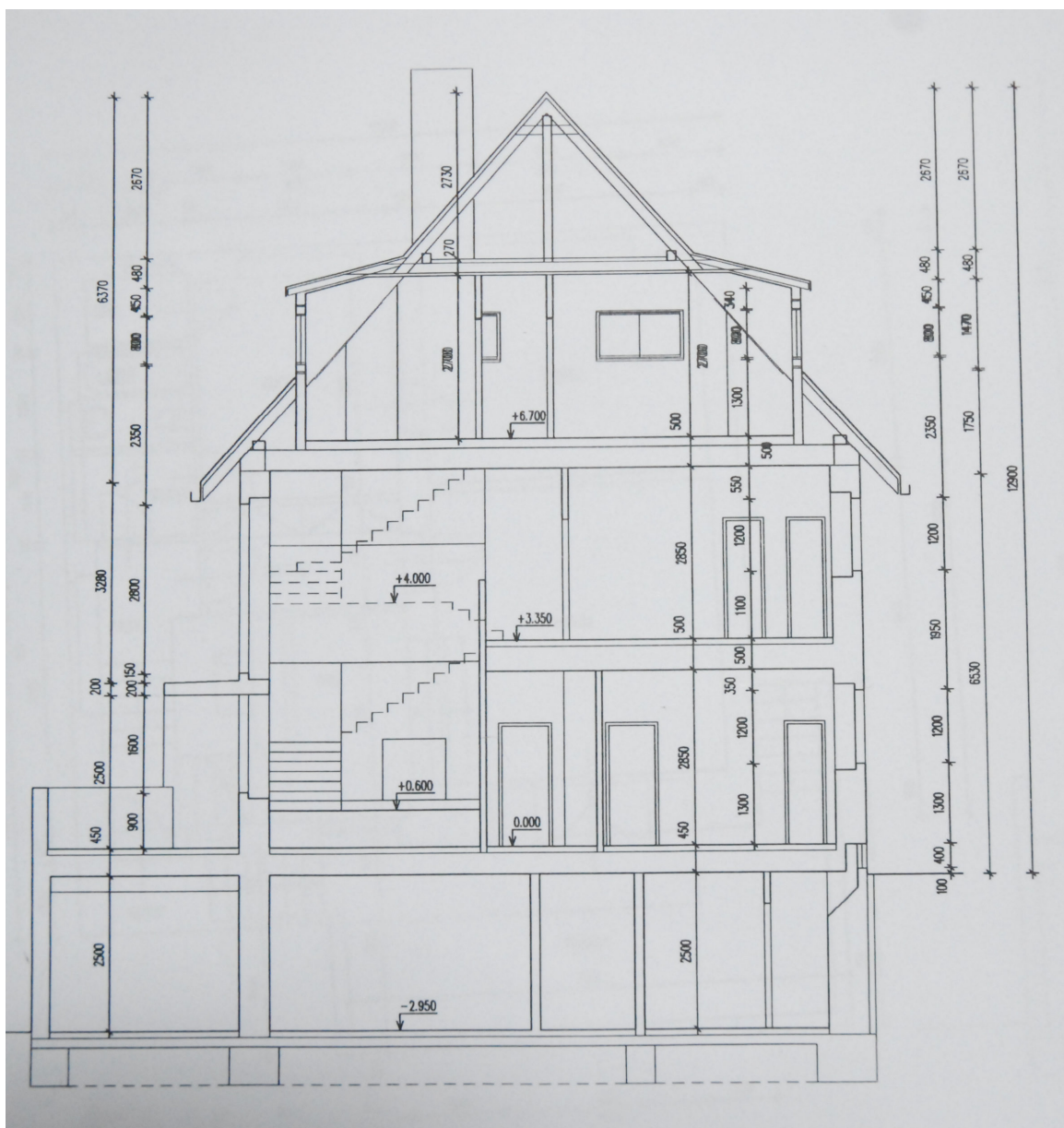
Tab.1 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přírážky pro stavební konstrukce $\Delta \theta_{si}$...	4
Tab. 2 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přírážky $\Delta \theta_{si}$ pro výplně otvorů	5
Tab. 3 Požadovaný lineární činitel prostupu tepla ψ_N podle ČSN 73 0540 - 2	27
Tab. 4 Historická spotřeba	37
Tab. 5 Teploty v místnostech podle ČSN EN 12831	45

Přílohy

Obr. 16 Půdorys měřeného objektu



Obr. 17 Příčný řez měřeným objektem



Tab. 5 Teploty v místnostech podle ČSN EN 12831

Druh vytápěné místnosti	t_i (°C)
Obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20
kuchyně	20
koupelny	24
klozety	20
vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)	15
vytápěná schodiště	10