

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Energetická náročnost rodinného domu po provedeném
zateplení**

vedoucí práce: Prof.Ing.Jiří Kožený, CSc.

2012

autor: Jana Šimanová

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana ŠIMANOVÁ**
Osobní číslo: **E09B0421P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Energetická náročnost rodinného domu po provedeném zatep-
lení**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte postup k určení tepelných ztrát rodinného domu.
2. Určete tepelné ztráty po zateplení.
3. Porovnejte se ztrátami před zateplením.
4. Určete energetickou náročnost z pohledu "Průkazu energetické náročnosti budovy".
5. Stanovte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

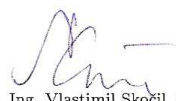
Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 17. října 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 3. června 2012


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná bakalářská práce popisuje postup výpočtu tepelných ztrát rodinného domu. Dále jsou v ní uvedeny výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností rodinného domu. V dalším bodě byly porovnány ztráty před a po zateplení. Na základě provedených výpočtů, byl proveden Průkaz energetické náročnosti budovy. V závěru jsou uvedeny závěry pro praxi a dále je uvedeno shrnutí zjištěných výsledků.

Klíčová slova

Tepelná ztráta, tepelný most, tepelný výkon, součinitel prostupu tepla, energetická náročnost

Abstract

The present thesis describes the procedure for calculating heat loss house. In addition, it provided heat loss calculations the individual rooms of house. In the next section were compared before and after the loss of insulation. Based on the calculations was carried out Energy Performance Certificate of the building. At the end conclusions are presented for practice and provide a summary the results.

Key words

Heat loss, heat flow, thermal performance, heat transfer coefficient, energy intensity

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce je legální.

V Plzni dne 24.5.2012

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat prof. Ing. Jiřímu Koženému, CSc. vedoucímu mé práce za odborné vedení a užitečné podněty k vypracování. Pak bych ráda poděkovala za konzultace Ing. Stanislavu Jiřincovi, za ochotu a rady potřebné ke zdárnému dokončení této bakalářské práce.

Obsah

| | |
|---|-----------|
| OBSAH | 7 |
| ÚVOD | 9 |
| SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK | 10 |
| 1 ÚDAJE O RODINNÉM DOMU A MĚŘENÍ NA NĚM PROVEDENÉ | 13 |
| 1.1 POPIS RODINNÉHO DOMU | 13 |
| 1.2 POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE, POPIS PROVEDENÉHO MĚŘENÍ A CHYBY ZJIŠTĚNÉ PŘI VÝSTAVBĚ..... | 14 |
| 1.3 TEPELNÁ POHODA..... | 15 |
| 1.4 TEPELNÉ MOSTY | 16 |
| 1.4.1 Definice | 16 |
| 1.4.2 Dělení tepelných mostů..... | 16 |
| 2 POSTUP VÝPOČTU ZTRÁT ZATEPLENÉHO OBJEKTU | 18 |
| 2.1 ZÁSADY | 18 |
| 2.2 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU | 19 |
| 2.3 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON | 24 |
| 2.4 VŠEOBECNÉ ÚDAJE O DANÉM OBJEKTU | 26 |
| 3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT A NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTÍ ZATEPLENÉHO OBJEKTU | 27 |
| 3.1 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO OBÝVACÍ POKOJ | 30 |
| 3.1.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla..... | 30 |
| 3.1.2 Výpočet tepelných ztrát větráním | 31 |
| 3.1.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 31 |
| 3.2 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO PŘEDSÍŇ | 32 |
| 3.2.1 Výpočet tepelných ztrát do zeminy..... | 32 |
| 3.2.3 Výpočet tepelných ztrát větráním | 33 |
| 3.2.4 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 34 |
| 3.3 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO CHODBU | 34 |
| 3.3.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla..... | 35 |
| 3.3.2 Výpočet tepelných ztrát větráním | 35 |
| 3.3.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 36 |
| 3.4 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO KOUPELNU A WC | 36 |
| 3.4.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla..... | 36 |
| 3.4.2 Výpočet tepelných ztrát větráním | 37 |
| 3.4.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 37 |
| 3.5 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO LOŽNICI..... | 38 |
| 3.5.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla..... | 38 |
| 3.5.2 Výpočet tepelných ztrát větráním | 39 |
| 3.5.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 39 |
| 3.6 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO DĚTSKÝ POKOJ | 40 |
| 3.6.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla..... | 40 |
| 3.6.2 Výpočet tepelných ztrát větráním | 41 |
| 3.6.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 41 |
| 3.7 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO KUCHYŇSKÝ A JÍDELNÍ KOUT | 42 |
| 3.7.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla..... | 42 |
| 3.7.2 Výpočet tepelných ztrát větráním | 43 |
| 3.7.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu..... | 43 |
| 4 POROVNÁNÍ SE ZTRÁTAMI PŘED ZATEPLENÍM OBJEKTU | 44 |

| | |
|--|-----------|
| 5 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY | 45 |
| 5.1 VYSVĚTLENÍ POJMU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY (ENB) | 45 |
| 5.2 OBECNÉ HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI | 45 |
| 5.3 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI MĚŘENÉHO OBJEKTU..... | 46 |
| ZÁVĚR PRO PRAXI | 48 |
| PŘÍLOHY | 49 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 51 |

Úvod

Neustále rostoucí ceny energií a stále se zhoršující stav životního prostředí, jsou dva nejčastější důvody, které vedou majitele domů k realizaci opatření, které snižují spotřeby energií. Moderní technologie nabízejí mnoho cest, jak těchto úspor dosáhnout, a to jak pro novostavby (ekonomické nízkoenergetické stavby, ...), tak i pro starší budovy.

Největší měrou se na nákladech pro provoz rodinných domů a bytů podílejí náklady na vytápění a ohřev teplé užitkové vody (TUV). Tento fakt dal vzniknout mnoha moderním technologickým postupům, které vedou k výrazným ekonomickým úsporám. Samozřejmě nejvýhodnější je realizace potřebných opatření u novostaveb, kdy se s úsporami počítá již na začátku stavebního projektu. Velké množství firem dnes i u nás nabízí různé možnosti realizace ekonomické nízkoenergetické stavby, míra úspory závisí v podstatě pouze na přání zákazníka. [1]

Mezi nejdůležitější a nejúčinnější prostředky vedoucí k úsporám energie bezesporu patří zateplení zdiva. Ať již jde o dodatečné zateplení starších staveb nebo o zateplovací systémy použité při stavbě. Na českém trhu je nabízeno mnoho kvalitních zateplovacích systémů, jejichž použití je velmi účelné pro zlepšení tepelně-izolačních vlastností starších staveb. Systémy pro zateplení lze jednoduše rozdělit na vnitřní a vnější. [2]

Hlavní cíle této bakalářské práce jsou:

- Uvést postup k určení tepelných ztrát rodinného domu
- Určit tepelné ztráty po zateplení
- Porovnat se ztrátami před zateplením
- Určit energetickou náročnost z pohledu "Průkazu energetické náročnosti budovy"
- Stanovit závěry pro praxi

Seznam symbolů a zkratk

| | |
|------------------------|---|
| Φ_i [W] | Celková navrhovaná ztráta vytápěného prostoru (i) |
| $\Phi_{T,i}$ [W] | Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla |
| $\Phi_{v,i}$ [W] | Návrhová tepelná ztráta větráním |
| $\Phi_{HL,i}$ [W] | Tepelný výkon se pro vytápěný prostor |
| $\Phi_{RH,i}$ [W] | Zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění vytápěného prostoru |
| Φ_{HL} [W] | Tepelný výkon pro funkční část budovy nebo budovu |
| $\sum \Phi_{T,i}$ [W] | Součet tepelných ztrát prostupem tepla všech vytápěných prostorů a výjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy a nebo budovy |
| $\sum \Phi_{v,i}$ [W] | Součet tepelných ztráty větráním všech vytápěných prostor s výjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy nebo budovy |
| $\sum \Phi_{RH,i}$ [W] | Součet tepelných zátopových výkonů všech vytápěných prostorů požadující vyrovnání účinků přerušovaného vytápění |
| $H_{T,ie}$ [W/K] | Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy |
| $H_{T,iue}$ [W/K] | Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem |
| $H_{T,ig}$ [W/K] | Součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu |
| $H_{T,ij}$ [W/K] | Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu |
| $H_{V,i}$ [W/K] | Součinitel návrhové tepelné ztráty |
| $\theta_{int,i}$ [°C] | Vnitřní výpočtová teplota |
| θ_e [°C] | Vnější výpočtová teplota |
| θ_u [°C] | Teplota nevytápěného prostoru |
| $\theta_{m,e}$ [°C] | Průměrná roční teplota |

| | |
|-------------------------------------|---|
| A_k [m ²] | Plocha stavební části |
| A_g [m ²] | Plocha uvažované podlahy |
| A_i [m ²] | Plocha podlahy vytápěného prostoru |
| U_k [W/m ² .K] | Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí |
| e_k, e_l [-] | Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům |
| e_i [-] | Stínící činitel |
| ψ_l [W/m.K] | Lineární ztrátový činitel tepelného mostu |
| l_l [m] | Délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a venkovním prostředím |
| b_u [-] | Teplotní redukční činitel |
| f_{g1} [-] | Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty |
| f_{g2} [-] | Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou |
| $f_{i,j}$ [-] | Teplotní redukční činitel |
| $U_{equiv,k}$ [W/m ² .K] | Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí |
| G_w [-] | Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody |
| B' [m] | Charakteristický parametr |
| P [m] | Délka obvodových stěn oddělující vytápěný prostor uvažované části budovy od venkovního prostředí |
| U_k [W/m ² .K] | Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí |
| V_i [m ³ /s] | Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru |
| ρ [kg/m ³] | Hustota vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$ |
| c_p [kJ/kg. K] | Měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$ |
| $V_{inf,i}$ [m ³ /h] | Infiltrace obvodovým pláštěm budovy |
| $V_{min,i}$ [m ³ /h] | Hygienické množství vzduchu |

| | |
|--------------------------------|--|
| n_{50} [h^{-1}] | Intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa mezi vnitřkem a venkem budovy zahrnující účinky přívodů vzduchu |
| ε_i [-] | Výškový korekční čítel zohledňující zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země |
| n_{\min} [h^{-1}] | Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu |
| f_{RH} [-] | Zátopový součinitel závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění |
| EPS | Pěnový polystyren |
| ENB | Energetická náročnost budovy |
| TUV | Teplá užitková voda |
| MPO | Ministerstvo průmyslu a obchodu |
| ČSN | Česká technická norma |

1 Údaje o rodinném domu a měření na něm provedené

1.1 Popis rodinného domu

Rodinný dům, na kterém bylo prováděno měření pro výpočet tepelných ztrát, se nachází v okolí města Plzeň. Pozemek, na kterém byl dům postaven, má svažité charakter. Dům byl postaven v letech 1984 až 1989. Je určen pro jednu rodinu, po případné rekonstrukci pro dvě rodiny. Objekt se skládá ze dvou nadzemních podlaží a je podsklepen.



Obr. 1 Pohled na měřený objekt

Zdivo v suterénu se skládá z pálených cihel 290/140/65 o celkové síle 420 mm. Omítka je vápenná. V 1.NP a 2.NP je rodinný dům tvořen z YTONGU P3 o tloušťce 400 mm. Vnitřní zdivo má tloušťku 300 a 150 mm. Stropy mezi 1.PP a 1.NP jsou ze stropních tvarovek HURDIS tloušťky 215 mm. Omítka mezi vytápěným a nevytápěným prostorem byla použita vápenná. Stropy mezi 2.NP a půdou má tloušťku 400 mm. Omítka byla použita vápenná.

Původní okna a dveře byly vyrobeny ze dřeva a měly dvojitou výplň. Stejně tak byly vyrobeny dveře pro vchod na terasu a balkon. V objektu byly osazeny vchodové dřevěné dveře

s částečným prosklením. Garážová vrata jsou dřevěná, dvoudílná, nezateplená. Z tohoto zjištění byla zjištěna netěsnost a úniky tepla. Proto byla osazena plastová okna s trojsklem.

Kotel značky Viadrus 24 kW slouží k ohřevu vody a k vytápění objektu, je na tuhá paliva. V létě se voda ohřívá pomocí elektrické energie. Otopná soustava je klasická dvoutrubková s přirozeným oběhem. K této soustavě jsou připojeny radiátory deskového typu. Větrání je přirozené. Pouze první nadzemní podlaží je vytápěno a částečně sklep kotlem. Rodinný dům má v současné době zatepleny obvodové zdi polystyrénem EPS plus 100 – tloušťky 100 mm, stropy a nyní se zatepluje i střecha.

[3]

1.2 Použité měřicí přístroje, popis provedeného měření a chyby zjištěné při výstavbě

Měření proběhlo dne 24. 2. 2012 v odpoledních hodinách. Teplota venkovního prostředí byla 8 °C. Rodinný dům byl měřen termokamerou s označením Ti55FT od firmy Fluke a na měření vnitřních teplot místností se použily běžné teploměry. Objekt se proměřoval z venku i ze vnitř, tam kde se nacházely rizikové části.



Obr. 2 Tepelný snímek nového plastového okna

Objekt se nachází nedaleko lesa. Nedostatečné odvodnění rodinného domu, způsobovalo vlhkost. Tento problém je už vyřešen pomocí drenážního systému. Tepelné úniky byly způsobeny například vchodovými dveřmi. Teplo unikalo přes jednoduché zasklení, bez izolačních

vlastností. Nově osazené plastové dveře s tepelně izolačními vlastnostmi, tepelné ztráty vyřešily. Na snímcích v příloze je vidět patrné zlepšení, kde je uveden stav před výměnou a po výměně. Ostatní dveře a okna byly vyměněny rovněž za nové s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi.

Dříve některé spáry obvodových stěn promrzaly a docházelo, tak ke snížení povrchové teploty stěn. Řešením bylo zvolit vhodné zateplení, které už je v dnešní době na objektu realizováno. Dodatečné zateplení by mohlo zmírnit únik tepla u stropů. Výskyt plísní hrozil u kuchyňského koutu, toto riziko se odstranilo. Nyní je dům ve fázi zateplování střechy a rekonstrukce půdy na obytné podkroví.

[3]

1.3 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda závisí na fyzikálních podmínkách a na činnosti člověka. Pokud člověku není příliš velké teplo a nepocítuje chlad, lze říci, že se nachází ve stavu tepelné pohody. Základní podmínkou tepelné pohody je přiměřená teplota vzduchu v místnosti, avšak to není podmínka jediná. Důležitá je teplota vybavení místnosti, stěn místnosti a vlhkost vzduchu. Je-li teplota vzduchu např. 20 °C, povrchová teplota stěn by neměla klesnout pod 18 °C. Při povrchové teplotě nižší by se musela zvýšit teplota vzduchu, tím by se vodní páry kondenzovaly na stěnách a tepelná pohoda by se zhoršila. Nedostatečná tepelná izolace stěn má za následek nízkou povrchovou teplotu. Relativní vlhkost v místnostech se doporučuje 30 až 50 %. [4]

Doporučené teploty

Tab. 1 Doporučená teplota v místnostech [4]

| | |
|-------------------|-----------|
| obytné místnosti | 18 - 22°C |
| kuchyně | 15°C |
| koupelna | 24°C |
| WC | 16°C |
| chodba, schodiště | 10-15°C |

Tab. 2 Doporučená teplota při činnostech [4]

| | |
|-----------------------------|-----------|
| při odpočinku | 19 - 22°C |
| lehká fyzická práce | 18 - 20°C |
| středně těžká fyzická práce | 14 - 17°C |
| těžká fyzická práce | 10 - 15°C |

1.4 Tepelné mosty

1.4.1 Definice

Označením tepelných mostů se používá pro místa, kde dochází ke zvýšeným únikům tepla z vytápěného prostoru. V praxi se tepelné mosty projevují chladnějším místem v interiéru anebo naopak teplejším místem v exteriéru, pokud je pochopitelně interiér teplejší než exteriér. Z toho vyplývá, že tepelné mosty způsobují změny povrchové teploty a změny hustoty tepelného toku. Tepelné mosty jsou spojeny s vyšší koncentrací vlhkosti a tudíž možného vzniku plísní, nižší životností stavebních prvků a konstrukcí. [5]

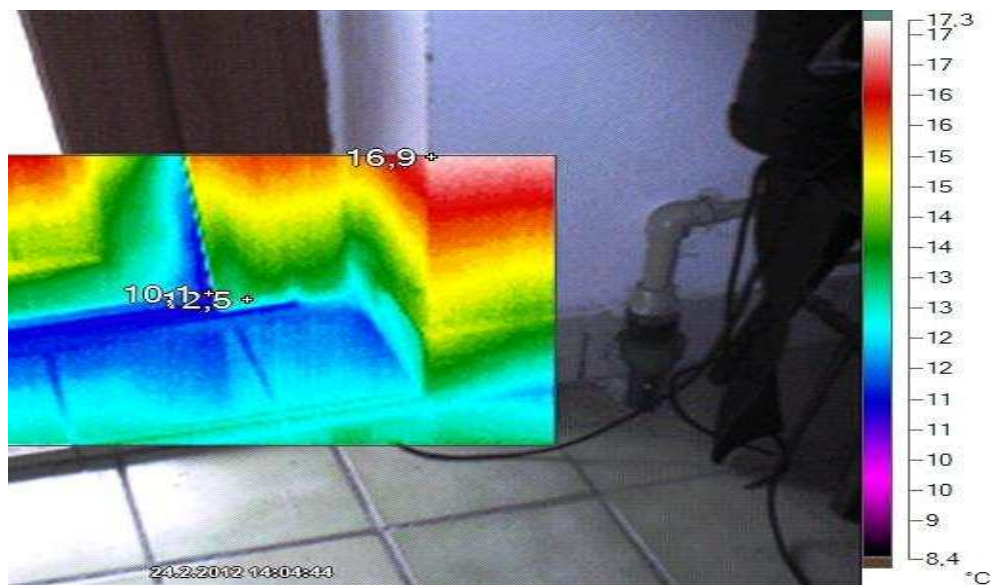
S plísněmi se můžeme setkat nejen u viditelných míst, ale také u neviditelných míst. Těmito místy mohou být například kouty za skříněmi, místa pod plovoucími podlahami, atd. [6]

Tepelné mosty mohou být změřeny pomocí termokamery, kde jsou vidět chyby a nedostatky provedeného stavebního díla. [6]

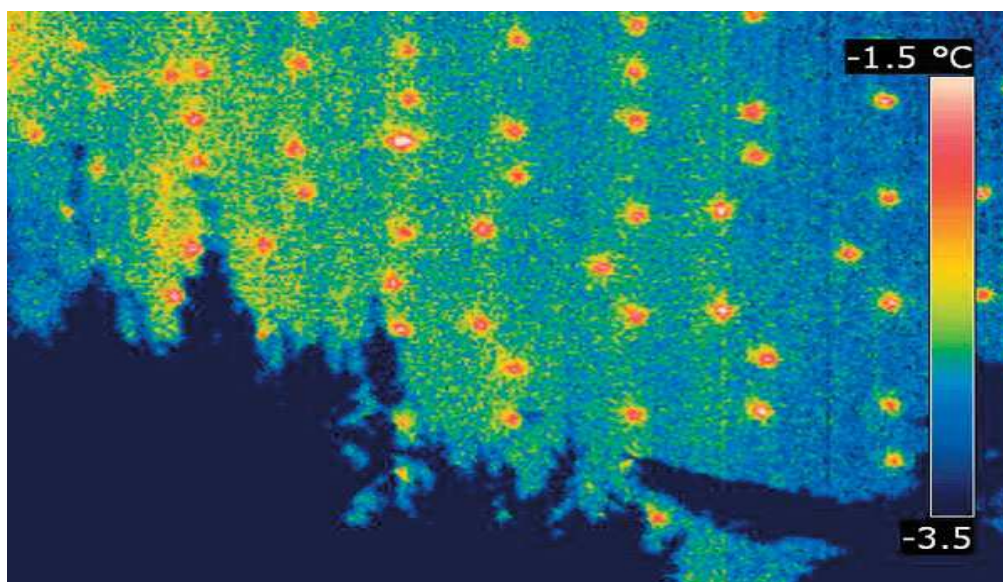
1.4.2 Dělení tepelných mostů

Kapitola 1.4.2 patří pod použitou literaturu [5]

- **systemové** – pravidelně se opakující a jejich vliv musí být zahrnut do výpočtu součinitele prostupu tepla. Příkladem mohou být krokve, mezi nimiž je tepelná izolace v podkroví. Při realizaci stavebního díla, by se mělo kontrolovat, jestli se použila tepelně izolační malta.
- **nahodilé** – v konstrukci se neopakují a dále se dají rozdělit na lineární a bodové. Příkladem lineárních tepelných mostů může být špatné osazení okna do stěny nebo nesprávné napojení konstrukce podlahy a stěny. Příkladem bodových tepelných mostů může být uchycení tepelné izolace. Na obrázku číslo 3 jsou uvedeny příklady lineárního a na obrázku číslo 4 bodového tepelného mostu. Lineární tepelný most byl zachycen při měření tepelných ztrát interiéru objektu. Na rodinném domu nevznikl bodový tepelný most, proto byl snímek stažen z internetových stránek. Na obrázku číslo 4 je vidět teplo, které uniká z fasády objektu díky zakotveným hmoždinkám (žluto-červené tečky) s kovovým rozpěrným prvkem.



Obr. 3 Ukázka lineárního tepelného mostu u dveří



Obr. 4 Ukázka bodového tepelného mostu [7]

- **tepelné vazby** – styky dvou konstrukcí. Není to typický tepelný most, kdy tepelná izolace je zeslabena či přerušena jinou konstrukcí. Dochází ke zvýšenému tepelnému toku, díky styků dvou a více různých konstrukcí. Příkladem vazby je napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu.

Další rozdělení tepelných mostů

- **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 opakující místa s horšími tepelně izolačními vlastnostmi, např. krokve mezi izolací ve střeše, maltové lože mezi cihlami)
- **konvektivní** (zde může docházet k přenosu energie přes tepelnou izolaci prouděním, např. v netěsných střešních konstrukcích). [5]

2 Postup výpočtu ztrát zatepleného objektu

Ztráty byly vypočítány dle normy ČSN EN 12831 (Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu).

2.1 Zásady

Výpočtová metoda pro základní případy je založena na následujících předpokladech:

- rozložení teplot (teploty vzduchu a výpočtové teploty je rovnoměrné),
- tepelné ztráty se počítají pro ustálený stav za předpokladu konstantních vlastností, jako jsou hodnoty teplot, vlastností stavebních částí, atd.

Postup pro základní případy se může užít pro většinu budov:

- u nichž výška místností nepřesahuje 5 m,
- které se vytápí nebo se předpokládá vytápění na stanovený trvalý teplotní stav,
- u nichž se předpokládají stejné hodnoty teploty vzduchu a výsledné teploty.

Při výpočtu návrhových tepelných ztrát vytápěného prostoru se uvažují:

- Návrhové tepelné ztráty prostupem. Jsou to tepelné ztráty do vnějšího prostředí způsobené vedením a šířením tepla mezi přílehlými vytápěnými prostory anebo místnostmi vytápěnými na různé teploty.
- Návrhové tepelné ztráty větráním. Tyto tepelné ztráty jsou způsobeny větráním nebo infiltrací a šířením tepla větráním z jednoho vytápěného prostoru do jiných vytápěných prostorů uvnitř budovy.

2.2 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

Celková navrhovaná ztráta vytápěného prostoru (i), Φ_i se vypočítá z rovnice

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} \text{ [W]} \quad (2.1)$$

$\Phi_{T,i}$ [W] návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$\Phi_{v,i}$ [W] návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ pro vytápěný prostor (i):

Celková tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí je definována jako součin součtu měrných tepelných ztrát a rozdílu teplot mezi vnitřní a vnější výpočtovou teplotou.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (2.2)$$

kde:

$H_{T,ie}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy

$H_{T,iue}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem

$H_{T,ig}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu

$H_{T,ij}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu

$\theta_{int,i}$ [°C] vnitřní výpočtová teplota

θ_e [°C] vnější výpočtová teplota

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Měrná tepelná ztráta přechodem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e), $H_{T,ie}$ existuje v důsledku konstrukcí a lineárních mostů, které odděluje vytápěný prostor vnějšího prostředí, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře, okna.

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \text{ [W/K]} \quad (2.3)$$

kde:

A_k [m²] plocha stavební části

U_k [W/m².K] součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

e_k, e_l [-] korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavební díly, rychlost větru a teplota, pokud tyto hodnoty nebyly stanoveny při U-hodnot

ψ_l [W/m.K] lineární ztrátový činitel tepelného mostu

l_l [m] délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a venkovním prostředím

Na obrázku 3 je tepelný most. Snímek vznikl v kuchyni. Zateplení pomohlo vyřešit částečně vyřešit problém týkajícího se tohoto tepelného mostu. Nedostatek zateplení je vidět v rohu místnosti. Kde je možný výskyt plísně díky rozdílu teplot.



Obr. 5 Ukázka tepelného mostu (v bílém obdélníku)

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Pokud se nachází nevytápěný prostor mezi prostorem vytápěným a venkovním prostorem vypočítá se navrhovaná měrná tepelná ztráta přechodem $H_{T,iue}$ ze zatepleného prostoru do venkovního prostředí.

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u \text{ [W/K]} \quad (2.4)$$

kde:

b_u teplotní redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a vnější výpočtovou teplotou

Výpočet teplotního redukčního činitele b_u

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [-]} \quad (2.5)$$

θ_u [°C] teplota nevytápěného prostoru

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy – měrná tepelná ztráta

Tepelné ztráty do podlahy a stěn suterénu, které jsou v přímém nebo nepřímém kontaktu se zeminou závisí na více faktorů. Tyto faktory představují například plochu a obvod podlahy, hloubku suterénního podlaží pod úroveň terénu a tepelnotechnické vlastnosti zeminy.

Navrhovaná měrná tepelná ztráta přechodem do zeminy $H_{T,ig}$ z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) se spočte jako:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \text{ [W/K]} \quad (2.6)$$

kde:

f_{g1} [-] korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty

f_{g2} [-] teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

A_k [m²] plocha stavební konstrukce, které se dotýkají zeminy

$U_{equiv,k}$ [W/m².K] ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

G_w [-] korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

Výpočet teplotního redukčního činitele, který zohledňuje rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.7)$$

$\theta_{m,e}$ [°C] průměrná roční teplota

Charakteristický parametr B'

$$B' = A_g / (0,5 \cdot P) \quad (2.8)$$

kde:

A_g [m²] plocha uvažované podlahy

P [m] délka obvodových stěn oddělující vytápěný prostor uvažované části budovy od venkovního prostředí

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

$$H_{T,ij} = \sum f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (2.9)$$

kde:

$f_{i,j}$ [-] teplotní redukční činitel

A_k [m²] plocha stavební části

U_k [W/m².K] součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

Navrhovaná tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.10)$$

kde:

$H_{V,i}$ [W/K] součinitel návrhové tepelné ztráty

Výpočet součinitele návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (2.11)$$

kde:

V_i [m^3/h] výměna vzduchu ve vytápěném prostoru

ρ [kg/m^3] hustota vzduchu při teplotě $\theta_{\text{int},i}$

c_p [$\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$] měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{\text{int},i}$

Ke zjednodušení rovnice dojde za předpokladu, že ρ a c_p je konstantní, pak dojde k zjednodušení rovnice

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \text{ [W/K]} \quad (2.12)$$

kde:

V_i [m^3/h] výměna vzduchu ve vytápěném prostoru

Přirozené větrání

V případě, že v budově je systém nuceného větrání, se předpokládá, že přiváděný vzduch má teplotní charakteristiku vnějšího vzduchu. Proto je tepelná ztráta úměrná rozdílu mezi vnitřní výpočtovou teplotou a vnější výpočtovou teplotou.

Hodnota výměny vzduchu vytápěného prostoru pro výpočet návrhového součinitele tepelné ztráty je maximum výměny vzduchu infiltrací $V_{\text{inf},i}$ spárami a styky obvodového pláště budovy a minimální výměna vzduchu $V_{\text{min},i}$ požadovaná z hygienických důvodů.

Výměna vzduchu vytápěného prostoru

$$V_i = \max (V_{\text{inf},i}, V_{\text{min},i}) \quad (2.13)$$

kde:

$V_{\text{inf},i}$ [m^3/h] infiltrace obvodovým pláštěm budovy

$V_{\text{min},i}$ [m^3/h] hygienické množství vzduchu

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy-množství vzduchu

$$V_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (2.14)$$

kde:

n_{50} [h⁻¹] intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa mezi vnitřkem a venkem budovy zahrnující účinky přívodů vzduchu

e_i [-] stínící činitel

ε_i [-] výškový korekční činitel zohledňující zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země

Hygienické množství vzduchu $V_{\text{min},i}$

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot V_i \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (2.15)$$

kde:

n_{min} [h⁻¹] minimální intenzita výměny venkovního vzduchu

V_i [m³] objem vytápěné místnosti

2.3 Návrhový tepelný výkon

Tepelný výkon se pro vytápěný prostor spočte:

$$\Phi_{\text{HL},i} = \Phi_{\text{T},i} + \Phi_{\text{V},i} + \Phi_{\text{RH},i} \text{ [W]} \quad (2.16)$$

kde:

$\Phi_{\text{RH},i}$ [W] zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění vytápěného prostoru

Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{\text{RH},i} = A_i \cdot f_{\text{RH}} \text{ [W]} \quad (2.17)$$

kde:

A_i [m²] plocha podlahy vytápěného prostoru

f_{RH} [-] zátopový součinitel závislý na druhu budovy, stavební konstrukcí, době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění

Tepelný výkon pro funkční část budovy nebo budovu

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \text{ [W]} \quad (2.18)$$

kde:

$\sum \Phi_{T,i}$ [W] součet tepelných ztrát prostupem tepla všech vytápěných prostorů a vyjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy a nebo budovy

$\sum \Phi_{V,i}$ [W] tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostor s vyjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy nebo budovy

$\sum \Phi_{RH,i}$ [W] součet tepelných zátopových výkonů všech vytápěných prostorů požadující vyrovnání účinků přerušovaného vytápění

[8]

2.4 Všeobecné údaje o daném objektu

Tab. 3 Všeobecné údaje o daném objektu

| Klimatické údaje | | | |
|---|--|-------------------------|-------------------------|
| Popis | Označení | Hodnota | |
| Výpočtová venkovní teplota | θ_e [°C] | -12 | |
| Roční průměrná teplota vzduchu | $\theta_{m,e}$ [°C] | 3,6 | |
| Korekční činitele vystavení klimatickým podmínkám e_k a e_l | | | |
| Vše | | 1,00 | |
| Údaje o vytápěných místnostech | | | |
| Označení místnosti | Výpočtová vnitřní teplota (před / po zateplení) | Plocha místnosti | Objem místnosti |
| | $\theta_{int,i}$ [°C] | A_i [m ²] | V_i [m ³] |
| Obývací pokoj | 22/23 | 22,7 | 59,5 |
| Předsíň | 15/16 | 5,3 | 13,8 |
| Chodba | 18/19 | 7,3 | 19,1 |
| Koupelna + WC | 23/24 | 5,5 | 14,5 |
| Ložnice | 17/20 | 14 | 36,7 |
| Dětský pokoj | 22/21 | 27,3 | 71,4 |
| Jídelní + kuchyňský kout | 22/23 | 15 | 39,2 |
| Celkem | | 97,1 | 254,2 |
| Údaje o nevytápěných místnostech | | | |
| Označení místnosti | b-hodnota | teplota | |
| | b_u [na jednotku] | θ_u [°C] | |
| Uhelna | 0,8 | 5 | |
| Garáž | 0,6 | 12 | |
| Sklep | 0,8 | 9 | |
| Sklad na ovoce | 0,5 | 9 | |
| Nevytápěné podkroví | 1 | 3 | |

Hodnoty pro výpočtovou venkovní teplotu, roční průměrnou teplotu vzduchu a korekční činitele vystavení klimatickým podmínkám e_k a e_l byly použity z normy ČSN EN 12831. Rovněž b-hodnota se použila ze zmíněné normy. Objem a plocha jednotlivých místností byly spočítány z rozměrů uvedených v půdoryse.

Vnitřní výpočtová teplota vytápěných místností je určena normou. V tabulce jsou napsány hodnoty teplot před/po zateplení, které se shodují s hodnotami z normy. [8]

V normě je udána dle místa polohy rodinného domu i minimální délka otopného období, které je 233 dní za rok. Dům je, ale vytápěn pouze 214 dní, tato hodnota se použila i při výpočtu. Aby nedošlo k předimenzování výpočtu, byly použity skutečně naměřené hodnoty. [3]

3 Výpočet tepelných ztrát a návrhového tepelného výkonu jednotlivých místností zatepleného objektu

Při výpočtu tepelných ztrát, jsou důležité součinitele prostupů tepla pro jednotlivé místnosti objektu. Tento součinitel se vypočte podle ČSN EN ISO 6946 pro neprůsvitné části a podle ČSN EN ISO 10077-1 pro okna a dveře. V tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty, které se zahrnují do výpočtu tepelných ztrát objektu. [9, 10]

Tab. 4 Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé stavební části (začátek) [9, 10]

| Popis | d [m] | λ [W/m.K] | R [m ² .K/W] | U_k [W/m ² .K] |
|--|--------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Zateplená vnější stěna tloušťky 0,4 m | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,13 | |
| Omítka vápenná | 0,003 | 0,880 | 0,003 | |
| Ytong P3 | 0,400 | 0,170 | 2,353 | |
| Omítka vápenná | 0,030 | 0,880 | 0,034 | |
| EPS Plus 100 mm | 0,100 | 0,030 | 3,333 | |
| Armovací vrstva | 0,003 | 0,870 | 0,003 | |
| Silikátová omítka jemná | 0,003 | 0,700 | 0,004 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,04 | |
| Celkem | 0,539 | | 5,902 | 0,17 |

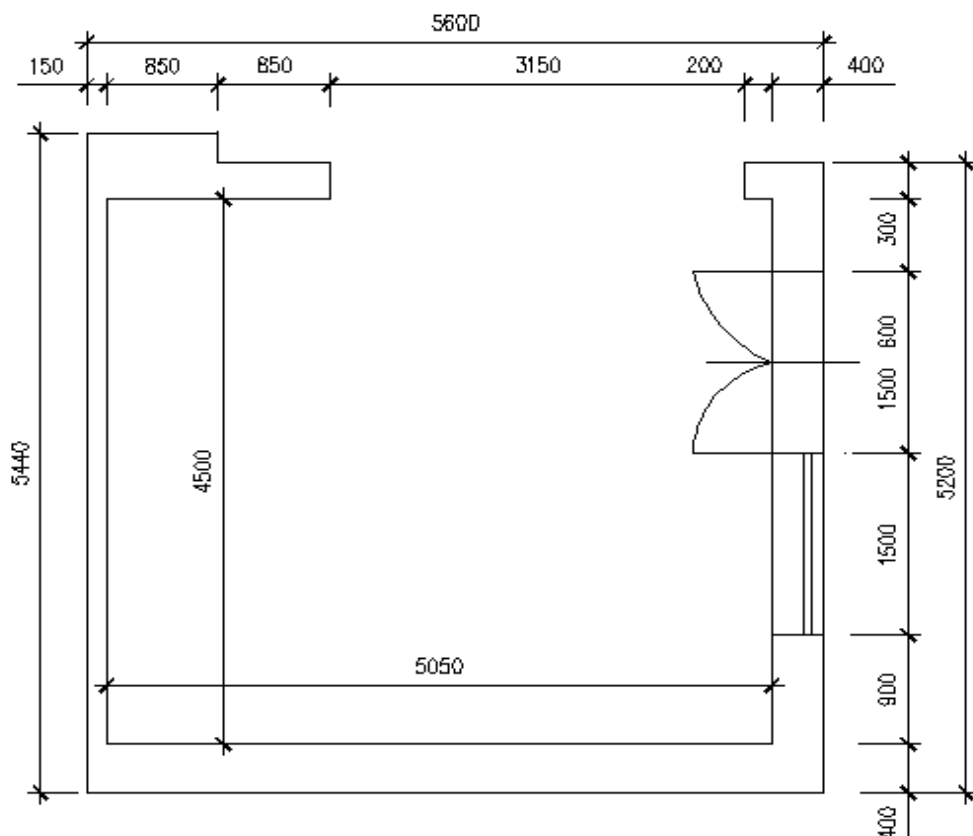
Tab.4 Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé stavební části (pokračování) [9,10]

| Vnitřní stěna tloušťky 0,15 m | | | | |
|--|--------------|-------|--------------|-------------|
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,13 | |
| Omítka vápenná | 0,003 | 0,880 | 0,003 | |
| Ytong P3 | 0,15 | 0,17 | 0,882 | |
| Omítka vápenná | 0,003 | 0,880 | 0,003 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,040 | |
| Celkem | 0,156 | | 1,059 | 0,94 |
| Vnitřní stěna tloušťky 0,3 m | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,13 | |
| Omítka vápenná | 0,003 | 0,880 | 0,003 | |
| Ytong P3 | 0,3 | 0,17 | 1,765 | |
| Omítka vápenná | 0,003 | 0,880 | 0,003 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,040 | |
| Celkem | 0,306 | | 1,942 | 0,52 |
| Strop | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,1 | |
| Omítka vápenná | 0,02 | 0,7 | 0,029 | |
| Tvarovky HURDIS | 0,08 | 0,57 | 0,140 | |
| Beton ze škváry | 0,15 | 0,51 | 0,294 | |
| Beton hutný | 0,06 | 1,05 | 0,057 | |
| Beton z perlitu | 0,05 | 0,085 | 0,588 | |
| Polystyren pěnový EPS | 0,05 | 0,036 | 1,389 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,04 | |
| Celkem | 0,410 | | 2,637 | 0,38 |
| Nezateplená vnější stěna | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,130 | |
| Omítka vápenná | 0,030 | 0,88 | 0,034 | |
| Ytong P3-550 | 0,400 | 0,17 | 2,353 | |
| Omítka vápenná | 0,030 | 0,88 | 0,034 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,040 | |
| Celkem | 0,460 | | 2,591 | 0,39 |

Tab.4 Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé stavební části (dokončení)

| | | | | |
|--|--------------|-------|--------------|-------------|
| Podlaha | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,17 | |
| Omítka vápenná | 0,015 | 0,35 | 0,043 | |
| Tvarovky HURDIS | 0,08 | 0,57 | 0,140 | |
| Beton hutný | 0,019 | 1,05 | 0,018 | |
| Beton z perlitu | 0,08 | 0,085 | 0,941 | |
| Asfaltové pásy a lepenky | 0,005 | 0,21 | 0,024 | |
| Dřevo měkké rovn.s vláknny | 0,019 | 0,35 | 0,054 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,170 | |
| Celkem | 0,218 | | 1,561 | 0,64 |
| Plastové okno s trojsklem | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně | | | 0,13 | |
| Plastové okno s trojsklem | | | 0,85 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,04 | |
| Celkem | | | 1,02 | 0,98 |
| Plastové okno s trojsklem | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,13 | |
| Plastové okno s trojsklem | | | 0,246 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,04 | |
| Celkem | | | 0,416 | 2,40 |
| Vnější plastové dveře s izolační výplní | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,13 | |
| Vnější plastové dveře s izolační výplní | | | 0,33 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,04 | |
| Celkem | | | 0,5 | 2,00 |
| Vchodové dveře s dvojitou izolační výplní | | | | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,13 | |
| Vchodové dveře s dvojitou izolační výplní | | | 0,33 | |
| Odpor při přestupu tepla na vnější straně | | | 0,04 | |
| Celkem | | | 0,5 | 2,00 |

3.1 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro obývací pokoj



Obr. 6 Půdorys obývacího pokoje [3]

3.1.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostoru zdi a oknem

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(18,84 \cdot 0,17 \cdot 1) + (5,58 \cdot 0,98 \cdot 1)] + (9,55 \cdot 0,33 \cdot 1) = 11,81 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stropem do podkroví

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (23 - 3) / (23 - (-12)) = 0,57 \quad (2.5)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu podlahou do garáže

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (23 - 12) / (23 - (-12)) = 0,31 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = (22,73 \cdot 0,38 \cdot 0,57) + (22,73 \cdot 0,64 \cdot 0,31) = 9,43 \text{ W/K} \quad (2.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = [(11,81 + 9,43) \cdot (23 - (-12))] = 743,4 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.1.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místností

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 59,5 \cdot 10 \cdot 0,03 \cdot 1 = 35,7 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 59,54 = 29,77 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 29,77 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 29,77 = 10,1 \text{ W/K} \quad (3.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 10,01 \cdot (23 - (-12)) = 350,35 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.1.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu

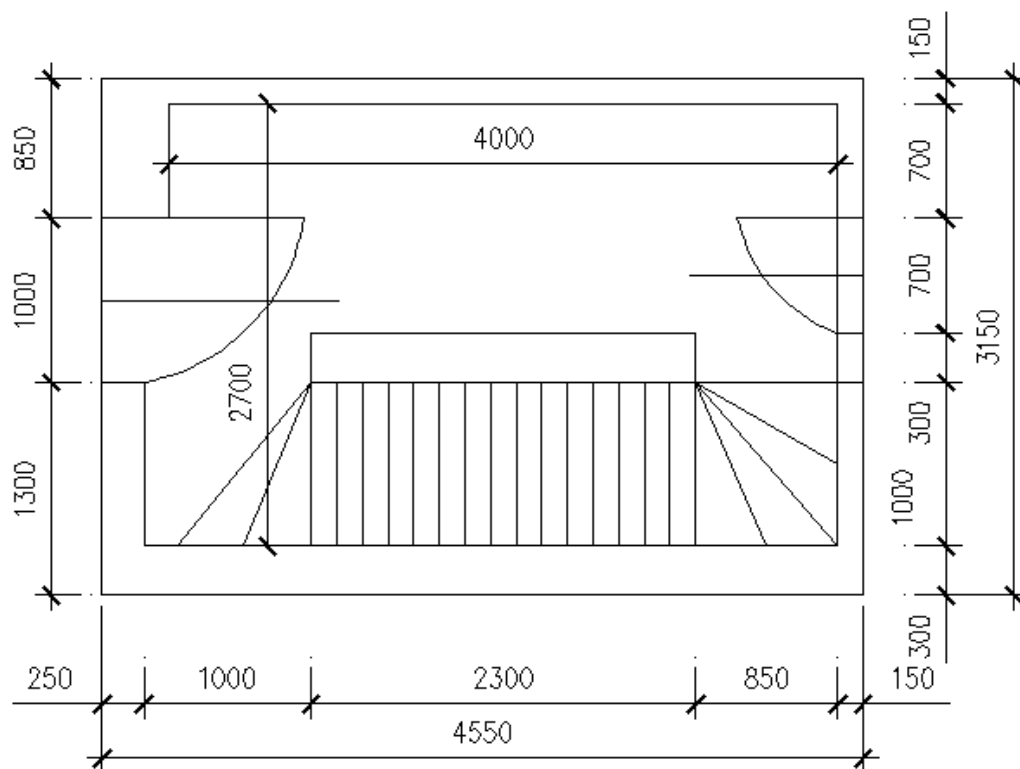
Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 22,7 \cdot 11 = 249,7 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro obývací pokoj

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 743,4 + 350,35 + 249,7 = 1343,45 \text{ W} \quad (2.18)$$

3.2 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro předsíň



Obr.7 Půdorys předsíně [3]

3.2.1 Výpočet tepelných ztrát do zeminy

Charakteristický parametr B'

$$B' = A_g / (0,5 \cdot P) = 10,8 / (0,5 \cdot 2,7) = 8 \quad (2.8)$$

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí je funkcí součinitele prostupu tepla podlahy a charakteristického parametru B' . Hodnota se získá z grafu uvedeného v normě.

$$U_{\text{equiv},k} = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Teplotní redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$$f_{g2} = (\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{m},e}) / (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = (16 - 3,6) / (16 - (-12)) = 0,44 \quad (2.7)$$

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

$$H_{T,\text{ig}} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w = 1,45 \cdot 0,44 \cdot (10,8 \cdot 0,5 \cdot 1) = 3,44 \text{ W/K} \quad (2.6)$$

3.2.2 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostředí zdmi a dveřmi

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(4,9 \cdot 0,17 \cdot 1) + (2,1 \cdot 2 \cdot 1)] + (2,7 \cdot 0,33 \cdot 1) = 5,92 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stěnou do uhelny

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (16-5)/(16 - (-12)) = 0,39 \quad (2.5)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stěnou do garáže

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (16-12)/(16 - (-12)) = 0,14 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = (10,48 \cdot 0,94 \cdot 0,39) + (10,48 \cdot 0,457 \cdot 0,14) = 4,51 \text{ W/K} \quad (2.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = [(5,92+4,51+3,44) \cdot (16-(-12))] = 388,36 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.2.3 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místností

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 24,1 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 1 = 9,6 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 24,1 = 12,05 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 12,05 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 12,05 = 4,1 \text{ W/K} \quad (3.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 4,1 \cdot (16 - (-12)) = 114,76 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.2.4 Výpočet návrhového tepelného výkonu

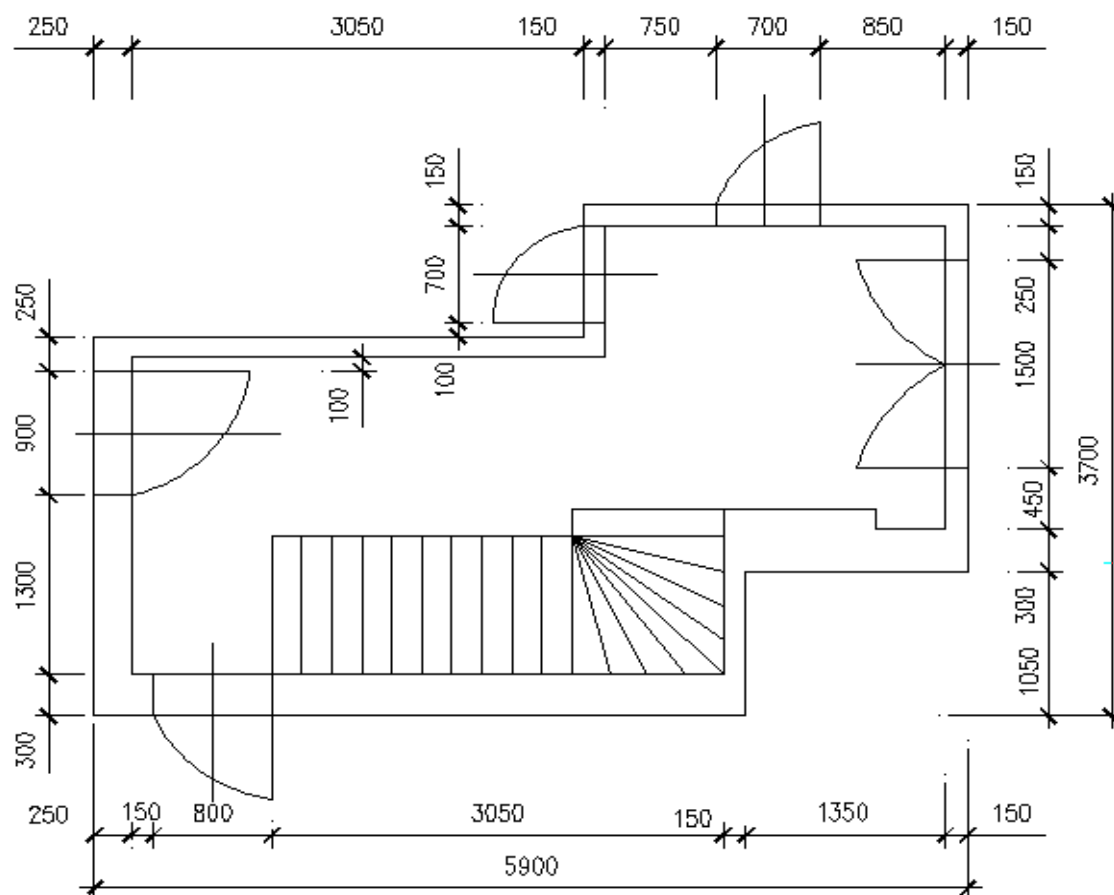
Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 10,8 \cdot 11 = 118,8 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro předsíň

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 388,36 + 114,71 + 118,8 = 621,87 \text{ W} \quad (2.18)$$

3.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro chodbu



Obr. 8 Půdorys chodby [3]

3.3.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostoru zdmi a dveřmi

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(4 \cdot 0,17 \cdot 1) + (1,89 \cdot 2 \cdot 1)] + (2,25 \cdot 0,33 \cdot 1) = 5,2 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stropem do podkrovní

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (19 - 3) / (19 - (-12)) = 0,51 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = 12,7 \cdot 0,38 \cdot 1 = 4,8 \text{ W/K} \quad (2.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = [(5,2 + 4,81) \cdot (19 - (-12))] = 310,49 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.3.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místností

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 33,27 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 1 = 13,3 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 33,27 = 16,64 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 16,64 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 18,34 = 5,65 \text{ W/K} \quad (2.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 5,65 \cdot (19 - (-12)) = 175,15 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.3.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu

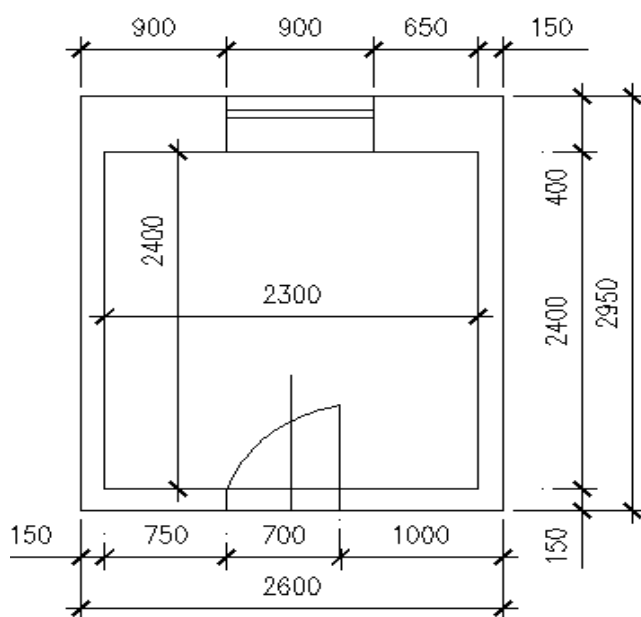
Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 12,7 \cdot 11 = 139,7 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro chodbu

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 310,49 + 175,15 + 139,7 = 625,34 \text{ W} \quad (2.18)$$

3.4 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro koupelnu a WC



Obr. 9 Půdorys koupelny a WC [3]

3.4.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostoru zdi a oknem

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(5,5 \cdot 0,17 \cdot 1) + (0,81 \cdot 0,98 \cdot 1)] + (2,3 \cdot 0,33 \cdot 1) = 2,23 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stropem do podkrovní

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (24 - 3) / (24 - (-12)) = 0,58 \quad (2.5)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu podlahou do uhelny

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (24 - 5) / (24 - (-12)) = 0,53 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = (5,52 \cdot 0,38 \cdot 0,58) + (5,52 \cdot 0,64 \cdot 0,53) = 3,08 \text{ W/K} \quad (2.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = (2,23 + 3,08) \cdot (24 - (-12)) = 191,16 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.4.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místností

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 14,46 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 1 = 5,78 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 1,5 \cdot 14,46 = 21,7 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 21,7 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 21,7 = 7,38 \text{ W/K} \quad (2.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 7,38 \cdot (24 - (-12)) = 265,68 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.4.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu

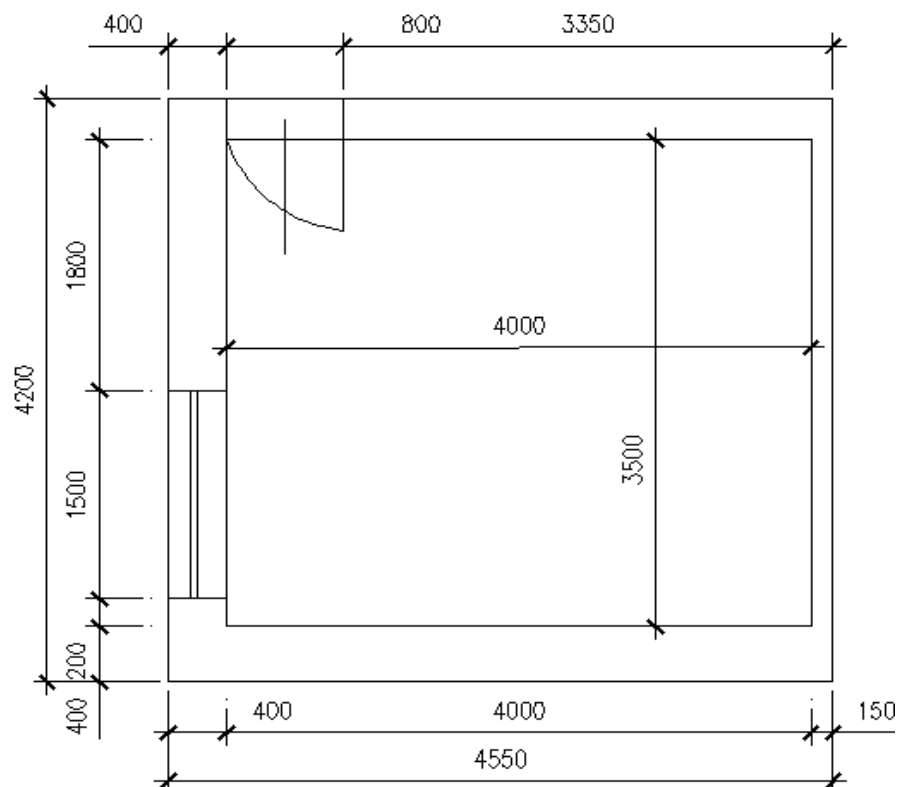
Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 5,52 \cdot 11 = 60,72 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro koupelnu a WC

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 196,16 + 265,49 + 60,72 = 517,37 \text{ W} \quad (2.18)$$

3.5 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro ložnici



Obr. 10 Půdorys ložnice [3]

3.5.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostoru zdi a oknem

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(17,4 \cdot 0,17 \cdot 1) + (2,25 \cdot 0,98 \cdot 1)] + (7,5 \cdot 0,33 \cdot 1) = 7,63 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stropem do podkrovní

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20 - 3) / (20 - (-12)) = 0,53 \quad (2.5)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu podlahou do garáže

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (20 - 12) / (20 - (-12)) = 0,47 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = (14 \cdot 0,38 \cdot 0,53) + (14 \cdot 0,64 \cdot 0,47) = 7,03 \text{ W/K} \quad (2.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = [(7,63+7,03) \cdot (20-(-12))] = 468,95 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.5.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místností

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 36,68 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 1 = 14,67 \text{ m}^3/\text{h} \quad (14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 36,68 = 18,34 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 18,34 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 18,34 = 6,24 \text{ W/K} \quad (2.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 6,24 \cdot (20 - (-12)) = 199,54 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.5.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu

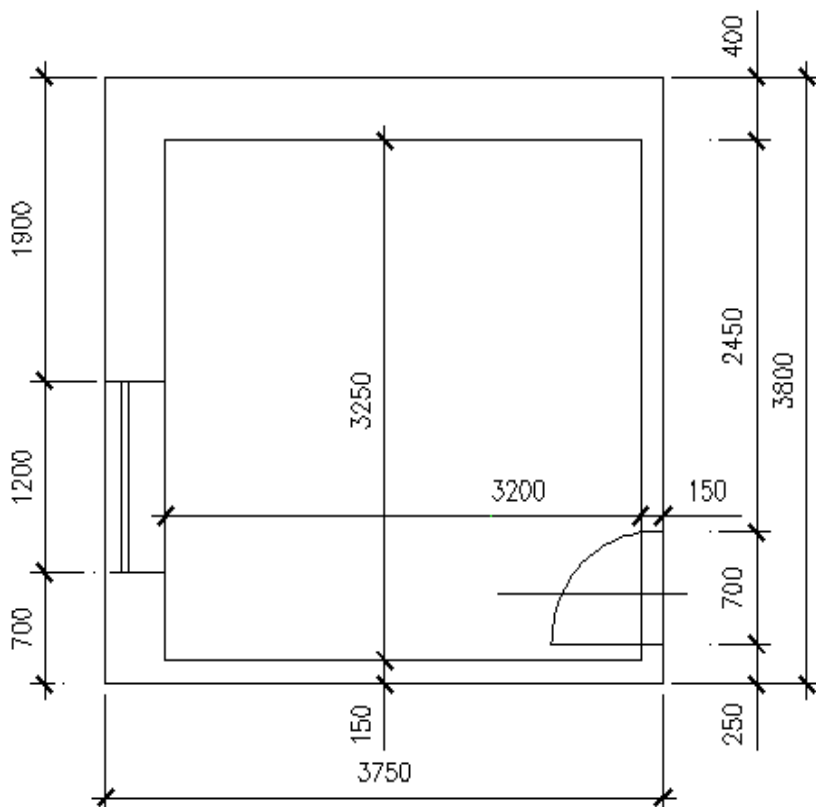
Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 14 \cdot 11 = 154 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro ložnici

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 468,95 + 199,54 + 154 = 822,49 \text{ W} \quad (2.18)$$

3.6 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro dětský pokoj



Obr. 11 Půdorys dětského pokoje [3]

3.6.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostoru zdmi a oknem

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(15,3 \cdot 0,17 \cdot 1) + (1,8 \cdot 0,98 \cdot 1)] + (6,45 \cdot 0,33 \cdot 1) = 6,49 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stropem do podkrovní

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (21 - 3) / (21 - (-12)) = 0,55 \quad (2.5)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu podlahou do uhelný

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (21 - 5) / (21 - (-12)) = 0,47 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{k..} \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = (10,4 \cdot 0,38 \cdot 0,55) + (10,4 \cdot 0,64 \cdot 0,47) = 7,10 \text{ W/K} \quad (2.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = (6,49 + 7,10) \cdot (21 - (-12)) = 448,35 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.6.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místnosti

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 27,25 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 1 = 10,9 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 27,25 = 13,63 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 13,63 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 13,63 = 4,63 \text{ W/K} \quad (2.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 4,63 \cdot (21 - (-12)) = 152,4 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.6.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu

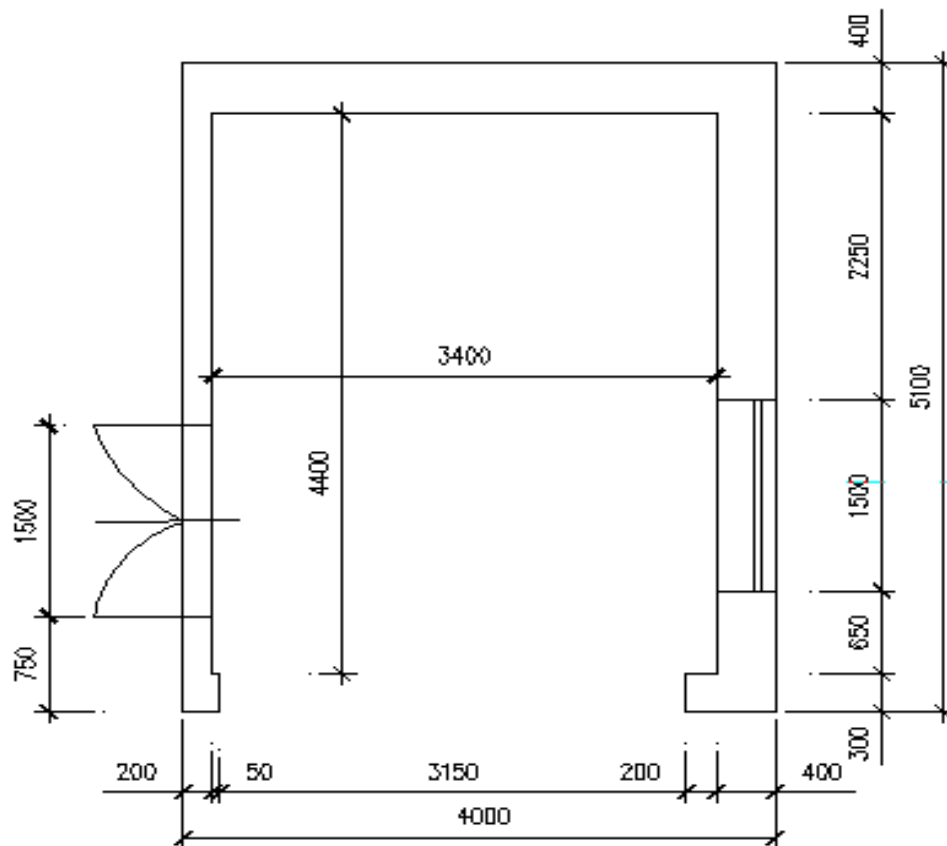
Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 10,4 \cdot 11 = 114,4 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro dětský pokoj

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 448,35 + 152,87 + 114,40 = 715,63 \text{ W} \quad (2.18)$$

3.7 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro kuchyňský a jídelní kout



Obr. 12 Půdorys kuchyňského a jídelního koutu [3]

3.7.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Celkové tepelné ztráty do venkovního prostoru zdi a oknem

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = [(18,2 \cdot 0,17 \cdot 1) + (2,25 \cdot 0,98 \cdot 1)] + (6,3 \cdot 0,33 \cdot 1) = 7,37 \text{ W/K} \quad (2.3)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu stropem do podkrovní

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (23 - 3) / (23 - (-12)) = 0,57 \quad (2.5)$$

Teplotní redukční činitel pro ztrátu podlahou do sklepa

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) = (23 - 9) / (23 - (-12)) = 0,4 \quad (2.5)$$

Celkové tepelné ztráty do nevytápěných prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u = (14,96 \cdot 0,38 \cdot 0,57) + (14,96 \cdot 0,64 \cdot 0,4) = 7,03 \text{ W/K} \quad (3.4)$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = (7,37 + 7,08) \cdot (23 - (-12)) = 505,57 \text{ W} \quad (2.2)$$

3.7.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Množství infiltrovaného vzduchu místností

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 39,2 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 1 = 15,68 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.14)$$

Minimální množství vzduchu přiváděného do místnosti z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 39,2 = 19,6 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.15)$$

Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) = 19,6 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.13)$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i = 0,34 \cdot 19,6 = 6,7 \text{ W/K} \quad (2.12)$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 6,7 \cdot (23 - (-12)) = 234,5 \text{ W} \quad (2.10)$$

3.7.3 Výpočet návrhového tepelného výkonu

Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 14,96 \cdot 11 = 164,56 \text{ W} \quad (2.17)$$

Návrhový tepelný výkon pro kuchyň

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 505,57 + 234,5 + 164,56 = 904,63 \text{ W} \quad (2.18)$$

Všechny výpočty použité pro zjištění tepelných ztrát rodinného domu byly použity z normy ČSN EN ISO 12831 [8], tzn. kapitola 3.1 až 3.7.

4 Porovnání se ztrátami před zateplením objektu

Výpočty byly v obou případech, tzn. před a po zateplení použity stejné. Jen se lišily o součinitele prostupu tepla a teplotního redukčního činitele. Hodnoty pro lepší názornost jsou uvedeny v tabulce č. 5 pro nezateplený objekt a pro zateplená objekt v tabulce č.6.

Tab.5 Spočítané hodnoty pro tepelného výkonu před zateplením

| Označení místnosti | b_u [-] | b_u [-] | $H_{T,ie}$ [W/K] | $H_{T,iue}$ [W/K] | $\Phi_{T,i}$ [W] | $\Phi_{HL,i}$ [W] |
|--------------------------|-----------|-----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Obývací pokoj | 1 | 0,35 | 25,92 | 27,71 | 1823,42 | 2416,52 |
| Předsíň | 0,73 | 0,18 | 8,79 | 7,21 | 520,83 | 750,33 |
| Chodba | 1 | - | 7,33 | 12,19 | 585,6 | 894,8 |
| Koupelna + WC | 1 | 0,86 | 4,98 | 8,81 | 482,65 | 801,58 |
| Ložnice | 1 | 0,24 | 14,99 | 15,93 | 896,68 | 1231,64 |
| Dětský pokoj | 1 | 0,85 | 12,65 | 16,53 | 992,12 | 1263,92 |
| Jídelní + kuchyňský kout | 1 | 0,5 | 14,88 | 19,9 | 1182,52 | 1574,88 |
| Celkem | | | 89,54 | 108,28 | 6483,82 | 8933,67 |

Tab.6 Spočítané hodnoty pro tepelného výkonu po zateplením

| Označení místnosti | b_u [-] | b_u [-] | $H_{T,ie}$ [W/K] | $H_{T,iue}$ [W/K] | $\Phi_{T,i}$ [W] | $\Phi_{HL,i}$ [W] |
|--------------------------|-----------|-----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Obývací pokoj | 0,57 | 0,31 | 11,83 | 9,43 | 743,4 | 1343,45 |
| Předsíň | 0,39 | 0,14 | 5,92 | 4,51 | 388,36 | 621,87 |
| Chodba | 0,51 | - | 5,2 | 4,8 | 310,49 | 625,34 |
| Koupelna + WC | 0,58 | 0,53 | 2,23 | 3,08 | 191,16 | 517,37 |
| Ložnice | 0,53 | 0,47 | 7,63 | 7,03 | 468,95 | 822,49 |
| Dětský pokoj | 0,55 | 0,47 | 6,49 | 7,1 | 448,35 | 715,63 |
| Jídelní + kuchyňský kout | 0,57 | 0,4 | 7,37 | 7,03 | 505,57 | 904,63 |
| Celkem | | | 46,67 | 42,98 | 3056,28 | 5550,78 |

5 Průkaz energetické náročnosti budovy

5.1 Vysvětlení pojmu energetické náročnosti budovy (ENB)

Doklad, díky němuž se zájemce o byt nebo dům doví o jeho náročnosti vytápění, ohřevu vody nebo o nákladech na osvětlení. Na stejném dokladu bude graficky i textově znázorněno doporučení, jak případným zájemcům snížit náklady, například zateplením fasády nebo novým kotlem. [11]

Měl by platit od roku 2013. Od roku 2009 mají všechny nové stavby povinnost mít energetický průkaz. Rozšíření tohoto průkazu platí i nově pro staré domy. Vláda se zatím rozhoduje, jestli budou platit i pro vlastníky starých bytů. Jde o to zlepšit hospodaření s energií. Klasifikace energetické náročnosti budovy je rozdělena dle barevně odlišené stupnice do klasifikačních tříd A až G. [11]

Oprávnění zpracování energetického průkazu vydává Ministerstvo obchodu a průmyslu. Seznam projektantů s oprávněním je na internetových stránkách. Průkaz nesmí být starší než 10 let. Často se stává, že dochází k záměně dvou odlišných pojmů – Průkaz energetické náročnosti. Zatímco Průkaz energetické náročnosti hodnotí veškeré, jak druhy energie užívané v budově, tak energetický štítek obálky budovy hodnotí kvalitu obálky, tedy ochlazovaných částí. [12]

Postup výpočtu respektuje základní schéma toku energie. Dochází k transformaci dodané energie ze zdroje energetického systému. Výstup energie ze zdroje je předán do distribučního systému budovy a dále předává energii do jednotlivých systémů sdílení energie v různých zónách domu. [13]

Součástí průkazu nové budovy s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m² musí být i výsledky posouzení technické, ekologické a ekonomické proveditelnosti alternativních systémů vytápění (kombinovaná výroba elektřiny a tepla). [14]

5.2 Obecné hodnocení energetické náročnosti

Jsou schváleny dva systémy hodnocení energetické náročnosti budovy dle směrnice MPO. První z nich je bilanční, druhý operativní systém. V ČR se budovy hodnotí dle bilančního systému, která vychází z výpočtu energií po jednotlivých časových úsecích (měsících) a porovnání s jejich referenční hodnotou. Pro určení bilančního hodnocení je potřeba mít stejné okrajové podmínky. Mezi referenční hodnotu patří měrná potřeba tepla na vytápění. Objekt je

hodnocen z hlediska měrné spotřeby dodané energie do budovy. Energie dodaná do objektu umožní posoudit objekt z hlediska energetické náročnosti. Objekt by měl jako celek nejlépe spadat do kategorie A-C, třída D-G je nevyhovující. V tabulce je znázorněna měrná spotřeba za rok v kWh/m² pro jednotlivé skupiny objektů. [15]

Tab. 7 – Klasifikační třídy EN hodnocení energetické náročnosti budovy [15]

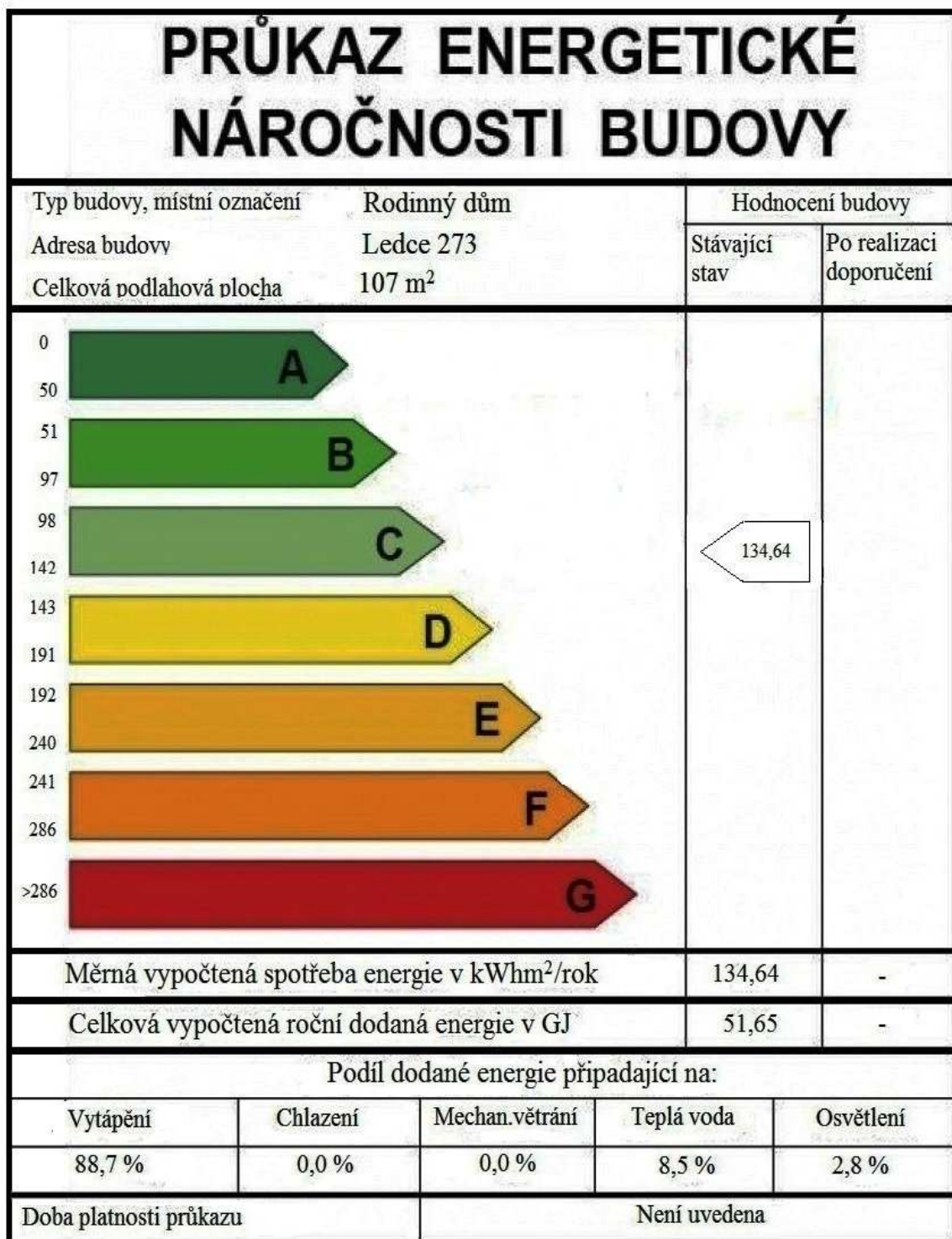
| Druh budovy | A | B | C | D | E | F | G |
|------------------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Rodinný dům | < 51 | 51 - 97 | 98 - 142 | 143 - 191 | 192 - 240 | 241 - 286 | > 286 |
| Bytový dům | < 43 | 43 - 82 | 83 - 120 | 121 - 162 | 163 - 205 | 206 - 245 | > 245 |
| Restaurace | < 102 | 102- 200 | 201 - 294 | 295 - 389 | 390 - 488 | 489 - 590 | > 590 |
| Administrativní | < 62 | 62 - 123 | 124 - 179 | 180 - 236 | 237 - 293 | 294 - 345 | > 345 |
| Nemocnice | < 109 | 109 -210 | 211 - 310 | 311 - 415 | 416 - 520 | 521 - 625 | > 625 |
| Vzděláv.zařízení | < 47 | 47 -89 | 90 - 130 | 131 - 174 | 175 - 220 | 221 - 265 | > 265 |
| Sport.zařízení | < 53 | 53 -102 | 103 - 145 | 146 - 194 | 195 - 245 | 246 - 297 | > 297 |
| Obchodní domy | < 67 | 67 -121 | 122-183 | 184 - 241 | 242 - 300 | 301 - 362 | > 362 |

5.3 Hodnocení energetické náročnosti měřeného objektu

K hodnocení energetické náročnosti měřeného objektu byl použit program PROTECH. Výpočty jsou podporovány jednou z největších databází technických a výpočtových parametrů výrobků, z velké části podporované a doplňované ve spolupráci s jednotlivými výrobci a dodavateli. Tento program patří k velmi používaným programům v oblasti výpočtu a hodnocení energetických ztrát budovy. Programy jsou průběžně doplňovány a rozšiřovány v návaznosti na legislativu a vývoj nových výpočtových norem. [16]

Do programu se zadaly vstupní údaje. Ze seznamu se vybrala vhodná lokalita, ve výpočtu byla uvažována oblast č. 2. Dále se zadaly údaje o budově. Program využívá hodnoty pro výpočtovou variantu 1. V listu konstrukce se zadaly parametry pro jednotlivé stavební části. V ostatních listech byly zadány hodnoty pro vnitřní prostředí (vytápění, větrání, atd.) důležité ke zjištění energetické náročnosti budovy.

Nezateplený rodinný dům měl spotřebu 513,7 kWh/m² za rok, která se rovná dodané energii 197,1 GJ. Dům byl mimořádně nevhodný. Objekt byl proto zařazen do třídy G. Nyní dle nového výpočtu hodnota je 134,64 kWh/m² se rovná dodané energii 51,65 GJ. V tabulce odpovídá tedy třídě C.



Obr. 13 Hodnocení energetické náročnosti budovy [17]

Závěr pro praxi

Pomocí programu PROTECH byly zjištěny výsledky nutné k posouzení energetické náročnosti daného objektu. Z výpočtu bylo zjištěno, že budova patří do třídy s označením C. Z toho vyplývá, že rodinný dům patří mezi budovy s vyhovujícími požadavky. Pro přehlednost byly výsledky vloženy do obrázku s názvem Energetický průkaz budovy. Před výměnou oken, balkonových dveří a vchodových dveří a částečného zateplení fasády patřil rodinný dům mezi mimořádně nehospodárné budovy s označením skupiny G. Znamená to, že ze skupiny G se zařadil objekt do skupiny C. Nezateplený rodinný dům měl spotřebu 513,7 kWh/m² za rok a po zateplení je spotřeba 134,64 kWh/m². Z toho je patrné snížení spotřeby.

Dřívější okna a dveře byly dřevěné, což mělo za následek vysoký součinitel prostupu tepla. V současné době jsou okna a dveře vyměněny za plastové. Jako částečné zateplení obvodového pláště byl použit polystyren s označením EPS Plus tloušťky 100 mm. Bohužel nebyl zateplen celý dům, ale pouze jeho část z finančních důvodů. Sice se částečně snížily nároky na vytápění, ale aby bylo dosaženo ještě lepšího výsledku, musela by se budova zateplit po celém obvodu. Vlivem nedostatečného oddělení vytápěné od nevytápěné části domu, dochází k únikům tepla. Vhodné by bylo zateplit i balkon, aby v jeho okolí nevznikaly tepelné mosty a nedocházelo k promrzání objektu. U kuchyňského koutu hrozí výskyt plísní, je možné, že se budou muset použít vhodné prostředky k její eliminaci.

Majitelé domu začínají se zateplením půdních prostor a jejich přestavbou na obytnou část. Zateplení bude provedeno z foukané vlny o tloušťce 260 mm, aby vyhověla požadavkům, které klade norma na zateplování objektů. Podlahy ani stropy nebyly zatepleny.

Úspora energie vlivem zateplení se snížila o 26 %. Získané výsledky prokazují účelnost provedeného zateplení.

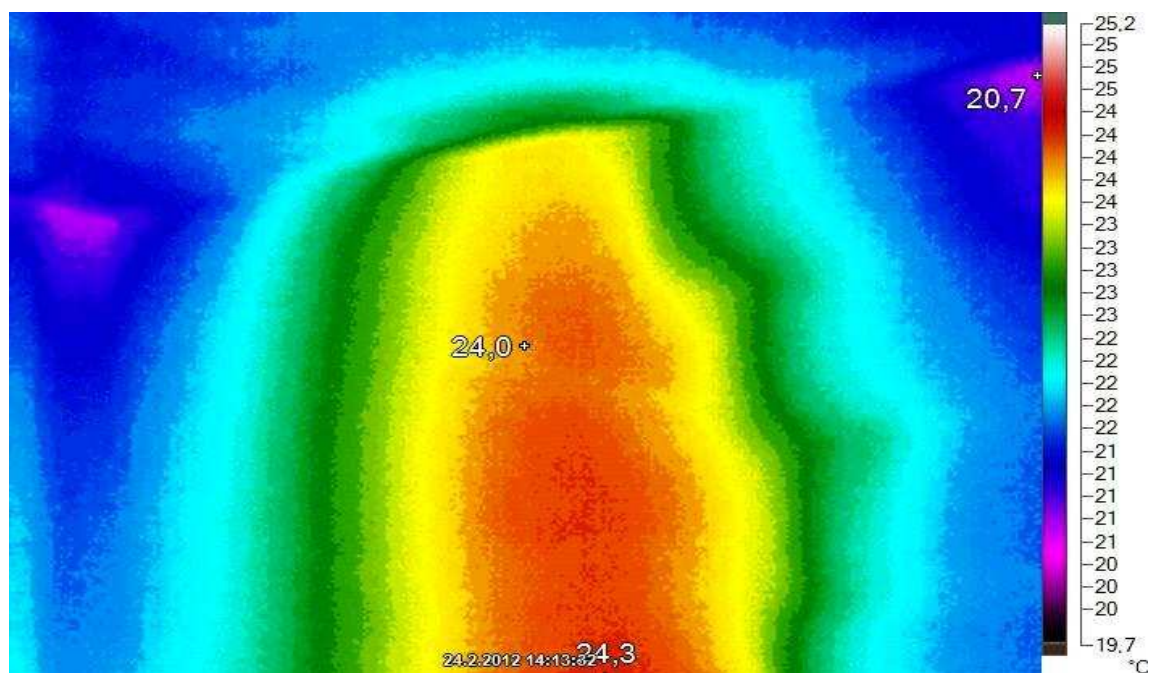
Pomocí termokamery byly odhaleny chyby, které vznikly při výstavbě a následném zateplení rodinného domu. Ve snímaném objektu se objevily tepelné mosty, které se projeví chladnějším místem v interiéru a naopak teplejším místem v exteriéru. Podrobněji jsou tepelné mosty popsány v kapitole 1.4.

Přílohy

Příloha A – Snímek zdi, za kterou se nachází komín



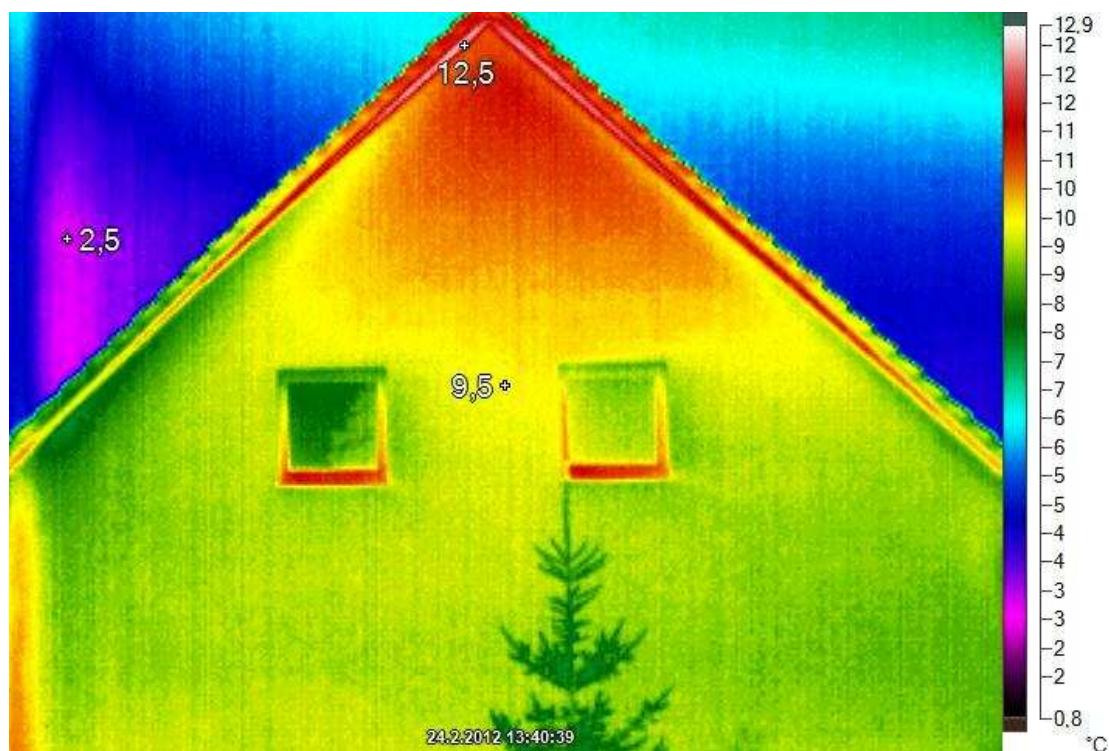
Příloha B – Infračervený snímek zdi, za kterou se nachází komín



Příloha C – Západní pohled



Příloha D – Infračervený snímek štítu



Seznam použité literatury

- [1] Úspory energie. *Energetické úspory* [online]. 2009-2012 [cit. 2012-03-9]. Dostupné z: [//www.uspory-energie.com/](http://www.uspory-energie.com/)
- [2] Úspory energie. *Zateplování zdiva* [online]. 2009-2012 [cit. 2012-03-9]. Dostupné z: www.uspory-energie.com/zateplovani-zdiva
- [3] *Správa dotací EU: Technická zpráva k projektové dokumentaci*. 2010.
- [4] Meteoshop.cz. *Tepelná pohoda* [online]. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: www.meteoshop.cz/tepelna-pohoda-i-11.html
- [5] Energetický poradce: Tepelné ztráty. *Tepelné mosty* [online]. 2008 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: [/www.energetickyporadce.cz/tepelne-ztraty/tepelne-mosty.html](http://www.energetickyporadce.cz/tepelne-ztraty/tepelne-mosty.html)
- [6] Tzbinfo.cz: Stavba. *Tepelné mosty* [online]. 2005 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich [7]
- [7] Tzb: *Ustálený teplotní stav – kvantifikace bodových tepelných mostů hmoždinkami* [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8325-kontakti-zatepleni-z-pohledu-tepelnych-mostu-hmozdinkami-a-jejich-prokreslovani>
- [8] ČSN EN ISO 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: ČNI, Březen 2005.
- [9] ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce-Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla-Výpočtová metoda*. Praha: ČNI, Prosinec 2008
- [10] ČSN EN ISO 10077-1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic- Výpočet součinitele prostupu tepla*. Praha: ČNI, Květen 2007
- [11] Jak ušetřit na topení? Poradí energetický průkaz. *Plzeňský deník*. 2012, 9.března 2012.
- [12] EkoWATT: Průkaz energetické náročnosti. *Úspory energie* [online]. 2011 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>
- [13] Národní kalkulační nástroj. *Energetická náročnost budovy* [online]. 2007 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=hodnoceni-enb>

- [14] Průkaz energetické náročnosti. *Šetříme energii* [online]. 2007-2011 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.setrimenergii.cz/nabidka-pro-podnikatele-a-verejnou-spravu/poradenstvi/prukaz-energeticke-narocnosti-budov.html>
- [15] Podrobnosti výpočtové metody: Metodická příručka. In: *Energetická náročnost budov* [online]. 2007 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: download.mpo.cz/get/33171/37038/414738/priloha001.doc
- [16] Protech. *Hlavní stránka* [online]. 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.protech.cz/>
- [17] Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy. *Energetický průkaz* [online]. 2011-2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.energeticky-prukaz.com/energeticky->