



Technická fakulta

Tepelná bilance a vytápění rekonstruovaných budov

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc

Autor práce: Ladislav Kopecký

PRAHA 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kopecský Ladislav

Technologická zařízení staveb

Název práce

Tepelná bilance a vytápění rekonstruovaných budov

Anglický název

Heat balance and heating of renovated buildings

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je provést zhodnocení principů a možností úsporného vytápění rekonstruovaných starších budov. Zaměřit se především na metody umožňující snížení spotřeby energie a dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí.

Metodika

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah provést rozbor možností využití různých energeticky úsporných systémů vytápění budov, uvést princip výpočtu tepelné bilance pro zimním období, způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov a využití vhodných zdrojů energie. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro vytápění ve starších rekonstruovaných budovách.

Osnova práce

1. Úvod
2. Výpočet zimní tepelné bilance budovy
3. Výběr vhodných metod zlepšení tepelné bilance budovy
4. Využití vhodných zdrojů energie a způsobů vytápění
5. Ekonomické zhodnocení
6. Závěr a doporučení pro praxi



Rozsah textové části

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

vytápění; tepelná izolace; pohoda prostředí; energie

Doporučené zdroje informací

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

Kic, P.-Brož, V.: Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí. IVV Mze ČR, 2000, 71 s.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s

Dahlsveen, T.-Petráš, D.-Hirš, J.: Energetický audit budov. Bratislava, 2003, 295 s.

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

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

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

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Vedoucí práce

Kic Pavel, prof. Ing., DrSc.

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2014

doc. Ing. Miroslav Přikryl, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 18.3.2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Tepelná bilance a vytápění rekonstruovaných budov“ zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a po odborných konzultacích s prof. Ing. Pavlem Kicem, DrSc.

V Praze dne 5.4.2014

.....

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za odborné vedení bakalářské práce a za jeho vstřícnost, a také mé rodině za pevné nervy.

Ladislav Kopecký

Tepelná bilance a vytápění rekonstruovaných budov

Heat balance and heating of renovated buildings

Abstrakt:

Bakalářská práce „Tepelná bilance a vytápění rekonstruovaných budov“ je zaměřena na problematiku zateplení rekonstruovaných domů a rozdělena do tří hlavních částí. V první části je sepsána literární rešerše pro danou práci, jako například výpočty tepelných ztrát, výběr vhodných metod pro zlepšení tepelné bilance budovy a využití zdrojů energie a způsobů vytápění. V předposlední kapitole jsou provedeny výpočty na konkrétní rodinný dům a následně porovnávány před a po provedeném doporučeném zateplení. V závěru jsou doporučeny na základě provedených výpočtů vhodná opatření a využití jiných vhodných tepelných zdrojů vytápění v konkrétním rekonstruovaném domě.

Klíčová slova: vytápění, tepelná izolace, pohoda prostředí, energie

Summary:

Bachelor work „Heat balance and heating of renovated buildings“ is oriented at heating Problems of renovated buildings and divided into three main Parts. Literary research is divided to three Parts where is written about Calculations of Heat loss, choosing suitable methods for improvement heat balance of the House and chosen suitable method for improvement heat Balance of the House and right use source of Energy and ways of heating. In penultimate Chapter are made Calculations in concrete family house and compared before and after finished recommend thermal insulation. In the end are suggest on the basis of made calculations suitable measures and application of others right heat sources of heating in concrete renovated building.

Keywords: heating, thermal insulation, well-being of the environment, energy

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce a metodika	10
3	Výpočet zimní tepelné bilance budovy	11
3.1	Tepelná ztráta	12
3.2	Tepelné zisky.....	17
3.3	Tepelný výkon.....	18
3.4	Výpočet roční spotřeby na vytápění.....	19
4	Výběr vhodných metod zlepšení tepelné bilance budovy	21
4.1	Zateplení stěn rodinného domu	21
4.2	Výměna oken a dveří.....	23
4.3	Zateplení stropu.....	27
4.4	Tepelná izolace podlah.....	28
5	Využití vhodných zdrojů energie a způsobů vytápění.....	30
5.1	Vytápění tuhými palivy	30
5.2	Vytápění plynem	32
5.3	Vytápění elektrickou energií	33
5.4	Alternativní zdroje vytápění.....	34
6	Ekonomické zhodnocení.....	36
6.1	Popis objektu	36
6.2	Snížení tepelných ztrát	36

6.2.1	Snížení tepelných ztrát stropem a střechou	37
6.2.2	Snížení ztrát obvodového pláště	39
6.2.3	Snížení ztrát podlahou.....	41
6.2.4	Snížení ztrát okny	43
6.3	Volba zdroje tepla	44
6.4	Vyhodnocení	44
7	Závěr a doporučení pro praxi.....	48
8	Seznam literatury	49
9	Přílohy	50

1 Úvod

V současné době jsou lidé stále více seznamováni s lepšími variantami zateplení domů. Současně přibývá majitelů starších domů, které jsou ve většině případů obývané již několikátou generací. U nich je jednou z možností renovace. Tyto domy nemají dostatečnou tepelnou izolaci. Ve většině případů jsou zcela bez tepelné izolace a mají extrémně vysokou spotřebu energie na vytápění. Jsou v nich chladné vnitřní stěny, v nichž vzniká vlhkost a je možné, že se zde budou tvořit plísně. V zimě máme nepříjemný pocit chladu a vlhka.

Na zateplení není dobré šetřit. Pochopitelná je i finanční opatrnost majitelů. Hlavní roli ale hraje neustálé zvyšování cen energií. Svou roli hraje také stav domu, který chceme renovovat. Cílem je dosáhnout nejen pohody vnitřního prostředí, ale také chránit životní prostředí.

Tepelné izolace mají a budou mít velký význam a stupňují se požadavky na její tloušťku. Tepelná izolace chrání stavební konstrukci domu, ale také zlepšuje jeho vnitřní klima a současně chrání před venkovním chladem a před únikem tepla z obytných prostor. Je nutné výrazně snížit tepelné ztráty, a tím snížit náklady na topení. I z tohoto důvodu je třeba myslet komplexně a zateplovat celý dům, neopomínat například základy stavby a dbát na vnější prostředí, ve kterém je dům postaven, jelikož záleží také na stupni vlhkosti.

V poslední části práce jsou použity poznatky z literární rešerše na konkrétní rodinný dům a v závěru stanovena doporučení pro rekonstrukci zateplení.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je provést zhodnocení principů a možností úsporného vytápění rekonstruovaných starších budov. Zaměřit se především na metody umožňující snížení spotřeby energie a dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí.

2.2 Metodika

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah provést rozbor možností využití různých energeticky úsporných systémů vytápění budov, uvést princip výpočtu tepelné bilance pro zimní období, způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov a využití vhodných zdrojů energie. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro vytápění ve starších rekonstruovaných budovách.

3 Výpočet zimní tepelné bilance budovy

Základním nástrojem pro zjištění tepelné soběstačnosti je energetická bilance, při které sečteme nejdříve veškeré tepelné ztráty domu a porovnáme s tepelnými zisky. Rozdíl tepelných ztrát a zisků je nutné zajistit jiným zdrojem. Tepelná ztráta budov se vypočítává dle normy ČSN EN 12831 (Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu).

Výpočtová metoda pro základní případy je založena na následujících předpokladech:

- rozložení teplot (teploty vzduchu a výpočtová teplota) je rovnoměrné,
- tepelné ztráty jsou vypočítávány pro podmínky ustáleného stavu za předpokladu konstantních vlastností, například teplot, charakteristik stavebních konstrukcí [ČSN EN ISO 12831].

Výpočtový postup pro základní případy může být použit pro většinu budov:

- jejichž výška místnosti nepřesahuje 5 m,
- které se vytápějí nebo o nichž se předpokládá, že se vytápějí na požadovanou konstantní teplotu,
- v nichž se předpokládá, že teplota vzduchu a operativní teplota se rovnají [ČSN EN ISO 12831].

Při výpočtu projektovaných tepelných ztrát vytápěného prostoru se musejí zohlednit tyto podmínky:

- projektovaná tepelná ztráta prostupem, která představuje tepelnou ztrátu prostupem tepla přes ohraničující konstrukce, jakož i prostup tepla mezi prostory vzhledem ke skutečnosti, že sousedící prostory se mají vytápět nebo se obvykle předpokládá, že jsou vytápěny, na různé teploty (například o sousedících místnostech ve vedlejších bytě se předpokládá, že jsou vytápěny na teplotu, která odpovídá neobývanému bytu),
- projektovaná tepelná ztráta větráním, která představuje tepelnou ztrátu jako výsledek potřeby větrání či infiltrace přes obalové konstrukce budovy nebo šíření tepla větráním z jednoho vytápěného prostoru do druhého vytápěného prostoru uvnitř budovy [ČSN EN ISO 12831].

3.1 Tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta

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

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [\text{W}] \quad (3.1)$$

$\Phi_{T,i}$ – projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W] [ČSN EN ISO 12831].

Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla

Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$ se vypočítá podle vzorce

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} + \theta_e) [\text{W}] \quad (3.2)$$

$H_{T,ie}$ – je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes obalové konstrukce [W/K]

$H_{T,iue}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes nevytápěný prostor (u) [W/K]

$H_{T,ig}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) za ustáleného stavu [W/K]

$H_{T,ij}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (j), který se vytápí na výrazně jinou teplotu [W/K] sousedící vytápěný prostor může být ve stejné nebo sousedící části budovy

$\theta_{\text{int},i}$ – vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e – venkovní oblastní výpočtová teplota [°C] [ČSN EN ISO 12831].

Měrná tepelná ztráta přechodem z vytápěného prostoru do venkovního

Měrná tepelná ztráta přechodem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostoru (e), $H_{T,ie}$ je způsobena konstrukcí budovy a lineárních mostů (stěny, stropy, podlahy, okna dveře), které předělují vnější prostředí od interiéru [ČSN EN ISO 12831].

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_1 \cdot l_1 \cdot e_1 [W/K] \quad (3.3)$$

A_k – plocha stavební konstrukce [m^2]

U_k – součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí [$W/(m^2 \cdot K)$]

e_k, e_1 – korekční součinitel vlivů působícím z venkovního prostředí na stavební konstrukci, jako je rychlost větru, teplota, sluneční energie, vlhkost, pokud tyto hodnoty již nezahrnuje součinitel U_k [-]

ψ_1 – lineární ztrátový činitel tepelného mostu [$W/(m \cdot K)$]

l_1 – délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím [m] [ČSN EN ISO 12831].

Tepelná ztráta v nevytápěném prostoru

Výpočet tepelné ztráty nevytápěného prostoru $H_{T,iue}$, který se nachází mezi vytápěným prostorem (i) a vnějším prostředím (e).

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_1 \cdot l_1 \cdot b_u [W/K] \quad (3.4)$$

b_u – redukční teplotní sčinitel. Rozdíl mezi vnější výpočtovou teplotou a teplotou nevytápěného prostoru [ČSN EN ISO 12831].

Redukční teplotní činitel

Redukční teplotní činitel se vypočítá dle vzorce

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3.5)$$

Θ_u – teplota nevytápěného prostoru [°C] [ČSN EN ISO 12831].

Tepelná ztráta do zeminy

Tepelná ztráty částí objektu, které jsou v kontaktu se zeminou (podlahy, stěna suterén). Závisí na ploše podlahy, stěn a jejich hloubce pod terénem a dané zemině [ČSN EN ISO 12831].

Tepelná ztráta mezi vytápěným prostorem a zeminou se vypočítá dle vzorce

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w [W/K] \quad (3.6)$$

f_{g1} – korekční činitel vlivu ročních změn venkovní teploty [-]

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

A_k – plocha vytápěného prostoru, který je v kontaktu se zeminou [m²]

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [W/(m².K)]

G_w – korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody [-]

Teplotní redukční činitel se vypočte dle vzorce

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3.7)$$

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

Tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru s výrazně jinou teplotou

$$H_{T,ij} = \sum f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k [W/K] \quad (3.8)$$

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

A_k – plocha stavební konstrukce [m^2]

U_k - součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí [$W/(m^2 \cdot K)$] [ČSN EN ISO 12831].

Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru se vypočte dle vzorce

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (3.9)$$

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

Součinitel tepelné ztráty větráním se vypočte dle vzorce

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p [W/K] \quad (3.10)$$

V_i – objemový průtok větraného vzduchu [m^3/s]

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

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

Při uvážení, že ρ a c_p je konstantní dojde k zjednodušení rovnice

$$H_{V,i} = V_i \cdot 0,34 [W/K] \quad (3.11)$$

Přirozené větrání

V budově, kde není instalováno nucené větrání, se předpokládá, že teplota přiváděného vzduchu má teplotní charakteristiku vnějšího vzduchu. Tím je tepelná ztráta větráním úměrná rozdílu výpočtových teplot interiéru a exteriéru [ČSN EN ISO 12831].

Objem výměny vzduchu vytápěného prostoru, který se používá při výpočtu tepelných ztrát větráním je použita větší hodnota z objemového průtoku infiltrací $V_{inf, i}$ spárami a styky obalových konstrukcí budovy a minimální výměny vzduchu $V_{min, i}$ nutné z hygienických důvodů [ČSN EN ISO 12831].

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) [m^3/h] \quad (3.12)$$

$V_{inf, i}$ - objemový průtok vzduchu infiltrací pláštěm budovy [m^3/s]

$V_{min, i}$ - minimální objemový průtok vzduchu z hygienických důvodů [m^3/s] [ČSN EN ISO 12831].

Objemový průtok vzduchu pláštěm budovy

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i [m^3/h] \quad (3.13)$$

V_i – objem dané místnosti [m^3/s]

n_{50} – intenzita výměny vzduchu mezi interiérem a exteriérem vytápěného prostoru při rozdílu tlaku 50 pa [h^{-1}]

e_i – stínící koeficient [-]

ε_i – výškový činitel zohledňující různou rychlost proudění vzduchu s ohledem na výšku daného prostoru na úrovni terénu [-][ČSN EN ISO 12831].

Minimální objem vzduchu z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i [m^3/h] \quad (3.14)$$

n_{min} – minimální výměna vzduchu z okolního prostředí [h^{-1}] [ČSN EN ISO 12831].

3.2 Tepelné zisky

Celkové tepelné zisky se vypočítají z rovnice

$$Q_g = Q_i + Q_s \text{ [J]} \quad (3.15)$$

Q_i – tepelné zisky vnitřní [J]

Q_s – tepelné zisky z oslunění [J]

Ve vytápěných prostorech produkují teplo přístroje, osvětlení, rozvody vody a uživatelé. Ve výpočtu se použijí hodnoty za daný měsíc nebo období.

$$Q_i = [\phi_{ih} + (1 - b) \cdot \phi_{iu}] \cdot t = \phi_i \cdot t \text{ [J]} \quad (3.16)$$

ϕ_{ih} – průměrná energie získaná ve vytápěném prostoru [W]

ϕ_{iu} – průměrná energie získaná v nevytápěném prostoru [W]

b – zmenšující součinitel dle normy EN ISO 13789

Velikost tepelného zisku závisí na orientaci ploch, které přichází do styku se slunečním zářením.

$$Q_s = \sum_j l_{sj} \cdot \sum_n A_{snj} \text{ [J]} \quad (3.17)$$

l_{sj} – celková energie plochy orientovaná na jih v daném období [J/m^2]

A_{snj} – účinná kolekční plocha povrchu A_n orientovaná na jih [m^2] [PETRÁŠ, 2005].

3.3 Tepelný výkon

Tepelný výkon se počítá pro dimenzování otopných těles, výměníků tepla a zdrojů tepla v jednotlivých vytápěných místnostech, částech i celého domu.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} [W] \quad (3.18)$$

$\Phi_{T,i}$ – tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{RH,i}$ – zátopový tepelný výkon nutný k vyrovnání účinku přerušovaného vytápění [W]

Tepelný výkon pro celou budovu nebo její část

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} [W] \quad (3.19)$$

$\sum \Phi_{T,i}$ – součet všech tepelných ztrát prostupem ve vytápěných prostorech mimo tepla, které se šíří ve vnitřních prostorech nebo celé budovy [W]

$\sum \Phi_{V,i}$ – součet všech tepelných ztrát větráním ve vytápěných prostorech mimo tepla, které se šíří ve vnitřních prostorech nebo celé budovy [W]

$\sum \Phi_{RH,i}$ – součet zátopových tepelných výkonů nutných k vyrovnání účinku přerušovaného vytápění ve všech vytápěných prostorech [W] [ČSN EN ISO 12831].

3.4 Výpočet roční spotřeby na vytápění

Potřeba tepla je teplo výpočtem stanovené jako budoucí spotřeba. Spotřeba je skutečně spotřebované teplo za určité časové období den, týden, měsíc rok.

Pro vytápění obytných budov se roční spotřeba vypočte dle vzorce

$$Q_{r,vyt} \cong V_o \cdot q_t \cdot (\theta_{i,pr} - \theta_{e,pr}) \cdot 24 \cdot n \cdot 10^{-6} [MWh/r] \quad (3.20)$$

V_o – celkový vytápěný prostor [m^3].

q_t – tepelná charakteristika budovy [$W/(m^3 \cdot ^\circ C)$].

$\theta_{i,pr}$ – průměrná teplota vzduchu v celém objektu [$^\circ C$].

$\theta_{e,pr}$ – průměrná teplota vzduchu mimo budovu za otopné období [$^\circ C$].

Výpočet spotřeby tepla za otopné období, vychází z teoretické potřeby tepla, která se při nepřerušovaném vytápění počítá dle denostupňové metody.

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot Q_{max} \cdot (\theta_i - \theta_{e,pr})}{(\theta_i - \theta_e) \cdot d} [J/r] \quad (3.21)$$

ε – opravný součinitel tepelných ztrát dle ČSN 06 0210 v rozmezí (0,6 do 0,85) [-].

Q_{max} – maximální tepelná ztráta vytápěného prostoru nebo celé budovy [W].

θ_i – výpočtová teplota interiéru [$^\circ C$].

θ_e – výpočtová teplota exteriéru v dané oblasti [$^\circ C$].

$\theta_{e,pr}$ – průměrná teplota vzduchu exteriéru v otopném období [$^\circ C$].

d – počet dní otopného období [dny] [PETRÁŠ, 2005].

3.5 Tepelná pohoda

Za nejnütnější lze považovat udržení tepelné pohody. Pro její dosažení se musí člověk cítit příjemně. Nesmí mu být ani zima ani horko, neměl by tedy odevzdávat své tělesné teplo příliš rychle či příliš pomalu. Pocity každého jsou ale silně individuální, jelikož tepelnou pohodu ovlivňuje nejen druh ale i umístění zdroje tepla, proudění vzduchu v místnosti, a také materiál, ze kterého je stavba zhotovena, míra jeho prohřátí, psychická a tělesná kondice člověka, jeho oblečení a jiné. Není možné ji zajistit pouze technickými prostředky [NUSSBERGER, 2005; POČINKOVÁ, 2008].

Teplota člověka se pohybuje okolo 37°C. Na povrchu těla je teplota o několik stupňů nižší na prstech může být ještě nižší. Proto je rozdílné vnímání teploty z podlah a stěn místnosti [CENTNEROVÁ, 2000].

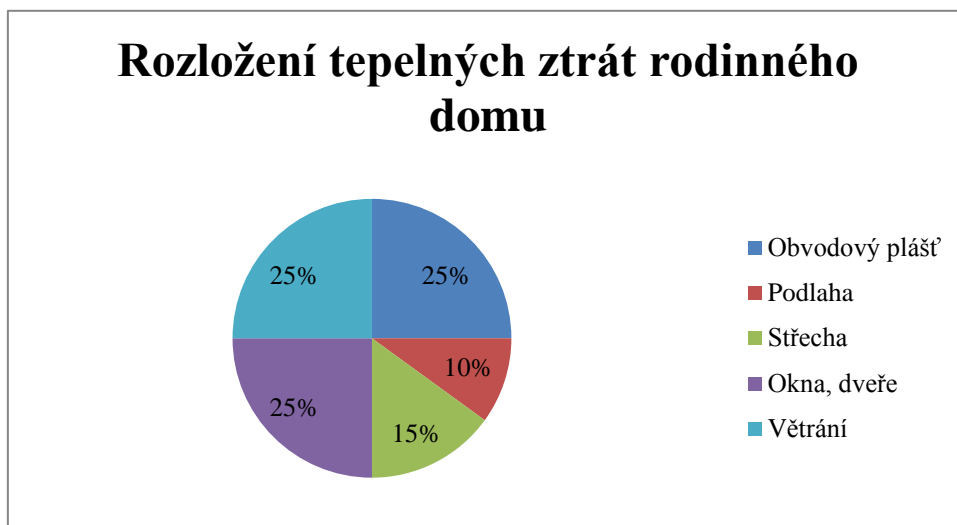
Faktory ovlivňující okolní teplotu:

- Prostředí uvnitř místnosti – teplota vzduchu, stěn, podlahy, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu,
- Osobní faktor – teplota těla, zdravotní stav, oblečení, činnost člověka, aklimatizace, aklimace [CENTNEROVÁ, 2000].

Doporučená teplota pro každou místnost je dána jejím využitím. Nejvyšší teplota je v koupelně naopak nejnižší v méně využívaných částech bytu nebo domu například chodba. Doporučená relativní vlhkost v obytných místnostech je 30 – 50% [CENTNEROVÁ, 2000].

4 Výběr vhodných metod zlepšení tepelné bilance budovy

Graf 1: Tepelné ztráty rodinného domu



Zdroj: Vlastní zpracování dle [SRDEČNÝ, 2004]

V Grafu 1 jsou znázorněny procentuální podíly tepelných ztrát v rodinném domě. Největší tepelné ztráty 25 % jsou způsobeny větráním, špatnou izolací stěn, oken a dveří. V 15 % je dán únik stropem a 10 % podlahou [SRDEČNÝ, 2004].

Za nejjednodušší a nejlevnější lze považovat úspory ve snížení tepelných ztrát větráním či výměnou oken. Na druhou stranu jsou ale spojovány s velkými riziky, které narušují nárůstem vlhkosti tepelnou pohodu a mohou vést až k poškození budovy [SRDEČNÝ, 2004].

4.1 Zateplení stěn rodinného domu

Kontaktní zateplení a zateplení s odvětranou mezerou jsou dva základní systémy zateplení, které je možné použít k zateplení vnitřních i vnějších stěn. Pro zamezení vzniku tepelných mostů je nutné provést zateplení nejen ve vytápěném prostoru ale i pod úroveň podlah, nad úroveň stropu, parapety, ostění a nadpraží [SRDEČNÝ, 2004].

Kontaktní zateplení stěn

Patří mezi častěji používaný způsob zateplení. Nejen kvůli gravitaci, ale také větru musí být izolant přilepen k podkladu a ukotven hmoždinkami. Nejčastěji používaný je polystyren, zejména ve vyšších patrech z důvodu požární bezpečnosti tuhé desky z minerálních vláken a za hranicemi se setkáme s korkovými deskami. Mezi největší výhody patří velice nízká cena a široký výběr dodavatelů, dále pak absence tepelných mostů. Za hlavní nevýhodu lze považovat nutnost pevného a únosného podkladu (na starou a opadávající omítku nelze použít). V žádném případě nelze kontaktní zateplení použít na vlhké zdivo, z toho vyplývá, že některé technologické operace lze provádět pouze za příznivého počasí a stavbu tak prodloužit. Veškeré jednotlivé prvky (izolant, lepicí a omítkové hmoty, lišty, hmoždinky a další) musí společně tvořit systém s danými parametry [SRDEČNÝ, 2004].

Zateplení s odvětranou mezerou

Pro tento systém je typická odvětraná vzduchová mezera, která se nachází mezi izolantem a vnější fasádou. Ta může být z různého materiálu – od prken po deskové materiály až po mramor či fotovoltaické panely. Mezi nejčastější však patří plastové lamely nebo betonové tvarovky. Fasádu nese rošt, který je připevněn rošt na stěnu vněm je izolant. Tato metoda zateplení se využívá i mírně vlhké stěny. Výhodou je možnost systém demontovat a znovu použít [SRDEČNÝ, 2004].

Tab. 1 Porovnání izolantu a jeho tepelného odporu

izolant/tepelný odpor	Tloušťka mm			
	50	100	150	200
Polystyren EPS 70F	1,28	2,56	3,95	5,12
Polystyren EPS 100F	1,39	2,78	4,05	5,26
Kamenná vlna	1,4	2,85	4,25	5,7
Skelná vata Isover	1,51	3,03	4,54	6,25
Čedičová vlna	1,38	2,75	4,15	5,55

Zdroj: Vlastní zpracování dle Tepelná izolace

V tabulce 1 je znázorněn tepelný odpor, který v závislosti na tloušťce izolace roste.

4.2 Výměna oken a dveří

V této kapitole jsou popsány výplně otvorů, mezi něž zahrnujeme konstrukce oken, dveří a vrat [POČINKOVÁ, 2012].

Je třeba upozornit, že výměna oken je vždy nákladná a z hlediska energetických úspor se téměř nikdy nevyplatí. Pokud se však rozhodneme okna vyměnit, ať již z důvodu velmi špatného stavu původních oken, nesmíme šetřit na zasklení. Jsou nabízena okna s rozličnými typy dvojskel a rozdíl mezi nejlevnějším a nejdražším typem je cca 10 – 20 % ceny okna. Ale na druhou stranu je rozdíl v izolační schopnosti téměř dvojnásobný [SRDEČNÝ, 2004].

Na tvorbě optimálního vnitřního prostředí, ale také v rozhodující míře na energetických ztrátách budovy, se významně podílejí okna. K rozhodujícím prvkům tepelně technické kvality budovy patří správné koncepční řešení oken a ostatních výplní otvorů [POČINKOVÁ, 2012].

Jedním z hlavních znaků, který vyznačuje kvalitní izolační okna, je mezera mezi skly vyplněna argonem či jiným plynem, který izoluje lépe než obyčejný vzduch. Dřívější tzv. Vakuovaná dvojskla, kde mezi skly byl vzduch zředěný, jsou již překonána. Dalším rozlišovacím rysem je mikroskopická vrstva kovu na vnější straně vnitřního skla, která propouští denní světlo dovnitř, ale v žádném případě teplo ven [SRDEČNÝ, 2004].

Se třemi skly (trojskly) lze dosáhnout ještě lepších izolačních parametrů. Byla jedním z oblíbených úsporných opatření před několika lety, avšak díky jejich vysoké ceně a vysoké hmotnosti oken, se začalo od trojskel upouštět. Ve stejné době se začali na trhu objevovat okna s dvojsklem využívajícím odrazivé vrstvy a náplň inertních plynů, které byly o poznání levnější, a parametry se blížila trojsklům [SRDEČNÝ, 2004].

Jestliže uvažujeme o nahrazení špaletových oken, bylo by vhodné nechat vyrobit okno nové, ale podobné konstrukce, které má však zasklené vnější křídlo kvalitním izolačním dvojsklem. Tímto získám okno, přes které uteče jen málo tepla a také bude dobře tlumit hluk. Pokud se rozhodneme nahradit tyto okna eurooknem, měli bychom nové okno vsadit lépe k vnějšímu líci budovy [SRDEČNÝ, 2004].

Požadovanou kvalitu vnitřního prostředí při nízké energetické náročnosti musí zajistit větrání místností v budovách. Za prioritní požadavky považujeme hygienické. Dříve okna neměly téměř nulovou spárovou provzdušnost jako současná, která jsou vyráběna za účelem minimalizace tepelných ztrát. Nelze tedy počítat s tím, že výměna vzduchu bude zajištěna okenními spárami. Velmi často si lidé po výměně starých oken za nová neuvědomují změnu v jejich konstrukci. V dnešní době si uživatel zajišťuje v rozhodující míře otevřením okna větrání sám. Bohužel v zimním období je toto větrání ne vždy postačující a nezajistí tedy potřebnou výměnu vzduchu. Jako obvyklý důvod je obava ze zvýšených nákladů na vytápění. Ale je třeba uživatele ujistit, že pokud větrání provádí správným způsobem, není potřeba se zvýšení nákladů obávat. Je třeba dodržovat zásadu – větrat často, ale krátce. Vnitřní povrchy konstrukcí nevychladnou, jen se vlhký vnitřní vzduch nahradí vzduchem vnějším sušším [POČINKOVÁ, 2012].

Okenní konstrukci tvoří rám okna a okenní křídlo s výplní. Okenní rám je pevně spojen s obvodovým pláštěm. U střešního okna je spojen se střešním pláštěm. Okna rozdělujeme podle materiálu, který byl použit pro rám okna. Okna jsou tedy dřevěná, plastová, kovová a kombinovaná (dřevo a kov, plast a kov) [POČINKOVÁ, 2012].

Maximální hodnoty součinitele prostupu světla vyjadřují požadavky na tepelněizolační schopnosti oken. Požadavek na hodnotu součinitele prostupu tepla celého okna včetně rámu, ale také maximální hodnotu součinitele prostupu tepla rámu, uvádí norma [POČINKOVÁ, 2012].

Stále však okna zůstávají z hlediska ekonomické úspornosti nejslabším článkem obalové konstrukce, a to i když použijeme okna s co nejnižším součinitelem prostupu tepla. Je to tím, že požadovaná hodnota U_N jak obvodového, také i střešního pláště je podstatně nižší než okna. Nevyrábějí se okna se srovnatelně nízkým součinitelem prostupu tepla, tzn. $0,20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ [POČINKOVÁ, 2012].

Je nutné zmínit, že i v dnešní době většina dřevěných a plastových rámu tzv. Eurooken izoluje hůře než zasklení. Nelze to považovat za bezvýznamné, jelikož rám zaplňuje 15 až 25 % okenní otvoru. Při ploše rámu 20 % bude výsledná hodnota pro celé okno $u = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ má-li zasklení hodnotu $u = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a rám $u = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ [SRDEČNÝ, 2004].

Výslednou cenu určuje délka rámu. Čím více plochy rám okna zabírá, tím je dražší. Upozorňujeme však na fakt, že v tomto případě současně zhoršuje izolační schopnosti okna. Pokud to architektura domu umožňuje, měli bychom dát přednost neděleným oknům. Jednou ze zajímavých možností je provedení části oken jako pevné, tedy neotevíravé zasklení. Tím se sníží plocha rámu, okno nebude tak drahé, ale naprosto těsné a získáme tím i více světla. Důležité je kvůli větrání mít v každé místnosti nejméně jedno okno otevíravé. Stejně většina lidí větrá jen jedním oknem. Za lepší a v mnoha případech i levnější je použití větší tabule, dělené jen optickou příčkou mezi skly, protože také kovový rámeček na obvodu mezi oběma tabulemi dvojskla zhoršuje jeho izolační vlastnosti [SRDEČNÝ, 2004].

Nejen tepelné ztráty způsobují zasklené plochy, ale také mohou přinášet tepelné zisky. Na velikosti součinitele prostupu tepla zasklením U závisí velikost tepelných ztrát a na energetické propustnosti g závisí velikost tepelných zisků. Velmi důležité pro dobré tepelněizolační zasklení je dosáhnout co nejnižší hodnoty U_g při současně co nejvyšších hodnotách g [POČINKOVÁ, 2012].

Okna používaná v současné době mají z pohledu energetické bilance kvalitnější zasklení než rám. Horší součinitel prostupu tepla než vlastní zasklení má okenní rám a křídlo společně s okrajovou částí zasklení (zhruba o 10 – 20 %). I z tohoto hlediska je nutné sledovat nejen kvalitu zasklení, ale také hodnotu součinitele prostupu tepla rámu [POČINKOVÁ, 2012].

Dřevěná okna

Za nejpoužívanější v tomto sortimentu lze považovat tzv. EURO-okno, které se vyrábí z třívrstevných lepených lamel. Jde o okno jednoduché, zasklené izolačním dvojsklem. Příkladem lze uvést EURO-okno zasklené izolačním dvojsklem 4/ 16/ 4. U tohoto okna je součinitel prostupu tepla $U = 1,5 - 1,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Na současném trhu lze ale nalézt i okna s výrazně lepšími tepelnětechnickými vlastnostmi, kdy součinitel prostupu tepla dosahuje hodnoty i $U_w = 0,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Vložením korku do okenních profilů dosáhneme nízkého součinitele prostupu tepla [POČINKOVÁ, 2012].

Plastová okna

Oproti dřevěným oknům mají plastová okna své výhody. Jedná se o jednodušší výrobu, možnost okamžitého použití vyrobených oken a odstranění potřeby dalších povrchových úprav po celou dobu životnosti. Jednou z nevýhod je nemožnost změny barvy. Deklarovaná životnost těchto oken je 25 – 35 roků [POČINKOVÁ, 2012].

Kovová okna

Na trhu jsou k dostání kovová okna ocelová či na bázi hliníku. Na provedení či absenci přerušení tepelného mostu závisí součinitel prostupu tepla kovového okna. Vzhledem ke špatným tepelněizolačním schopnostem, nelze použít do vnějších konstrukcí domů ocelová okna bez přerušení tepelného mostu. Oproti tomu okna na bázi hliníku s přerušeným tepelným mostem mají velkou pořizovací cenu [POČINKOVÁ, 2012].

Kombinovaná okna

Mají vyšší pořizovací cenu než okna dřevěná a plastová a na našem trhu je nalezneme v kombinaci dřevo – hliník a plast – hliník. Mezi kombinovaná okna s vyšší odolností vůči povětrnostním podmínkám patří dřevo – hliník. Z tohoto důvodu jsou používána zejména na venkovní stranu. Tato kombinace zajišťuje dobré tepelněizolační vlastnosti dřeva a vysokou trvanlivost hliníkových profilů. Druhá kombinace plast – hliník, je opět doporučována na vnější povrch díky hliníku. Zde plní tepelněizolační funkci plastový profil [POČINKOVÁ, 2012].

4.3 Zateplení stropu

Jestliže má dům nevytápěnou půdu, je možné položením izolace na podlahu půdy snadno i efektivně izolovat. Nejčastěji využívané a vhodné jsou desky a rohože z minerální nebo ovčí vlny, které je možné překrýt záklopem z prken či desek pro zajištění průchozí půdy. V jiném případě postačí úzké prkenné chodníčky nad provedenou izolací. Izolaci je pak vhodné překrýt lepenkou, ale pokaždé zajistit, aby izolace mohla větrat, tím zabráníme znečištění prachem a průniku studeného větru do izolace. Izolace je snadno odstranitelná a znovu použitelná. Nebrání tedy rozhodnutí pro přestavbu podkroví v budoucnosti [SRDEČNÝ, 2004].

Mezi další možnosti patří zasypání nebo zafoukání podlahy půdy izolací z papírových vláken, perlitem či jinou sypkou izolací, které je vhodné pro střechy s malým spádem (malé a nevyužitelné půdy). V tomto případě je nutné, aby půdou neprofukoval vítr, který by potlačil její efektivnost [SRDEČNÝ, 2004].

Izolace šikmých střech

Jedním ze způsobů jak eliminovat ztráty stropem, je nákladná vestavba podkroví. Zde je tepelná izolace nutná nejen proti zimním mrazům, ale mimo jiné také v létě před horkem [SRDEČNÝ, 2004].

Existují různé způsoby vkládání izolace mezi krokve. Obvykle je potřebná vyšší tloušťka izolace (15 – 25 cm), než je síla krokví. V některých případech se tedy nabíjejí zespona latě či fošny. Nejlépe lze eliminovat tepelný most použitím roštu z vodorovných latí tzv. kontrakrokve. Nejčastějším izolatem jsou rohože, polotuhé desky z minerální vlny, nebo ovčí vlnu, konopí a jiné vláknité materiály. Jen zřídka se používá polystyren. Zejména proto, že špatně přiléhá ke starým a nepravidelným trámům a krokvím. Nejdůležitější je správný plán a kvalitní provedení, jinak se může opravdu hodně zkazit [SRDEČNÝ, 2004].

4.4 Tepelná izolace podlah

Nejen ztrátu tepla může způsobit neizolovaná podlaha na terénu, ale také vlhkost a průnik radonu, který ohrožuje zdraví lidí. Vlhkost, která vystupuje z terénu a následně vstupuje do stěn napomáhá k jejich plesnivění a případně také hnilobu dřevěných podlah. Při vyskytnutí více problémů se lze snadněji smířit se zásadním zásahem do interiéru. Je totiž nutné původní podlahy vybourat a terén vyhloubit tak, aby byl při pokládání nové podlahy dostatek místa i pro tepelnou izolaci. Tyto práce lze spojit s izolací obvodových zdí neboli základů. Jestliže není možné provést zásah do stávajících podlah, je možné snížit ztráty izolací zeminy pod objektem. Volbou jednoho ze dvou případů izolace zeminy pod objektem zvýšíme teplotu zeminy pod podlahou. Prvním případem je zapuštění izolace pod terén v okolí základů a druhý izolaci rozložit naplocho kolem dokola celé stavby v pásu cca metrové šířky pod okapový chodníček. Pokud jsou obytné místnosti podsklepeny, můžeme zateplit jejich podlahy zespoda, to znamená nalepit izolant na strop sklepa. U stropů klenutých nahradíme stávající násyp klenby tepelně-izolačním násypem. Pokud instalujeme podlahové vytápění, je nutná pro důkladnou izolaci alespoň 15 cm polystyrenu nebo podobné izolace [SRDEČNÝ, 2004].

Objekt je rozdělen na jednotlivá podlaží stropní konstrukcí spolu s podlahami. Stropní konstrukce plní mnoho funkcí a mezi nejdůležitější patří funkce statická a protipožární. Dále pak spolu s podlahou, popřípadě s podhledem, musí plnit také funkci tepelně izolační a zvukoizolační [POČINKOVÁ, 2012].

Stropní konstrukcí s podlahou nad venkovním prostředím a nad nevytápěnými prostory (garáž, zádveří, sklep a jiné) musí být splněny požadavky na velikost součinitele prostupu světla a velikost poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce. Za vhodné je z hlediska zimního období považováno umístění tepelněizolační vrstvy z chladné strany [POČINKOVÁ, 2012].

Je velice problematické zajistit požadavek na velikost poklesu dotykové teploty v obytných místnostech u nepodsklepených budov, kde je pod podlahou provedena nejčastěji používaná betonová vrstva. Jedním řešením je podlahové vytápění, které může tento nepříjemný stav zmírnit. Bohužel však toto řešení může vést ke snížení pasivně využitelné sluneční energie. Studený povrch podlahy zlepšuje akumulační schopnosti. Není možné zabezpečit současně

oba požadavky. – schopnost akumulovat teplo a mít tzv. „teplý povrch“, a je zde tedy potřeba kompromisů [POČINKOVÁ, 2012].

Jako příklad lze uvést pár řešení několika domů ve Švýcarsku, kde jsou podlahová vytápění provozována s velmi nízkou teplotou na vstupu (cca 27 °C). Díky tomu je teplota podlahy maximálně 23 °C. K akumulaci tepla dochází při intenzivním slunečním záření, čímž vzroste teplota podlahy na hodnotu vyšší než 23 °C. V tomto období je směr tepelného toku ze vzduchu v místnosti do podlahy. V případě, že sluneční záření zanikne a současně klesá teplota vzduchu v místnosti, mění tepelný tok svůj směr a naakumulované teplo proudí z podlahy zpět do místnosti [POČINKOVÁ, 2012].

5 Využití vhodných zdrojů energie a způsobů vytápění

Tepelnou ztrátu objektu určuje tepelná ztráta prostupem a tepelná ztráta větráním. Tyto ztráty se vypočítávají na každou místnost v objektu zvlášť a souhrn těchto výpočtů udává pak ztrátu celého objektu [POČINKOVÁ, 2008].

Otopné plochy (tělesa) jsou charakterizovány výpočtovou venkovní teplotou, polohou budovy vzhledem ke krajině a rychlostí větru. Z tohoto důvodu jsou navrženy na nejnepříznivější podmínky exteriéru. Česká republika je rozdělena do teplotních oblastí s výpočtovými teplotami 12, -15 a -18 °C. Otopný systém musí být navržen tak, aby i za nepříznivých vnějších neboli externích teplotních podmínek zajistil teplotní pohodu vnitřního prostředí. Jsou určeny výpočtové vnitřní teploty pro navržení topných systémů. Tyto teploty odpovídají tzv. globeteplotě. Od těchto výpočtových teplot se teploty vzduchu liší a jsou o 1-3°C vyšší [POČINKOVÁ, 2012].

5.1 Vytápění tuhými palivy

Mezi tuhá paliva, kterými je možné daný objekt vytápět patří: dřevo, biomasa, pelety, uhlí. Tyto tuhá paliva jsou spalována v různých druzích kotlů.

Dřevo, biomasa

I nadále patří dřevo mezi nejlevnější paliva. Dřevem je myšleno polenové, ale zejména různé krajiny a odřezky. Dřevo by se mělo spalovat ve speciálních kotlích z důvodu účinnosti. Jelikož např. topení dřevem v kotli na uhlí by bylo velmi málo účinné a velká část by nevyužita odešla komínem. Je to proto, že dřevo hoří dlouhým plamenem narozdíl od uhlí, které má plamen krátký [SRDEČNÝ, 2005].

Kotle na dřevo se zplyňováním paliva

Kotle na polenové dříví jsou vyráběny ve většině případů jako zplyňovací, což znamená, že se v nich spaluje dřevoplyn. Jsou využívány pro vysokou účinnost spalování a nízkým emisím. Kusové dříví lze také v malém množství míchat s pilinami a jiným menším dřevním odpadem. Na trhu nalezneme kotle s výkonem od 18 kW, které jsou ale pro správně izolovaný dům až moc. Jsou vyráběny z konstrukčních důvodů. Kotel je vhodné u neizolovaného domu doplnit akumulací nádrží, jelikož dům potřebuje kotel na plný výkon jen několik desítek hodin v roce. Díky tomu v době kdy pracuje na plný výkon, se teplo akumuluje pro pozdější spotřebu v akumulací nádrží. Do tzv. teplé rezervy, kdy se palivo pomalu prohřívá, se kotel přepne po nabití. Díky tomu má kotel nepatrný výkon s minimální spotřebou paliva [SRDEČNÝ, 2005].

Kotle a kamna na pelety

Pelety jsou:

- pevné sypké palivo s vysokou výhřevností, nízkým obsahem popelovin, nízkým obsahem vody,
- výlisky z biomasy válcovitého tvaru do průměru 25 mm,
- odolné proti nárazu a umožňují automatizaci procesů spalování [POČINKOVÁ, 2012].

Pelety jsou rozlišovány na tři typy podle hmoty, ze které jsou vyrobeny:

- PRÉMIUM – z čisté dřevní hmoty bez příměsí (jsou považovány za nejkvalitnější),
- KATROVÉ – jsou lisovány z odpadu vzniklého při zpracování surového dřeva na pile,
- ROSTLINNÉ (alternativní neboli agropelety) – jsou vyrobeny z odpadů z rostlinné výroby, obilnin, slámy z obilí, řepky, slunečnice apod. [POČINKOVÁ, 2012].

5.2 Vytápění plynem

Zemní plyn jako palivo je velmi komfortní poměrně ekologické (emise oxidů síry a prachu jsou prakticky nulové), které lze využívat velmi vysokou účinností. U kondenzačních kotlů je v účinnost i přes 100%. Výhodou je spolehlivost dodávek plynu a možnost umístění do obytné části domu, jelikož není potřeba žádný skladovací prostor[SRDEČNÝ, 2005].

Pro vytápění plynem se používají kotle klasické či kondenzační. Z hlediska norem TPG 704 01 a ČSN 38 6441 jsou plynové kotle s výkonem do 50 kW klasifikovány jako plynové spotřebiče. Místnost, kde se nachází, nazýváme místností s plynovými spotřebiči.

V základním provedení rozlišujeme kotle na dva typy:

- B – odebírají vzduch pro spalování z místnosti, ve které jsou umístěny a odvádějí kouřovodem či komínem spaliny do venkovního prostoru,
- C – tyto jsou zavřené a vzduch pro spalování odebírají z venkovního prostoru, kam také odvádějí spaliny a z tohoto důvodu jsou používány dělené či sousedé kouřovody [POČINKOVÁ, 2012].

5.3 Vytápění elektrickou energií

Vytápění elektrickou energií je vhodné pro instalaci v domech s nízkou spotřebou tepla. Vyznačují se nízkými náklady oproti systémům využívajících jinou energii. Je čisté, jelikož nevyžaduje řešení odvodu spalin, automaticky regulovatelné s minimálními nároky na obsluhu kotle a řadí se mezi systémy s vysokou účinností. V doporučených objektech (s malou spotřebou tepla) rozdělujeme zařízení na:

- elektrokotle – zdroje centrální pro ohřev topné vody;
- lokální topidla vytápějící přímo jednotlivé místnosti [POČINKOVÁ, 2008].

V objektech, které využívají obnovitelné energie (tepelná čerpadla, solární technika) se používají elektrokotle jako doplňkový (bivalentní) zdroj, který zajišťuje vytápění při nízkých venkovních teplotách. Například elektrická topná vložka, která je vestavěná přímo v akumulární nádrži topné vody může jejich funkci nahradit. Používají se také jako druhý zdroj tepla i pokud je objekt vytápěn pevným palivem např. dřevem [POČINKOVÁ, 2012].

Lokální topidla

Lokální topidla slouží k vytápění jednotlivých místností v celém objektu či jako doplňková k jiným systémům jen v některých místnostech. Jako příklad lze uvést koupelny u teplovzdušně vytápěných objektů. Lokální topidla dělíme dle způsobu akumulace tepla na:

- přímotopné,
- akumulární,
- hybridní neboli kombinované [POČINKOVÁ, 2012].

5.4 Alternativní zdroje vytápění

Alternativní zdroje vytápění tzv. obnovitelné zdroje, jsou využívány převážně jako doplňkové. Jejich výkon je závislý na velikosti sluneční energie, teploty země. Mezi nejpoužívanější patří sluneční kolektory (pro ohřev vody, nebo k výrobě elektrické energie) a tepelná čerpadla.

Sluneční energie, solární kolektory, solární podpora vytápění

Podmínky pro využití solární energie lze považovat v České republice za poměrně dobré. Bez oblačnosti se pohybuje průměrný počet hodin solárního svitu okolo $1460 \text{ hod.rok}^{-1}$. Ročně dopadne průměrně 1100 kWh energie ($800\text{-}1250 \text{ kWh.rok}^{-1}$) na 1 metr čtvereční 75% je v měsících duben až říjen. Na severozápadě území je nejmenší počet solárního svitu a suma globálního záření, z toho vyplývá, že směrem na východ hodnoty narůstají. Jednotlivá území se v průměru liší o 10% , pokud se nejedná o oblast se silně znečištěnou atmosférou. Přibližně $400 - 550 \text{ kWh.rok}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ je možné vyrobit v aktivních solárních zařízeních [POČINKOVÁ, 2012].

Solární technika k výrobě tepla

Na citelné teplo přeměňuje solární technika solární solární sálavou energií. Toto teplo je pomocí teplotonosné kapaliny přenášeno k výměníku pro další využití (akumulaci, ohřev jiných médií) [POČINKOVÁ, 2012].

Nejčastěji se zařízení využívá:

- k ohřevu či pouze předehřevu teplé vody,
- k ohřevu teplé vody a podpoře vytápění,
- k ohřevu teplé vody, bazénové vody, s podporou či bez podpory vytápění,
- pouze k ohřevu bazénové vody [POČINKOVÁ, 2012].

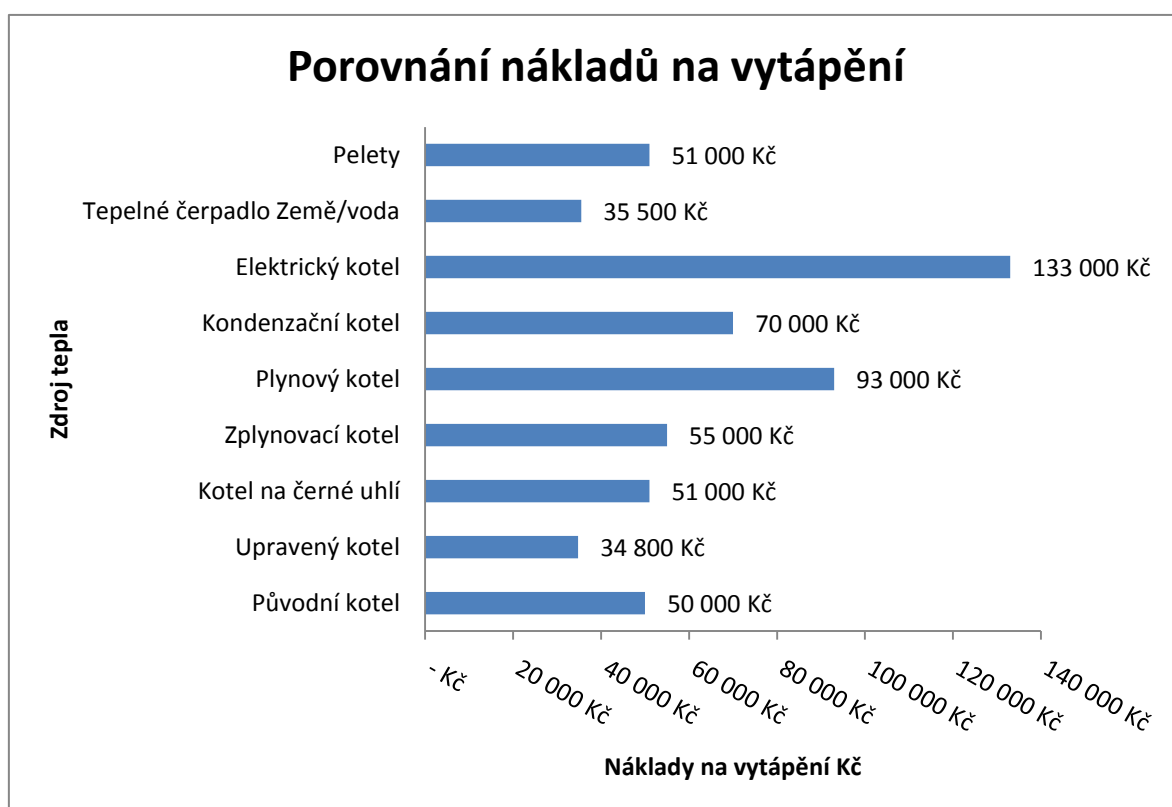
Aktivní solární panely se skládají:

- z konektorů,
- izolovaného měděného potrubního rozvodu,

- oběhového čerpadla,
- expanzní nádoby a pojistného ventilu,
- uzavíracích, vypouštěcích, měřicích a zpětných armatur,
- zařízení k odběru tepla (výměníku, teplosměnné plochy zásobníku),
- teplotnosné solární kapaliny (u celoročních provozů na bázi glykolů – např. Solaren),
- a prvků regulace [POČINKOVÁ, 2012].

Solární konektory se snaží o co nejnižší ztrátu tepla vyřazováním do okolí (neboli emisivitu) a nejvyšší absorpci. Vyrábí se ve více provedeních [POČINKOVÁ, 2012].

Graf 2: Porovnání nákladů na vytápění



Zdroj: Vlastní zpracování dle TZB-info

V grafu 2 jsou porovnány druhy a ceny paliv pro tepelnou ztrátu 33,101 kW. Neekologická zdroje tepla jsou v porovnání s ekologickými levnější. Pouze tepelné čerpadlo má nízké roční provozní náklady, ale vysoké pořizovací náklady.

6 Ekonomické zhodnocení

6.1 Popis objektu

Rodinný dům se nachází ve středočeském kraji v obci Krhanice. Dům byl postaven začátkem 20. století a k němu v padesátých letech 20. století přistavena další část.

Starší část domu je podsklepena. Zdivo je použita kombinace kamene a cihel. U přistavěné části domu jsou použity cihly a vápenná omítka. Okna jsou dvojí (špaletová). Dřevěné dveře se skleněnou výplní bez izolace. Sedlová střecha s pálenými taškami je bez izolace. Nad přistavené části rodinného domu je šikmá plechová střecha bez izolace.

K vytápění rodinného domu je využíván litinový kotel Viadrus o výkonu 35 kW, který v zimním období ohřívá i teplou užitkovou vodu. V letním období se voda ohřívá elektrickou energií. V místnostech jsou umístěny litinové radiátory bez termoregulační hlavičky.

6.2 Snížení tepelných ztrát

Tepelná ztráta rodinného domu je vypočítána pomocí programu dle normy ČSN EN 12831. Vstupní údaje pro výpočet. Podle umístění domu – středočeský kraj Benešov

$\Theta_c = -15$ [°C] venkovní navrhovaná teplota v zimním období

$d = 234$ [dní] délka otopného období

$\Theta_{em} = 3,5$ [°C] průměrná venkovní teplota v otopném období

Charakteristika objektu

$A = 135$ [m²] celková vytápěná plocha

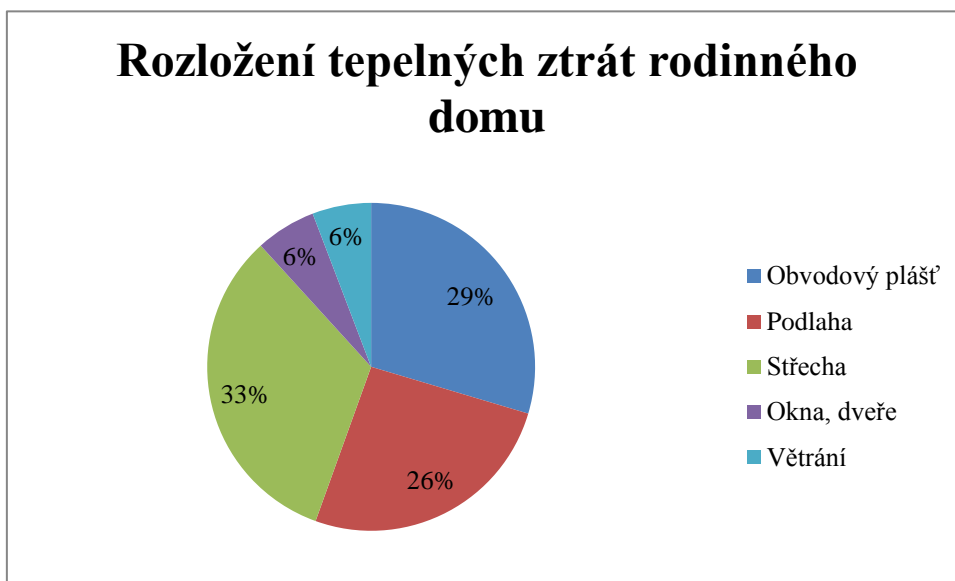
$V = 380$ [m³] objem vytápěné části domu

$\Theta_{im} = 20$ [°C] převažující teplota interiéru v otopném období

Celková tepelná ztráta 33,101 kW je vypočtena dle vzorce 3.1. Prostup tepla jednotlivými částmi domu je vypočítán dle vzorce

$$\Phi_n = U \cdot A \cdot (\Theta_{im} - \Theta_{em}) [W] \quad (6.1)$$

Graf 3: Rozložení tepelných ztrát rodinného domu



Zdroj: Vlastní

V Grafu 3 jsou znázorněny procentuální podíly tepelných ztrát v rodinném domě. Největší tepelné ztráty 33 % jsou způsobeny špatnou izolací stěn, podlah a oken.

6.2.1 Snížení tepelných ztrát stropem a střechou

Snížení tepelné ztráty střechou

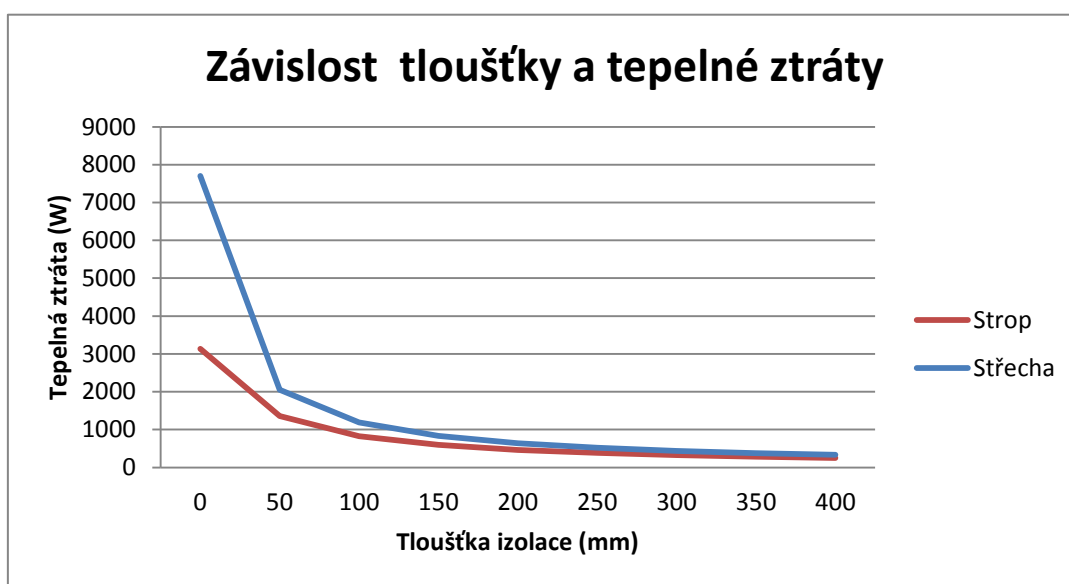
Střecha rodinného domu nemá žádnou tepelnou izolaci. Tepelnou izolaci by bylo vhodné spojit s výměnou krovů a střešní krytiny. Ztráta střechou je 7 700 W s plochou 120 m².

Snížení tepelné ztráty stropem

Izolace jde snadno a nenákladně položit na podlahu půdy. K izolaci se používají desky a rohože z minerální vlny či ovčí vlny. Položením desek nebo prken na izolaci je zachována pochozí plocha půdy. Plocha půdy je 80 m² a tepelná ztráta 3 136 W.

Cena za 1 m² je závislá na tloušťce izolace.

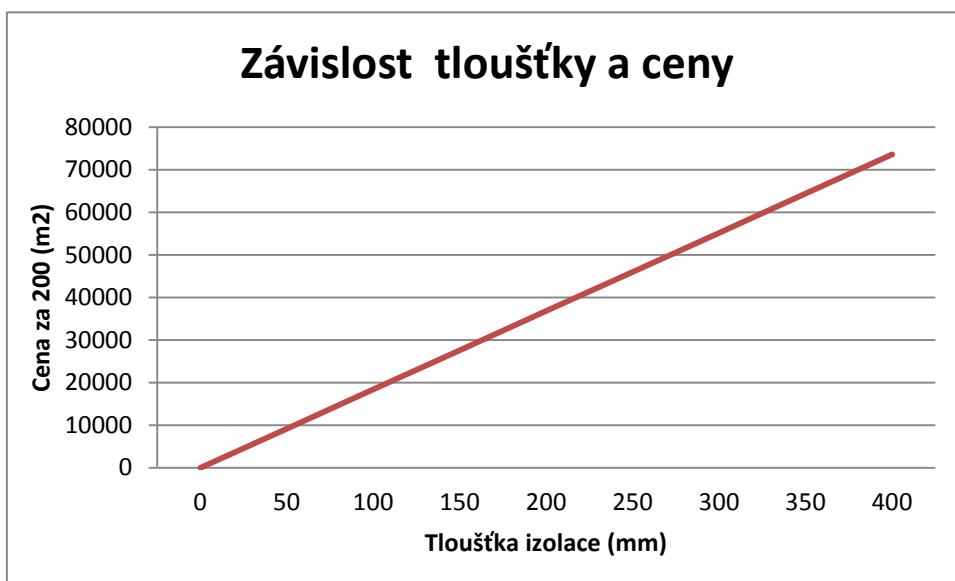
Graf 4: Závislost tloušťky a tepelné ztráty



Zdroj: Vlastní

V Grafu 4 je znázorněna závislost tloušťky izolace na velikosti tepelné ztráty. Tepelná ztráta se nejvíce sníží použitím tloušťky izolace 150 – 200 mm.

Graf 5: Závislost tloušťky izolace a ceny



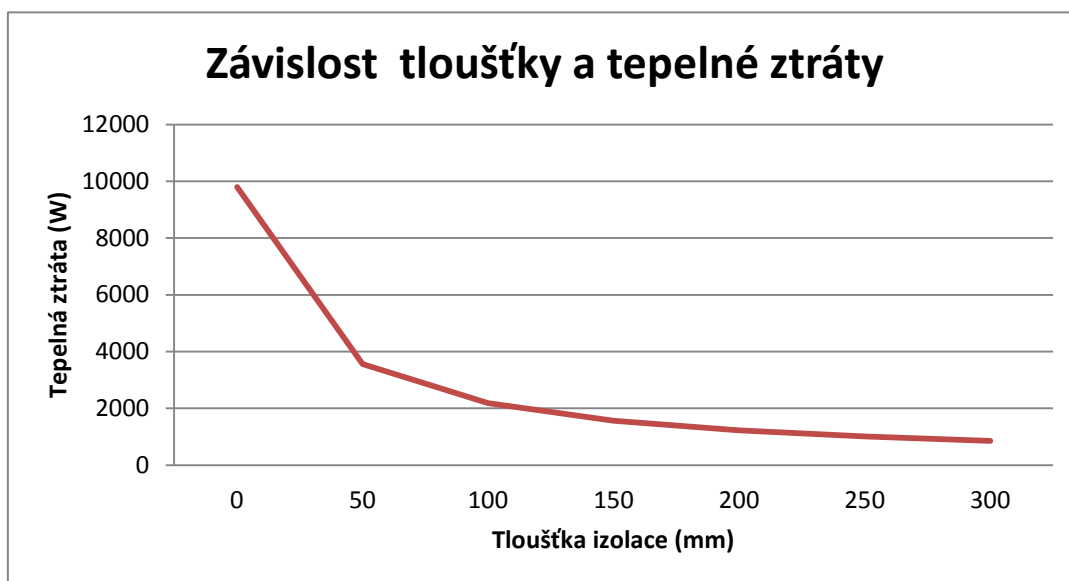
Zdroj: Vlastní

V Grafu 5 je znázorněna závislost tloušťky izolace na celkové ceně. Nejeftivnější je použít izolaci do tloušťky 200 mm. Při větší tloušťce roste neúměrně cena vůči snížení tepelné ztráty. Použití izolace o tloušťce 100 mm sníží celkovou tepelnou ztrátu na 2 013 W za cenu Kč 18.400,-. Při tloušťce 200 mm je tepelná ztráta 1 107 W za cenu Kč 36 800,-.

6.2.2 Snížení ztrát obvodového pláště

Druhým největším únikem tepla z rodinného domu je přes plášť domu. U rekonstruovaného domu se izolace aplikuje na vnější stěnu. Použitím na vnitřní stěnu se zmenší obývaný prostor. Tepelná ztráta obvodového pláště je 9 800 W s plochou 200 m². Aplikace tepelné izolace na stěny je složitější než u zateplení stropů. Do kalkulace na za 1 m² se zahrne izolan, montážní prvky, lepicí a omítkové hmoty, lešení a montáž. Pro výpočet je použita fixní částka Kč 600,- za práci, lešení omítkové hmoty, které nejsou závislé na tloušťce izolantu. A proměnné částky závislé na tloušťce izolantu – polystyrenu.

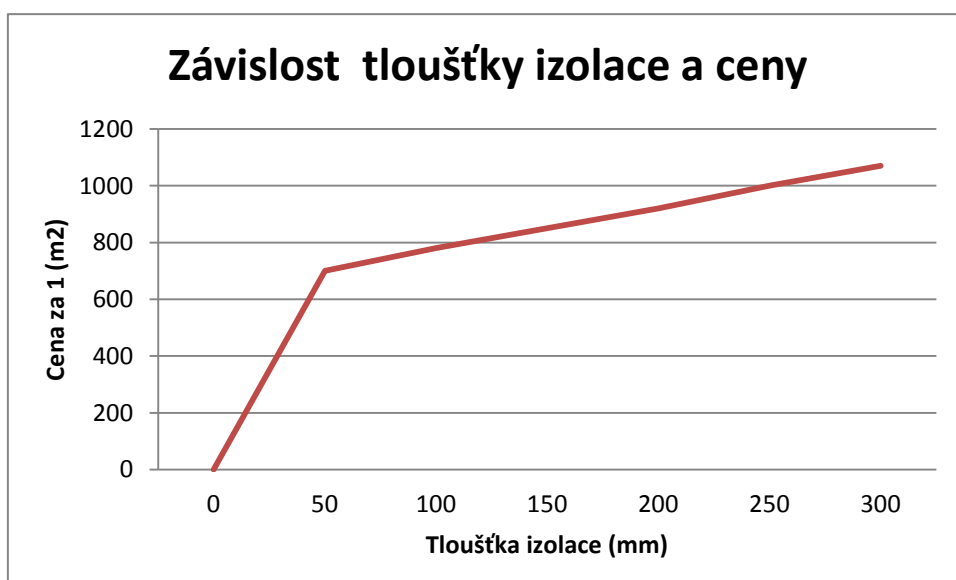
Graf 6: Závislost tloušťky a tepelné ztráty



Zdroj: Vlastní

V Grafu 6 je znázorněna závislost tloušťky izolace na velikosti tepelné ztráty. Tepelná ztráta se nejvíce sníží použitím tloušťky izolace do 150 mm.

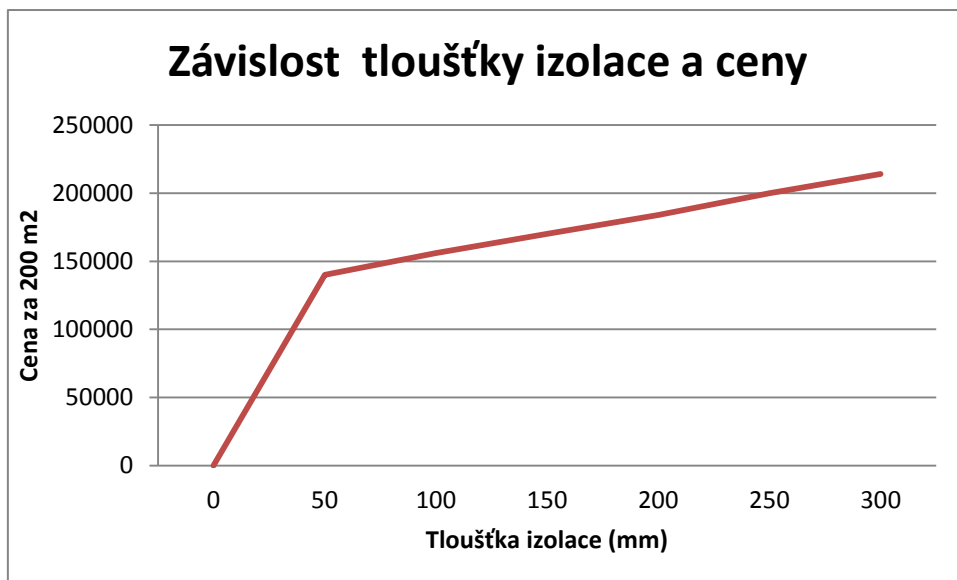
Graf 7: Závislost tloušťky a tepelné ztráty



Zdroj: Vlastní

V Grafu 7 je znázorněna závislost tloušťky izolace na ceně za 1 m². Cena od tloušťky 50 mm neroste tak rychle, protože se v ní nejvíce promítne fixní částka.

Graf 8: Závislost tloušťky izolace a ceny



Zdroj: Vlastní

V Grafu 8 je znázorněna závislost tloušťky izolace na ceně za 200 m². U tloušťky 50 mm se nejvíce projevuje fixní částka.

Nejefektivnější je použít izolaci do tloušťky 200 mm. Při větší tloušťce roste neúměrně cena vůči snížení tepelné ztráty. Použití izolace o tloušťce 100 mm sníží celkovou tepelnou ztrátu na 2 178 W za cenu Kč 156.000,-. Při tloušťce 200 mm je tepelná ztráta 1225 W za cenu Kč 184.000,-.

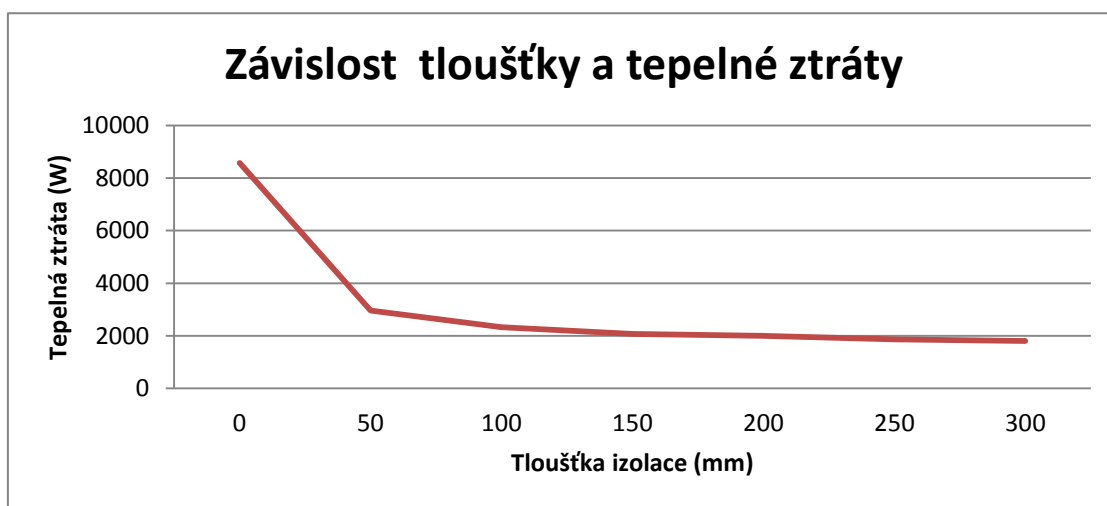
6.2.3 Snížení ztrát podlahou

Na izolaci podlahy je nutné myslet již při stavbě domu. Následná izolace je z technologického hlediska složitější. U rekonstruovaného domu je několik možností.

Vykopat podlahu až na zeminu a položit všechny izolační vrstvy. U podsklepeného domu se použije izolace na strop sklepa. Druhou možností je položit izolaci v obytné místnosti, ale tím se sníží strop. V rodinném domě je část obytné plochy podsklepena s celkovou

tepelnou ztrátou 8 572 W. V podsklepené části jsou vysoké stropy, tak se použije tepelná izolace připevňovaná na strop sklepa. Nepodsklepená část zůstane bez úprav. Plocha stropu ve sklepech 100 m². Sklep se využívá jen k vytápění a skladování, tak se nemusí brát zřetel na estetiku úpravy. Do výpočtu se zahrne jen izolant, připevňovací materiál a práce.

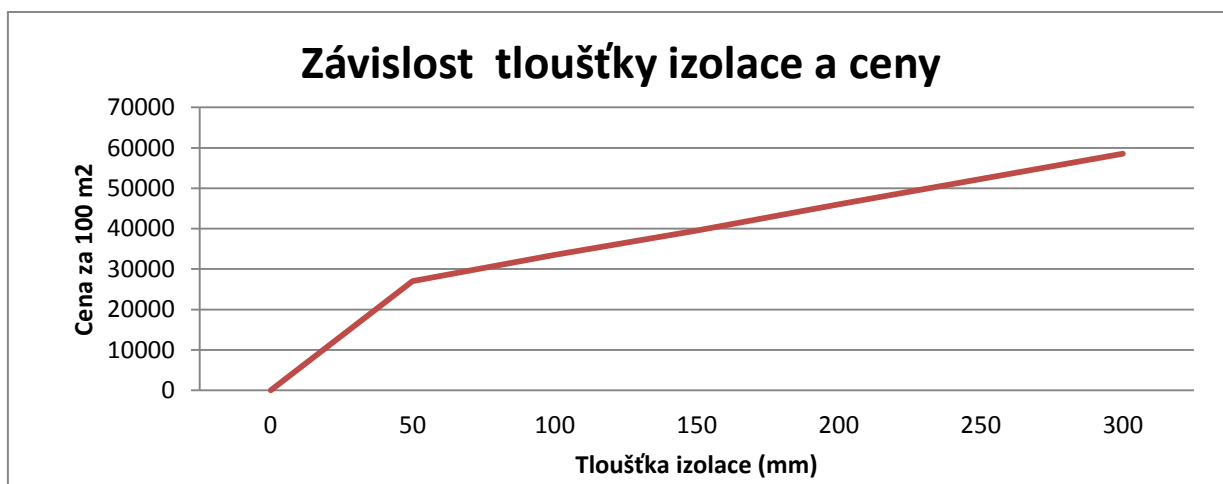
Graf 9: Závislost tloušťky a tepelné ztráty



Zdroj: Vlastní

V Grafu 9 je znázorněna závislost tloušťky izolace na velikosti tepelné ztráty. Tepelná ztráta se nejvíce sníží použitím tloušťky izolace do 150 mm.

Graf 10: Závislost tloušťky izolace a ceny



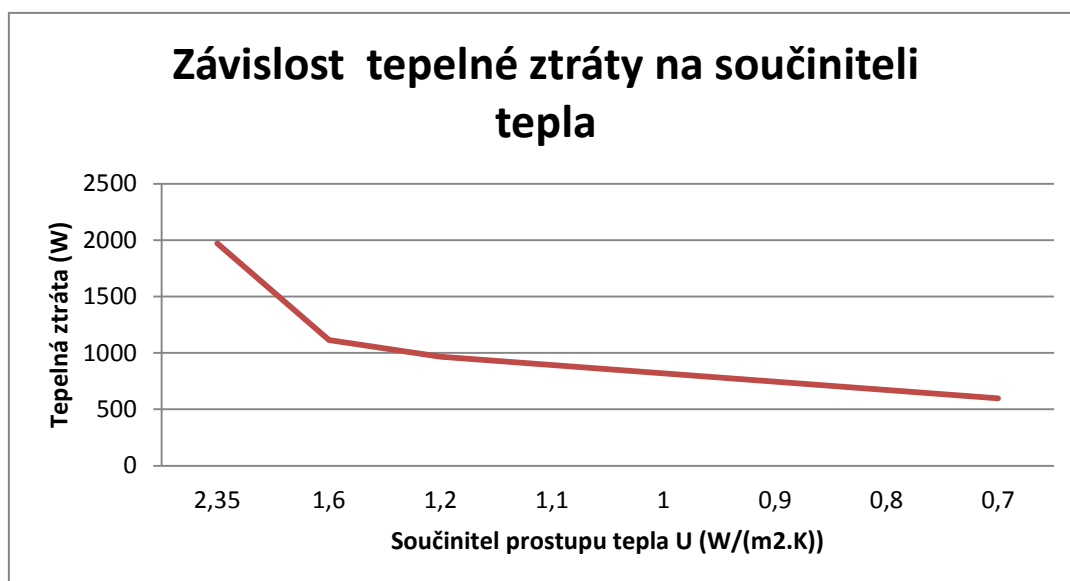
Zdroj: Vlastní

V Grafu 10 je znázorněna závislost tloušťky izolace na ceně za 100 m² stropu sklepa. U tloušťky 50 mm se nejvíce projevuje fixní částka. Snížit tepelnou ztrátu stropem je nejvhodnější volit tloušťku izolace v rozmezí 50 – 150 mm.

6.2.4 Snížení ztrát okny

V domě jsou stará dvojitá okna a výměna oken je v poměru s návratností je od ostatních úprav nejméně výhodná. U starých špaletových oken je součinitel prostupu tepla vyšší než teoretický způsoben seschnutím a špatným těsněním. V návrhu ekonomické návratnosti se musí zohlednit i případná cena renovace oken, která se musí provést. Před výměnou oken je nutné zohlednit i případné zateplení obvodové zdi, aby okna nebyla moc zapuštěna do obálky budovy. Celková tepelná ztráta okny je 1972 W.

Graf 11: Závislost tepelné ztráty na součiniteli tepla



Zdroj: Vlastní

V grafu 11 je znázorněna závislost tepelné ztráty na součiniteli prostupu tepla U. Cena oken je závislá na velikosti rámu okna. Vzhledem k vysokému rozdílu cen a malému rozdílu

součinitele prostupu tepla je vhodné volit okna se součinitelem 1,1 -0,9. Investice do výměny oken v konkrétním domě je Kč 110.000,-. Okna mají součinitel prostupu tepla 1,1. Tepelná ztráta se snížila na 893 W.

6.3 Volba zdroje tepla

V rodinném domě je ústřední topení s kotlem Viadrus a litinovými radiátory. Jako doplněk v přechodném období slouží krbová kamna s výkonem 10 kW. Nedílnou součástí po snížení tepelných ztrát je snížení výkonu tepelného zdroje. Původní kotel je vzhledem k současnému snížení tepelných ztrát předimenzovaný. Stávající kotel je nutné obsluhovat několikrát denně, což snižuje komfort bydlení. Ke stávajícímu kotli je možné zakoupit set na přestavění na automatický kotel v ceně Kč 30.000,- a jeho účinnost se zvýší z 60 % na 80%. Současně se také zvýší množství druhu paliva a prodlouží doba obsluhy až na několik dní. Náklady na nákup nového automatického kotle se pohybují okolo Kč 80 – 100.000,-. V obci je možné využít plyn. Instalace plynového kotle vyžaduje větší částku při jeho instalaci, jako je připojení a vyvločkování komínu. Součástí úpravy kotle se musí vyměnit i termostatické hlavice na radiátorech, aby se dala regulovat optimálně teplota v domě. Potřeba tepla k vytápění je 280 GJ/rok.

6.4 Vyhodnocení

Souhrnem všech úprav na domě je docíleno snížení tepelné ztráty a tím i snížení nákladů na vytápění. Návratnost daných úprav se liší na základě jejich účinnosti. Při hledání optimálního řešení použijeme tři návrhy. První s nejmenším snížením tepelných ztrát. Druhou s nejvyšším snížením tepelných ztrát. A poslední kombinací vhodných úprav.

Varianta 1

Použitá izolace o tloušťce 50 mm a okna se součinitelem prostupu tepla $U 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tab. 2 Varianta 1 návrh úprav

	Původní tepelná ztráta	Varianta 1 tepená ztráta	Náklady Kč
Strop, střecha	11620	3407	9200
Obvodový plášť	9800	3564	60000
Podlaha	7613	2966	27000
Okna	3371	2212	90000
Tepelné mosty	422	422	
Větrání	1921	1921	
Celkem	34747	14492	186200

Zdroj: Vlastní

Použitím izolace v návrhu 1 se snížila tepelná ztráta o 62% s náklady Kč 186.200,-. Náklady na snížení tepelné ztráty o 1 kW jsou Kč 9.192,-.

Varianta 2

Použitá izolace na obálku domu a podlahu o tloušťce 300 mm, u stropní a střešní konstrukce 400 mm a okna se součinitelem prostupu tepla $U 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

Tab. 3 Varianta 2 návrh úprav

	Původní tepelná ztráta	Varianta 2 tepená ztráta	Náklady Kč
Strop, střecha	11620	583	73600
Obvodový plášť	9800	852	282000
Podlaha	7613	1810	58500
Okna	3371	598	160000
Tepelné mosty	422	422	
Větrání	1921	1921	
Celkem	34747	6186	574100

Zdroj: Vlastní

Použitím izolace v návrhu 2 se snížila tepelná ztráta o 82% s náklady Kč 524.100,-. Náklady na snížení tepelné ztráty o 1kW jsou Kč 20.100,-.

Varianta 3

Použitá izolace na obláku domu o tloušťce 150 mm, u stropní a střešní konstrukce 200 mm, výška izolace podlah 300 mm a okna se součinitelem prostupu tepla $U 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

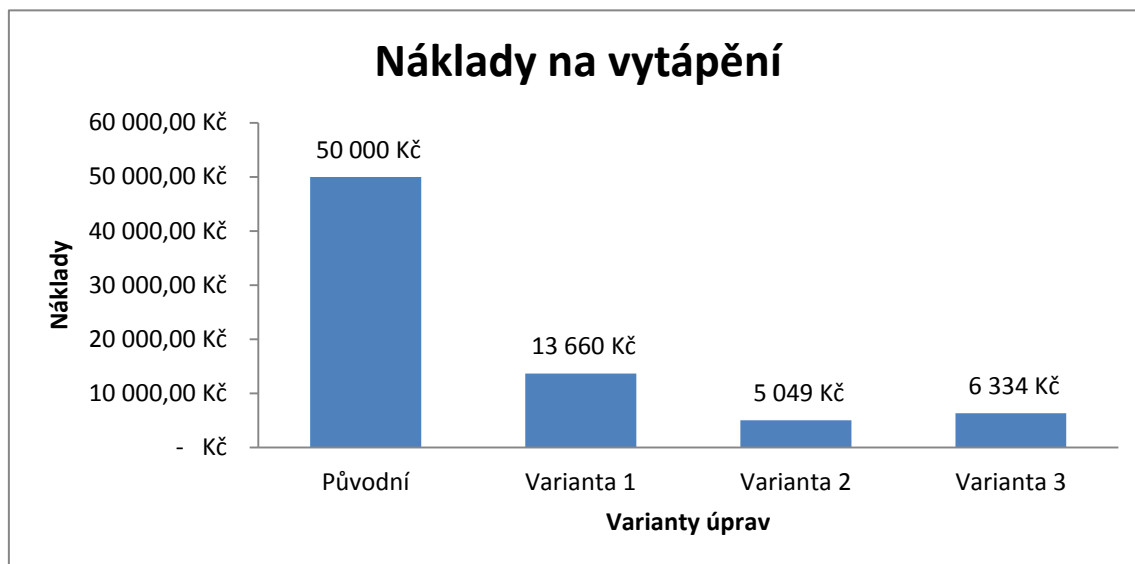
Tab. 4 Varianta 3 návrh úprav

	Původní tepelná ztráta	Varianta 3 tepená ztráta	Náklady Kč
Strop, střecha	11620	583	36800
Obvodový plášť	9800	852	150000
Podlaha	7613	1810	58500
Okna	3371	893	110000
Tepelné mosty	422	422	
Větrání	1921	1921	
Celkem	34747	7721	355300

Zdroj: Vlastní

Použitím izolace v návrhu 3 se snížila tepelná ztráta o 78% s náklady Kč 355.300,-. Náklady na snížení tepelné ztráty o 1kW jsou Kč 13.146,-.

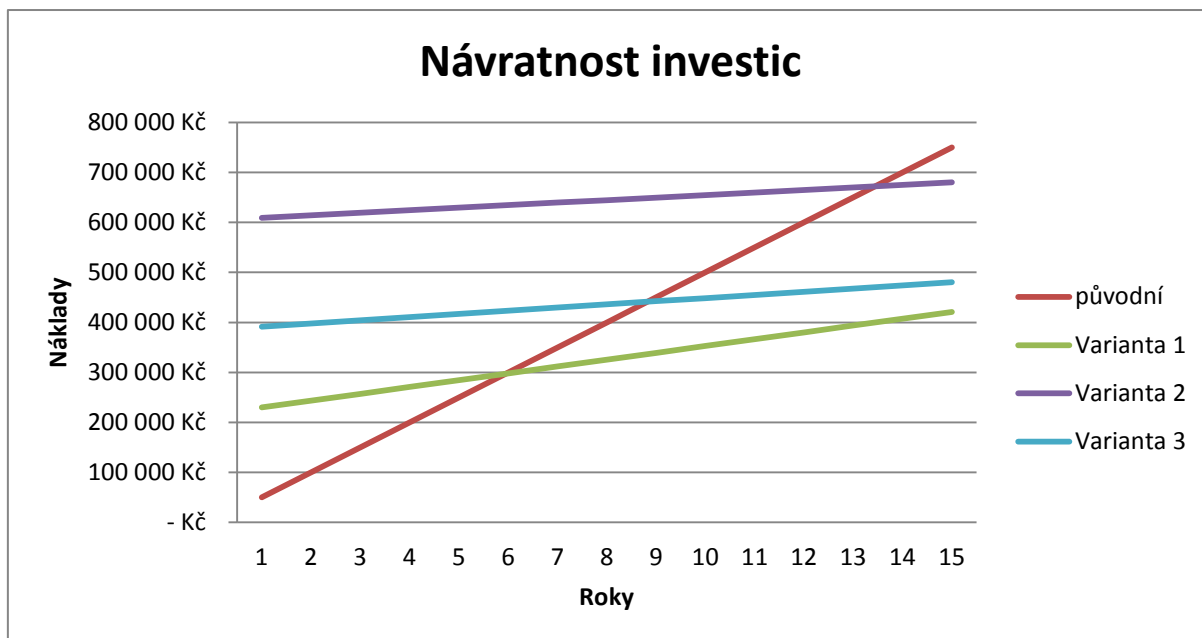
Graf 12: Náklady na vytápění u navržených úprav



Zdroj: Vlastní zpracování dle TZB-info

V grafu 12 jsou uvedeny náklady na vytápění. V prvním sloupci bez úprav na zateplení a původním kotlem na tuhá paliva. U ostatních variant je použit k vytápění kotel s vyšší účinností spalování.

Graf 13: Porovnání návratnosti investic



Zdroj: Vlastní

V grafu 13 je znázorněna návratnost jednotlivých variant úprav. Za 6 let se navrátí investice u varianty 1. Varianta 3 má návratnost osm roků a varianta 3 13let.

7 Závěr a doporučení pro praxi

V chladném a vlhkém prostředí se necítíme dobře a z tohoto důvodu je třeba kvalitně zrekonstruovat daný rodinný dům. Zateplením se zvyšuje nejen hodnota nemovitosti, ale také zvyšuje kvalita bydlení neboli tepelná pohoda. V praktické části bakalářské práce jsem se zabýval rodinným domem, který má velké nedostatky a dle literární rešerše zpracoval doporučení a návrhy pro rekonstrukci. Mezi hlavní nedostatky patří chybějící izolace, která odpovídá době výstavby a díky tomu se v domě udržuje vysoká vlhkost.

Byla zde již provedena rekonstrukce oken, ale jen v přední části domu. Okna nebyla vyměněna v celém domě, jelikož je nutné, aby dům větral a netvořila se větší vlhkost. Budova je vytápěna kotlem na tuhá paliva, který se musí několikrát denně obsluhovat. Tato skutečnost vyžaduje změnu, a z praktické části vyplývá řešení v přestavění kotle na automatický. Variantu jsem zvolil nejen z cenového, ale také praktického hlediska pro majitele domu. Doba mezi obsluhami se tak prodlouží a je možné stále využívat tuhá paliva.

Za jednu z nejdůležitějších navrhovaných rekonstrukcí považuji rekonstrukci zateplení, kde jsem zjistil největší ztráty. Dle výpočtů doporučuji variantu třetí, která je kompromisem mezi maximálním snížením ztrát a nejrychlejší návratností. Na střechu a strop použijeme izolaci o tloušťce 300 mm, jelikož se tento druh zateplení cenově moc neliší, je možné zvolit tuto variantu. Tloušťka izolace obálky domu je 150 mm. Zde rostou rychleji náklady na rekonstrukci než velikost získané úspory. Pro podlahu jsem navrhl tloušťku 300 mm, která je jednou z lepších variant a přitom stále cenově výhodná. Celková rekonstrukce domu by měla stát okolo Kč 355.300,- a přepokládaná návratnosti investice je osm let. V práci nejsou zahrnuty změny cen energií a klimatických podmínek. Rekonstrukce domu je nutná v co nejbližší době, zvýší se tak nejen jeho tržní hodnota, ale také tepelná pohoda.

8 Seznam literatury

Odborná literatura

- [1] NUSSBERBER, Jiří. *Topíme pevnými palivy lacino a ekologicky*. 1. Vydání. Poříčany: Nussberger, 2005. 148 s. ISBN 80-902010-4-0.
- [2] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. Vydání. Bratislava: Jaga group s.r.o., 2005. 246 s. ISBN 80-8076-020-9.
- [3] POČINKOVÁ, Marcela. TREUOVÁ, Lea. *Stavíme: Vytápění*. 4. Vydání. Brno: ERA group, 2008. 152 s. ISBN 978-80-7366-116-8.
- [4] POČINKOVÁ, Marcela. *Stavíme: Úsporný dům*. 1. Vydání. Brno: CPress, 2012. 208 s. ISBN 978-80-264-0014-1.
- [5] SRDEČNÝ, Karel. MACHOLDA, František. *Úspory energie v domě*. 1. Vydání. Praha: Grada Publishing, 2004. 112 s. ISBN 80-247-0523-0.
- [6] ČSN EN ISO 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Vydání. Praha: ČNI, Březen 2005.

Elektronické zdroje

TZB-INFO. *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov*. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupný na <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>>

TEPELNÁ IZOLACE. *Tepelné izolace*. [online]. [cit. 2014-12-03]. Dostupný na <<http://www.tepelna-izolace.cz/isover-tf-profi.html>>

9 Přílohy

Seznam použitých zkratk

$\Phi_{T,i}$ – celková tepelná ztráta tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{T,i}$ – projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

$H_{T, ie}$ – je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes obalové konstrukce [W/K]

$H_{T, iue}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes nevytápěný prostor (u) [W/K]

$H_{T, ig}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) za ustáleného stavu [W/K]

$H_{T, ij}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (j), který se vytápí na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\Theta_{int, i}$ – vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

Θ_e – venkovní oblastní výpočtová teplota [°C]

A_k – plocha stavební konstrukce [m²]

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

e_k, e_l – korekční součinitel vlivů působícím z venkovního prostředí na stavební konstrukci, jako je rychlost větru, teplota, sluneční energie, vlhkost, pokud tyto hodnoty již nezahrnuje součinitel U_k [-]

ψ_1 – lineární ztrátový činitel tepelného mostu [W/(m.K)]

l_1 – délka lineárních tepelných mostu mezi vnitřním a vnějším prostředím [m]

b_u – redukční teplotní činitel. Rozdíl mezi vnější výpočtovou teplotou a teplotou nevytápěného prostoru [-]

Θ_u – teplota nevytápěného prostoru [$^{\circ}\text{C}$]

f_{g1} – korekční činitel vlivu ročních změn venkovní teploty [-]

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

A_k – plocha vytápěného prostoru, který je v kontaktu se zeminou [m^2]

$U_{\text{equiv, k}}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

G_w – korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody [-]

$\Theta_{m, e}$ – průměrná roční teplota [$^{\circ}\text{C}$]

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

A_k – plocha stavební konstrukce [m^2]

U_k - součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

$\Phi_{V,i}$ – tepelná ztráta větráním [W]

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

V_i – objemový průtok větraného vzduchu [m^3/s]

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

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

$V_{\text{inf, i}}$ - objemový průtok vzduchu infiltrací pláštěm budovy [m^3/s]

$V_{\text{min, i}}$ - minimální objemový průtok vzduchu z hygienických důvodů [m^3/s]

V_i – objem dané místnosti [m^3/s]

n_{50} – intenzita výměny vzduchu mezi interiérem a exteriérem vytápěného prostoru při rozdílu tlaku 50 pa [h^{-1}]

e_i – stínící koeficient [-]

ε_i – výškový činitel zohledňující různou rychlost prodění vzduchu s ohledem na výšku daného prostoru na úrovni terénu [-]

n_{\min} – minimální výměna vzduchu z okolního prostředí [h^{-1}]

Q_g – celkové tepelné zisky [J]

Q_i – tepelné zisky vnitřní [J]

Q_s – tepelné zisky z oslunění [J]

ϕ_{ih} – průměrná energie získaná ve vytápěném prostoru [W]

ϕ_{iu} – průměrná energie získaná v nevytápěném prostoru [W]

b – zmenšující součinitel dle normy EN ISO 13789 [-]

l_{sj} – celková energie plochy orientovaná na jih v daném období [J/m^2]

A_{snj} – účinná kolekční plocha povrchu A_n orientovaná na jih [m^2]

$\Phi_{T,i}$ – tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{HL,i}$ – tepelný výkon [W]

$\Phi_{V,i}$ – tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{RH,i}$ – zátopový tepelný výkon nutný k vyrovnání účinku přerušovaného vytápění [W]

$\sum \Phi_{T,i}$ – součet všech tepelných ztrát prostupem ve vytápěných prostorech mimo tepla, které se šíří ve vnitřních prostorech nebo celé budovy [W]

$\sum \Phi_{V,i}$ – součet všech tepelných ztrát větráním ve vytápěných prostorech mimo tepla, které se šíří ve vnitřních prostorech nebo celé budovy [W]

$\sum \Phi_{RH,i}$ – součet zátopových tepelných výkonů nutných k vyrovnání účinku přerušovaného vytápění ve všech vytápěných prostorech [W]

$Q_{r,vyt}$ – roční spotřeba tepla [MWh/r]

V_o – celkový vytápěný prostor [m^3]

q_t – tepelná charakteristika budovy [$W/(m^3 \cdot ^\circ C)$]

$\theta_{i,pr}$ – průměrná teplota vzduchu v celém objektu [$^\circ C$]

$\theta_{e,pr}$ – průměrná teplota vzduchu mimo budovu za otopné období [$^\circ C$]

Q_{max} – maximální tepelná ztráta vytápěného prostoru nebo celé budovy [W]

Θ_i – výpočtová teplota interiéru [$^\circ C$]

Θ_e – výpočtová teplota exteriéru v dané oblasti [$^\circ C$]

$\Theta_{e,pr}$ – průměrná teplota vzduchu exteriéru v otopném období [$^\circ C$]

d – počet dní otopného období [dny]