

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Kryštof Horáček

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Výpočet tepelných ztrát budovy a srovnání vybraných metod zateplení

Calculation of Heat Loss of Building and Comparison of Selected Methods of Heating

Jméno a příjmení studenta:

Kryštof Horáček

Osobní číslo

HOR0378

Jméno a příjmení vedoucího práce:

doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student:

Kryštof Horáček

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma:

Výpočet tepelných ztrát budovy a srovnání vybraných metod vytápění
Calculation of Heat Loss of Building and Comparison of Selected
Methods of Heating

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat následující:

1. Teorii tepelných ztrát budov se zahrnutím problematiky tepelných mostů
2. Popis řešeného objektu
3. Výpočet tepelných ztrát budovy
4. Výpočet roční spotřeby tepla na vytápění
5. Návrh zateplení a různých možností vytápění
6. Technicko-ekonomické srovnání vybraných metod vytápění

Seznam doporučené odborné literatury:

BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. 2. vydání. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2000. 110 s. ISBN 80-902001-1-7.

LABOŮTKA, K., SUCHÁNEK, T. *Výpočtové tabulky pro vytápění 9*. Společnost pro techniku prostředí, 2001.

SAZIMA, M., KMONÍČEK, V., SCHNELLER, J. *Teplo*. 1. vydání. SNTL –Nakladatelství technické literatury, 1989. 592 s. ISBN 80-03-00043-2.

VRÁNA, J. a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. Grada, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.

LINHART, L. *Zateplování budov*. 1. vydání. Grada, 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.

TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy*. Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.

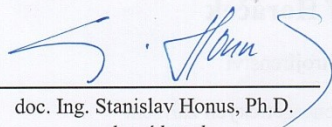
ČSN 730540-2 (730540). *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2012.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

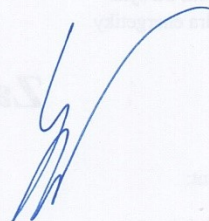
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní technickou dokumentaci včetně výkresů získanou od firmy Stakuro, s.r.o., firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 18.5.2020




.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou*) práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské*) práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská*) práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.5.2020


.....
podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HORÁČEK, K. *Výpočet tepelných ztrát budovy a srovnání vybraných metod vytápění: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2020, 49s, Vedoucí práce: doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá výpočtem tepelných ztrát budovy, konkrétně novostavby rodinného domu. Úvodní část práce se věnuje teorii tepelných ztrát včetně zahrnutí problematiky tepelných mostů. Součástí práce je i popis vybraných zdrojů vytápění, druhů paliv, stavebních materiálů a v neposlední řadě taky rozbor konstrukce jednotlivých částí domu (např. obvodové zdi, strop, podlaha, atd.). Následně jsou rozebrány případy tepelných ztrát, nákladů na vytápění a investičních nákladů pro případ bez vnější izolační vrstvy a po zateplení vnější izolační vrstvou. V závěru práce se nachází rovněž ekonomická analýza obou těchto případů, a to včetně spočítané návratnosti investic do zateplení.

HORÁČEK, K., *Calculation of Heat Loses of a Building and Comparison Chosen Methods of Heating.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2020, 49p. Thesis head: doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

The bachelor thesis deals with calculating heat losses of a building, specifically family house new building. It starts with theoretically described heat losses including problematic of thermal bridges. Next it moves onto description of chosen sources of heating, various fuels, construction materials and last but not least analysis of a construction of individual parts of the house (for example perimeter walls, ceiling, floor, etc.). In another part there is an analysis of heat losses, heating costs and investication costs in case without isolation and after insulation. At the end there is also economical analysis of both of these cases, including returning costs.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Teorie tepelných ztrát	2
2.1 Tepelné ztráty	2
2.2 Tepelné mosty.....	3
3 Zdroje vytápění.....	4
4 Paliva	5
4.1 Tuhá paliva	5
4.1.1 Uhlí	5
4.1.2 Dřevo	7
4.2 Plynná paliva.....	8
4.2.1 Zemní plyn.....	8
4.2.2 Bioplyn.....	8
4.3 Kapalná paliva	9
4.4 Elektrická energie – zvolený způsob vytápění pro řešený dům.....	9
5 Vybrané stavební materiály	10
5.1 Obvodové zdi.....	10
5.1.1 Použitý materiál – Porotherm Profi 30	10
5.1.2 Ytong	11
5.1.3 Dřevostavby	11
5.1.4 Beton.....	12
5.2 Vnitřní zdi	12
5.2.1 Porobeton	12
5.3 Izolační materiály	13
5.3.1 Použitý materiál - Šedý izolační polystyren	13
5.3.2 Bílý izolační polystyren	14
5.3.3 Polystyren XPS	15
5.3.4 Fasádní tabule z minerálního vlákna	15
6 Popis objektu.....	17
6.1 Rozbor obvodových zdí.....	17

6.1.1 Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká	17
6.1.2 Zdivo	17
6.1.3 Izolační vrstva	17
6.1.4 Vnější silikonová omítka	17
6.2 Rozbor vnitřních zdí	18
6.2.1 Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká	18
6.2.2a Zdivo Ytong Y2-500	18
6.2.2b Zdivo Ytong Y2-500	18
6.2.3 Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká	18
6.3 Rozbor stropu	19
6.3.1 Sádkartonové tabule	19
6.3.2 PE fólie	19
6.3.3 Foukaná minerální vata	19
6.4 Rozbor podlahy	19
6.4.1a Keramická dlažba	19
6.4.1b Laminátová plovoucí podlaha	19
6.4.2 Akustický polystyren Isover TDPT	19
6.4.3 Anhydrit	20
6.4.4 Reflexní fólie pod podlahové topení	20
6.4.5 Izolační polystyren Styrotrade EPS 100	20
6.4.6 Hydroizolace	20
6.4.7 Beton	20
6.5 Rozbor oken a dveří v obvodových zdech	20
6.5.1 Vstupní dveře do místnosti 1.01	21
6.5.2 Vstupní dveře do místnosti 1.09	21
6.5.3 Balkonové dveře do místností 1.06 a 1.07	21
6.5.4 Okna do místností 1.05 a 1.08	21
6.5.5 Okna do místností 1.02 a 1.09	21
6.5.6 Okno do místnosti 1.10	22
7 Výpočet tepelných ztrát	23
7.1 Popis metod výpočtu	23

7.1.1	Metoda po místnostech	23
7.1.2	Obálková metoda	23
7.2	Výpočty tepelných ztrát	24
7.2.1	Výpočet ztrát prostupem tepla	24
7.2.2	Tepelné ztráty větráním	26
7.2.3	Tepelné zisky	26
7.2.4	Celková tepelná ztráta.....	27
7.3	Provedení výpočtu tepelných ztrát po zateplení	27
7.3.1	Úpravy	27
7.3.2	Výpočet a vyhodnocení	29
7.3.3	Grafické srovnání.....	29
8	Roční spotřeba tepla.....	30
8.1	Výpočet roční spotřeby tepla na vytápění zatepleného objektu	30
8.1.1	Roční spotřeba tepla na vytápění objektu před zateplením	30
8.1.2	Roční spotřeba tepla na vytápění zatepleného objektu.....	30
8.2	Výpočet nákladů	31
8.2.1	Náklady na vytápění - Objekt před zateplením	31
8.2.2	Náklady na vytápění - Zateplený objekt.....	31
8.2.3	Náklady na zateplení.....	32
8.3	Návratnost investice na zateplení	32
8.3.1	Rozdíl v nákladech na vytápění před a po zateplení (roční úspora)	32
8.3.2	Návratnost.....	32
8.4	Srovnání vybraných metod vytápění	32
8.4.1	Zemní plyn.....	33
8.4.2	Dřevěné pelety	33
8.4.3	Černé uhlí.....	33
8.4.4	Srovnání nákladů na vytápění.....	34
9	Závěr	35
10	Zdroje.....	37
10.1	Seznam použité literatury	37

10.2	Obrázky.....	39
10.3	Tabulky	40
11	Přílohy.....	41
11.1	Stavební projekt D.1.03	41
11.2	Pohledy	41

Seznam použitých značek

Značka	Název	Jednotka
D	Počet denostupňů	K*dny
Q_C	Celkové tepelné ztráty	W
Q_D	Ztráty prostupem dveřmi	W
Q_O	Ztráty prostupem okny	W
Q_P	Ztráty prostupem	W
Q_{Po}	Ztráty prostupem podlahou	W
Q_S	Ztráty prostupem stropem	W
Q_T	Trvalé tepelné zisky	W
Q_V	Ztráty větráním	W
Q_{vyt}	Roční spotřeba tepla na vytápění	GJ*rok-1
Q_Z	Ztráty prostupem zdmi	W
Q_{Zp}	Tepelná ztráta objektu při průměrné venkovní teplotě	W
S_Z	Plocha obvodových zdí	m^2
V	Obestavěný objem vzduchu	m^3
V_P	Objemový průtok vzduchu	m^3*s^{-1}
d	Počet dní během topné sezony	1
e_d	Zkrácení doby vytápění u objektu s přerušovaným vytápěním	1
e_i	Nesoučasnost tepelné ztráty infilrací a tepelné ztráty prostupem	1
e_t	Snížení teploty v místnosti během dne/noci	1
i_{VV}	Součinitel intenzity výměny vzduchu větráním	1
k_p	Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti	$W*m^{-2}*K^{-1}$
k_z	Součinitel prostupu tepla zdmi	$W*m^{-2}*K^{-1}$
t_o	Výpočtová vnější teplota pro danou oblast	$^{\circ}C$
t_i	Výpočtová vnitřní teplota	$^{\circ}C$
α	Součinitel přestupu tepla	$W*m^{-2}*K^{-1}$
ε	Opravný součinitel	1
η_0	Účinnost regulace	1
η_r	Účinnost rozvodu	1
λ	Součinitel tepelné vodivosti	$W*m^{-1}*K^{-1}$

Seznam tabulek a grafů

Pořadí	Název	Strana
Tabulka 2-1	Výpočtová teplota	2
Tabulka 7-1	Výpočet tepelných ztrát po zateplení	26
Tabulka 7-2	Výpočet tepelné ztráty větráním	26
Tabulka 7-3	Výpočet tepelných zisků	27
Tabulka 7-4	Výpočet tepelných ztrát před zateplením	27
Tabulka 8-1	Cena el.energie	31
Tabulka 8-2	Srovnání nákladů a návratnost	32
Tabulka 8-3	Srovnání nákladů na vytápění různými metodami	34
Graf 7-1	Tepelné ztráty nezateplené budovy	28
Graf 7-2	Tepelné ztráty zateplené budovy	28
Graf 7-3	Grafické srovnání	29
Graf 8-1	Grafické srovnání ročních nákladů na vytápění	34

1 Úvod

Spotřeba energie na osobu má ve světě rok od roku pořád rostoucí tendenci. Vzhledem k neustále se rozrůstající populaci je cílem moderní doby ji zmírnit, či dokonce zmenšit. Jedním z faktorů, pomocí kterého by se spotřeba dala snížit, je například zmenšování tepelných ztrát novostaveb ve formě lepších stavebních materiálů, případně zateplování staveb staršího typu. Jedná se tedy o jakousi formu redukování tepelných ztrát. Tohoto lze docílit vícero způsoby. U starších energeticky náročnějších budov jsou dva základní a zároveň nejjednodušší způsoby, jak ztráty snížit. První z nich je výměna starých (často dřevěných) oken a dveří za nové moderní kusy, např. s izolačním trojsklem s výrazně lepšími izolačními vlastnostmi. Druhý způsob zmenšení tepelných ztrát je pomocí přidání tepelně-izolační vrstvy tzv. zateplení. Tepelné izolace byly přítomny už v dávných dobách v podobě přírodních materiálů, jako například lišejníky, seno nebo sláma. Postupem času byly vynalézány nové umělé materiály, které svými vlastnostmi daleko předčily své přírodní předchůdce. Jmenovitě se jedná např. o minerální vatu nebo polystyren. V dnešní době se nejčastěji k zateplení používají polystyrenové tabule, které se na fasádu připevní fasádními kotvami, nebo se na ni nalepí.

Cílem této práce je zjistit, zda je dům vhodně postaven a zateplen, jaké by měl tepelné ztráty bez zateplení a srovnat je s aktuálními ztrátami zateplené budovy. V neposlední řadě pak cíl je zjistit návratnost investice do zateplení a roční úsporu na nákladech na vytápění.

2 Teorie tepelných ztrát

2.1 Tepelné ztráty

Pojem „tepelná ztráta“ představuje okamžitou hodnotu tepelného toku, který unikne z daného objektu skrze konstrukci. Její jednotkou je tedy Watt [W]. Můžou se zde také zařadit tepelné ztráty větráním a tepelné mosty. Uniklé teplo je tedy teplo nevyužitelné.

Tepelné ztráty skrze konstrukci se počítají jako součet tepelných ztrát způsobené prostupem tepla podlahou, stěnami a stropem, od kterých se odečtou trvalé tepelné zisky. V případě, že stěna obsahuje otvory (okna, dveře), počítají se tepelné ztráty jako součet tepelných ztrát při prostupu tepla stěnou a otvory.

Výpočet hodnoty tepelné ztráty se vždy vztahuje k extrémním podmínkám v lokalitě, kde se objekt nachází. V České republice se obecně za extrémní podmínku považuje teplota -15°C, která se nijak neliší ani pro řešený dům.

Tabulka 2-1 Výpočtová teplota [16]

místo	nadmořská výška	teplotní oblast	pro topné období od 12°C		pro topné období od 13°C	
			vnější teplota	počet dnů	vnější teplota	počet dnů
Náchod	344	-15	3,1	235	3,7	250
Nový Jičín	284	-15	3,3	229	3,8	242
Nymburk	186	-12	3,8	217	4,2	228

Jsou zde ale i teplejší lokality, jako například hlavní město Praha, kde se společně s několika dalšími místy počítá s extrémní teplotou -12°C. Naopak v horských oblastech je tato hodnota rovna -18°C. Mohou se samozřejmě vyskytnout i případy větších mrazů, ale v ČR k nim dochází velice zřídka a bývají jen nárazové. Podle takto provedených výpočtů se nadále dimenzují radiátory, případně podlahová topení.

Tepelné ztráty způsobené větráním je rovněž nutno zahrnout do celkových ztrát daného objektu. Větrání je nutné provádět v každém objektu z důvodů např. přístupu kyslíku pro sporák, kotel, krb, či obyvatele domu samotné nebo například k odvádění vlhkosti.

Tepelné ztráty mohou být různě ovlivněny například volbou zdiva, tloušťkou a materiálem izolační vrstvy apod. Tyto hodnoty ve výsledku mohou mít rozhodující vliv na volbu vhodného zdroje vytápění, případně přímo na volbu topných těles.

Výpočet tepelných ztrát se provádí dvěma metodami: obálkovou, nebo po místnostech.

Pro tento případ je zvolena metoda obálková.

2.2 Tepelné mosty

Pojmem „tepelný most“ se obecně nazývá místo, které přímo přenáší teplo z interiéru do exteriéru, nebo jej značně usnadňuje, případně předěl dvou nezateplených místností, které jsou rozdílně vytápěny. Jsou tedy nejen energetickou ztrátou tepla do okolí, ale mohou být i zdrojem vlhkosti, která může vézt následně až ke vzniku plísní. Můžeme najít tepelné mosty v konstrukci nahodilé (vzniklé například chybějícím kusem izolace) a systematické (například krovy). Velice citlivá místa jsou například okna a nadokenní překlady. Takto postižená místa lze jednoduše identifikovat. Z exteriérové strany bývají zpravidla nedostatečně zateplené a ochlazují takto i vnitřní stranu stěny. Tam pak díky velkému teplotnímu rozdílu vznikne kondenzát a časem i plíseň. Další místa často postižená tepelnými mosty jsou například rohy v koupelně, oblast výztužného věnce domu, případně špatně řešené/zvolené fasádní kotvy.

3 Zdroje vytápění

Pod pojmem zdroj vytápění se obecně rozumí zařízení, které je schopno měnit energii paliva na energii tepelnou, která se dále využívá pro ohřev vody do topení, či pro ohřev pitné teplé vody.

Obecně se dají zdroje vytápění rozdělit do dvou hlavních kategorií. Jsou to vytápění lokální (např. krbová kamna, elektrické přímotopy, apod.) a vytápění centralizované (např. ústřední topení, teplovod, apod.). Lokální vytápění se dá jinými slovy popsat jako vytápění, jehož zdroj je umístěn přímo v dané místnosti, zatímco u centralizovaného vytápění je zdroj umístěn v jedné místnosti a dále se teplo do místností dopravuje pomocí teplovodních potrubí či trubek.

Další rozdělení – tentokrát již zejména pro rodinné domy – lze pojmut podle toho, jaký kotel se v daném objektu používá.

Rozdělují se podle:

- Typu paliva (pevná, kapalná, plynná, elektrický kotel, tepelné čerpadlo)
- Způsobu dodávky paliva (automatické, s ruční dodávkou)
- Způsobu ustavení (závěsné, ustavené na podlaze)

4 Paliva

Pojmem palivo je označována každá látka, která při reakci s kyslíkem na jiné stabilnější formy uvolní i mimo odpadní látky také teplo. Tato reakce je nazývána spalování a jedná se o reakci exotermickou. Paliva se mohou dělit do několika skupin, například podle skupenství, v jakém se vyskytují (plynná, kapalná, tuhá), podle stáří (fosilní, obnovitelná) a podle původu (umělá, přírodní)

4.1 Tuhá paliva

Mezi tuhá paliva můžeme zařadit všechny druhy uhlí a výrobky z něj nebo dřevo a výrobky z něj.

4.1.1 Uhlí

Uhlí je fosilní tuhé palivo, které vzniklo přírodní cestou. Nejčastěji užívaným druhem uhlí je uhlí černé a hnědé. Známé jsou ale i další druhy uhlí, například antracit, či lignit, paliva z uhlí vyrobená jsou například koks nebo brikety.

4.1.1.1 Černé uhlí

Černé uhlí (též nazývané kamenné uhlí) vznikalo rozpadem dřeva a pozůstatků živočichů anaerobním způsobem, který bránil oxidaci organického materiálu. Je velmi staré, vznikalo už od období prvohor a druhohor tedy zhruba před 360 miliony let.



Obr.1: Černé uhlí [1]

Obsah uhlíku se liší dle stáří, u černého uhlí se pohybuje v rozmezí 75 až 90%. Zbylá procenta složení jsou zastoupena prvky jako vodík (cca 3%), kyslík a dusík (cca 3%), síra (cca 1%), voda a další nespálitelné látky. Antracit je nejstarší a zároveň nejkvalitnější druh černého uhlí. Výhřevnost černého uhlí se pohybuje okolo 30MJ/kg, antracitu až 36MJ/kg. Zastoupení černého uhlí a jeho těžba v ČR je/byla největší na ostravsku a karvinsku, případně kladensko. Velké zásoby ve světě má například Polsko, USA, Rusko, Čína, Indie. Těžba probíhá v hlubinných dolech.

4.1.1.2 Hnědé uhlí

Hnědé uhlí vznikalo stejným způsobem jako uhlí černé, avšak je výrazně mladší. Toto se projevilo jak ve složení, výhřevnosti, tak i v jeho způsobu těžby a ceně. Výhřevnost hnědé uhlí se pohybuje okolo 15 až 18MJ/kg. Hlavní složkou je uhlík (cca 50 až 60%), vyšší množství síry (cca 2%), vody obsahuje 5-40%.



Obr.2: Hnědé uhlí [2]

Těžba probíhá v povrchových dolech, což značí i to, že je výrazně mladší než uhlí černé. Lignit je nejmladší a nejméně kvalitní druh hnědé uhlí, jehož výhřevnost je okolo 9MJ/kg.

4.1.2 Dřevo

Dřevo se řadí mezi tuhá přírodní paliva obnovitelná. Hlavní složkou je uhlík a voda, která snižuje výhřevnost dřeva. Ta ale stoupá, pokud se provádí sušení dřeva. Dřevo se řadí mezi paliva s rovnovážnou uhlíkovou bilancí, tzn. že jeho spálením se uvolní tolik uhlíku, kolik daná dřevina „odstranila“ z ovzduší a uložila „do sebe“. Dřevo se upravuje například na dřevěné pelety (malé válce o průměru 6 až 35mm), které mohou být do kotle dávkovány automaticky pomocí dopravníku.



Obr.3: Dřevěné pelety [3]

Další možností jsou například dřevěné brikety, které se od pelet liší zejména velikostí. Vyrábí se lisováním dřevního odpadu do válců (kvádrů) o délce až 300mm.



Obr.4: Dřevěné brikety [4]

Výhřevnost se liší podle druhu dřeviny a obsahu vody a pohybuje se u palivového dřeva okolo 14 až 15MJ/kg. U briket se výhřevnost pohybuje okolo 16MJ/kg a u pelet až okolo 18MJ/kg.

4.2 Plynná paliva

4.2.1 Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní plynné palivo neobnovitelné, které vznikalo současně při vzniku uhlí. Jeho hlavní složkou je uhlovodík methan. Je hodnocen jako jedno z nejušlechtlejších paliv zejména proto, že neobsahuje prachové částice a téměř žádné procento síry.



Obr.5: Zemní plyn [5]

Jeho dokonalým spálením vzniká jen vodní pára a oxid uhličitý. Výhřevnost zemního plynu se pohybuje okolo $33,5\text{MJ/m}^3$.

4.2.2 Bioplyn

Bioplyn je složen především z methanu (40 až 75%) a oxidu uhličitého (25 až 55%) a vzniká během anaerobní digesce organických materiálů například v čistíčkách odpadních vod, v odpadovém hospodářství (na skládkách odpadů – skládkový plyn), v mokřadech nebo v bioplynových stanicích.



Obr.6: Bioplynová stanice [6]

Může být použit na výrobu elektrické energie, nebo přímo pro výrobu tepla většinou průmyslových objektů (na vytápění rodinných domů se zpravidla nepoužívá). Využití našel bioplyn v podobě biomethanu i v dopravě, konkrétně jako pohon motorových vozidel. Výhřevnost bioplynu se pohybuje v rozmezí 17 až 24MJ/m³ v závislosti na složení látek, ze kterých vznikl.

4.3 Kapalná paliva

Kapalná paliva jako například topné oleje se v ČR téměř vůbec nepoužívají zejména z důvodu vysoké ceny, potažmo daně na ně uvalené. Z tohoto důvodu se jimi nijak více zabývat tato práce nebude. Jmenovitě by se mohlo jednat o naftu, případně topné oleje.

4.4 Elektrická energie – zvolený způsob vytápění pro řešený dům

Vytápění domů elektřinou je velmi pohodlný a snadno regulovatelný způsob. Elektrický kotel neprodukuje už žádné další emise a jeho životnost je dlouhá. Vytápění elektřinou nevyžaduje žádnou speciální přípojku, skladování zásob paliva nebo komín. Hlavní nevýhodou může být vysoká cena el.energie zejména v časech vysokého tarifu. Oproti provozním nákladům jsou pořizovací náklady ale až několikanásobně nižší.

5 Vybrané stavební materiály

Rychlost výstavby, neprůzvučnost, lepší izolační vlastnosti či cena. To všechno jsou faktory, které ovlivní výběr správného stavebního materiálu, který je nutné před začátkem výstavby důkladně zvážit. V této kapitole jsou popsány jednak stavební materiály, které byly použity pro výstavbu domu, a také byly vybrány pro srovnání další stavební materiály, které by mohly být alternativou použitým materiálům pro stavbu rodinného domu.

5.1 Obvodové zdi

5.1.1 Použitý materiál – Porotherm Profi 30

Pro stavbu řešeného domu byl použit materiál Porotherm 30 Profi. Jedná se o pálenou keramickou cihlu o rozměrech 247x300x249mm, která je produktem přírodních materiálů. Je to jeden z nejrozšířenějších materiálů používaný v současné podobě pro výstavbu domů už celá desetiletí. Jeho historie však sahá mnohem dále.

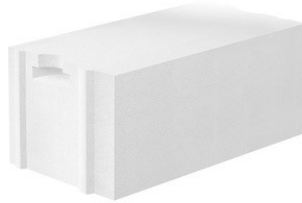


Obr.7: Porotherm [7]

Mezi jeho výhody patří zejména komplexnost vlastností požadovaných od materiálu pro stavbu obvodových zdí. Vyznačuje se dobrou izolační (součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,175 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) schopností hlavně díky pórovité konstrukci, a to i při jednovrstvém zdění bez zateplení. Dále zámkovitá konstrukce minimalizuje vznik tepelných mostů. Hlavní slabinou tohoto materiálu je křehkost. Pro stavbu byl použit, protože byl nejlepším kompromisem mezi kvalitou, vlastnostmi, které nabízí a cenou.

5.1.2 Ytong

Dalším neméně známým materiálem je Ytong. Jedná se o vápenato-pískovou cihlu o rozměrech 599x300x249mm, která se vyznačuje velkou pevností a skvělými termoizolačními vlastnostmi a neprůzvučností, velice často v dnešní době využívanou k stavbě tzv. pasivních domů.



Obr.8: Ytong [8]

Do těchto cihel se dají ukotvit např. závěsné kuchyňské linky a podobné domácí vybavení.

5.1.3 Dřevostavby

V dnešní době jsou dřevostavby velice populární zejména díky rychlosti výstavby, která je její hlavní výhodou.



Obr.9: Dřevostavba [9]

Další výhodou je menší tloušťka stěny. Nevýhody jsou například menší odolnost vůči vodě a nižší neprůzvučnost.

5.1.4 Beton

Pro stavbu domů je beton méně populární, přesto si zaslouží být zmíněn. Betonové tvárnice se dodávají duté a je nutno je vyplnit železobetonem.



Obr.10: Betonová tvárnice [10]

Takováto kombinace nemá dobré termoizolační vlastnosti a má vysoký difuzní odpor, což nijak nepříjemňuje mikroklima uvnitř stavby. Betonové tvárnice se používají zejména pro obvod základové desky.

5.2 Vnitřní zdi

Volba materiálu pro vnitřní zdi, též zvané příčky, není až tak důležitá. Příčky totiž neplní ve většině případů nosnou úlohu. Mohou být tedy prakticky kdykoliv beztréstně vybourány a postaveny znovu, jinde a z jiného materiálu. Pro stavbu příček se dají použít cihly z již dříve zmiňovaného materiálu Porotherm či Ytong. V takovémto případě se používají cihly o menší tloušťce, zpravidla 100 nebo 150mm. Pro řešenou stavbu byly použity přesné příčkovky Ytong o dvou různých tloušťkách. Pro výstavbu středem domu jdoucí příčky byly použity příčkovky o tloušťce 250mm, ostatní příčky jsou postaveny z příčkovek 100mm hrubých, viz. příloha.

5.2.1 Porobeton

Dalším stavebním materiálem, který je na stavbu příček ideální a nebyl zmíněn výše, jsou cihly vyrobené z porobetonu. Jeho hlavní předností je skvělá opracovatelnost (například vyřezávání drážek pro elektroinstalaci).



Obr.11: Porobeton [11]

Drážky se dají vyřezat přesně (první výhoda oproti porothermu, kam by se musely vysekat a mohla by se tak narušit i vnitřní struktura), čímž se nenaruší struktura cihly a nevzniknou tepelné mosty. Další jeho výhodou je relativně nízká hmotnost a dobré termoizolační i při jednoduchém zdění.

5.3 Izolační materiály

Pro větší redukci tepelných ztrát a s tím spojených nákladů se v dnešní době zcela běžně používá vnější izolační vrstva. Tato vrstva zabraňuje teplu, aby uniklo skrze stěnu ven – tzn. má velmi nízký součinitel tepelné vodivosti λ . Zde následuje několik příkladů, které se používají nejběžněji.

5.3.1 Použitý materiál - Šedý izolační polystyren

Šedý polystyren je v poslední době čím dál tím více rozšířený. Oproti bílému polystyrenu, který je zmíněn také v této kapitole, má sice vyšší pořizovací náklady, naproti tomu však nabízí i lepší izolační vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti se u šedého polystyrenu pohybuje v rozmezí pouhých 0,031 až 0,033 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Naproti tomu má tento materiál i své nevýhody. Například šedá barva pohlcuje více světelné energie, tudíž šedý polystyren je náročnější na správné skladování (nesmí se dlouhodobě vystavovat přímému slunci a teplotám nad 70°C), aby nedošlo k poškození způsobené tepelnou objemovou roztažností.

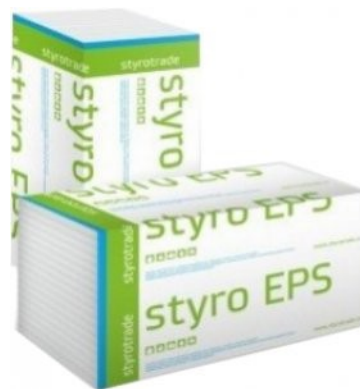


Obr.12: Šedý polystyren [12]

Neméně důležité je jej správně aplikovat na stěnu, a to vždy ve stínu, aby se minimalizovala tepelná roztažnost během aplikace a nevznikaly tak tepelné mosty. V případě řešeného domu byl použit polystyren EPS (expandovaný pěnový polystyren), změnila se však jeho tloušťka. Oproti původním 120mm, které jsou i zaznačeny v plánu, byly použity tabule o tloušťce 150mm, aby se docílilo ještě většího snížení energetických nákladů.

5.3.2 Bílý izolační polystyren

Jde o jeden z nejrozšířenějších a nejoblíbenějších izolačních materiálů na trhu vůbec. Mezi obecné vlastnosti jakéhokoliv polystyrenu patří výborné termoizolační vlastnosti, nízké pořizovací náklady, vysokou, životnost, nízká hmotnost a snadná se opracovatelnost.



Obr.13: Bílý polystyren [13]

Při tom všem si ale zachovává tvar a jednoduše se aplikuje na obvodovou stěnu z jakéhokoliv materiálu pomocí lepidla nebo kotev. Skládá se z malých polystyrenových

kuliček (cca 2%), které jsou vyplněny vzduchem (zbývající cca 98%). Součinitel tepelné vodivosti se oproti šedému polystyrenu pohybuje výše, konkrétně v rozmezí 0,039 až 0,037 W*m⁻¹K⁻¹.

5.3.3 Polystyren XPS

Tento typ polystyrenu se nejčastěji používá k zateplení základů, či základové desky, nebo soklů. Vyznačuje se vlastnostmi, které jej předurčují k použití v těžkých podmínkách.



Obr.14: Polystyren XPS [14]

Oproti expandovaným polystyrenům má extrudovaný polystyren vysokou pevnost v tlaku (až 500kPa), velmi malou nasákavost, vysokou životnost a odolnost proti mechanickému poškození a skvělou přilnavost k betonu. Jeho další použití je například jako izolační vrstva podlah, kam v řešeném objektu byl, stejně jako pro zateplení základové desky, rovněž použit.

5.3.4 Fasádní tabule z minerálního vlákna

Stejně jako polystyren, i tyto tabule, vyrobené z minerálního vlákna, mají výborné izolační vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti se zde pohybuje v rozmezí 0,036 až 0,042W*m⁻¹K⁻¹. Neméně podstatnou vlastností je taky skvělá paropropustnost, což umožňuje páře, která zkondenzuje na obvodovém zdivu, se skrze tuto vrstvu odpařit do okolí a snížit tím i možnost výskytu plísní. Tento materiál je nehořlavý, což je jedna z největších výhod oproti polystyrenu.



Obr.15: Fasádní tabule z minerálního vlákna [15]

Mezi nevýhody patří zejména vysoká objemová hmotnost, vyšší pořizovací náklady a náročnější montáž, která vyžaduje buď montáž nosného rámu, nebo minimálně upevnění pomocí hmoždinek a lepidla.

6 Popis objektu

Objekt, pro který je tato práce konkrétně realizována, je jednopatrový rodinný dům, tzv. bungalov. Nachází se zde předsíň, šatna, toaleta, chodba, 2 pokoje, kuchyně spojená s obývacím pokojem, koupelna a technická místnost. Rozměry místností viz. přiložená technická dokumentace. Materiál, který byl použit pro výstavbu nosných stěn, je „Porotherm“, viz. kapitola „stavební materiály“. Jako vnější tepelná izolace zde byl použit šedý polystyren o tloušťce 150mm, oproti původně plánovaným 120mm. Finální vnější úprava domu je tvořena tzv. stříkanou fasádou o tloušťce vrstvy 10-12mm.

Dům se nachází v okrese Nový Jičín v obci Příbor, není podsklepen a je vytápěn elektrickým kotlem.

6.1 Rozbor obvodových zdí

Obvodové zdi řešeného objektu jsou složeny ze 4 vrstev. Jmenovitě to jsou vnější omítka, izolační vrstva, zdivo a vnitřní omítka.

6.1.1 Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,88 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

Tloušťka = 10mm

6.1.2 Zdivo

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,175 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

Tloušťka = 300mm

6.1.3 Izolační vrstva

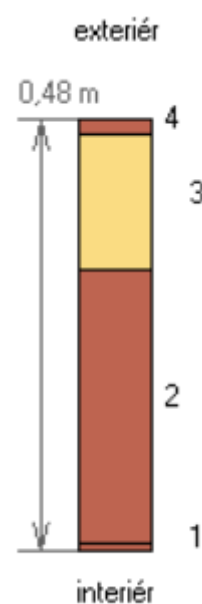
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,032 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

Tloušťka = 150mm

6.1.4 Vnější silikonová omítka

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,7 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

Tloušťka = 15mm



Celková tloušťka konstrukce obvodových zdí činí 475mm.

6.2 Rozbor vnitřních zdí

V řešeném domě jsou vnitřní zdi o dvou různých tloušťkách. Jejich povrchové vrstvy jsou shodné, liší se pouze tloušťkou zdiva. Oba typy zdí jsou pokryty ze dvou stran vnitřní vyhlazenou vápenatou hladkou omítkou s jemným pískem.

6.2.1 Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,88 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{]}$

Tloušťka = 10mm

6.2.2a Zdivo Ytong Y2-500

Tloušťka = 250mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,13 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{]}$

6.2.2b Zdivo Ytong Y2-500

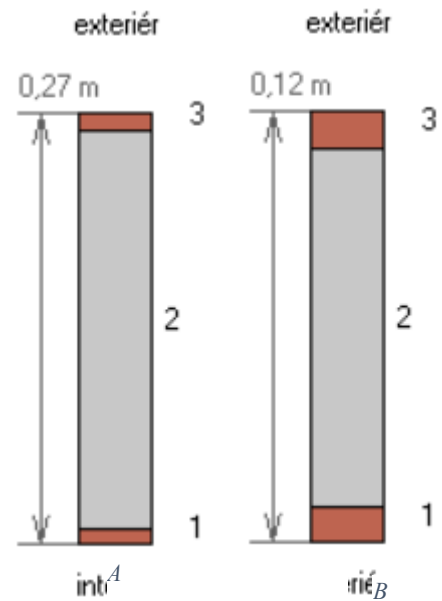
Tloušťka = 100mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,13 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{]}$

6.2.3 Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,88 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{]}$

Tloušťka = 10mm



Celková tloušťka vnitřní nosné zdi je 270mm, příčky mají tloušťku 120mm.

6.3 Rozbor stropu

6.3.1 Sádrokartonové tabule

Tloušťka = 12mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,21 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.3.2 PE fólie

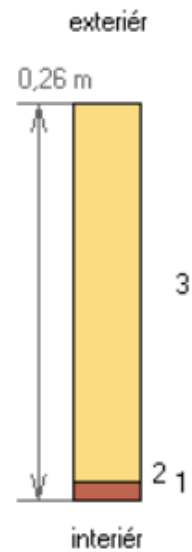
Tloušťka = 1,2mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,35 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.3.3 Foukaná minerální vata

Tloušťka = 250mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$



6.4 Rozbor podlahy

6.4.1a Keramická dlažba

Použití v místnostech: koupelna (1.10), toaleta (1.03), technická místnost (1.02,1.09), předsíň (1.01), kuchyně (1.08)

Tloušťka = 7mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 1,03 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.4.1b Laminátová plovoucí podlaha

Použití v místnostech: obývací pokoj (1.07), ložnice (1.06), dětský pokoj (1.05), chodba (1.04)

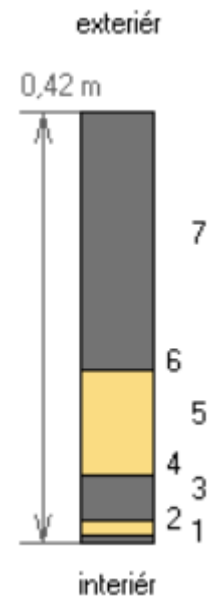
Tloušťka = 7mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,15 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.4.2 Akustický polystyren Isover TDPT

Tloušťka = 15mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,033 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$



6.4.3 Anhydrit

Tloušťka = 45mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 1,2 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.4.4 Reflexní fólie pod podlahové topení

Tloušťka = 0,15mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,0374 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.4.5 Izolační polystyren Styrotrade EPS 100

Tloušťka = 100mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,037 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.4.6 Hydroizolace

Tloušťka = 1mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,07 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.4.7 Beton

Tloušťka = 250mm

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 1,1 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

Celková tloušťka konstrukce podlahy činí 418,15mm.

6.5 Rozbor oken a dveří v obvodových zdech

Dle dokumentu D.1.03 přílohy lze vidět konkrétní okna a dveře v jednotlivých místnostech. Hlavní vstupní dveře se nacházejí v předsíni (místnosti 1.01), další vstup do domu je skrze technickou místnost (1.09). Do ložnice (1.06) a obývacího pokoje (1.07) lze vstoupit skrze balkonové dveře. V ostatních místnostech se nacházejí jen okna, jejichž velikost je detailně popsána v zmíněné příloze, případně níže.

6.5.1 Vstupní dveře do místnosti 1.01

druh: kovové s izolačním dvojsklem a přerušeným tepelným mostem

Rozměry: výška = 2100mm

šířka = 1100mm

tloušťka = 78mm

Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti: $k_p = 3,7 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.5.2 Vstupní dveře do místnosti 1.09

druh: kovové s izolačním dvojsklem a přerušeným tepelným mostem

Rozměry: výška = 2100mm

šířka = 1000mm

tloušťka = 78mm

Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti: $k_p = 3,7 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$

Celková plocha vstupních dveří tedy činí 4,41m².

6.5.3 Balkonové dveře do místností 1.06 a 1.07

druh: plastové s izolačním dvojsklem

Rozměry: výška = 2100mm

šířka = 1800mm

Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti: $k_p = 2,7 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.5.4 Okna do místností 1.05 a 1.08

druh: plastové s izolačním dvojsklem

Rozměry: výška = 1200mm

šířka = 1200mm

Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti: $k_p = 2,7 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.5.5 Okna do místností 1.02 a 1.09

druh: plastové s izolačním dvojsklem

Rozměry: výška = 1200mm

šířka = 750mm

Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti: $k_p = 2,7 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$

6.5.6 Okno do místnosti 1.10

druh: plastové s izolačním dvojsklem

Rozměry: výška = 750mm

šířka = 750mm

Součinitel prostupu tepla po zahrnutí spárové průvzdušnosti: $k_p = 2,7 \text{ [W*m}^{-2}\text{*K}^{-1}\text{]}$

Celková plocha oken činí $6,6825\text{m}^2$.

7 Výpočet tepelných ztrát

7.1 Popis metod výpočtu

Existují různé metody výpočtu tepelných ztrát budov. Nejčastější z nich jsou ,Metoda po místnostech‘ a použitá ,Obálková metoda‘.

7.1.1 Metoda po místnostech

Hlavní podstata této metody spočívá ve spočítání tepelných ztrát pro každou místnost zvlášť a pro konkrétní danou vytápěcí teplotu. Výhodná je například v případě, kdy je k domu přistavena i vytápěná garáž, která se však vytápí na jinou nižší teplotu. V takovémto případě se do výpočtu tepelných ztrát garáže tato teplota zahrne a pokračuje se beze změn ve výpočtech dále. Při výpočtech tepelných ztrát metodou po místnostech je nutné počítat i s faktem, že se sousední místnosti navzájem ovlivňují a tedy tepelné zisky případně tepelné ztráty způsobené stěnou se sousední místností je nutno do výpočtu rovněž zahrnout.

7.1.2 Obálková metoda

Obálková metoda, která byla v tomto případě použita, je komplexnější, rychlejší, ale není vhodné ji vždy použít. Řešený objekt je vytápěn ve všech místnostech rovnoměrně na stejnou vytápěcí teplotu, tudíž tuto metodu lze bez následků použít. Podstata této metody spočívá v komplexním pohledu na dům (jako by to byla jedna velká místnost se stejnou vytápěcí teplotou). V praxi to znamená, že se řeší pouze ztráty prostupem tepla obvodovými stěnami a v nich umístěnými okny a dveřmi, stropem a podlahou.

7.2 Výpočty tepelných ztrát

Tepelné ztráty objektu se skládají jako součet jejích jednotlivých druhů. Jde o ztráty prostupem tepla a ztráty větráním. Od těchto ztrát se ještě odečtou trvalé tepelné zisky. Celkové tepelné ztráty objektu se vypočítají podle následujícího vzorce.

$$Q_C = Q_P + Q_V - Q_T$$

Q_C – Celkové tepelné ztráty

Q_V – Ztráty větráním

Q_T – Trvalé tepelné zisky

Q_P – Ztráty prostupem

7.2.1 Výpočet ztrát prostupem tepla

Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla se skládá ze součtu jednotlivých tepelných ztrát. Jmenovitě se jedná o tepelné ztráty prostupem tepla stěnami, stropem, okny, dveřmi a podlahou.

$$Q_P = Q_Z + Q_S + Q_O + Q_D + Q_{Po}$$

Q_P – Ztráty prostupem celkové

Q_Z – Ztráty prostupem zdmi

Q_S – Ztráty prostupem stropem

Q_O – Ztráty prostupem okny

Q_D – Ztráty prostupem dveřmi

Q_{Po} – Ztráty prostupem podlahou

7.2.1.1 Prostup tepla nezateplenými obvodovými zdmi – vzorový výpočet

$$\alpha_{z1} = \frac{1}{R_{S1}} = \frac{1}{0,01} = 100 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

$$\alpha_{z2} = \frac{1}{R_{S2}} = \frac{1}{0,02} = 50 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

$$k_Z = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{z1}} + \sum \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{z2}}} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,3}{0,175} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{1}{50}}$$

$$k_Z = 0,562 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$S_Z = 86,36 [m^2]$$

Celkový prostup tepla obvodovými zdi:

$$Q_Z = k_Z * S_Z * (t_1 - t_0) = 0,562 * 86,36 * (21 - (-15)) = 1749,48 [W]$$

- Kde:
- t_1 – Výpočtová vnitřní teplota [°C]
 - t_0 – Výpočtová venkovní teplota pro danou oblast [°C]
 - S_Z – plocha obvodových zdí
 - k_Z – součinitel prostupu tepla
 - $\alpha_{Z1}(\alpha_{Z2})$ – součinitel přestupu tepla obvodových zdí

V prvním případě byly provedeny výpočty tepelných ztrát prostupem stěnami bez izolační vrstvy. Zdi měly následující parametry:

Vnitřní vyhlazení omítka vápenatá hladká

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,88 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

Tloušťka = 10mm

Zdivo

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,175 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

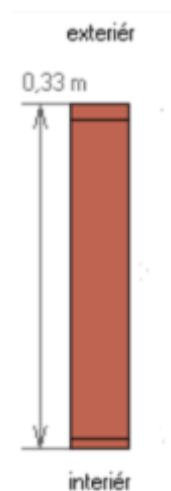
Tloušťka = 300mm

Vnější silikonová omítka

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,7 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

Tloušťka = 15mm

Celková tloušťka konstrukce = 325mm



7.2.1.2 Tabulka ztrát

Všechny výpočty byly provedeny programem „Svoboda software – Stavební fyzika 2010“. Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla obvodovými zdmi slouží jako vzor, pro který byly použity vzorce, s nimiž program operuje. Výsledky jsou shrnuty v následujících tabulkách. Tepelné mosty v případě řešeného objektu mohou vznikat zejména kolem oken. Tento fakt je zahrnut v součiniteli prostupu tepla, který byl navýšen o faktor spárové průvzdušnosti. Polystyrenová izolace byla na fasádu nalepena, což omezilo možnost výskytu tepelných mostů, které mohou vznikat v okolí fasádních kotev, na minimum.

Tabulka 7-1 Výpočet tepelných ztrát po zateplení

Tep. Ztráta prostupem	hodnota [kW]	% zastoupení	plocha [m ²]
obvodové zdi	1,749	27,8	86,4
strop	0,411	8,1	81,6
vstupní dveře	0,598	11,5	4,4
okna+balk.dveře	1,13	22,2	11,6
podlaha	0,326	6,4	81,6

$$Q_P = 1749 + 411 + 598 + 1130 + 326 = 4214 [W]$$

7.2.2 Tepelné ztráty větráním

$$Q_V = 1300 * V_P * (t_1 - t_0) = 1300 * 0,028325 * (21 - (-15)) = 1325 [W]$$

$$V_P = \frac{i_{VV}}{3600} * V = \frac{0,5}{3600} * 203,94 = 0,028325 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Tabulka 7-2 Výpočet tepelné ztráty větráním

Tep. Ztráta větráním	1,3256 [kW]	24,50%	-
----------------------	-------------	--------	---

7.2.3 Tepelné zisky

Tepelným ziskem se rozumí předmět, který je teplejší než okolní vzduch a může tak své teplo okolí odevzdat a tím snížit nároky na vytápění. Jmenovitě se rozumí například zisky od osob nebo spotřebičů, které se svým používáním zahřívají. Tepelný výkon těchto předmětů je uveden v následující tabulce.

Tabulka 7-3 Výpočet tepelných zisků

	osoba	televizor	počítač
Tepelné zisky [W]	60	100	120

$$Q_T = 3 * 60 + 2 * 100 + 2 * 120 = 620 [W]$$

7.2.4 Celková tepelná ztráta

$$Q_C = 1325 + 4212 - 620 = 4919 [W]$$

Celková tepelná ztráta daného objektu v této konfiguraci činí 4919W.

7.3 Provedení výpočtu tepelných ztrát po zateplení

7.3.1 Úpravy

Pro výpočet tepelných ztrát se zateplením byly uvažovány stejné parametry oken, dveří, stropu i podlahy. Změnila se jen skladba obvodových zdí, kde byla přidána polystyrenová izolace. Zdi pak měly parametry viz. kapitola 6.1 Rozbor obvodových zdí.

Po úpravě konstrukce v programu „Stavební fyzika – Ztráty 2010“ jsou provedeny výpočty stejným způsobem. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce.

Tabulka 7-4 Výpočet tepelných ztrát se zateplením

Tep. Ztráta prostupem	hodnota [kW]	% zastoupení	plocha [m²]
obvodové zdi	0,495	27,8	86,4
strop	0,411	8,1	81,6
vstupní dveře	0,598	11,5	4,4
okna+balk.dveře	1,13	22,2	11,6
podlaha	0,326	6,4	81,6

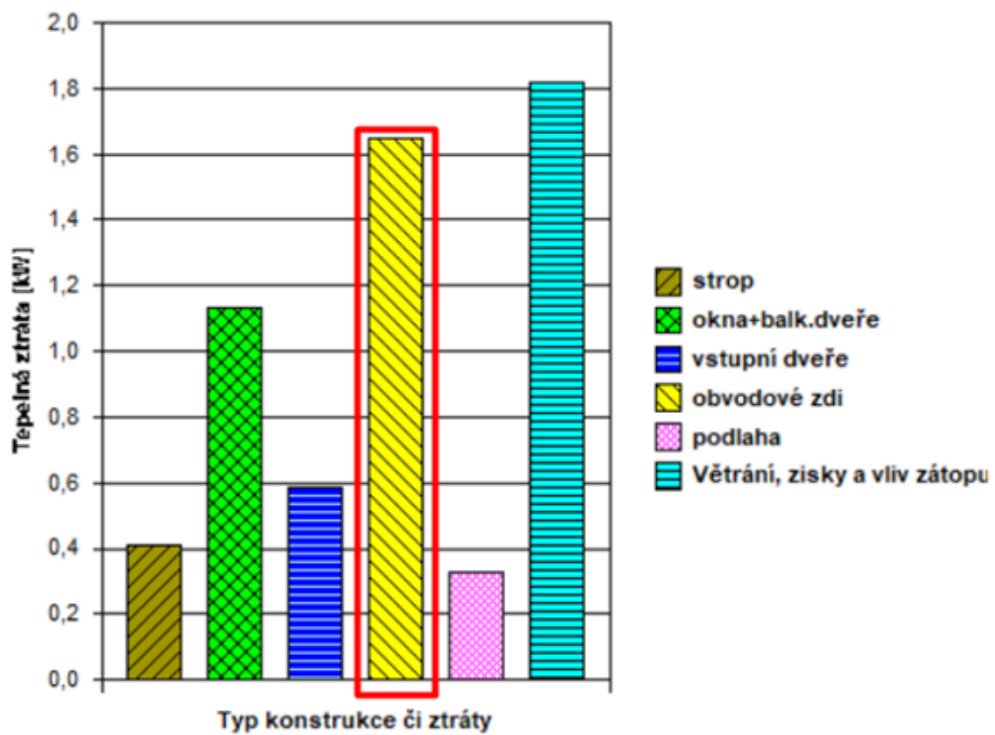
$$Q_P = 495 + 411 + 598 + 1130 + 326 = 2960 [W]$$

Je zde na první pohled vidět více než trojnásobný pokles tepelných ztrát prostupem tepla obvodovými zdmi se zateplením. Pro větší přehlednost jsou oba případy srovnány ve dvou grafech, které znázorňují tepelné ztráty jednotlivými částmi řešeného objektu.

$$Q_C = 2960 + 1325 - 620 = 3665 [W]$$

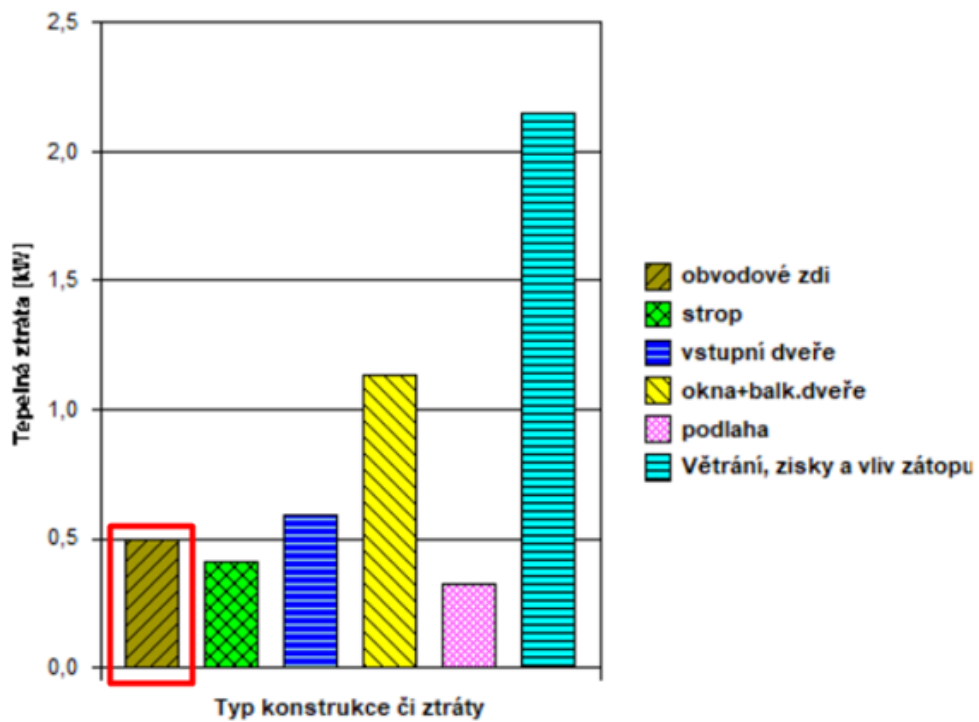
Graf 7-1 Tepelné ztráty nezateplené budovy

Tepelné ztráty nezatepleného objektu



Graf 7-2 Tepelné ztráty zateplené budovy

Tepelné ztráty zatepleného objektu



7.3.2 Výpočet a vyhodnocení

$$Q_R = 4214 - 2960 = 1254 \text{ [W]}$$

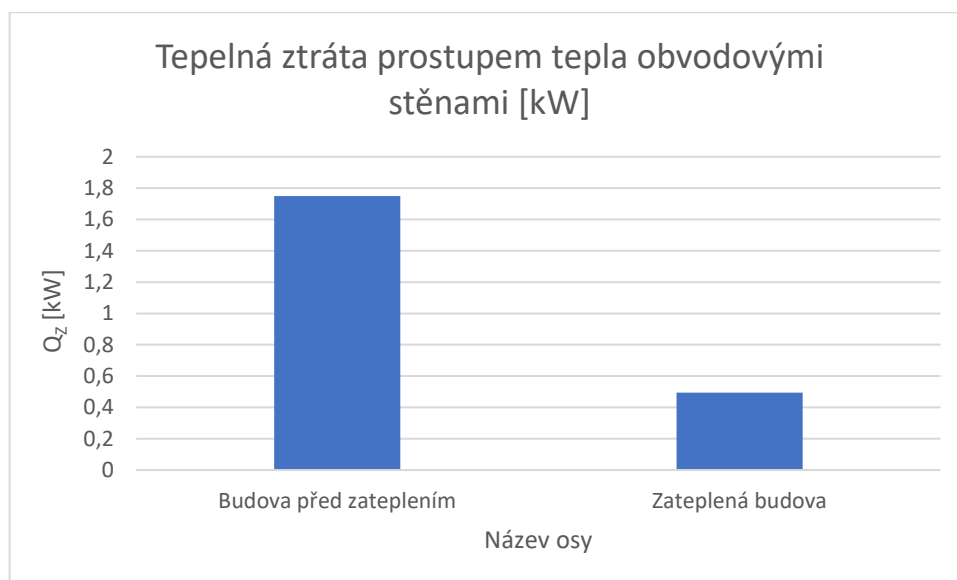
Kde: Q_R – Rozdíl tepelných ztrát prostupem tepla obvodovými zdmi před a po zateplení

Celková tepelná ztráta vlivem zateplení řešeného objektu se liší o 1254W.

7.3.3 Grafické srovnání

Následující graf znázorňuje velikost tepelných ztrát prostupem tepla obvodovými stěnami zateplené a nezateplené budovy.

Graf 7-3 Grafické srovnání



8 Roční spotřeba tepla

8.1 Výpočet roční spotřeby tepla na vytápění zatepleného objektu

Pro výpočet roční spotřeby tepla na vytápění je zvolena „Denostupňová metoda“. Tato metoda spočívá ve stanovení tzv. denostupňů. Počet denostupňů je roven násobku rozdílu vnitřní výpočtové teploty s průměrnou roční venkovní teplotou a počtu dní v roce s průměrnou teplotou nižší než 13°C.

8.1.1 Roční spotřeba tepla na vytápění objektu před zateplením

$$Q_{Vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 * \eta_r} * \frac{24 * Q_C * D}{(t_1 - t_0)} * 3,6 * 10^{-3}$$

$$\varepsilon = e_i * e_t * e_d = 0,88 * 0,9 * 1 = 0,792 [-]$$

$$D = d * (t_1 - t_p) = 242 * (21 - 3,8) = 4162 [K * dny]$$

$$Q_{Vyt} = \frac{0,792}{0,95 * 0,95} * \frac{24 * 4919 * 4162}{(21 - (-15))} * 3,6 * 10^{-3}$$

$$Q_{Vyt} = 43,12 \left[\frac{GJ}{rok} \right] = 11,98 \left[\frac{MWh}{rok} \right]$$

8.1.2 Roční spotřeba tepla na vytápění zatepleného objektu

$$Q_{Vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 * \eta_r} * \frac{24 * Q_C * D}{(t_1 - t_0)} * 3,6 * 10^{-3}$$

$$\varepsilon = e_i * e_t * e_d = 0,88 * 0,9 * 1 = 0,792 [-]$$

$$D = d * (t_1 - t_p) = 242 * (21 - 3,8) = 4162 [K * dny]$$

$$Q_{Vyt} = \frac{0,792}{0,95 * 0,95} * \frac{24 * 3665 * 4162}{(21 - (-15))} * 3,6 * 10^{-3}$$

$$Q_{Vyt} = 32,13 \left[\frac{GJ}{rok} \right] = 8,92 \left[\frac{MWh}{rok} \right]$$

Kde: Q_{Vyt} – roční spotřeba tepla na vytápění

ε – opravný součinitel

η_0 – účinnost regulace

η_r – účinnost rozvodu

D – počet denostupňů

d – počet dnů v topné sezoně

8.2 Výpočet nákladů

Dům je vytápěn elektrickým kotlem. Z tohoto důvodu lze u většiny dodavatelů elektrické energie sjednat individuální tarif, tzv. „Nízký tarif“, díky kterému se sníží průměrná cena elektřiny. V následující tabulce jsou porovnány ceny vysokého a nízkého tarifu od různých dodavatelů. Dům je vytápěn z ekonomických důvodů výhradně v hodinách nízkého tarifu.

Tabulka 8-1: Cena el.energie [17]

		E.ON	ČEZ	PRE
Dvoutarifová sazba – Cena za 1 kWh [Kč]				
D 26d (akumulační ohřev vody nebo vytápění)	VT	3,46	3,3	3,36
8 hodin NT, vyšší spotřeba	NT	1,99	1,91	1,9
	Paušál za jistič	178,96	175,33	201,95

Kde: VT – Vysoký tarif

NT – Nízký tarif

Průměrná cena elektrické energie je 1,93Kč pro NT a 3,37Kč pro VT.

8.2.1 Náklady na vytápění - Objekt před zateplením

Celková potřeba tepla na vytápění = 11977,5 [kWh/rok]

$$\text{Náklady na vytápění} = \text{roční potřeba tepla} * \text{cena}$$

$$\text{Náklady na vytápění} = 11977,5 * 1,93 = 23116,6 \text{ [Kč]}$$

Náklady pro tuto variantu řešeného objektu činí 23116,6Kč.

8.2.2 Náklady na vytápění - Zateplený objekt

Celková potřeba tepla na vytápění = 8924,1 [kWh/rok]

$$\text{Náklady na vytápění} = \text{roční potřeba tepla} * \text{cena}$$

$$\text{Náklady na vytápění} = 8924,1 * 1,93 = 17223,5 \text{ [Kč]}$$

Náklady pro tuto variantu řešeného objektu činí 17223,5Kč.

8.2.3 Náklady na zateplení

Zateplení bylo řešeno obklepením fasády izolační vrstvou šedého polystyrenu Styrotherm Plus 150, jehož cena činí 294Kč/m².

Celková plocha obvodových zdí je 86,36m².

Náklady na zateplení = cena za m² * celková plocha

$$\text{Náklady na zateplení} = 86,36 * 294 = 25389,84 \text{ [Kč]}$$

Nelze ovšem koupit polystyrenové tabule na přesnou plochu. Z tohoto důvodu činí minimální náklady na zateplení řešeného objektu 25581Kč.

8.3 Návratnost investice na zateplení

8.3.1 Rozdíl v nákladech na vytápění před a po zateplení (roční úspora)

Roční úspora = náklady na vytápění před zateplením – náklady po zateplení

$$\text{Roční úspora} = 23116,6 - 17223,5 = 5893,1 \text{ [Kč]}$$

Roční úspora činí 5893,1Kč.

8.3.2 Návratnost

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{Náklady na zateplení}}{\text{Roční úspora}} = \frac{25581}{5893,1} = 4,34 \text{ [rok]}$$

Návratnost této investice je 4,34 roku, což odpovídá 1584 dnům.

Tabulka 8-2 Srovnání nákladů a návratnost

	Nákl. na vytápění	Roční úspora	Nákl. na zateplení	Návratnost
Zateplená budova	17 223,50 Kč	5 893 Kč	25 581 Kč	4,34 roku
Nezateplená budova	23 116,60 Kč	-	-	-

8.4 Srovnání vybraných metod vytápění

Tato podkapitola se zabývá srovnáním jednotlivých metod vytápění. Hodnota potřeby tepla na vytápění zůstává stejná (8,92MWh*rok⁻¹), mění se jen zdroj. Všechny výpočty jsou provedeny pro verzi budovy se zateplením.

8.4.1 Zemní plyn

Vytápění zemním plynem patří v dnešní době k oblíbeným metodám zejména díky snadné obsluze. Cena za MWh (tarif ročního odběru 7,56-15MWh*rok⁻¹) při vypočítané spotřebě tepla 8,92MWh*rok⁻¹ je 1436,78Kč*MWh⁻¹. Tento typ vytápění je velmi efektivní, jeho účinnost se pohybuje okolo 95% a hoření probíhá jen s minimem přebytku spalovacího vzduchu.

$$\text{Náklady na palivo} = \text{potřeba tepla} * \text{cena} = 8,92 * 1436,78$$

$$\text{Náklady na palivo} = 12816,08 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right]$$

8.4.2 Dřevěné pelety

Hoření probíhá na povrchu tělesa (paliva), z tohoto důvodu je efektivnější spalovat menší dřevěné pelety než velké dřevěné špalky. Pelety mají větší měrný povrch při stejném objemu jako dřevěné špalky, což usnadňuje spalování. Pelety mají rovněž vyšší výhřevnost než dřevo, která se pohybuje okolo 18MJ*kg⁻¹, tudíž pro získání stejného množství tepla je potřeba menšího objemu a hmotnosti paliva. Menší objem znamená i méně popeloviny, což vede k méně častému vynášení nespalitelných zbytků z kotle. Při použití pelet je ovšem nutné mít zásobník a dopravník pro komfortnější provoz. Průměrná cena za 1kg pelet je 5 Kč.

$$\text{Roční potřeba paliva} = \frac{\text{Potřeba tepla}}{\text{Výhřevnost}} = \frac{32130}{18}$$

$$\text{Roční potřeba paliva} = 1785 \left[\frac{\text{kg}}{\text{rok}} \right]$$

$$\text{Náklady na palivo} = \text{potřeba paliva} * \text{cena} = 1785 * 5$$

$$\text{Náklady na palivo} = 8925 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right]$$

8.4.3 Černé uhlí

Metoda vytápění černým uhlím již v dnešní době není rozšířena tak, jako to bylo v minulém století. Je to zejména z komfortních důvodů a v neposlední řadě hraje svou roli taky fakt, že černé uhlí nepatří mezi čistá paliva. Obsahuje také malé množství síry,

které znečišťuje okolí. Pro srovnání ale zde tato metoda byla zařazena. Průměrná cena černého uhlí se dnes pohybuje okolo 4,8Kč*kg⁻¹.

$$\text{Roční potřeba paliva} = \frac{\text{Potřeba tepla}}{\text{Výhřevnost}} = \frac{32130}{30}$$

$$\text{Roční potřeba paliva} = 1071 \left[\frac{\text{kg}}{\text{rok}} \right]$$

$$\text{Náklady na palivo} = \text{potřeba paliva} * \text{cena} = 1071 * 4,8$$

$$\text{Náklady na palivo} = 5140,80 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right]$$

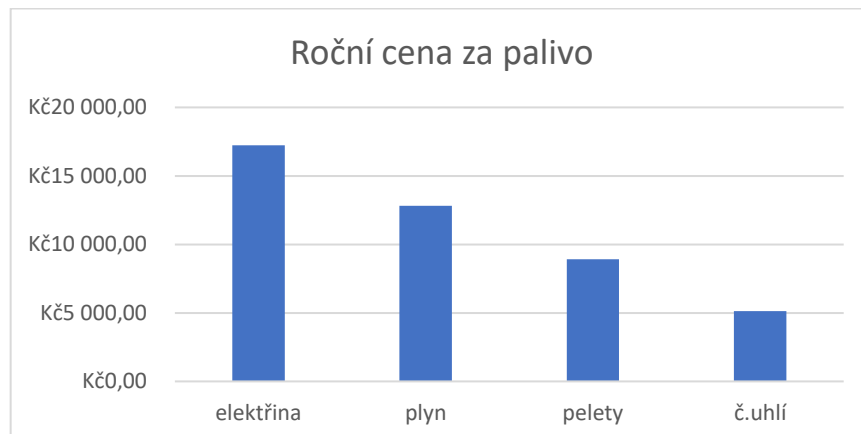
8.4.4 Srovnání nákladů na vytápění

V následující tabulce jsou přehledně srovnány roční náklady na palivo. Nutno ale podotknout, že cena za elektrickou energii se může výrazně lišit při sjednání individuálního tarifu na tzv. „levný proud“, který dodavatelé mohou poskytnout. Aktuální vypočtená cena za elektrickou energii vychází z běžné průměrné ceny za 1 kWh.

Tabulka 8-3 Srovnání nákladů na vytápění různými metodami

Metoda	Cena za palivo
elektřina	17 223,50 Kč/rok
plyn	12 816 Kč/rok
pelety	8 925 Kč/rok
č.uhlí	5 141 Kč/rok

Graf 8-1 Grafické srovnání nákladů na vytápění



9 Závěr

Tato práce se zabývala skutečným již hotovým domem. Jejím cílem bylo zjistit, zda byl vhodně postaven, vhodně zateplen a zda byly zvoleny varianty pro komfortní a pokud možno bezúdržbové užívání domácnosti.

Úvodní část byla čistě teoretická. Byla věnována rozboru jak vybraných stavebních materiálů, či popisu jednotlivých konstrukcí domu, tak jednotlivým zdrojům vytápění, jejich rozdělení a druhům paliv. V praktické části byly provedeny výpočty tepelných ztrát budovy, a to ve dvou případech za účelem srovnání výhod zateplování budov. V prvním případě byly vypočteny hodnoty tepelných ztrát pro budovu bez zateplení, načež byla v případě druhém na dům přidána izolační vrstva a výpočty byly provedeny znovu. Zjistilo se, že tepelné ztráty prostupem tepla obvodovými zdmi klesly vlivem zateplení o 1254W, což rozhodně není zanedbatelné číslo. Závěrečná část práce se týkala ekonomických výhod zateplování a srovnání vybraných metod vytápění. Zabývala se rovněž ekonomickou analýzou nákladů na zateplení včetně nákladů na vytápění. Tato analýza byla provedena pro oba případy. Bylo zjištěno, že v tomto konkrétním případě rodinného domu byla tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými stěnami zredukována tepelnou izolací o 1254W z původních 4214W na 2960W. Návratnost investice do zateplení je 4,34 roku. Vybrané metody zateplení byly v závěru srovnány ze strany ročních nákladů na vytápění. Zvolená metoda pro vytápění daného objektu byla metoda vytápění elektrokotlem. Při výběru této metody se dbalo především na bezúdržbový, bezpečný a jednoduchý provoz.

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Stanislavu Honusovi, Ph.D. za jeho cenné rady a vstřícný přístup během konzultací. Dále bych rád poděkoval firmě Stakuro, s.r.o., zejména panu Romanu Kubalovi, který souhlasil s poskytnutím stavební dokumentace pro tuto práci. V neposlední řadě pak patří mé díky všem, kteří mě během psaní v této nelehké době podpořili.

10 Zdroje

10.1 Seznam použité literatury

BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. *Základy sdílení tepla*. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2000. SPBI Spektrum. Červená řada, 2. ISBN 80-902001-1-7.

LINHART, L. *Zateplování budov*. 1. vydání. Grada, 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.wienerberger.cz/produkty/zdivo/cihly-porotherm/porotherm-30-profi.html>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<http://www.tepelna-izolace.cz/tepelne-mosty-a-jak-vznikaji.html>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapeni/>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

https://www.dek.cz/produkty/detail/4400900100-ytong-klasik-200-hl-tvarnice-p2-500-200x249x599?tab_id=popis

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<http://www.stavebniny-rychle.cz/drevene-ramove-stavby.html>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

https://www.dek.cz/produkty/detail/4400871680-ztracene-bedneni-dek-40-250-prirodni?tab_id=popis

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

https://www.dek.cz/produkty/detail/4400913020-porfix-bily-tvarnice-p2-440-pdk-500x250x250?tab_id=popis

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.centrum-zatepleni.cz/polystyren/sedy-polystyren/sedy-fasadni-polystyren-isover-greywall/>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.centrum-zatepleni.cz/polystyren/fasadni-polystyren/fasadni-polystyren-styrotrade-eps-100-f/>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.levnestavebniny.cz/extrudovany-polystyren-austrotherm-xps-top-p-gk-.7896/>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.stavbaonline.cz/rockwool-multirock.html>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/12722-dodrzujte-zakladni-pravidla-pro-zatepovani-sedym-polystyrenem>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.zofi.cz/fasadni-polystyren-nebo-vata-v-cem-je-vlastne-rozdi>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>

[online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z:

<https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdusnosti-okna-a-dveri-dle-csn-73-0540>

10.2 Obrázky

[1] Černé uhlí. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-01-20]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cern%C3%A9_uhl%C3%AD

[2] Hnědé uhlí. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-01-20]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Hn%C4%9Bd%C3%A9_uhl%C3%AD

[3] Dřevěné pelety [online]. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z:

<https://www.mountfield.cz/drevene-pelety-15-kg-2koz1001>

[4] Dřevěné brikety [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.kontejnery.info/produkt/brikety-valcove-mekke-drevo/>

[5] Zemní plyn [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.patria.cz/slovník/554/zemni-plyn.html>

[6] Bioplyn [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://archiv.ihned.cz/c1-65755380-energeticke-projekty-v-zemedelstvi-zahrnuji-prevazne-bioplyn>

[7] Porotherm [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.wienerberger.cz/produkty/zdivo/cihly-porotherm.html>

[8] Ytong [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

https://www.dek.cz/produkty/detail/4400900100-ytong-klasik-200-hl-tvarnice-p2-500-200x249x599?tab_id=popis

[9] Dřevostavba [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<http://www.stavebniny-rychle.cz/drevene-ramove-stavby.html>

[10] Betonové tvárnice [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

https://www.dek.cz/produkty/detail/4400871680-ztracene-bedneni-dek-40-250-prirodni?tab_id=popis

[11] Porobeton [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

https://www.dek.cz/produkty/detail/4400913020-porfix-bily-tvarnice-p2-440-pdk-500x250x250?tab_id=popis

[12] Šedý polystyren [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.centrum-zatepleni.cz/polystyren/sedy-polystyren/sedy-fasadni-polystyren-isover-greywall/>

[13] Bílý polystyren [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.centrum-zatepleni.cz/polystyren/fasadni-polystyren/fasadni-polystyren-styrotrade-eps-100-f/>

[14] Polystyren XPS [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.levnestavebniny.cz/extrudovany-polystyren-austrotherm-xps-top-p-gk-.7896/>

[15] Minerální vlna [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z:

<https://www.stavbaonline.cz/rockwool-multirock.html>

10.3 Tabulky

[16] Tabulka výpočtové vnější teploty [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z:

<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

[17] Dvoutarifová sazba - Cena za 1kWh [Kč] [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z:

<https://www.drevostavitel.cz/clanek/jaka-je-cena-kwh>

11 Přílohy

11.1 Stavební projekt D.1.03

11.2 Pohledy