View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to you by CORE

provided by DSpace at VSB Technical University of Ostrava

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Návrh vytápění a příprava teplé vody a výpočet tepelných ztrát objektu

Proposal for Heating and Hot Water Preparation and Calculation of Heat Loss of the Building

Student: Michal Havlíček

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Matoušek, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Havlíček**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma: Návrh vytápění a příprava teplé vody a výpočet tepelných ztrát objektu
Proposal for Heating and Hot Water Preparation and Calculation of Heat Loss of the Building

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte dokumentaci budovy pro výpočet její tepelné ztráty.
2. Proveďte výpočet tepelné ztráty objektu dle projektové dokumentace.
3. Na základě výpočtu tepelné ztráty navrhněte vhodné zateplení objektu.
4. Proveďte bilanční výpočet potřeby tepla pro přípravu teplé vody a navrhněte způsob její přípravy.
5. Proveďte ekonomické zhodnocení investice s ohledem na současné ceny energií a materiálů.

Seznam doporučené odborné literatury:

TOMAN, Z., BÁLEK, S., KLEČKOVÁ, Z. *Tepelně technické výpočty.* VŠB-TU Ostrava, HGF. Ostrava 1983.
CIHELKA, J. *Vytápění, větrání, klimatizace.*
RAŽNJEVIČ, K. *Termodynamické tabulky.* Alfa, 1983.
ČSN 06 06 10 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.*
ČSN 73 05 42 *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – vlastnosti materiálů a konstrukcí.*

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Matoušek, Ph.D.**

Datum zadání: 17.02.2014
Datum odevzdání: 19.05.2014

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA Fakulta strojní -4- OSTRAVA

prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. 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.

Michal Havlíček

V Ostravě 1. 5. 2014 .....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

• jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, 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 nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

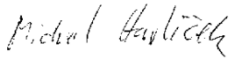
• souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB -TUO.

• bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského práva.

• bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci 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 odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 1.5. 2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Michal Havlíček

Adresa trvalého pobytu autora práce: Záhumení 68
Čavisov, 747 64

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Havlíček, M. Návrh vytápění a příprava teplé vody a výpočet tepelných ztrát objektu: bakalářská práce.
Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2014, 85 s., vedoucí bakalářské práce: Ing. Matoušek, J. Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem nového systému vytápění a ohřevu teplé vody pro rodinný dům. Hlavním podkladem je v první části uvedený výpočet tepelných ztrát pro stav domu, který nesplňuje požadavky současných norem. Na tomto základě je navržena celková revitalizace, vč. zateplení a výměny oken. Následuje výpočet tepelných ztrát pro nový stav, který slouží jako podklad pro návrh systému vytápění a přípravy teplé vody. Ekonomické zhodnocení v závěru posuzuje stav před a po revitalizaci, vč. propočtu dosažené úspory.

ANOTATION OF THE BACHELOR THESIS

Havlíček, M. Proposal for Heating and Hot Water Preparation and Calculation of Heat Loss of the Building: bachelor thesis.
Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energetic, 2014, 85 pages, bachelor thesis supervisor: Ing. Matoušek, J. Ph.D.

The bachelor thesis inquires into designing the new system of heating and hot water preparation for a detached house. The thesis main foundation, listed in the first section, is the calculation of heat loss of the house in state, which doesn´t meet demands of current norms and standards. On this base, next part contains proposal for a revitalization incl. house exterior insulation and window replacement. That is followed by the second calculation of heat loss concerning new state of the house, which serves as a base for proposal of the new heating and hot water preparation system. Economical evaluation listed in the end tries to assess state before and after revitalization, incl. enumeration of the savings achieved by it.

OBSAH

str.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČEK 7

SEZNAM TABULEK 9

ÚVOD 11

1 POPIS OBJEKTU 12

2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT – PŮVODNÍ STAV 12

2.1 ÚVOD 12

2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM 13

2.2.1 Veličiny 13

2.2.2 Součinitel prostupu tepla 13

2.2.3 Postup výpočtu 14

2.2.4 Výpočet základní tepelné ztráty prostupem 15

2.2.5 výpočet celkové tepelné ztráty prostupem 15

2.3 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM 15

2.3.1 Výpočet tepelné ztráty přirozeným větráním 15

2.3.2 Výpočet tepelné ztráty nuceným větráním 16

2.4 SHRNUTÍ 17

3 NÁVRH REVITALIZACE A REKONSTRUKCE 17

3.1 ROZSAH 17

3.2 ZATEPLENÍ 18

3.2.1 Obecně 18

3.2.2 Způsob zateplení 18

3.2.3 Volba materiálu 18

3.2.4 Tloušťka zateplení 19

3.3 VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ 19

3.3.1 Výměna oken 19

3.3.2 Plast vs. Dřevo 20

3.3.3 Výměna dveří 20

3.3.4 Shrnutí 20

3.4 STATICKÁ STABILIZACE KONSTRUKCE 21

3.5 REKONUSTRKUCE OTOPNÉHO SYSTÉMU 21

3.5.1 Obecně 21

3.5.2 Zdroj tepla 21

3.5.3 Příprava teplé vody 22

3.5.4 Otopná tělesa 22

3.5.5 Rozvody a příslušenství 22

3.5.6 Související systémy 22

3.5.7 Shrnutí 22

4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT – NOVÝ STAV 23

4.1 POSTUP VÝPOČTU 23

4.2 SHRNUTÍ 23

5 NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU 23
5.1 NÁVRH ZDROJE TEPLA 23
5.1.1 Kapalná paliva 24
5.1.2 Tuhá paliva 24
5.1.3 Elektřina (přímotopy) 24
5.1.4 Elektřina (tepelné čerpadlo) 25
5.1.5 Plyn 25
5.1.6 Přílohy 25
5.1.7 Výběr kotle 25
5.1.8 Kondenzační kotel 25
5.2 ROZVODNÉ POTRUBÍ 26
5.2.1 Obecně 26
5.2.2 Dimenzování potrubí 26
5.3 OTOPNÁ TĚLESA 27
5.3.1 Desková otopná tělesa 27
5.3.2 Stupeň přednastavení ventilu 27
5.3.3 Trubková otopná tělesa 28
5.3.4 Elektrické topné rohože 28
5.4 PŘÍSLUŠENSTVÍ 29
5.4.1 Obecně 29
5.4.2 Expanzní tlaková nádoba 29
5.4.3 Dimenzování EN 30

6 NÁVRH ZPŮSOBU PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY 30
6.1 ÚVOD 30
6.2 ZDROJ TEPLA PRO OHŘEV TV 30
6.3 NÁVRH OHŘEVU TV 31
6.3.1 Výběr zásobníku TV 31
6.3.2 Rozvody TV 31
6.3.3 Příslušenství 31

7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ INVESTICE 32
7.1 ŘEŠENÉ NÁKLADY 32
7.2 VÝPOČET ROČNÍ ÚSPORY NÁKLADŮ 32
7.2.1 Roční spotřeba tepla na vytápění – původní stav 32
7.2.2 Roční spotřeba tepla na přípravu TV – původní stav 33
7.2.3 Celková roční spotřeba tepla – původní stav 34
7.2.4 Celková roční spotřeba tepla – nový stav 34
7.2.5 Roční náklady za teplo – původní stav 34
7.2.6 Roční náklady za teplo – nový stav 34
7.2.7 Shrnutí 34
7.3 NÁVRATNOST INVESTICE 35
7.3.1 Výpočet 35
7.3.2 Shrnutí 35
7.4 SROVNÁNÍ ELEKTŘINY A PLYNU 35

ZÁVĚR 36

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 36

SEZNAM PŘÍLOH 37

PŘÍLOHY

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČEK

ZNAČKA	NÁZEV	JEDNOTKA
A	Šířka (délka) místnosti	[m]
B	Délka (šířka) místnosti	[m]
D	Počet vytápěcích denostupňů v topném období	[K*dny]
DO	Označení dveřního otvoru	
E	Roční úspora nákladů	[Kč/rok]
$E_{pův,r}$	Roční náklady na spotřebu tepla - pův. stav	[Kč/rok]
$E_{n,r}$	Roční náklady na spotřebu tepla – nový stav	[Kč/rok]
EN	Expanzní nádoba	
H	Konstrukční výška místnosti	[m]
L	Délka spár	[m]
M	Charakteristické číslo místnosti	[-]
MaR	Měření a regulace	
N	Počet pracovních dní soustavy v roce	[dny]
OZ	Označení okna zdvojeného (ztrojeného)	
PD	Projektová dokumentace	
PV	Pojistný ventil	
Q	Tepelná ztráta (tepelný tok)	[J/s]; [W]
Q_c	Celková tepelná ztráta	[J/s]; [W]
Q_{0i}	Tepelný tok pro jednotlivé konstrukce	[J/s]; [W]
Q_{0z}	Základní tepelná ztráta prostupem	[J/s]; [W]
Q_V	Tepelná ztráta infiltrací	[J/s]; [W]
$Q_{pův,r}$	Celková roční spotřeba tepla – pův. stav	[MWh/rok]
$Q_{n,r}$	Celková roční spotřeba tepla – nový stav	[MWh/rok]
$Q_{TV,d}$	Denní spotřeba tepla pro ohřev TV	[kWh/den]
$Q_{TV,r}$	Roční spotřeba tepla pro ohřev TV	[MWh/rok]
$Q_{ÚT,r}$	Roční spotřeba tepla na vytápění	[MWh/rok]
R	Celkový tepelný odpor konstrukce	$[(m^2*K)/W]$
R_j	Odpor jednotlivé vrstvy konstrukce	$[(m^2*K)/W]$
R_{si}	Odpor prostupu tepla na vnitřní straně konstr.	$[(m^2*K)/W]$
R_{se}	Odpor prostupu tepla na vnější straně konstr.	$[(m^2*K)/W]$
R_T	Odpor vícevrstvé konstrukce (suma R_j)	$[(m^2*K)/W]$
RD	Rodinný dům	
S	Plocha (místnosti, konstrukce…)	$[m^2]$
SO1,2	Označení ochlazované vnější stěny	
SN	Označení vnitřní stěny	
TČ	Tepelné čerpadlo	
TV	Teplá voda	
TZ	Technická zpráva	
ÚT	Ústřední vytápění (topení)	
V	Přirážka na vliv světových stran	[-]
$\dot{V}$	Objemový tok	$[m^3/s]$
V_e	Objem expanzní nádoby	$[m^3]$
V_{inf}	Objemový tok větracího vzduchu	$[m^3]$
V_v	Objem vody v soustavě	$[m^3]$
VTZ	Výpočet tepelné ztráty	
ZTI	Zdravotechnika	

ZNAČKA	NÁZEV	JEDNOTKA
b	Charakteristické číslo budovy	[-]
c_p	Měrná tepelná kapacita	[J/(kg*K)]
č.	Číslo	
č.p.	Číslo popisné	
d	Počet dní v topném období	[dny]
d_m	Tloušťka jednotlivých vrstev v konstrukci	[m]
d_t	Vnitřní průměr trubky	[m]
d_{tn}	Návrhový vnitřní průměr trubky	[m]
i	Součinitel spárové průvzdušnosti	[m^3/s]
k (U)	Součinitel prostupu tepla	[W/(m^2*K)]
k_c	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn	[-]
k_z	Průměrný součinitel prostupu tepla místnosti	[W/(m^2*K)]
l_p	Délka potrubí	[m]
m	Počet místních odporů v potrubí	[-]
$\dot{m}$	Hmotnostní tok	[kg/s]
p_{dov}	Maximální provozní tlak soustavy	[bar]
p_{min}	Minimální požadovaný tlak v kotelně	[bar]
Δp	Tlaková ztráta (v řešeném místě)	[kPa]
Δp_t	Tlaková ztráta třením	[kPa]
Δp_m	Tlaková ztráta místních odporů	[kPa]
str.	strana	
s.v.	Světlá výška	[m]
t_1	Teplota studené vody	[°C]
t_2	Teplota teplé vody	[°C]
t_e	Venkovní (návrhová) výpočtová teplota	[°C]
t_{es}	Průměrná venkovní výpočtová teplota	[°C]
t_i	Vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_{is}	Průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_m	Střední teplota	[°C]
t_{svl}	Teplota studené vody v létě	[°C]
t_{svz}	Teplota studené vody v zimě	[°C]
Δt	Rozdíl teplot	[K]
v	Rychlosti proudění v potrubí	[m/s]
Δv	Poměrné zvětšení objemu vody	[-]
z	Koeficient energetický ztrát systému	[-]
α_e	Součinitel přestupu tepla na vnější straně	[W/(m^2*K)]
α_i	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	[W/(m^2*K)]
ε	Opravný součinitel	[-]
η_0	Účinnost obsluhy, možnost regulace soustavy	[-]
η_r	Účinnost rozvodů vytápění dle provedení	[-]
ξ	Součinitel místního odporu	[-]
ρ	Měrná hmotnost (hustota)	[kg/m^3]

SEZNAM TABULEK

PŘÍLOHA A

TABULKA VTZ* č.	*NÁZEV*
1	*Základní veličiny platné pro objekt RD Jistebník*
2	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 103+104*
3	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 105*
4	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 106*
5	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 107*
6	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 108*
7	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 109*
8	*Závěrečný přehled tepelných ztrát pro RD Jistebník*

** Tabulka výpočtu tepelných ztrát*

PŘÍLOHA B

TABULKA VTZ* č.	*NÁZEV*
9	*Základní veličiny platné pro objekt RD Jistebník - nový stav*
10	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 103+104*
11	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 105*
12	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 106*
13	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 107*
14	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 108*
15	*Výpočet tepelné ztráty pro místnosti č. 109*
16	*Závěrečný přehled tepelných ztrát pro RD Jistebník - nový stav*

** Tabulka výpočtu tepelných ztrát*

PŘÍLOHA C

TABULKA č.	*NÁZEV*
1	*Tepelný odpor na vnější straně*
2	*Tepelný odpor na vnitřní straně*
3	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – stěna (SO1)*
4	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – střecha (Stř)*
5	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – podlaha (Pdl)*
6	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – stěna (SO2)*
7	*Součinitele prostupu tepla pro všechny konstrukce*
8	*Přirážka na světovou stranu - V*
9	*Minimální intenzita výměny vzduchu*
10	*Požadované doporučené součinitele prostupu tepla*
11	*Porovnání cen plastových a dřevěných oken*
12	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – stěna (SO1)*
13	*Součinitele prostupu tepla pro všechny konstrukce – nový stav*
14	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – střecha (Stř) – nový stav*
15	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – podlaha (Pdl) – nový stav*
16	*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí – stěna (SO2) – nový stav*
17	*Vývoj cen za vytápění přímotopy v letech 2009-2013*
18	*Porovnání nákladů na vytápění při spotřebě 65 GJ/rok (rok 2013)*
19	*Optimální rychlosti teplonosné látky v potrubí*
20	*Drsnost některých materiálů*
21	*Parametry el. topné rohože LSDTS 12130-165 a 12070-165*
22	*Objem vody dílčích částí otopné soustavy*
23	*Hodnoty opravného součinitele „ε“ pro různé druhy provozu, objektů a regulace*
24	*Roční náklady na vytápění pro původní stav RD*
25	*Roční náklady na vytápění pro nový stav RD*
26	*Řešené náklady na rekonstrukci za účelem snížení energetické náročnosti objektu*
27	*Porovnání ročních nákladů na celkovou spotřebu tepla při instalaci plynového resp. elektrického zdroje tepla*

ÚVOD

V současné době se stále častěji společnost zabývá otázkou snižování energetické náročnosti, ekologií a ekonomickými hledisky spotřeby energie pro každodenní život. Bytové, rodinné domy atd. dosahují konce své životnosti, a to vše vede k popularitě zateplování, výměny oken, zdroje tepla… Rekonstrukce, revitalizace, to vše je na denním pořádku. U drtivé většiny dožitých objektů je zpracování nějakého návrhu řešení „co dál?“ nevyhnutelné. Po rozhodnutí dožitý objekt zachovat, revitalizovat a ruku v ruce s tím do velké míry zmodernizovat, je třeba začít od začátku – posouzení současné podoby objektu.

Obecně se ale dá předpokládat, že tepelně technické vlastnosti konstrukcí starších staveb ani zdaleka neodpovídají dnešním požadavkům. Následné vyčíslení prostupů tepla, tepelných ztrát a ročních nákladů na spotřebu tepla spolu s rostoucími cenami energií by měly být více než přesvědčivé argumenty pro investici do zateplovacího systému, zpracování návrhu nového otopného systému vč. způsobu přípravy teplé vody.

V této práci je rozebírán modelový příklad zastaralého dožitého rodinného domu. Práce kombinuje teoretické části s popisem metodiky výpočtů, nebo kritérií pro výběr materiálů či zařízení spolu s jejich výhodami, a praktické části, kde je ukázáno, jak dané zařízení v řešeném případě navrhnout, dimenzovat či instalovat. Vše vede k vyčíslení roční úspory, jež jasně ukáže, jak velký potenciál pro snížení spotřeby tepla v stávajícím zastaralém objektu je.

Nutno dodat, že se jedná o reálnou stavbu, která doopravdy byla popsaným způsobem v období od 1. 10. 2013 rekonstruována.

1 POPIS OBJEKTU

Jedná se o rodinný dům (RD) v Jistebníku (č.p. 110). Je to RD „typu V“, jinak nazývaný také „šumperák“, tzn. v přízemí se nachází garáž se sníženým stropem, na vratech jsou typické šikmé průhledy. Přes celou šířku domu se táhne úzký balkón propojující kuchyň a obývací pokoj. V těchto místnostech jsou také velké okenní plochy. Okna jsou stará, netěsná. Střecha je plochá, šikmá se sklonem 4,2%. Do obytné části domu existují dva vstupy – přes garáž, vnitřním schodištěm; a venkovním schodištěm přes zastaralé hliníkové prosklené dveře.

Místnosti v přízemí jsou využívány jako garáž, sklad nářadí, materiálu a zahradních strojů – jsou to tedy technické místnosti, které nejsou vytápěny. Nebudou proto předmětem výpočtu tepelných ztrát.

Stavba byla postavena ke konci 70. let 20. století (stavěla se asi 10 let, dokončena asi v roce 1978). Objekt je ve stejném stavu jako po dokončení – tedy bez jakýchkoli rekonstrukcí nebo stavebních úprav. Tento fakt je příčinou, že energetická náročnost objektu je z dnešního pohledu velmi vysoká. Součinitele prostupu tepla konstrukcí v žádném případě neodpovídají požadavkům současných norem a směrnic. Obecně lze říci, že objekt dosáhl konce své životnosti, vzhledem k dnešním standardům je již neobyvatelný. Použité stavební materiály a skladba konstrukcí je zřejmá z výkresové části projektové dokumentace (PD).

Do objektu je zavedena přípojka plynu. Jako zdroj vytápění domu tedy slouží plyn. Stávající kotel na tuhá paliva byl již dříve odstaven. Vzhledem k potřebám obyvatel objekt byl posledních několik let přetápěn, a cena za roční spotřebu plynu přesahovala únosnou mez, což je samozřejmě důsledkem chybějícího zateplení a celkově špatného stavu objektu.

2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT – PŮVODNÍ STAV (k 1.10.2013)

2.1 ÚVOD

Výpočet tepelné ztráty (resp. tepelného výkonu dle ČSN 12 831 – [1]) byl proveden podle zásad výpočtu obsažených v dnes již neplatné normě ČSN 06 0210 – [2]. Nicméně tyto zásady, které vychází z neměnných fyzikálních zákonů a materiálových vlastností jsou, vztaženo k takto staré stavbě, platné. Jediná úprava výpočtu, vzhledem k nové normě, se týká vypočítání jedné z dílčích částí celkové tepelné ztráty, a to ztráty nuceným větráním (dříve se namísto ztráty větráním počítala ztráta infiltrací, od této metody se upustilo vzhledem dokonaleji těsnícím oknům). Součinitele průvzdušnosti oken byly už před zrušením platnosti normy [2] zastaralé, a týkaly se velmi starých oken, kterým chybělo takřka jakékoli těsnění. Hodnota tepelné ztráty infiltrací je proto i na takto starou stavbu relativně vysoká. V normě se počítalo s tím, že tato přirozená infiltrace nahradí hygienické nároky na nucenou vzduchovou výměnu. Z vypočítaných hodnot v příloze A je patrné, že tepelná ztráta infiltrací převyšuje minimální hygienické

nároky – jedná se tedy o místo s potenciálem pro snížení energetické náročnosti. Ve vlastním výpočtu jsou zahrnuty obě hodnoty (porovnání tepelné ztráty infiltrací dle [2] a tepelné ztráty nuceným větráním vypočítané postupem v normě [1]), ovšem k celkové ztrátě je připočítána pouze vyšší z nich.

Celková tepelná ztráta objektu je součtem dvou dílčích částí: celkové tepelné ztráty prostupem – viz bod 2.2.5 a tepelné ztráty infiltrací – viz bod 2.3.1 (respektive nuceným větráním – bod 2.3.2).

2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM

Hodnota celkové tepelné ztráty prostupem vychází ze základní tepelné ztráty prostupem, která se po vypočítání upraví normou předepsanými přirážkami.

Základní tepelná ztráta prostupem tepla [W] se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností s nižší tepelnou hladinou.

2.2.1 Veličiny

Zásady výpočtu obsažené v normě [2] požadují znalost dalších parametrů krom klíčového „k“ (rozebíraný v bodu 2.2.2). Postupuje se od místnosti k místnosti, jednotlivě, je tedy třeba znát rozměry („A“ a „B“ [m]), konstrukční a světlou výšku („H“ a „s. v.“ [m]) každé místnosti (viz PD) pro výpočet ochlazovaných ploch i pro výpočet tepelné ztráty větráním (rozebíraný v bodě 2.3). Dále výpočtovou teplotu vnitřního vzduchu („t_i“ [°C]), která se určuje podle účelu dané místnosti – obsažena v normě [2]. Na základě geografického umístění lokality – podle nadmořské výšky – je určena venkovní výpočtová teplota („t_e“ [°C]). Rozdíl těchto dvou teplot („Δt“ [K]) je podstatnou hodnotou pro výpočet. Dále rozměry okenních a dveřních ploch. A nakonec opravné součinitele jako je přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn („k_c“ [W/(m^2/K)]) a přirážka na světovou stranu („V” [-]) – dle orientace místnosti, hodnotu součinitele ukládá norma [2].

2.2.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla, který se většinou označuje písmenem *k* nebo *U* (dále jen „k“ [W/(m^2·K)]), charakterizuje tepelně izolační schopnost konstrukce. V tepelné technice budov se jedná o klíčovou veličinu potřebnou k výpočtu základní tepelné ztráty prostupem. Tento součinitel vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K.

2.2.3 Postup výpočtu

K výpočtu „k“ je třeba znát materiálovou skladbu jednotlivých konstrukcí, tloušťku jednotlivých vrstev („d_m“ [m]) a součinitel tepelné vodivosti daných použitých materiálů („λ“ [W/(m·K)]). Další veličinou, se kterou se počítá, je odpor konstrukce při prostupu tepla („R_T“ [(m^2·K)/W]). „R_T“ je jednoduchá suma tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce „R_j“. Tepelný odpor každé vrstvy konstrukce „R_j“ je výsledek podílu její tloušťky a součinitele tepelné vodivosti použitého stavebního materiálu. K výpočtu celkového tepelného odporu „R“ je třeba dalších dvou hodnot a to hodnoty odporu prostupu tepla na vnitřní („R_{si}“ [(m^2·K)/W]) a na vnější straně („R_{se}“ [(m^2·K)/W]). Celkový tepelný odpor „R“ je součtem všech dílčích odporů „R_T“ „R_{si}“ a „R_{se}“. A pro kýžený součinitel prostupu tepla „k“ platí, že je převrácenou hodnotou celkového tepelného odporu konstrukce. Platí tedy tyto vztahy:

$$R_j = \frac{d_{mj1}}{\lambda_{j1}} \quad (1)$$

$$R_T = \sum R_j \quad (2)$$

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_e}\,,\; R_{si} = \frac{1}{\alpha_i} \quad (3)$$

$$R = R_{si} + R_T + R_{se} \quad (4)$$

$$k = \frac{1}{R} \quad (5)$$

Nutno dodat, že veličiny, které se často značí „α_i“ a „α_e“ (tedy součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně [W/(m^2·K)]) jsou převrácenými hodnotami tepelných odporů „R_{si}“ a „R_{se}“. Hodnoty tepelných odporů na vnitřní a vnější straně respektive součinitelů přestupu tepla na vnitřní a vnější straně jsou zřejmé z tabulek č. 1 a č. 2 (příloha C). Zdrojem těchto hodnot je norma ČSN 73 0540-3 – [3].

Výpočet „k“ byl proveden podle norem ČSN 73 0540-4 – [4] a ČSN EN ISO 6964 – [5] za použití online kalkulačky „*Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí*“ na stránkách *www.tzb-info.cz* (technické zařízení budov). V tabulkách č. 3 – č. 6 (příloha C) jsou přehledně vypsány vlastnosti jednotlivých konstrukcí a materiály v nich použité spolu s výsledným součinitelem prostupu tepla.

K výpočtu tepelných ztrát je třeba také součinitelů prostupu tepla okny (OZ) dveřmi (DO) a vnitřními konstrukcemi (SN) pro tepelnou ztrátu/zisk v místnostech s rozdílnými tepelnými hladinami. Součinitele pro okna a dveře byly zvoleny na základě zkušeností s takto starými stavbami. Okna i dveře jsou velmi netěsné, technologicky nedokonalé. Viz tabulka č. 7 (příloha C).

2.2.4 Výpočet základní tepelné ztráty prostupem

Tepelný tok pro jednotlivé konstrukce („Q_{0i}“ [W]) se vypočítá jako součin ochlazované plochy („S_i“ [m^2]), součinitele prostupu tepla dané konstrukce („k_i“ [$W/(m^2*k)$]) a rozdílu výpočtové vnitřní teploty vzduchu (t_{ii} [°C]) s venkovní výpočtovou teplotou (t_e [°C]). Platí tedy vztah:

$$Q_{0\mathrm{i}} = S_{\mathrm{i}} * k_{\mathrm{i}} * (t_{ii} - t_e) \quad (6)$$

Pro základní tepelnou ztrátu prostupem („Q_{0z}“ [W]) tedy platí vztah:

$$Q_{0z} = S_1 * k_1 * (t_{i1} - t_e) + S_2 * k_2 * (t_{i2} - t_e) + \cdots + S_n * k_n * (t_{in} - t_e) =$$

$$= \sum S_j * k_j * \left(t_{ij} - t_e\right) \quad (7)$$

2.2.5 Výpočet celkové tepelné ztráty prostupem

Dosažená hodnota základní tepelné ztráty v bodě 2.2.4 se ještě musí upravit přirážkami (zmíněnými v bodě 2.2.1) – přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn „k_c“ a vlivu světové strany „V“.

Pro výpočet „k_c“ je třeba stanovit průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí ohraničující danou místnost („k_z“ [$W/(m^2/K)$]); ze vztahu:

$$k_z = \frac{Q_{0z}}{\sum S*(t_i - t_e)} \quad (8)$$

- kde ΣS je součet všech ploch konstrukcí ohraničující danou místnost

Přirážka „k_c“ se po té vypočítá takto:

$$k_c = 0{,}15 * k_z \quad (9)$$

Hodnota přirážky „V“ je zakotvena v normě [2], a přehledně zaznamenána v tabulce č. 8 (příloha C).

Pro celkovou tepelnou ztrátu prostupem „Q_c“[W] pak platí:

$$Q_{\mathrm{c}} = Q_{0z} * (1 + V + k_c) \quad (10)$$

2.3 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM

Jak již bylo řečeno v úvodu, vzhledem k legislativním změnám, jsem se rozhodl spočítat obě hodnoty tepelné ztráty přirozeným, respektive nuceným větráním. Při konečném součtu beru v úvahu pouze vyšší z nich.

2.3.1 Výpočet tepelné ztráty přirozeným větráním

S přihlédnutím ke stáří budovy, konstrukce, oken a dveří je tepelná ztráta větráním přirozenou infiltrací nezanedbatelnou hodnotou. Únik spárovými netěsnostmi u oken a dveří je dán několika faktory. Zaprvé délka spár otevíratelných částí oken a dveří

(„L“; [m]), součinitel spárové průvzdušnosti („i“; [m^3*s^{-1}]) charakteristické číslo budovy („b“[-]), a charakteristické číslo místnosti („M“ [-]).

Charakteristické číslo budovy „b“ zohledňuje polohu budovy v krajině, přibližnou průměrnou rychlost větru v oblasti, a zda se jedná o řadovou či osaměle stojící budovu. Charakteristické číslo místnosti „M“ se určí podle těsnosti prahů, jejich počtu v dané místnosti a dle průvzdušnosti oken a dveří dané místnosti. Hodnoty „i“ lze vyhledat v normě [3], hodnoty „b“ a „M“ v normě [2]. Tepelná ztráta infiltrací „Q_v“ [W] se stanoví ze vztahu:

$$Q_v = 1300 * V_{inf} * (t_i - t_e) \quad (11)$$

- kde V_{inf} je objemový tok větracího vzduchu přirozeným větráním infiltrací. Hodnota 1300 je objemová tepelná kapacita vzduchu [$J*m^3*K^{-1}$] při teplotě 0 °C, což je přibližně střední teplota $t_m = 0{,}5 * (t_i + t_e)$**.**

Objemový tok se stanoví ze vztahu:

$$V_{inf} = \sum(i * L) * b * M \quad (12)$$

- kde $\sum(i * L)$ je součet průvzdušnosti oken a dveří dané místnosti.

2.3.2 <u>Výpočet tepelné ztráty nuceným větráním</u>

Vzhledem k legislativní úpravě a novým hygienickým a technologickým požadavkům se tato část zabývá výpočtem tepelné ztráty nuceným větráním. Vychází se z předpokladu, že okna i dveře dosahují takřka dokonalých těsností, a tepelná ztráta infiltrací je tak nízká, že je možné ji zanedbat. Takto těsnými okny se nedosáhne nezbytné předepsané výměny vzduchu, proto je nutné okno jednoduše otevřít, a větrat. Tímto způsobem samozřejmě uniká určité množství tepla. Vzhledem k ekonomickým hlediskům se doporučuje, aby větrání probíhalo nárazově a intenzivně, aby nedocházelo k ochlazování vnitřních konstrukcí, ale aby došlo pouze k výměně vzduchu. Teoretický výpočet tedy počítá s tím, že dané minimální množství vzduchu (který má vnitřní výpočtovou teplotu) je vyměněno za venkovní vzduch (který má poněkud extrémní, ale tabulkami danou návrhovou venkovní výpočtovou teplotu). Teplo odvedená vzduchem z místnosti se vypočítá ze vztahu:

$$Q = \dot{m} * c_p * \Delta t \quad (13)$$

- kde c_p je měrná tepelná kapacita vzduchu (c_p = 1,01 $kJ*K^{-1}*kg^{-1}$ při 20 °C), $\dot{m}$ je hmotnostní průtok vzduchu za sekundu (který neznám) a Δt je rozdíl teplot vnitřního a venkovního vzduchu $(t_i - t_e)$.

Po dosazení: $\dot{m} = \rho * \dot{V}$ (14)

- kde ρ je hustota vzduchu při 20 °C (ρ = 1,204 $kg*m^{-3}$) a $\dot{V}$ je objemový průtok vzduchu za čas (dosadím 1 m^3*h^{-1}) a hodnoty pro vnitřní výpočtovou teplotu t_i = 20 °C

a venkovní t_e = -15 °C získávám tepelnou ztrátu „Q“ [kW] odvedenou vzduchem o objemu 1 m^3 za hodinu:

$$Q = \rho * \dot{V} * c_p * \Delta t = 1{,}204 * \frac{1}{3600} * 1{,}01 * 35 = 0{,}0118\, kW = 11{,}8\, W$$

Při výpočtu tepelné ztráty nuceným větráním, objemový průtok V̇ vlastně odpovídá součinu objemu místnosti (součin plochy místnosti „S“ a světlé výšky „s. v.“) a hodnoty minimální intenzity výměny vzduchu „n_{min}“, jejíž jednotka je [h^{-1}]. Předepsaná hodnota minimální intenzity výměny vzduchu „n_{min}“ je zakotvena v normě [1] a přehledně zapsána v tabulce č. 9 (příloha C).

Výsledkem je teoretická tepelná ztráta nuceným větráním (v praxi se nevyvětrá polovina objemu místnosti každou hodinu, a venku je -15 °C jen málo dní v roce), která je po sečtení s tepelnou ztrátou prostupem výslednou tepelnou ztrátou objektu, která slouží jako podklad pro dimenzování systému vytápění.

2.3 SHRNUTÍ

Zpracovaný výpočet tepelných ztrát (dle výše popsaných zásad a vztahů), konkrétně pro jednotlivé místnosti je obsažen v příloze A. Ta sestává z výpočtových tabulek VTZ č. 1 - 7. Tabulka VTZ č. 8 obsahuje celkový přehled vypočítaných hodnot pro jednotlivé místnosti.

Výsledek ukazuje jediné: tepelná ztráta objektu je příliš vysoká, a hodnoty součinitelů prostupu tepla neodpovídají současným legislativním požadavkům a doporučením. Na základě těchto faktů je navržena celková revitalizace za účelem snížení energetické náročnosti budovy a rekonstrukce otopného systému.

3 NÁVRH REVITALIZACE A REKONSTRUKCE

3.1 ROZSAH

Navrhovaná revitalizace objektu zahrnuje:

- Zateplení fasády
- Zateplení střechy
- Zateplení některých vnitřních konstrukcí
- Výměna oken a dveří (vč. zazdění a vybourání některých otvorů)
- Statická stabilizace konstrukcí

Navrhovaná rekonstrukce otopného systému zahrnuje:

- Výměnu zdroje tepla
- Nový způsob přípravy teplé vody
- Výměnu všech otopných těles
- Výměnu všech rozvodů, armatur a dalších příslušenství
- Rekonstrukce souvisejících systémů

3.2 ZATEPLENÍ

3.2.1 Obecně

Prvním a hlavním bodem revitalizace je zateplení.

Zateplení domu s sebou nese velké množství výhod a pozitivních efektů:

- Vlivy tepelné roztažnosti budou zanedbatelné. Zateplením se dosáhne vyrovnání teploty všech konstrukcí. Jejich teplota bude téměř stálá mezi 20 a 30 °C.
- Do objektu přestane zatékat srážková voda.
- Objekt bude do určité míry izolován i proti hluku.
- Úplným zateplením dojde k vyřešení tepelných mostů, čímž nejen že odpadne riziko tvorby plísní, zejména za skříněmi, v místech překladů, kovových částí balkonů apod., ale u dřevěných konstrukcí se odstraní riziko kondenzace vodní páry v konstrukci a tím i riziko napadení stavby hnilobou.
- Zvýší se tepelná pohoda obyvatel. Budou mít lepší pocit z teplých stěn domu v zimě a naopak z nižší teploty stěn v letních horkých měsících.
- Estetický efekt.

Hlavními otázkami v případě zateplování domu jsou: jaký způsob zateplení bude použit a jaký materiál o jaké tloušťce.

3.2.2 Způsob zateplení

Nejběžnějším způsobem zateplování, je zateplení z exteriéru, protože zateplování z interiéru s sebou nese některé negativní faktory. Tím největším je změna objemu místnosti, resp. jeho zmenšení; proto v řešeném RD budou zevnitř zatepleny jen některé konstrukce, kde změna objemu nevadí (stěna schodiště, strop suterénu). Z exteriéru není proces zateplení komplikovaný. Běžně používaný je systém ETICS (kontaktní zateplovací systém), kdy se pevné izolační desky lepí na obvodovou stěnu, mechanicky kotví a dále pak omítají tenkovrstvou probarvenou omítkou. Tento způsob zateplení je navržen i pro tento případ. Tvar a povrch domu není příliš členitý, a po řádném odizolování od zemní vlhkosti a dalších zdrojů vlhkosti je systém ETICS vhodným řešením snížení energetické náročnosti objektu.

3.2.3 Volba materiálu

U volby materiálu je třeba brát v úvahu jeho vlastnosti v poměru k ceně a vhodnosti pro žádanou aplikaci. Pro zateplení řešeného objektu jsem zvolil pěnový polystyren, protože je cenově dostupný a má nízký součinitel tepelné vodivosti (asi 0,04 W/(m*K) a méně). Obecně je pěnový polystyren u nás jedním z nejpoužívanějších zateplovacích materiálů. Je velmi lehký, ale přitom má velmi dobré mechanické vlastnosti. Obsahuje asi 98% vzduchu, ale přesto při 15 kg na m^3 jen těžko hledá konkurenta v pevnosti.

Jeho hlavními výhodami je možnost jej bez problému řezat, lepit, brousit a kotvit. Nelze jej sice použít na povrchy, kde by teplota mohla vystoupat nad 70 °C, ale to v aplikaci na řešený RD nehraje roli.

3.2.3 Tloušťka zateplení

Pokud jde o volbu tloušťky izolantu, největší hledisko je opět to ekonomické. Musí se zvolit takové optimum, kdy se investice do izolace vrátí v úspoře spotřebované energie pro vytápění právě díky použité izolaci. Průběh myšlené funkce mezi zvyšující se tloušťkou izolace a snižujícím se součinitelem tepelné vodivosti resp. zvyšující se úsporou na vytápění není lineární. Podle serveru *www.tzb-info.cz* se v praxi ukazuje, že „lze za minimální tloušťku tepelné izolace považovat 100 mm, za obvyklou tloušťku asi 160 mm a optimální 240 mm, přičemž není rozhodující stávající tloušťka ani tepelně izolační schopnost stávajícího zdiva.“ Podle stránek *www.isover.cz* (nabídka mj. tepelných izolací) se „používají tloušťky izolace dle třídy energetické náročnosti budovy, od 120 mm (pro standardní domy) až po 300 mm (pro nízkoenergetické a pasivní domy).“

Při svém návrhu hledím hlavně na výsledný součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce. Vycházím z normami požadovaných hodnot a doporučených hodnot pro pasivní domy s převažující vnitřní výpočtovou teplotou od 18 °C do 22 °C, kterých musím dosáhnout. Tyto jsou přehledně shrnuty v tabulce č. 10 (příloha C). Zdrojem těchto hodnot je norma ČSN 73 0540-2 – [6]. Navrhuji takovou tloušťku, abych se co nejvíce přiblížil nebo dosáhl doporučeného rozmezí součinitele prostupu tepla pro PASIVNÍ DOMY. Podle výpočtu součinitelů prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce obsažené v tabulkách č. 12 – 16 (příloha C), navrhuji tloušťku izolace k zateplení obvodové stěny 200 mm, k zateplení střechy 400 mm a zateplení vnitřních konstrukcí (jako stropu nad nevytápěnými prostorami technických místnosti v 1. S) 100 mm – viz výkresovou část (příloha D) konkrétně výkresy č. 04-07*. Pro izolování suterénních stěn a dalších ploch v přímém styku s vlhkostí jsou navrženy izolační desky EPS Perimetr 160 mm. Ty se vyznačují krom vysoké pevnosti v tlaku také minimální nasákavostí a mrazuvzdorností.

3.3 VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ

3.3.1 Výměna oken

Dalším hlavním bodem celkové revitalizace objektu je výměna oken. Stávající stará netěsná okna byla, dá se říct, v havarijním stavu. Při výběru nových oken vzniká úplně základní otázka – plastová či dřevěná.

---

* *Označení izolantu na výkresech: EPS 100 F 200 mm: EPS - expandovaný pěnový polystyren; 100 - pevnost v kPa při napětí v tlaku při 10% lineární deformaci; F – fasádní; 200 mm – tloušťka.*

3.3.2 Plast vs. dřevo

Nejsměrodatnějším hlediskem je pro mnoho lidí hlavně cena. Příklad porovnání ceny ze stránek *http://www.okna.cz* jednokřídlého plastového a dřevěného je obsažen v tabulce č. 11 (příloha C). Jde tedy vidět, že čistě z ekonomického a pragmatického hlediska jsou jasnou volbou okna plastová. Dřevěným oknům ale nahrává několik jiných faktorů. Dřevo je tradičním materiálem pro výrobu oken. Na pohled je dřevo mnohem estetičtější variantou. Navíc se jedná o přírodní materiál, je tedy ekologičtější volbou. Postup nových technologií pro zpracování, úpravy a ošetření výrobních materiálů zajišťují kvalitní provedení s dlouhou životností (řádově desítky let).

Cituji odborníka z firmy Otherm (která se zabývá výrobou oken v ČR), který se vyjádřil v článku z 6. 10. 2008 pro server *http://bydleni.idnes.cz* takto: „Dnes se při zpracování oken používají materiály a technologické postupy zaručující jejich dlouhou životnost. Rozhodnout se pro dřevo tedy rozhodně neznamená tradici a krásu na úkor funkční kvality.“ A oproti minulosti je údržba dřevěných oken mnohem jednodušší. Na stránkách firmy PSK okna (výroba a prodej oken) *http://www.pksokna.cz* se uvádí: „Dřevěná okna s povrchovou úpravou přímo z výroby však už obvykle *nepotřebují v horizontu 8 až 10 let další nátěry* a stačí je pouze občas umýt mýdlovou vodou. Nepřítelem dřeva číslo jedna je ale sluneční žár, proto zejména na jižních stranách budov nebo *u střešních oken kontrolujte častěji povrch dřevěných rámů*.“ Obecně platí, že je třeba asi každé dva roky použít renovační sadu – ošetřit okna lazurou.

3.3.3 Výměna dveří

Výměna dveří se týká hlavních vstupních dveří z venkovního schodiště (na výkresech č. 01, 04 a 09 přílohy D označeno číslem 102). Stávající dveře byly velmi netěsné a staré. Měly jednoduché prosklení a hliníkové orámování. Otvor, který vyplňovaly, byl o rozměrech 1,8 m x 2 m. Na jejich místo byly navrženy dveře dřevěné, vyplňující otvor 1 m x 2 m. Po obou stranách nových dveří bude zbývající prostor o rozměrech 2 x 0,4m x 2 m vyzděn.

3.3.4 Shrnutí

Na základě výše popsaných faktů byla navržena kvalitní okna dřevěná, s izolačním trojsklem, s velmi nízkým součinitelem prostupu tepla ($k_{(OZ)}$ = 0,75 W/(m^2*K)).

Výměna všech oken bude zahrnovat i vybourání a zazdění balkónových dveří v obývacím pokoji i v kuchyni – vstup na balkón tedy bude zrušen a zábradlí na balkóně demontováno. Plocha, která tímto zásahem vznikne, je navrženo přeměnit v tzv. zelenou střechu, tedy střechu pokrytou vegetací a půdou, oddělenou od povrchu hydroizolační vrstvou (na výkresech č. 04 a 09 přílohy D označena číslem 100a).*

** Např. nabídka ze stránek firmy Optigreen: http://www.optigreen.cz/ .*

Součinitel prostupu tepla pro nové dveře s tepelně izolačními požadavky bude výrazně nižší: $k_{(DO)}$ = 1,1 W/(m^2*K).

3.4 STATICKÁ STABILIZACE KONSTRUKCE

Posledním výrazným zásahem revitalizace za účelem snížení energetické náročnosti je zateplení vnitřních konstrukcí, statická stabilizace a výměna podlahy, která odděluje vytápěné 1. NP a nevytápěné prostory 1. S.

Jak již bylo uvedeno v bodě 3.2.3, zateplení vnitřních konstrukcí bude realizováno taktéž expandovaným polystyrenem typu EPS 100 F 100 mm. Rozsah zaizolování vnitřních konstrukcí je zřejmý z výkresové části, konkrétně výkresů č. 04 – 07.

Vzhledem ke stáří objektu a objevujícím se prasklinám v podlahové konstrukci, které zapříčinily svažování a nerovnosti podlahy, dojde k jejímu vyrovnání, zaplnění prasklin zabránění jejich šíření, a celkové opravě. Výsledkem tohoto procesu stabilizace je navýšení vrstvy betonu o 40 mm. Dřevěné vlysy pokrývající betonovou mazaninu budou odstraněny. Na jejich místo po té bude na celé ploše vytápěných místností položena keramická dlažba.

Poslední změnou v rámci rekonstrukce se týká místnosti č. 109 – WC. Došlo ke zvětšení plochy místnosti, což s sebou přináší změnu vstupních parametrů pro výpočet tepelných ztrát.

3.5 REKONSTRUKCE OTOPNÉHO SYSTÉMU

3.5.1 Obecně

Celý systém vytápění nikdy nebyl rekonstruován – kromě odstavení kotle na tuhá paliva, a přivedení přípojky plynu, na kterou byl po té napojen stávající plynový kotel. Z tohoto důvodu navrhuji výměnu celého otopného systému.

3.5.2 Zdroj tepla

Jak je uvedeno v bodě 1 (Popis objektu), do RD je přiveden plyn, a stávajícím zdrojem tepla je plynový kotel. Tento kotel, staršího data, bude demontován a odstaven, protože již nevyhovuje svým technickým stavem požadavkům současné legislativy. Místo něj bude do technické místnosti s označením S06 instalován nový plynový kondenzační kotel. Odhaduji, že vytápění plynovým kotlem bude ekonomičtější variantou, než vytápění kotlem elektrickým. Zdali je tento odhad správný se bude rozebírat dále v bodě 7 (Ekonomické zhodnocení investice), konkrétně v bodě 7.4 vč. porovnání odhadovaných investičních nákladů pro vytápění plynem anebo elektřinou.

3.5.3 Příprava teplé vody

Stávající bojler, původně umístěn v místnosti č. 108, bude demontován a nahrazen. Stávající rozvody teplé (i studené) vody budou taktéž demontovány, vč. příslušenství a armatur.

3.5.4 Otopná tělesa

Všechna otopná tělesa budou demontována a vyměněna. Jedním z důvodů je jejich stáří – stávající otopná tělesa na svých místech fungovala přes 35 let. A hlavním důvodem je navržená revitalizace za účelem snížení energetické náročnosti – otopná tělesa jsou dimenzována na nižší výkon. Tato budou tedy mnohem menší. Nelze také opomenout moderní vzhled dnešních typů otopných těles. Od vytápění systémem podlahového topení bylo upuštěno vzhledem k problematické konstrukci podlah. Investor se obával zasahovat do konstrukce vzhledem k existujícím prasklinám, a raději, jak bylo uvedeno v bodě 3.4, nechal stabilizovat a vyrovnat podlahovou konstrukci.

3.5.5 Rozvody a příslušenství

Pokud jde o staré rozvody, armatury a další příslušenství (jako stávající expanzní tlaková nádoba), to vše bude také demontováno a vyměněno. Potrubí bude navrženo měděné.

3.5.6 Související systémy

S výměnou otopné soustavy jdou ruku v ruce úpravy dalších systémů. Například rekonstrukce rozvodů teplé vody, kanalizace, elektroinstalace. Vzhledem ke špatnému stavu objektu bych doporučoval celkovou výměnu rozvodů kanalizace i vody – vzhledem k novým legislativním požadavkům a taktéž novému uspořádání interiéru. Rekonstrukce elektroinstalace je nezbytnou součástí, protože otopná soustava bude mít samostatnou automatickou regulaci na základě dat sesbíraných teplotními čidly vhodně a řádně umístěnými jak uvnitř, tak vně objektu. V případě projektování této revitalizace a rekonstrukce objektu by se tento bod týkal, jak se uvádí také v TZ (příloha G), dalších profesí (MaR, ZTI …).

3.5.7 Závěr

Takovýmto zásahem v rozsahu popsaném výše se v budoucnu dá vyhnout nepříjemným překvapením, kdy by jednotlivé části celého systému začaly odcházet. Nová zařízení zajišťují do velké míry spolehlivost systému, která v případě vytápění hraje velkou roli. Dá se také vyhnout dalším podobným zásahům do celé konstrukce na několik desítek let.

4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT – NOVÝ STAV (k 1.2.2014)

4.1 POSTUP VÝPOČTU

Při zpracovávání výpočtu tepelných ztrát pro již revitalizovaný objekt bylo postupováno stejným způsobem jako v bodě 2 (Výpočet tepelných ztrát – původní stav).

Tedy na základě znalosti materiálových vlastností a skladeb konstrukcí byl obdobným způsobem proveden výpočet součinitelů prostupu tepla „k“. Výpočty „k“ jsou, jak již bylo zmíněno v bodě 3.2.3, zřejmé z tabulek č. 12 – 16 a vč. přehledného shrnutí v tabulce č. 13 (příloha C).

Hodnota součinitele prostupu tepla pak hraje klíčovou roli v samotném výpočtu tepelných ztrát (tabulky VTZ č. 9 – 16 v příloze B).

Vzhledem k instalaci nových těsných oken, se ve výpočtu tepelné ztráty infiltrací za hodnotu průvzdušnosti oken dosazuje hodnota 10x nižší oproti původnímu stavu oken. Tímto krokem se tepelná ztráta infiltrací (neboli přirozeným větráním) dostává do zanedbatelných hodnot. Ta je tedy nahrazena hodnotou tepelné ztráty nuceným větráním, kterou stanovuje norma [1]. Jak již ale bylo uvedeno v bodě 2.3.2, takto vysoké hodnoty pro tepelnou ztrátu větráním se v praxi dosáhne jen zřídka (počítá se s extrémními podmínkami (venkovní teplota rovna -15°C a výměna vzduchu o objemu poloviny objemu místnosti každou hodinu (a to jen pro standardní obytné místnosti))).

4.2 SHRNUTÍ

Výsledkem výpočtu je celková tepelná ztráta objektu, přehledně shrnuta v tabulce VTZ č. 16. Stejně jako u předcházejícího výpočtu, byla výsledná tepelná ztráta ještě zvýšena o 10% z důvodů možné technologické nekázně, neúplnému zaizolování částí otopného systému a dalším nepředvídatelným vlivům. Na tuto hodnotu tepelné ztráty se po té bude dimenzovat celý systém vytápění.

5 NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU

5.1 NÁVRH ZDROJE TEPLA

Při výběru vhodného zdroje tepla je první hlavní otázkou druh paliva. Tedy jestli daný zdroje tepla bude plynový, na tuhá paliva, na kapalná paliva, nebo jestli bude například elektrický. Při rozhodování návrhu svého zdroje tepla jsem zvažoval možnosti pro instalaci jednotlivých druhů zdroje tepla, a co by obnášela.

5.1.1 Kapalná paliva

Vytápění kapalnými palivy se v našich podmínkách skoro vytratilo, a pokud se využívá, tak příležitostně, například v rekreačních objektech. Hlavním důvodem je samozřejmě cena. S rostoucí cenou ropy, a z ní získané nafty, která byla dlouhá léta jediným využívaným kapalným palivem, se od využívání tohoto zdroje tepla upustilo. Nicméně v zemích jako je Rakousko nebo Německo je podle stránky *http://www.infobydleni.cz* až 45% všech objektů vytápěno kapalnými palivy, konkrétně nízkosirnými extralehkými topnými oleji. Při následování jejich příkladu je třeba vzít v úvahu, že tento způsob vytápění vyžaduje dost prostoru pro uskladnění paliva. Doporučenou sestavou – jak pokračuje článek na stránce *http://www.infobydleni.cz* – pro RD tvoří tři zásobníky, každý s objemem 1000 litrů, což by mělo víc než dostačujícím způsobem pokrýt roční spotřebu pro vytápění. Představa tří obrovských nádob s vysoce hořlavou směsí pod obytnou částí domu mě děsí. Jedná se o prostorově náročnou variantu, a v řešeném RD jednoduše tolik místa není.

5.1.2 Tuhá paliva

Stejný faktor, tedy prostorové nároky, platí také u vytápění tuhými palivy. Jedná se možná o levnou variantu, nicméně doprava a skladování dělají z tuhých paliv, v mém případě, časově a prostorově nevhodný způsob řešení.

5.1.3 Elektřina (přímotopy)

U vytápění elektřinou stále platí, že se jedná o nejnákladnější způsob vytápění. V 90. letech, při první větší vlně pořizování elektrických přímotopů byly klíčové státní dotace. Jejich cílem bylo podle článku „Vytápění přímotopy: Vývoj cen a budoucnost“ na stránce *www.penize.cz* zlepšení špinavého českého ovzduší, což se v 90. letech radikálním skokem podařilo. Došlo k „vyčištění“ velkých zdrojů, avšak pro běžné domácnosti nebyla elektřina vhodnou volbou. Stát totiž i z ekonomických důvodů po několika letech dotování zastavil. Podle analytika společnosti ENA (energetické poradenství a analýzy) citovaného ve zmíněném článku, bylo vytápění elektřinou vždy nákladné, a po liberalizaci trhu s elektřinou v roce 2006 se do ceny promítá jak regulovaná tak neregulovaná složka. I když se za neregulovanou elektřinu dá ušetřit, více se utratí za složku regulovanou z důvodu podpory obnovitelných zdrojů energie. Pokud jde o budoucnost el. přímotopů, existují samozřejmě dva opačné názory – se snižováním energetické náročnosti budov, a snižováním spotřeby energie relativně vysoká cena elektřiny nebude hrát roli a proto šance pro instalaci el. přímotopů bude růst; a pak skeptičtější názor, že přímotopy budou stále častěji nahrazovány například hlavně tepelnými čerpadly, jejichž vývoj jde neustále velice rychle kupředu. Po srovnání s jinými variantami vytápění je víc než jasné, že vytápění přímotopy (se standardními cenami a nabídkami pro běžné lidi) je neekonomické a tudíž nevýhodné.

5.1.4 Elektřina (tepelné čerpadlo)

Tepelné čerpadlo (TČ) je jedna velká kapitola celého oboru energetiky. U TČ jsou asi největší překážkou stále vysoké investiční náklady, což stálo v cestě i reálnému investorovi. Instalace tepelného čerpadla by byla pro takto zateplený a zrekonstruovaný RD pravděpodobně vhodná, možná i ideální volba. Do rámce rozsahu této práce se však tato koncepce řešení nevejde. Proto ač je řešení vytápění TČ jednou z vhodných možností navrhuji jiný zdroj tepla.

5.1.5 Plyn

Vytápění plynovým zdrojem tepla se mi v případě řešeného RD zdá jako nejschůdnější varianta. Plynový kotel zde již dříve zajišťoval vytápění. Není nutno tedy řešit vybudování nové plynové přípojky a řešení odkouření spalin; všechny náklady s tím spojené tedy odpadají. Toto řešení nemá velké prostorové nároky, jak je ukázáno ve výkresové části (viz výkres č. 08), kde je kotel i uvažovaný nový zásobník teplé vody umístěn v jedné malé technické místnosti. Pro obyvatele domu se také jedná o komfortnější volbu – není třeba se starat o přikládání, dovoz paliva, jeho kvalitu (zda je proschlé, jeho původ atd.…) a skladování.

5.1.6 Přílohy

Trend vývoje cen na vytápění přímotopy za posledních pět let (2009-2013) je pro dokreslení uveden v tabulce č. 17 přílohy C, zdrojem dat je zmíněný článek, který se odkazuje na stránku *www.energetickaporadna.cz*.

Tabulka č. 18 přílohy C ukazuje porovnání nákladů na vytápění za rok 2013 při spotřebě 65 GJ/rok. Tabulka je uvedena ke zmíněnému článku v bodě č. 5.1.3 a jejím zdrojem jsou stránky *www.tzb-info.cz*.

5.1.7 Výběr kotle

Na volbu druhu paliva – plyn – navazuje výběr kotle. Pro tento RD jsem se rozhodl vybrat plynový kondenzační kotel značky BUDERUS v provedení LOGAMAX GB 072-14. Jedná se o typ vhodný pro instalaci v rodinných domech, s možností modulace výkonu od 2,9 až do 14 kW. Výhodou vybraného kotle je také zabudovaná expanzní nádoba o objemu 12 litrů, trojcestný ventil a oběhové čerpadlo. Kotel bude instalován do jedné z technických místností v 1. S - viz výkres č. 08 (příloha D).

5.1.8 Kondenzační kotel

Kondenzační kotel je konstruován pro kondenzační provoz – přímo v kotli dochází ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách. Proto musí být teplosměnné plochy plně odolné proti korozi. Používá se nerezová ocel nebo hliníko-hořčíková slitina. Kondenzát z kotle musí být trvale odváděn. Výhodou využití

kondenzačního tepla je snížení spotřeby plynu. Teplota spalin je v rozsahu 40 až 90 °C v závislosti na teplotě vstupní vody tepelné soustavy a také na okamžitém vytížení kotle. A protože teplota spalin je nízká a nestačila by pro vytvoření dostatečného tahu v komíně – tím k bezpečnému odvodu spalin – musí být v kondenzačním kotli instalován vzduchový nebo spalinový ventilátor. Spaliny vstupující do komína jsou mokré. Proto i komínová konstrukce musí odolávat vlhkosti a také vnitřnímu přetlaku. Průměrná účinnost kotle bývá podle okamžitého provozního stavu 96 až 104 %.

5.2 ROZVODNÉ POTRUBÍ

5.2.1 Obecně

V RD je navrženo potrubí měděné. Měděné potrubí má uplatnění téměř ve všech potrubních systémech, je vhodné pro veškeré domovní rozvody (radiátorového, podlahového, stěnového vytápění, teplé a studené vody, solární systémy, systémy pro tepelná čerpadla, a také rozvody plynu). Rozvody z mědi mají velmi dobrou životnost, vysokou pevnost, jsou difúzně těsné, odolné proti UV záření a proti změnám teploty a tlaku. Je velmi jednoduché je spojovat a ohýbat. Dnešní výrobní postupy zajišťují ochranu proti korozi, a dle použité slitiny a tepelné úpravy mohou být trubky vyrobeny o různé tvrdosti, tedy vhodné pro různé aplikace. Potrubí bude izolováno 20 mm vrstvou lehčeného polyetylenu (MIRELON). Řádnou izolací rozvodů se předchází ztrátám energie do okolí, které podle odhadů mohou zvednout o 5-15% spotřebu tepelné energie.

5.2.2 Dimenzování potrubí

Návrh dimenze potrubí byl proveden dle metody optimálních rychlostí proudění teplonosné látky z rovnice kontinuity:

$$d_{tn} = \sqrt{\frac{4*\dot{m}}{\pi*v*\rho}} \qquad (15)$$

- kde „d_t“ je vnitřní průměr potrubí [m], „$\dot{m}$“ je hmotnostní průtok teplonosné látky [kg/s], „v” je optimální rychlost proudění [$m*s^{-1}$] (rozsah rychlostí proudění je přehledně zaznamenán v tabulce č. 19 přílohy C) a „ρ“ je hustota teplonosné látky (voda, ρ_{H2O} = 1 000 kg/m³).

Hmotnostní průtok teplonosné látky se vypočítá úpravou rovnice (13) uvedené v bodě 2.3.2.

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p*\Delta t} \qquad (16)$$

- kde za „Q“ dosazuji výkon otopné soustavy (součet výkonů jednotlivých těles, [kW]), za „Δt“ dosazuji rozdíl teplot teplotního spádu soustavy (teplotní spád soustavy je

navržen 65/55 °C, tedy rozdíl 10°C) a c_p je měrná tepelná kapacita teplonosné látky (voda, c_{pH2O} = 4,186 kJ*K^{-1}*kg^{-1})

Po dosazení do rovnice (16) a po té do rovnice (15):

$$\dot{m} = \frac{4{,}126}{4{,}186*10} = 0{,}099\ Kg/s$$

$$d_{tn} = \sqrt{\frac{4*0{,}099}{\pi*0{,}6*1000}} = 0{,}0145\ m = 14{,}5\ mm$$

Pro výslednou dimenzi potrubí se volí trubka s vnitřním průměrem nejbližším vyšším vypočítané hodnotě. V praxi se běžně vyrábí a užívají trubky v profilech 15x1, 18x1, 22x1 a další. Nejbližší vyšší vnitřní průměr má tedy trubka dimenze 18x1 (d_t = 16 mm). Rozvody této dimenze budou vyvedeny od kotle do 1. NP, kde budou postupně zredukovány na dimenzi 15x1 (viz výkresovou část, výkres č. 09)

5.3 OTOPNÁ TĚLESA

5.3.1 Desková otopná tělesa

Otopná tělesa byla navržena desková od firmy KORADO, řady RADIK. V RD jsou navržena otopná tělesa dvou typů a to RADIK Typ 21 VKU a 22 VKU. Typ VKU se vyznačuje možností spodního připojení jak zleva i zprava (viz přílohu E, str. 2). Vybraná tělesa byla dimenzována na tepelnou ztrátu místnosti, kde budou zapojena, dle seznamu výkonů (v závislosti na rozměrech tělesa) přiloženého taktéž v příloze E str. 3. Jak jde vidět na výkrese č. 09 (příloha D), každé těleso je popsáno svým typem, rozměry (výška/délka), výkonem a stupněm přednastavení ventilu.

5.3.2 Stupeň přednastavení ventilu

Stupeň přednastavení ventilu na radiátoru se dá vyčíst z grafu č. 1 (příloha F). K odvození stupně z grafu je třeba znát tyto veličiny: hmotnostní průtok teplonosné látky tělesem „$\dot{m}$“ [kg/h] a tlakovou ztrátu v potrubí v místě zapojení tělesa Δp [kPa] nebo [mbar].

Hmotnostní průtok se vypočítá z rovnice (16) se stejnými veličinami popsanými v bodě 5.2.2, s tím rozdílem, že za Q dosazuji výkon tělesa [W] a měrnou tepelnou kapacitu vody dosazuji v jednotce [Wh/(kg*K)] – převod: J = Ws ⟹ kJ=1000*Ws ⟹ kJ = $\frac{1000}{3600}$*Wh ⟹ kJ = $\frac{Wh}{3{,}6}$ ⟹ c_{H20} = 4,186 kJ/(kg*K) = 1,163 Wh/(kg*K)

Celková tlaková ztráta v potrubí je součtem tlakové ztráty třením a tlaková ztráta místních odporů. Tlaková ztráta třením „Δp_t" se vypočítá z následujícího vztahu (výpočet lze provést pomocí online kalkulačky „*Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí*" na stránkách *www.tzb-info.cz*):

$$\Delta p_t = \lambda_t * \frac{l_p}{d_t} * \frac{v^2}{2} * \rho \qquad (17)$$

- kde „λ_t“ je součinitel tření [-] (může být uveden výrobcem potrubí), který závisí na drsnosti povrchu trubky (přehled některých materiálů v tabulce č. 20 přílohy C) a Reynoldsově čísle. „l_p“ je řešená délka potrubí [m] (od zdroje k danému otopnému tělesu), „d_t“ je vnitřní průměr potrubí [m], „v“ je střední rychlost proudění [$m*s^{-1}$] a „ρ“ je měrná hmotnost teplonosné látky [kg/m^3].

Tlaková ztráta místních odporů „Δp_m" závisí na tzv. součiniteli místního odporu. Každé koleno, každý ventil, každá odbočka nebo T-kus má vliv na tlakovou ztrátu, ať už více nebo méně, a jak moc právě určuje tento součinitel. Každý takový místní odpor má svůj součinitel místního odporu, který byl stanoven experimentálně a některé z nich upravuje norma ČSN 75 5455 – [7] anebo jej uvádí výrobce řešené části potrubí. „Δp_m" se pak vypočítá podle následujícího vztahu:

$$\Delta p_m = \sum_{j=1}^{m} \xi_j * \frac{v_j^2}{2000} * \rho_j \qquad (18)$$

- kde „m“ je počet místních odporů a „ξ“ je součinitel místního odporu.

Zdrojem metodiky výpočtu vč. tabulek obsahující vybrané hodnoty součinitele místního odporu je článek „*Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí*“ na stránkách *www.tzb-info.cz*.

5.3.3 Trubková otopná tělesa

Kromě klasických deskových těles jsou v objektu navržena i dvě tělesa trubková, a to v místnostech č. 108 a 109 (koupelna a WC). Tato slouží k vytápění a jsou také estetickým (nakonec i praktickým) doplňkem těchto místností. Trubková tělesa jsou navržena taktéž od firmy KORADO v řadě KORALUX LINEAR MAX-M se spodním připojením („spodní středové“ viz příloha E str. 4) o rozměrech a výkonech popsaných na výkrese č. 09 (příloha D).

5.3.4 Elektrické topné rohože

Pro doplnění topného výkonu a tepelnou pohodu v RD byly do zádveří (místnost č. 103) a koupelny navrženy elektrické topné rohože. Výsledkem tohoto kroku je větší komfort – v zimě je přechod z venkovního prostředí dovnitř příjemnější, stejně tak v případě přechodu ze sprchy do koupelny (boty v zádveří vyschnou, lepší pocit pro bosou nohu, rychleji oschne dlažba…). Do koupelny byla navržena samolepící topná rohož typu LSDTS 12130-165 a do zádveří 4 ks typu LSDTS 12070-165. Všechny jejich parametry shrnuje tabulka č. 21 (příloha C)

Popis topné rohože ze stránky *www.podlahove-topeni.eu*: „Topné rohože LSDTS jsou určeny jak do běžných místností, tak i do prostor se zvýšenou ochranou (koupelny, prádelny). Instalují se do flexibilního lepícího tmelu přímo pod dlažbu, nebo

do samonivelační stěrky. Výhodou topných rohoží je výrazné zkrácení doby montáže, omezení možnosti vzniku chyb při montáži a snížení rizika poškození topného kabelu. Tkanina rohože LSDTS je opatřena vrstvou speciálního lepidla, lepí celá plocha rohože - je ideální k fixaci např. na původní dlažbu při rekonstrukci. Podmínkou pro bezproblémovou instalaci je dokonale očištěný podklad.“

5.4 PŘÍSLUŠENSTVÍ

5.4.1 Obecně

Systém vytápění obsahuje ještě další příslušenství: armatury, čerpadla, zabezpečovací zařízení, systém regulace. Soupis potřebných armatur shrnuje příloha H (Orientační propočet nákladů, str. 1), jejich umístění ukazuje příloha D (výkres č. 10).

Pokud jde o oběhové čerpadlo, investor jej nemusí dimenzovat a kupovat, protože je součástí vybraného kotle, a zajistí oběh teplonosné látky.

Zabezpečovací zařízení (jak také popisuje bod 4 v příloze G (Technická zpráva)) zahrnuje pojistný ventil (PV) a expanzní tlakovou nádobu (EN). Obojí je součástí vybraného kotle. Expanzní tlaková nádoba (s membránou), která slouží k vyvažování tlaku v soustavě, je v kotli o objemu 12 litrů. Výpočtem potřebného objemu popsaným dále (bod 5.4.3) se ověří, zda tato bude dostačující, nebo je třeba instalovat další.

Systém regulace je nezbytnou součástí soustavy, nicméně je to záležitost profese MaR (Měření a Regulace). Takový systém sestává z propojení čidel měřících teplotu uvnitř i venku, kontrolujících výkon zdroje tepla i objem ohřáté vody v zásobníku, která odesílají naměřená data řídící jednotce. Tato je naprogramována dle potřeb obyvatel a odesílá příkazy snímačům ve zdroji, na čerpadlech atd.

5.4.2 Expanzní tlaková nádoba

Soustava topného systému je uzavřená, a vzhledem ke kolísání teploty topné vody a rychlosti proudění (kinetické energie topné vody) kolísá také tlak a objem celé soustavy. Pro bezpečný provoz je v každé soustavě navrženo zařízení k vyrovnávání těchto tlakových a objemových změn; a jednou možností řešení je instalace expanzní tlakové nádoby s membránou. Výhodou tohoto řešení je, že nedochází ke ztrátám topné vody, funkce těchto nádob není podmíněna dodáváním energie a jejich instalace i údržba je jednoduchá. V neposlední řadě jejich pořizovací náklady jsou nízké. Nádoby jsou např. ocelové. Obsahují pružnou membránu rozdělující jejich vnitřní prostor (na prostor pro jímání vody a prostor se stlačeným plynem).

5.4.3 Dimenzování EN

Dimenzování potřebného objemu EN („V_e“) [l] sestává z výpočtu daného rovnicí:

$$V_e = \frac{1{,}3 * V * \Delta v * (p_{dov} + 1)}{(p_{dov} - p_{min})} \qquad (19)$$

- kde „V“ je objem vody v soustavě [l], „Δv“ je poměrné zvětšení objemu vody při jejím ohřátí z 10 °C na maximální teplotu vody v otopném systému (65 °C) [-], „p_{dov}“ je maximální provozní tlak soustavy (roven hodnotě pojistného ventilu v kotelně) [bar] a „p_{min}“ je minimální požadovaný tlak v kotelně (požadovaný výrobcem kotle) [bar].

Hodnota objemu vody v soustavě je rovna součtu objemu vody v tělesech, potrubí, kotli a ostatních zařízení. Soupis dílčích objemů je zaznamenán v tabulce č. 22 (příloha č. 3). Jednotlivé hodnoty byly buď získány výpočtem (objem vody v potrubí) anebo z katalogů a technických listů jednotlivých zařízení (tělesa, kotel…).

Poměrné zvětšení objemu vody ukazuje graf č. 2 přílohy F.

Hodnota dovoleného (maximálního) tlaku p_{dov} = 300 kPa = 3 bar; a požadovaného (minimálního (nebo také pracovního přetlaku)) tlaku p_{min} = 120 kPa = 1,2 bar.

Po dosazení hodnot do výpočtu je potvrzeno, že 12-ti litrová expanzní tlaková nádoba bude víc než dostačující pro řešený systém vytápění. Zdrojem metodiky výpočtu je stránka firmy Regulus – *www.regulus.cz*.

6 NÁVRH ZPŮSOBU PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

6.1 ÚVOD

Po návrhu systému ústředního vytápění (ÚT), přichází na řadu vyřešit, jakým způsobem bude připravována teplá voda (TV). Systém ohřevu teplé vody obsahuje obecně tyto části: přívod studené vody (vodovodní přípojka, nebo vlastní zdroj, např. studna), zdroj tepla pro ohřev TV, nádobu k uchovávání a skladu TV, ze které je po té TV potrubím rozvedena po objektu (do koupelny, kuchyně a tak podobně) a potřebné příslušenství.

6.2 ZDROJ TEPLA PRO OHŘEV TV

Vzhledem k tomu, že pro část ÚT je navržen jako zdroj tepla plynový kondenzační kotel s možností ohřevu TV v nepřímotopném zásobníku, se možnost navržení tohoto způsobu jeví jako nejjednodušší a nejvhodnější.

Před návrhem byla ještě zvažována možnost instalace solárních kolektorů s použitím plynového kotle jako sekundárního zdroje (např. pro zimní období). Instalace solárních kolektorů by možná byla – RD je postaven na jižním svahu a nic nebrání pronikání slunečního svitu na střechu, nebo teoreticky na fasádu. Vzhledem

ale k už tak velkému rozsahu rekonstrukce a revitalizace další nemalé náklady na zpracování projektu solárního systému a samotné realizaci byla jeho instalace odložena. Aby se hypoteticky někdy v budoucnu nemuselo opětovně zasahovat do konstrukce, rozvody budou již teď vyvedeny na střechu, a prozatím zaslepeny. Budou sloužit jako příprava – po rozhodnutí instalovat kolektory na střechu, bude třeba je pouze napojit na spodní (druhý, nevyužívaný) výměník zásobníku TV a na kolektory (vč. hnací a regulační jednotky s čerpadlem a expanzní nádobou pro solární systémy).

6.3 NÁVRH OHŘEVU TV

6.3.1 Výběr zásobníku TV

Přes trojcestný ventil, který je integrován ve vybraném kotli, bude napojen zásobník TV, taktéž firmy BUDERUS a to typ LOGALUX S120/5 o objemu 120 l. Jedná se o stacionární nepřímotopný zásobník teplé vody – příprava TV zde probíhá pomocí externího zdroje energie, v tomto případě plynového kondenzačního kotle. Vybraný zásobník má integrovaný výměník tepla, a je určen (firma BUDERUS doporučuje) k užívání v kombinaci právě s plynovým kondenzačním kotlem jako je vybraný LOGAMAX GB 072 a jemu podobnými. Schéma zapojení je zřejmé z výkresu č. 10 (příloha D).

Jako u výběru kotle hrál významnou roli jeho výkon, jenž musí pokrýt požadovaný tepelný výkon stanovený výpočtem tepelné ztráty, tak stejnou roli u výběru zásobníku na teplou vodu hraje jeho objem. Vzhledem k požadavkům budoucích obyvatel (budou zde žít maximálně dva) a ze zkušenosti (pro dvě domácnosti (tedy dvě koupelny, dvě vany) máme doma v provozu zásobník s jen o 40 litrů vyšším objemem) takto dimenzovaný zásobník zajistí potřebné množství teplé vody (i vzhledem k tomu, že v koupelně je pouze sprchový kout (není zde vana, a ani žádné další místo ke koupání; eliminuje se tedy možnost vyššího odběru při současném užívání), a přibližná spotřeba vody při sprchování je pouhých asi 50 litrů).

6.3.2 Rozvody TV

Všechny stávající rozvody budou demontovány a vyměněny. Stejně jako pro část ÚT je navrženo potrubí měděné. Jak je uvedeno v bodu 5.2.1, měď je vhodná i pro rozvádění pitné vody, s dlouhou životností a s korozivzdorností. Všechny úseky (vč. kolen a tak podobně) musí být řádně zaizolovány – aby na povrchu potrubí studené vody nedocházelo ke kondenzaci vodní páry (parotěsně) a na povrchu potrubí teplé vody nedocházelo k úniku tepelné energie.

6.3.3 Příslušenství

Pokud jde o příslušenství tzn. potřebné armatury a zabezpečovací zařízení jejich soupis shrnuje příloha H (Orientační propočet nákladů, str. 2) a jejich umístění ukazuje příloha D (výkres č. 10). Krom uzavíracích armatur (s možností vypuštění), standardní zpětné klapky (zajišťující průtok jedním směrem) teploměrů a manometrů musí být také

v tomto systému instalována expanzní nádoba, vhodná pro instalaci v systému s pitnou vodou. Konstrukce těchto nádob je velmi podobná jako u expanzních nádob užívaných v systému ÚT. Rozdílem je vyměnitelná membrána, která musí mít hygienický atest. Ty části, které přicházejí do styku s pitnou vodou, musí být z nekorozivních materiálů, a její součástí by měla být také uzavírací armatura zabezpečující výměnu vody v nádobě, protože jsou průtočné (armatura flowjet). Výsledek instalace tohoto zařízení je zvýšená bezpečnost vodovodní soustavy, která navíc spoří vodu (místo aby se při ohřevu v případě přebytku vody pouštěla do kanalizace, EN ji „uschová“ a pojistná armatura se neotevře). Pro řešenou vodovodní soustavu s velmi malým celkovým objemem vody byla navržena EN o objemu 8 litrů.

7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ INVESTICE

7.1 ŘEŠENÉ NÁKLADY

Tato část mé práce se zabývá zhodnocením investičních nákladů vzhledem k dosažené úspoře díky snížení energetické náročnosti RD. Je nezbytné si uvědomit, že navrhovaná rekonstrukce a revitalizace je velmi rozsáhlá a komplexní, nicméně vzhledem k původnímu stavu, nezbytná. Objekt dosáhl konce své životnosti, bylo tedy nezbytné objekt zcela obnovit. Stavební a bourací práce, nová elektroinstalace, kanalizace atd. tedy do propočtu zahrnuty nebudou. Uvažované náklady se týkají pouze položek přímo související s vytápěním a přípravou TV: zateplení (vč. výměny oken a vstupních dveří) – uvádí tabulka č. 26 (příloha C) a celé otopné soustavy vč. příslušenství s ní souvisejících (orientační propočet nákladů uveden v příloze H).

7.2 VÝPOČET ROČNÍ ÚSPORY NÁKLADŮ

Roční úspora nákladů na vytápění a přípravu TV („E“ [Kč/rok]) je rovna rozdílu daných nákladů v původním ($E_{pův,r}$ [Kč/rok]) a navrhovaném novém ($E_{n,r}$ [Kč/rok]) stavu objektu.

$$E = E_{pův,r} - E_{n,r} \quad (20)$$

7.2.1 Roční spotřeba tepla na vytápění – původní stav

Výpočet roční spotřeby tepla pro vytápění ($Q_{ÚT,r}$ [MWh/rok]) byl proveden na základě následujícího vztahu:

$$Q_{ÚT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_e)} \quad (21)$$

- kde „ε“ [-] je opravný součinitel pro typ objektu a způsob regulace (některé hodnoty shrnuje tabulka č. 23 přílohy č. 3, pro řešený RD ε = 0,77); „η_0“ [-] je hodnota udávající účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy η_0 = 0,9 - 1,0; pro řešený RD volím η_0 = 0,93); „η_r“ [-] je hodnota udávající účinnost rozvodů vytápění dle provedení

(η_r = 0,95 – 0,98; pro řešený RD volím η_0 = 0,95); „Q_c“ [kW] je celková tepelná ztráta objektu; „D“ je počet vytápěcích denostupňů (D = d*(t_{is} – t_{es}); kde „d“ je počet dní topné sezóny (dle lokality, udává [2]), t_{is} vnitřní průměrná výpočtová teplota [°C]; t_{es} je průměrná venkovní teplota během topné sezóny [°C] (dle lokality, [2])); „t_e“ [°C] je venkovní výpočtová teplota.

Po dosazení průměrné vnitřní výpočtové teploty t_{is} = 24 °C (objekt byl poměrně hodně přetápěn) a hodnot udávaných lokalitou (d = 229 dní, t_{es} = 4 °C, t_e = -15 °C) s tepelnou ztrátou Q_c = 15 kW:

$$Q_{ÚT,r} = \frac{0{,}77}{0{,}93 * 0{,}95} * \frac{24 * 15 * 4580}{(24 - (-15))} = 36{,}8\ MWh/rok$$

7.2.2 Roční spotřeba tepla na přípravu TV – původní stav

Výpočet roční spotřeby tepla na přípravu TV ($Q_{TV,r}$ [MWh/rok]) byl proveden na základě následujících vztahů:

Pro výpočet denní spotřeby tepla pro ohřev TV:

$$Q_{TV,d} = (1 + z) * \frac{\rho * c * V_v * (t_2 - t_1)}{3600} \qquad (22)$$

- kde „z“ [-] je koeficient energetických ztrát systému (pro nové systémy se tato hodnota pohybuje okolo 50%, u takto staré stavby to může být až 75%, tzn. z = 0,75); „ρ“ [kg/m^3] je měrná hmotnost vody (ρ= 1000 kg/m^3); „c“ [J/(kg*K)] je měrná tepelná kapacita vody (c = 4186 J/(kg*K)); „V_v“ [m^3/den] je denní spotřeba teplé vody (V = 0,1 m^3/den) „t_1“ [°C] je teplota studené vody (t_1 = 10 °C); „t_2“ [°C] je teplota teplé vody (t_2 = 55 °C).

A pro výpočet roční spotřeby tepla pro ohřev TV:

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} * d + 0{,}8 * Q_{TV,d} * \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} * (N - d) \qquad (23)$$

- kde „d“ je počet dní topné sezóny (dle lokality, udává ČSN 06 0210), „t_{svl}“ [°C] je teplota studené vody v létě (t_{svl} = 15 °C); „t_{svz}“ [°C] je teplota studené vody v zimě (t_{svz} = 5 °C); „N“ je počet pracovních dní soustavy v roce (N = 365 dní)

Po dosazení:

$$Q_{TV,d} = (1 + 0{,}75) * \frac{1000 * 4186 * 0{,}1 * (55 - 10)}{3600} = 9{,}2\ kWh/den$$

$$Q_{TV,r} = 9{,}2 * 229 + 0{,}8 * 9{,}2 * \frac{55 - 15}{55 - 5} * (365 - 229) = 2908\ kWh/rok = 2{,}9\ MWh/rok$$

7.2.3 Celková roční spotřeba tepla – původní stav

Celková roční spotřeba tepla je pak jednoduchým součtem roční spotřeby tepla na vytápění a pro ohřev TV:

$$Q_{p\mathring{u}v,r} = Q_{\acute{U}T,r} + Q_{TV,r} \quad (24)$$

$$Q_{p\mathring{u}v,r} = 36{,}8 + 2{,}9 = 39{,}7\ MWh/rok = 143{,}1\ GJ/rok$$

7.2.4 Celková roční spotřeba tepla – nový stav

Metodika výpočtu je úplně stejná jako v bodech 7.2.1-3, s těmito odlišnými hodnotami: teplená ztráta Q_c = 4,15 kW, průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} = 21 °C, součinitel pro typ objektu a způsob regulace ε = 0,77, účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy (řešený RD s automatickou ekvitermní regulací) η_0 = 0,98, účinnost rozvodů vytápění dle provedení η_r = 0,97, denní spotřeba teplé vody V_v = 0,12 m^3/den, koeficient energetických ztrát systému z = 0,5.

Po dosazení do vztahů (21), (22), (23) a (24):

$$Q_{\acute{U}T,r} = \frac{0{,}69}{0{,}98 * 0{,}97} * \frac{24 * 4{,}15 * 3893}{(21 - (-15))} = 7{,}8\ MWh/rok$$

$$Q_{TV,d} = (1 + 0{,}5) * \frac{1000 * 4186 * 0{,}12 * (55 - 10)}{3600} = 9{,}4\ kWh/den$$

$$Q_{TV,r} = 9{,}4 * 229 + 0{,}8 * 9{,}4 * \frac{55 - 15}{55 - 5} * (365 - 229) = 2971\ kWh/rok = 3\ MWh/rok$$

$$Q_{n,r} = 7{,}8 + 3 = 10{,}8\ MWh/rok = 38{,}9\ GJ/rok$$

7.2.5 Roční náklady na vytápění – původní stav

Roční náklady na vytápění byly propočítány podle ceníkových cen dostupných na internetu k 1. 5. 2014. K výpočtu byla použita online kalkulačka „*Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva*" na stránkách www.tzb-info.cz. Roční náklady na vytápění jsou přehledně shrnuty v tabulce č. 24 (příloha C)

7.2.6 Roční náklady na vytápění – nový stav

Roční náklady na vytápění pro nový (navrhovaný) stav jsou shrnuty v tabulce č. 25 (příloha C).

7.2.7 Shrnutí

Dle předloženého propočtu ročních nákladů je zřetelná velmi významná úspora nákladů na vytápění. Po dosazení do vztahu (20):

$$E = E_{p\mathring{u}v,r} - E_{n,r} = 64815 - 18046 = 46\,769\ K\check{c}/rok$$

7.3 NÁVRATNOST INVESTICE

7.3.1 Výpočet

V případě stagnace cen dodávek plynu, lze vypočítat teoretickou návratnost investice „L“ [roky]. Výpočet je jednoduchý podíl celkových nákladů „X“ a roční úspory „E“:

$$L = \frac{X}{E} \tag{25}$$

Po dosazení:

$$L = \frac{909\,000}{46769} = 19{,}44 = 19{,}5\,roku$$

Tato návratnost platí, pro případ nezměněných ročních nákladů na celkovou spotřebu tepla a uvedených maximálních investičních nákladů.

Životnost otopné soustavy se pohybuje kolem 15-20 let, životnost oken, dveří a zateplovacího systému je alespoň 30 let.

7.3.2 Shrnutí

Investice tohoto typu i přes relativně vysokou dobu teoretické (ideální) návratnosti se v každém případě vyplatí. Nejen že je zajištěno pohodlné vytápění domu, je také ekonomické a díky tomu také ekologičtější. Na následujících několik desítek let bude objekt vyžadovat pouze opravy a úpravy minimálního rozsahu. Objekt je tak po revitalizaci moderní, úsporný a jeho hodnota se několikanásobně zvýšila.

7.4 SROVNÁNÍ ELEKTŘINY A PLYNU

Tento bod se zabývá srovnáním ročních nákladů na celkovou spotřebu tepla, pokud by místo zdroje plynového byl navržen zdroj elektrický. Vstupní parametry – roční spotřeba tepla na vytápění a ohřev TV zůstávají stejné. Výpočet byl, stejně jako v bodě 7.2.5, proveden pomocí online kalkulačky „*Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva*” na stránkách *www.tzb-info.cz*. Srovnání ročních nákladů při instalaci plynového kondenzačního kotle (s účinností 102%), elektrokotle (s účinností 99%) obsahuje tabulka č. 27 přílohy C.

Výsledek srovnání dopadl dle očekávání, použití elektrického zdroje by v tomto případě bylo neekonomické. Vytápění elektřinou stále patří mezi nejdražší způsoby vytápění, a tento příklad to potvrzuje.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala zateplením a zrekonstruováním zastaralého rodinného domu u konce své životnosti. Cílem bylo zjistit, zda se taková investice vyplatí, jaké budou její dopady a popsat způsob, jakým by celý proces revitalizace probíhal.

Základem byla vytvořená výkresová část vč. řezů a půdorysů původního a nového stavu. Byly zhodnoceny stávající konstrukce a na základě tohoto posouzení byl proveden výpočet tepelných ztrát – pro původní stav to byla velmi vysoká alarmující hodnota přesahující 15 kW. Vzhledem k vysokým nákladům a nespolehlivosti otopného systému byl zpracován návrh na celkovou revitalizaci a výměnu otopného systému. Se zdůvodněním byl vybrán způsob zateplení spolu s drobnými stavebními úpravami. Byl opětovně proveden výpočet tepelné ztráty již zatepleného objektu – pro nový stav vyšla hodnota 4,16 kW. Stávající otopná soustava vč. těles, rozvodů, příslušenství i samotného zdroje tepla byla demontována, a vyměněna. Součástí práce je také srovnání a výběr vhodného paliva, na jehož základě bylo rozhodnuto, že stávající plynová přípojka bude i v budoucnu využívána, a plyn bude nadále sloužit jako zdroj tepla. Jako zdroj tepla byl vybrán plynový kondenzační kotel firmy Buderus. Vytápění objektu budou zajišťovat desková otopná tělesa, s doplněním o trubková otopná tělesa a elektrické topné rohože. Byl také navržen nový způsob přípravy teplé vody – teplá voda bude připravována v nepřímotopném zásobníku také od firmy Buderus. V závěrečné kapitole byly zpracovány propočty ročních nákladů na spotřebu tepla jak pro původní stav, tak pro nový stav po zateplení. Roční náklady před zateplením dosahovaly až 65 tis. Kč, kdežto po zateplení a revitalizaci pouze 18 tis. Kč. Rozdílem těchto dvou hodnot je velmi významná dosažená roční úspora. Pokud by investor žádal aspoň orientační teoretickou návratnost investice, byla propočítána její výše vč. položkového rozpočtu na výměnu otopné soustavy. Tato se zdá vysoká, ale vzhledem k rozsahu rekonstrukce je pochopitelná. Pro zrealizování popsaných změn svědčí havarijní stav původního vybavení a nedostatečnost původních konstrukcí, snížení energetické náročnosti objektu, spolehlivost nově instalovaných zařízení s velkou mírou komfortnosti a modernizace objektu. S tímto jde ruku v ruce také velmi razantní zvýšení hodnoty rodinného domu. Troufám si tvrdit, že pokud by vlastník chtěl objekt zachovat a nadále využívat, neměl by jinou možnost, než se do popsané revitalizace pustit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ČSN EN 12 831. Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu. 2005. Český normalizační institut. Praha. 76 s.

[2] ČSN 06 0210. Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. 1994. Český normalizační institut. Praha. 28 s.

[3] ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin. 2005. Český normalizační institut. Praha. 96 s.

[4] ČSN 73 0540-4. Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. 2005. Český normalizační institut. Praha. 60 s.

[5] ČSN EN ISO 6964. Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda. 2008. Český normalizační institut. Praha. 28 s.

[6] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. 2011. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 56 s.

[7] ČSN 75 5455. Výpočet vnitřních vodovodů. 2007. Český normalizační institut. Praha. 52 s.

[8] Technické zařízení budov, stavebnictví, úspory energie [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.tzb-info.cz/ >.

[9] Nejširší nabídka tepelných, zvukových a protipožárních izolací [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.isover.cz/ >.

[10] Ceník dřevených a plastových oken [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.okna.cz/ceník/ >.

[11] Článek: „Plastová či dřevěná okna? Která jsou lepší v čem" [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://bydleni.idnes.cz/plastova-ci-drevena-okna-ktera-jsou-lepsi-a-v-cem-ft7-/stavba.aspx?c=A081005_125324_stavba_web >.

[12] Výroba a prodej oken [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.pksokna.cz/ >.

[13] Zelené střechy [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.optigreen.cz/ >.

[14] Článek: „Vytápění kapalnými palivy – princip a využití" [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.infobydleni.cz/news/vytapeni-kapalnymi-palivy-princip-a-vyuziti/ >.

[15] Článek: „Vytápění přímotopy: vývoj cen a budoucnost" [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.penize.cz/spotrebitel/255226-vytapeni-primotopy-vyvoj-cen-a-budoucnost >.

[16] Popis elektrické topné rohože typu LSDTS 12070-165 [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.podlahove-topeni.eu/lsdts-12070165-samolepici-rohoz-70-w-05-m2-p206 >.

[17] Výpočet velikosti expanzní nádoby [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < http://www.regulus.cz/cz/vypocet-velikosti-expanzni-nadoby >.

[18] Online katalogy deskových a trubkových těles [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupný z WWW: < *www.korado.cz* >.

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA	NÁZEV	POČET STRAN
A	Výpočet tepelných ztrát – původní stav	4 A4
B	Výpočet tepelných ztrát – nový stav	4 A4
C	Tabulky č. 1 – 27	11 A4
D	Výkresová část (výkresy č. 01 – 10)	4 A4, 6 A3
E	Technické listy otopných těles	5 A4
F	Grafy č. 1 – 2	3 A4
G	Technická zpráva	6 A4
H	Orientační propočet nákladů	3 A4

PŘÍLOHY