

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**REKONSTRUKCE VYTÁPĚNÍ ŘADOVÉHO DVOJDOMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

MARTIN ČESÁK

Č.3 – BS – 2016

# České vysoké učení technické v Praze

## Fakulta strojní

Ústav techniky prostředí

Akademický rok: 2015/2016

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Jméno studenta(ky):** Martin ČESÁK**Studijní program:** Strojírenství**Obor:** Technika životního prostředí**Název česky:** Rekonstrukce vytápění řadového dvojdomu**Název anglicky:** Reconstruction of Heating System  
in a Semi-Detached House

#### Zásady pro vypracování:

Navrhněte rekonstrukci 1/2 stávajícího řadového rodinného dvojdomku. Zajistěte, aby jednotlivé stavební konstrukce splňovaly tepelně-technické požadavky kladené příslušnou normou na součinitel prostupu tepla. Spočítejte tepelné ztráty dle příslušné evropské normy a navrhněte systém vytápění společně s přípravou teplé vody a výpočtem předpokládaných provozních nákladů. Zabývejte se vhodnou regulací systému. Závěrem můžete uvést nutné investice a návratnost zvoleného systému vytápění.

**Rozsah grafických prací:** Dle potřeby, minimálně však výkresy půdorysů s vyznačením navržené otopné soustavy a rozvinuté schéma.

**Rozsah průvodní zprávy:** Dle potřeby do vyčerpání tématu.

**Seznam odborné literatury:**

- 1) BROŽ, Karel. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02536-5.
- 2) BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02365-6
- 3) BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní*. 3., přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, odborná sekce vytápění, 2008. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02064-6.
- 4) BAŠTA, Jiří. *Výkresová dokumentace ve vytápění*. 2., přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 80-02-01465-0.
- 5) JIROUT, Vladimír. *Příprava teplé vody*. 2., přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2007. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-01910-7.
- 6) LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 80-02-01466-9.

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Jindřich Boháč

**Konzultant:** -


**Datum zadání bakalářské práce:** 18. 4. 2016

**Termín odevzdání bakalářské práce:** 29. 6. 2016


Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu a tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

*Diplomant (student) bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou (bakalářskou) práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové (bakalářské) práci.*

Zadání bakalářské práce převzal dne:

  
 Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
 Vedoucí ústavu



  
 .....  
 student

Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
 Děkan fakulty

V Praze dne 18. 4. 2016

## **SOUHRN**

Tato bakalářská práce řeší rekonstrukci vytápění řadového dvojdomu. Byly ověřeny tepelně technické parametry stavebních konstrukcí a případně doplněny vhodnými stavebními konstrukcemi, aby splnily normu ČSN 73 0540-2/2011. Pro rodinný dům byly vypočítány tepelné ztráty dle normy ČSN EN 12831. Následoval návrh kondenzačního zdroje tepla a otopných těles navržené na teplotní spád 55/40 [°C]. Pro rodinný dům byla spočítána potřeba tepla na vytápění a na přípravu teplé vody a navržen zásobník. Závěrem bylo provedeno finanční zhodnocení a návrat investic.

## **SUMMARY**

This bachelor thesis is dedicated to a heating construction of a semi-detached house. Technical heating parameters of engineering construction have been verified and updated with suitable engineering constructions in order to comply with the standard ČSN 73 0540-2/2011. Thermal losses have been calculated for this house in accordance with standard ČSN EN 12831. Moreover, a condensation heat source and heating bodies have been designed for temperature gradient 55/40 [°C]. Finally, a heat demand for heating and warming up water has been calculated and a warming up water tank has been designed. In conclusion, financial assessment has been performed and investment return has been determined.

## **PROHLÁŠENÍ O SAMOSTATNÉM VYPRACOVÁNÍ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Rekonstrukce vytápění řadového dvojdomu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jindřicha Boháče., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 19. 6. 2016

Martin Česák

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Jindřichu Boháčovi za velmi cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji rodičům za umožnění studia na této univerzitě.

## OBSAH

ZNAČKY A JEDNOTKY .....	5
1. ÚVOD .....	8
2. SKLADBA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ .....	9
2.1 Obvodová konstrukce .....	9
2.2 Vnitřní konstrukce .....	9
2.3 Podlaha přilehlá k zemině .....	10
2.4 Podlaha mezi prostory s rozdílem teplot do 5 [°C] (2. NP) .....	10
2.5 Strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru .....	11
2.6 Strop k venkovnímu prostředí .....	11
2.7 Otvorové výplně .....	12
3. SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA .....	13
3.1 Použité vzorce .....	13
4. TEPELNÉ ZTRÁTY .....	15
4.1 Celková tepelná ztráta .....	15
4.1.1 Tepelná ztráta prostupem .....	16
4.1.2 Tepelná ztráta větráním .....	18
4.1.3 Vyhodnocení celkových tepelných ztrát .....	19
5. OTOPNÁ SOUSTAVA .....	21
5.1 Návrh teplotního spádu .....	23
5.2 Vzorový výpočet teplotního spádu .....	24
6. OTOPNÁ TĚLESA .....	26
6.1 Druhy otopných těles .....	26
6.2 Instalovaná desková a trubková otopná tělesa .....	27
6.3 Přepočet tepelného výkonu otopného tělesa .....	29
7. TLAKOVÉ ZTRÁTY POTRUBNÍ SÍTĚ .....	32
7.1 Hydraulické vyvážení .....	34
8. ZDROJ TEPLA A PŘÍPRAVA TV .....	36
8.1 Zdroj tepla .....	36
8.2 Příprava teplé vody .....	41
8.2.1 Výpočet objemu zásobníku .....	41
9. REGULACE .....	43

10. ZABEZPEČOVACÍ A POJISTNÉ ZAŘÍZENÍ.....	45
10.1 Pojistné zařízení.....	45
10.2 Zabezpečovací zařízení.....	45
11. POTŘEBA TEPLA A PALIVA.....	47
11.1 Potřeba tepla na vytápění.....	47
11.2 Potřeba tepla na přípravu teplé vody.....	48
11.3 Potřeba paliva a jeho cenové zhodnocení .....	49
12. FINANČNÍ ZHODNOCENÍ A NÁVRATNOST INVESTIC...	51
13. ZÁVĚR.....	53
Seznam literatury.....	55
Seznam příloh.....	57

**ZNAČKY A JEDNOTKY**

<b>Označení</b>	<b>Název</b>	<b>Jednotka</b>
$c$	- Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
	- Teplotní podílový součinitel	[-]
$d$	- Počet dnů v otopném období	[den]
	- Skutečný vnitřní průměr potrubí (dle tabulky)	[m]
	- Tloušťka konstrukce	[m]
$e$	- Opravná součinitel	[-]
$f_{g1}$	- Korekční činitel	[-]
$f_{g2}$	- Redukční teplotní činitel	[-]
$f_{\Delta t}$	- Opravný součinitel na teplotní rozdíl	[-]
$g$	- Tíhové zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$h$	- Výška vodního sloupce	[m]
$k_v$	- Jmenovitý průtok armaturou	[m <sup>3</sup> /h]
$l$	- Délka uvažovaného úseku	[m]
$L$	- Délka	[m]
$\dot{m}$	- Hmotnostní průtok	[kg/s]
$n$	- Součinitel zvětšení objemu	[-]
	- Teplotní exponent otopného tělesa	[-]
$p$	- Tlak	[kPa]
$t$	- Teplota	[°C]
$t_1$	- Průměrná teplota přiváděné studené vody	[°C]
$t_2$	- Teplota ohřáté vody	[°C]
$w$	- Dopravní rychlosti v soustavě	[m/s]
$w_{opt}$	- Optimální ekonomická rychlost	[m/s]
$x_p$	- Spínací diference pro dohřev TV	[K]
$y$	- Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV	[-]
$z$	- Poměrný koeficient ztrát závislí na délce rozvodů	[-]
$A_g$	- Plocha podlahové konstrukce	[m <sup>2</sup> ]
$A_k$	- Plocha stavební části	[m <sup>2</sup> ]
$B'$	- Charakteristický parametr	[m]
$C$	- Poplatky	[Kč]
$G_w$	- Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
$H$	- Součinitel tepelné ztráty	[W/K]
	- Výška	[m]
$H_U$	- Výhřevnost zemního plynu	[GJ/m <sup>3</sup> ]
$P$	- Obvod podl. konstrukce oddělující vytápěný prostor od venkovního	[m]
$Q_{celk}$	- Celková potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody	[GJ]
$Q_{vyt,skut}$	- Skutečná potřeba tepla na vytápění	[GJ]
$Q_{vyt,teor}$	- Teoretická potřeba tepla na vytápění	[GJ]
$\dot{Q}_c$	- Celková tepelná ztráta objektu	[W]



$\dot{Q}_{k,N}$	- Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla	[W]
$\dot{Q}_{N,OT}$	- Jmenovitý výkon tělesa	[W]
$\dot{Q}_{sk,OT}$	- Skutečný výkon tělesa	[W]
$\dot{Q}_m$	- Tepelný výkon otopného tělesa (těles)	[W]
$R$	- Měrná tlaková ztráta	[Pa/m]
	- Tepelný odpor při vedení tepla konstrukcí	[m <sup>2</sup> .K/W]
$R_{EXT}$	- Tepelný odpor při přestupu na venkovní straně konstrukce	[m <sup>2</sup> .K/W]
$R_{INT}$	- Tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně konstrukce	[m <sup>2</sup> .K/W]
$U$	- Součinitel prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> .K]
$V_{2P}$	- Potřeba vody pro objekt	[m <sup>3</sup> /den]
$V$	- Objem	[l]
$\dot{V}$	- Objemový průtok pro dané těleso	[m <sup>3</sup> /h]
$Z$	- Tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta U_{ibm}$	- Korekční činitel	[W/m <sup>2</sup> .K]
$\Delta p$	- Tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta p_0$	- Základní tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta t$	- Aritmetický, logaritmický určený rozdíl teplot	[K]
$\Delta t_N$	- Jmenovitý teplotní rozdíl	[K]
$\Delta t_w$	- Teplotní spád otopné soustavy	[K]
$\varepsilon$	- Opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek	[-]
$\eta$	- Stupeň využití EN	[-]
$\alpha_{i,OK}$	- Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně okna	[W/m <sup>2</sup> .K]
$\theta$	- Výpočtová teplota	[°C]
$\lambda$	- Součinitel tepelné vodivosti	[W/m.K]
	- Součinitel tření	[-]
$\rho$	- Hustota proudící kapaliny	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\Phi$	- Tepelná ztráta	[W]
$\tau_a$	- Doba ohřevu teplé vody	[s]
$\tau_{Návrat}$	- Doba Návratnosti investice	[rok]

**INDEXY**

<i>b</i>	- Barometrický
<i>c</i>	- Celková s otopnými tělesy
<i>d</i>	- Zkrácení doby provozu otopné soustavy při přerušovaném vytápění
<i>d, dov, A</i>	- Nejnižší dovolený absolutní
<i>e</i>	- Venkovní oblastní
<i>equiv,bf</i>	- Ekvivalentní
<i>es</i>	- Průměrná venkovní za otopné období
<i>h, dov</i>	- Nejvyšší dovolený pracovní
<i>h, dov. A</i>	- Nejvyšší dovolený absolutní
<i>i</i>	- Celková
	- Vnitřní
<i>int, i</i>	- Vnitřní výpočtová
<i>is</i>	- Průměrná vnitřní výpočtová
<i>m</i>	- Místními odpory
<i>me</i>	- Průměrná venkovní
<i>t</i>	- Snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění
	- Třením
<i>w<sub>1</sub></i>	- Přívodní vody
<i>w<sub>2</sub></i>	- Vratné vody
<i>ztr</i>	- Celková
Celkem	- Celkové roční
<i>DOP</i>	- Doporučené hodnoty
<i>EN</i>	- Expanzní nádoba
EN –T	- Minimální požadovaný
<i>N</i>	- Normované hodnoty
Poplatek	- Paušální
<i>RŠ</i>	- Regulační šroubení
<i>S</i>	- Vody v soustavě
<i>SKUT</i>	- Skutečné hodnoty
<i>T</i>	- Dané konstrukce
<i>T, i</i>	- Prostupem tepla
<i>T, ie</i>	- Prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního (e) pláštěm budovy
<i>T, ig</i>	- Do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)
<i>T, iue</i>	- Z prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)
<i>TRV</i>	- Termostatický regulační ventil
<i>TV</i>	- Na přípravu teplé vody
<i>V, i</i>	- Větráním
<i>VKL</i>	- Ventil – kompak – levé spodní zapojení
Vyt	- Na vytápění
<i>Z</i>	- Zásobníku

## 1. ÚVOD

Lidé se od nepaměti snaží vylepšovat své domovy. Přesto dříve nebyli tak náchylní na změny počasí a dokázali žít i ve velmi nepříznivých podmínkách, ale během vývoje člověka došlo k touze vylepšovat své životní podmínky. Proto člověk začal věnovat svůj čas a investice nejen obživě rodiny, ale i novým technologiím ve stavebnictví a vytápění. Tato snaha měla velký vliv na vývoj těchto oborů, kdy došlo k vylepšení konstrukčních a tepelně technických vlastností budov. Mělo to však i negativní dopady na člověka, kdy během této doby postupně přicházel o svojí fyzickou odolnost proti nepřízni počasí a je závislý na energiích dnešní doby. Technologie se posouvá velmi rychle kupředu a lidé se o vylepšení zajímají a chtějí rekonstruovat svoje obydlí, tak aby v nich byla zajištěna tepelná pohoda a zároveň snížili nároky na energie a finance. Dnešní technologie ve vytápění nekladou na uživatele vesměs žádné časové nároky na obsluhu a chod zdroje, pouze jen občasnou údržbu, většinou prováděnou specializovanou firmou. Proto tato bakalářská práce řeší rekonstrukci vytápění rodinného domu. Nejdříve byly zjištěny stávající konstrukce, byly případně doplněny tak, aby splňovaly příslušné tepelně – technické vlastnosti a v závislosti na tom byly vypočítány tepelné ztráty řešeného objektu. Následně byl vybrán zdroj tepla, který tvoří kondenzační kotel. V dnešní době jsou kondenzační kotle nejčastěji využívané pro vytápění rodinných domů, poté byl navržen typ potrubní sítě. Nesmíme zapomenout také na vhodnou volbu regulace, tak aby byla zajištěna tepelná pohoda osob v místnostech pobytu a hospodárnost zdroje tepla. Jedním z důležitých kritérií je finanční zhodnocení realizace rekonstrukce a její návratnost, která byla v této bakalářské práci také zhodnocena.

## 2. SKLADBY STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Součástí zadání bakalářské práce bylo ověření, případně navržení skladeb stavebních konstrukcí. Finální konstrukce splňují požadavky na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{DOP}$  [W/m<sup>2</sup>.K] dle normy ČSN 73 0540-2/2011. U tepelné izolace byla uvažována možnost zhoršení hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/m.K] o 5 % z důvodu špatného skladování, montáže nebo navlhnutí.

### 2.1 Obvodová konstrukce

Obvodová konstrukce je nyní řešena pouze zdivem POROTHERM 36,5 P+D od firmy Wienerberger. Cihly POROTHERM 36,5 P+D jsou určeny pro omítané jednovrstvé obvodové nosné i nenosné zdivo tloušťky 365 [mm] s vysokými nároky na tepelný odpor a tepelnou akumulaci stěny. Bylo nutné přidat izolaci Isovi TF Profi tloušťky 80 [mm]. V místě, kde dochází ke styku se sousedním rodinným domem, nebude nosné zdivo izolováno a předpokládá se, že ve vedlejší domě je převažující návrhová teplota 20 [°C]. Izolační fasádní desky jsou z minerálních vláken. Výroba je založena na metodě rozvláknování taveniny směsi hornin a dalších příměsí a přísad. Vláknina jsou po celém povrchu hydrofobizována a mají převážně podélnou orientaci k rovině stěny. Desky je nutné v konstrukci chránit vhodným způsobem (vrstvy kontaktního zateplovacího systému) [L1]. Dále bude použita vápenocementová omítka na vnější i vnitřní stranu stěny o tloušťce 20 [mm] Baumit Manu 2 od firmy Baumit. Podklad musí být pevný, bez uvolňujících se částic, zbařený prachu, nátěru, a solných výkvětů. Musí být dostatečně drsný, suchý a rovnoměrně nasákavý. Povrch nesmí být vodoodpudivý [L2].

### 2.2 Vnitřní konstrukce

Vnitřní konstrukce je tvořena zdivem POROTHERM 11,5 P+D od firmy Wienerberger. Cihly POROTHERM 11,5 P+D se používají pro zdivo vnitřních příček tloušťky 115 [mm], případně pro vnější omítanou část obvodového vrstveného zdiva v kombinaci s tepelným izolantem a vnitřní nosnou částí. Lze je též použít jako přízdívku tepelné izolace v místě železobetonových ztužujících věnců [L3]. Toto zdivo plní součinitel prostupu tepla  $U_{DOP}$  [W/m<sup>2</sup>.K] i bez přidání tepelné izolace. Dále je použita vápenocementová omítka Baumit Manu 2 od firmy Baumit o tloušťce 20 [mm].

### 2.3 Podlaha přilehlá k zemině

Skladba podlahy přilehlé k zemině:

Plovoucí podlaha Rumba o tloušťce 13 [mm]

Cementová malta o tloušťce 4 [mm]

Železobeton o tloušťce 50 [mm]

Izolace ISOVER EPS 100Z o tloušťce 120 [mm]

Hydroizolační folie PENEFOL 650 o tloušťce 2 [mm]

Betonová mazanina o tloušťce 6 [mm]

Beton hutný o tloušťce 400 [mm]

### 2.4 Podlaha mezi prostory s rozdílem teplot do 5 [°C] (2.NP)

Skladba podlahy mezi prostory s rozdílem teplot do 5 [°C]:

Plovoucí podlaha Rumba o tloušťce 13 [mm]

Vápenocementová omítka o tloušťce 15 [mm]

Železobeton o tloušťce 50 [mm]

Izolace ISOVER N o tloušťce 50 [mm]

Hydroizolační folie PENEFOL 650 o tloušťce 2 [mm]

POROTHERM MIAKO o tloušťce 190 [mm]

POROTHERM strop tvořený cihelnými vložkami MIAKO a stropními nosníky vyztuženými svařovanou prostorovou výztuží je možno použít v běžném i vlhkém prostředí.

Hydroizolace je druh stavební izolace, která zabraňuje nežádoucímu průniku vody. Hydroizolace je tvořena neprodyšnou vrstvou vodě odolných materiálů. Použijeme ji v místech, kde hrozí průnik vody a vznik vlhkosti - nejčastější v půdních prostorách, střeších, koupelnách. Hydroizolace chrání tepelnou izolaci.

## 2.5 Strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru

Skladba stropu z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

Vápenocementová omítka o tloušťce 15 [mm]

Železobeton o tloušťce 50 [mm]

Izolace ISOVER UNIROL PROFI o tloušťce 180 [mm]

Hydroizolační folie PENEFOFOL 650 o tloušťce 2 [mm]

POROTHERM MIAKO o tloušťce 190 [mm]

Izolace ISOVER UNIROL PROFI je vyrobena ze skelné plsti, která má po celém svém povrchu hydrofobizovaná vlákna. Izolaci musíme v konstrukci chránit proti vnikání vlhkosti (hydroizolace). Izolace je ekologicky a hygienicky nezávadná a odolná vůči plísním, houbám a dřevokaznému hmyzu. Tento typ tepelné izolace má nejen výborné tepelně-izolační vlastnosti, ale slouží i jako akustická izolace [L4].

## 2.6 Strop k venkovnímu prostředí

Strop nad venkovním prostorem:

Vápenocementová omítka o tloušťce 15 [mm]

Železobeton o tloušťce 50 [mm]

Izolace ISOVER T o tloušťce 120 [mm]

Izolace ISOVER S o tloušťce 120 [mm]

Izolace ISOVER SD o tloušťce 20 [mm]

Hydroizolační folie PENEFOFOL 650 o tloušťce 2 [mm]

POROTHERM MIAKO o tloušťce 190 [mm]

Izolace ISOVER T je po celém svém povrchu hydrofobizována. Desky je nutné v konstrukci vhodným způsobem chránit (hydroizolace). Tento druh izolace se používá jako spodní vrstva pod další roznášecí tepelně-izolační vrstvy. Tato izolace je doplněna o izolaci ISOVER S, která má stejné podmínky pro pokládání jako předešlá izolace. Doplnkovou izolací je ISOVER SD, který má funkci spádových desek, pro vytvoření spádu a odvod dešťové vody k střešní vpusti [L5].

## **2.7 Otvorové výplně**

Stávající otvorové výplně jsou v rodinném domě vyhovující, proto nedojde k výměně oken ani dveří. Okenní otvory i vnější a vnitřní dveře jsou dodány od firmy VEKRA.

Rozměry oken:

Okna VEKRA 1200 x 1200 [mm]

Okna VEKRA 1500 x 1500 [mm]

Rozměry dveří:

Vnější dveře VEKRA 800 x 1970 [mm]

Vnitřní dveře VEKRA 800 x 1970 [mm]

### 3. SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA

Tato bakalářská práce řeší rekonstrukci rodinného domu, kde dojde k navržení či doplnění vhodných stavebních konstrukcí a tepelné izolace. Dveře a okna jsou v rodinném domě po nedávné výměně a jsou v dobrém stavu, proto nepotřebují výměnu za nová. Pro řadový rodinný dům byly součinitele prostupu tepla  $U_N$  [W/m<sup>2</sup>.K] vypočítány tak, aby splnily normu ČSN 73 0540-2/2011 na doporučené součinitele prostupu tepla  $U_{DOP}$ . [W/m<sup>2</sup>.K], [L6].

Tab. 1 Požadované, doporučené a vypočítané součinitele prostupu tepla  $U_N$ ,  $U_{SKUT}$  [W/m<sup>2</sup>.K]

Popis konstrukce	$U_N$ [W/m <sup>2</sup> .K]		$U_{SKUT}$ . [W/m <sup>2</sup> .K]
	Požadované	Doporučené	
Stěna vnější	0,30	0,20	<b>0,199</b>
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,70	<b>0,333</b>
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C	2,70	1,80	<b>1,554</b>
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	<b>0,279</b>
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C	2,20	1,45	<b>1,151</b>
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	<b>0,180</b>
Strop k venkovnímu prostředí	0,24	0,16	<b>0,157</b>
Dveře vnější	1,7	1,2	<b>1,8</b>
Dveře vnitřní	3,5	2,3	<b>2,6</b>
Okna	1,5	1,2	<b>1,3</b>

Z výše uvedené tabulky (Tab. 1), ve které jsou uvedeny součinitele prostupu tepla, je pro daný projekt rekonstrukce rodinného domu zřejmé, že konstrukce až na otvorové výplně splňují doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{DOP}$ . [W/m<sup>2</sup>.K]. Otvorové výplně byly povýšeny z důvodu, že nedojde k jejich výměně a možnému zhoršení součinitele prostupu tepla.

#### 3.1 Použité vzorce

Součinitel prostupu tepla  $U_{SKUT}$  [W/m<sup>2</sup>.K], [L7]

$$U_{SKUT} = \frac{1}{R_{INT} + \sum R + R_{EXT}} = \frac{1}{R_{INT} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{EXT}} \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}], \quad (1)$$

kde  $R_{INT}$  Tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně konstrukce [m<sup>2</sup>.K/W],

$R_{EXT}$  Tepelný odpor při přestupu na venkovní straně konstrukce [m<sup>2</sup>.K/W],

$R$  Tepelný odpor při vedení tepla konstrukcí [m<sup>2</sup>.K/W],



$\lambda$       Součinitel tepelné vodivosti      [W/m .K],

$d$       Tloušťka konstrukce      [m].

Předem zvolená podmínka:

$$U_{SKUT} \leq U_{DOP} \text{ [W/m}^2\text{.K]}, \quad (2)$$

kde  $U_{SKUT}$       Skutečný vypočítaný součinitel prostupu tepla      [W/ m<sup>2</sup> .K],

$U_{DOP}$       Doporučený součinitel prostupu tepla      [W/ m<sup>2</sup> .K].

## 4. TEPELNÉ ZTRÁTY

Výpočet tepelných ztrát slouží k návrhu tepelného výkonu, který bude předáván otopnou soustavou. Tepelný výkon musí hradit vypočítanou tepelnou ztrátu v místnostech tak, aby v nich byla zajištěna tepelná pohoda osob. Tepelná ztráta se rozděluje na dvě části - tepelná ztráta prostupem a tepelná ztráta větráním. Po následném prostém sečtení je zjištěna celková tepelná ztráta pro danou řešenou místnost nebo objekt. Výpočet tepelných ztrát rodinného řadového domu byl proveden dle normy ČSN EN 12831 [L8]. Tato norma je platná od roku 2005, kdy nahradila dříve používanou a již zrušenou normu ČSN 060210. Zavedená nová norma přímo zohledňuje tepelné mosty ve výpočtech. Ve zrušené normě ČSN 060210 se tepelné mosty ve výpočtech nevyskytují, ale byly zohledněny v podobě přírážek k hodnotě součinitele prostupu tepla. Tepelné mosty mohou vzniknout špatným provedením stavebních prací nebo nevhodným výběrem stavebního materiálu. Dochází k většímu tepelnému toku či vzniku chladných stěn v interiéru. Tepelné mosty mají velmi negativní vliv na energetickou bilanci budovy, která má za následek zvýšení provozních nákladů. V oblasti výskytu tepelného mostu může dojít ke vzniku kondenzace vodních par na chladném povrchu a tím dochází nejen k narušení konstrukce, ale k možnému vzniku plísní a alergenů. Takové prostředí je pak nevhodné pro pobyt osob [L9].

Rodinný dům se nachází v oblasti Praha s venkovní oblastní výpočtovou teplotou  $\theta_e = -12$  [°C]. Vnitřní výpočtové teploty  $\theta_{int,i}$  byly zvoleny dle normy s ohledem na tepelnou pohodu uživatele. Teplota koupelny  $\theta_{int,i} = 24$  [°C], teplota chodby, technické místnosti a garáže  $\theta_{int,i} = 15$  [°C]. Ostatní místnosti mají teplotu  $\theta_{int,i} = 20$  [°C].

### 4.1 Celková tepelná ztráta

Výpočet tepelných ztrát u řadového rodinného domu byl proveden dle normy ČSN EN 12831. Postup výpočtu dle této normy patří k základním znalostem, a proto zde uvedu pouze popis zvolených hodnot či zjednodušení výpočtu.

Pro výpočet tepelných ztrát byla využita zjednodušená metoda, která zohledňuje tepelné mosty dle klasifikace budov  $\Delta U_{t_{bm}}$  [W/m<sup>2</sup>.K] definující budovy dle výsledného řešení.

Celková tepelná ztráta  $\Phi_i$  [W]

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]}, \quad (3)$$

kde  $\Phi_{T,i}$  Tepelná ztráta prostupem [W],

$\Phi_{V,i}$  Tepelná ztráta větráním [W].

#### 4.1.1 Tepelná ztráta prostupem

Tepelná ztráta prostupem  $\Phi_{T,i}$  [W] je obecně řečeno tepelný tok do vnějšího nebo vnitřního prostředí okolními plochami. Tepelná ztráta prostupem podle ČSN EN 12831 obsahuje součinitele tepelné ztráty prostupem, které se dělí na prostupy z vnitřního vytápěného prostoru do venkovního, zeminy, vnitřního prostoru vytápěného na jinou vnitřní výpočtovou teplotu.

Korekční činitel  $\Delta U_{tbn}$  [W/m<sup>2</sup>.K]

Pro řešení této bakalářské práce byla zvolena klasifikace budovy jako typové (opakované) řešení. Korekční činitel  $\Delta U_{tbn}$  [W/m<sup>2</sup>.K] volím dle normy ČSN 730540 – 4 [L6]. Korekční činitel slouží ke stanovení součinitele prostupu tepla zjednodušenou metodou, dle profesora Vaverky. Jedná se o navýšení součinitele prostupu tepla  $U_{SKUT}$  [W/m<sup>2</sup>.K] vlivem tepelných mostů mezi jednotlivými stavebními konstrukcemi.

Tab. 2 Tabulka pro klasifikaci korekčního činitele  $\Delta U_{tbn}$  [W/m<sup>2</sup> K]

Klasifikace řešení budov	$\Delta U_{tbn}$ [W/m <sup>2</sup> K]
Úspěšně optimalizované řešení	0,02
Typové (opakované) řešení	0,05
Standardní řešení	0,10
Zanedbané řešení	0,15

Součinitel tepelné ztráty prostupem z vnitřního vytápěného prostoru (i) do venkovního (e) pláštěm budovy  $H_{T,ie}$  [W/K], [L10].

Pro výpočet součinitele  $H_{T,ie}$  byla využita zjednodušená metoda, analogicky je vzorec upraven i pro součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)  $H_{T,iue}$ .

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot (U_{SKUT} + \Delta U_{ibm}) \text{ [W/K]}, \quad (4)$$

kde	$A_k$	Plocha stavební části	[m <sup>2</sup> ],
	$U_{SKUT}$	Vypočítaný součinitel prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> .K],
	$\Delta U_{ibm}$	Korekční činitel	[W/m <sup>2</sup> .K].

Součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)  $H_{T,ig}$  [W/K], [L10].

Součinitel  $H_{T,ig}$  zohledňuje tepelné ztráty podlahami, základovými stěnami nebo jiným přímým stykem s přilehlou zeminou. Rozděluje výpočet, dle provedení podlahové desky, na podlahu na zemině a vytápěné podlaží s podlahovou deskou pod úrovní zeminy. Dále zohledňuje vliv spodní vody, ročních změn venkovní teploty a vliv průměrné venkovní teploty.

Korekční činitel  $f_{g1}$  [-], [L10]

Jedná se o korekční činitel, který zohledňuje vliv ročních změn venkovní teploty. Je stanoven pomocí národní hodnoty nebo jako základní hodnota pro korekční činitel. Pro návrh byla použita základní hodnota korekčního členu  $f_{g1} = 1,45$  [-], dle normy ČSN EN 12831.

Teplotní redukční činitel  $f_{g2}$ , [L10]

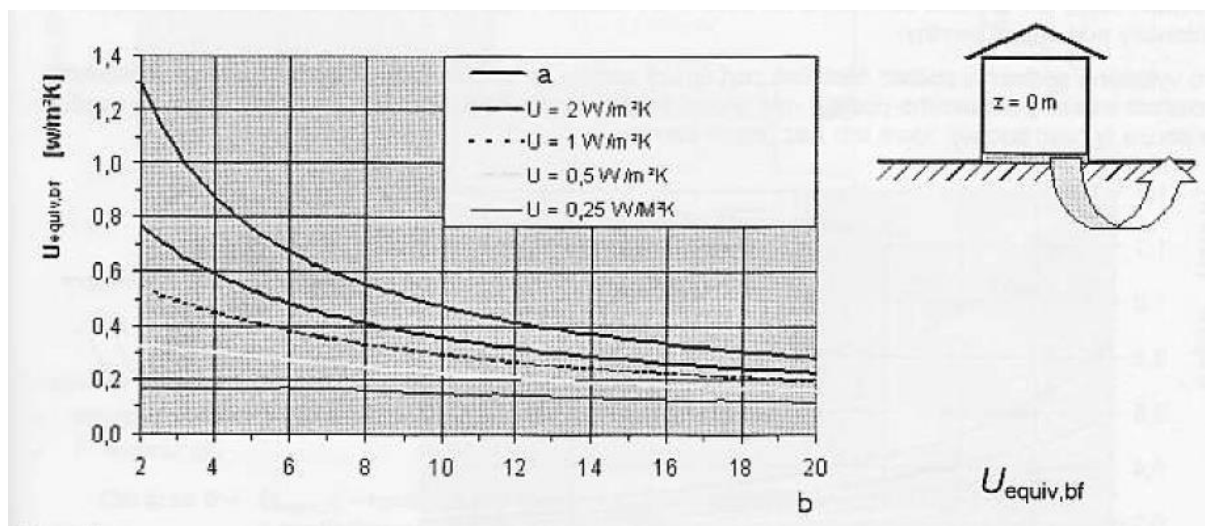
Tento teplotní redukční činitel zohledňuje rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a venkovní výpočtovou teplotou pro danou oblast. Pro oblast Praha je venkovní oblastní výpočtová teplota  $\theta_e = -12$  [°C] a průměrná venkovní teplota  $\theta_{me} = 4,3$  [°C].

Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody  $G_w$  [-], [L10]

Pokud je hladina spodní vody blíže než 1 [m] pod základy, pak hodnota korekčního činitele je  $G_w = 1,15$  [-]. Pro řešený objekt je vzdálenost hladiny spodní vody větší než 1[m], tedy hodnota korekčního činitele je  $G_w = 1$  [-].

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla  $U_{equiv,bf}$  [W/m<sup>2</sup>.K], [L10]

Tento ekvivalentní součinitel prostupu tepla zohledňuje provedení konstrukce podlahy vůči zemině. Rozlišujeme podlahovou desku na zemině a podzemní podlaží s podlahovou deskou pod úrovní zeminy. Hodnotu  $U_{equiv,bf}$  odečítáme z grafu obr. 1.



Obr. 1. Určení  $U_{equiv,bf}$  [ $W/m^2.K$ ] v závislosti na  $b = B'$  [m] pro podlahovou desku na zemině, [L10]

Řešená budova má podlahovou desku přilehlou k zemině a není v žádné své části podsklepena. Hodnotu charakteristického parametru  $B'$  určíme podle vztahu (5), poté pomocí grafu na obr. 1 určíme hodnotu  $U_{equiv,bf}$ .

Charakteristický parametr  $B'$ , [L10]

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \text{ [m]}, \quad (5)$$

kde  $A_g$  Plocha podlahové konstrukce [ $m^2$ ],

$P$  Obvod podlahové konstrukce, délka obvodové stěny oddělující vytápěný prostor od venkovního prostředí [m].

#### 4.1.2 Tepelná ztráta větráním

Norma ČSN EN 12831 uvažuje výpočet tepelné ztráty větráním dvěma způsoby, a to nucené a přirozené větrání. Pro tuto rekonstrukci rodinného domu nebude použito nucené větrání. Výpočet objemového průtoku větracího vzduchu provedeme pro infiltraci a pro zajištění minimální výměny vzduchu požadované z hygienických důvodů. Následně z těchto dvou vypočítaných hodnot bude vybrána ta vyšší hodnota, která bude použita pro stanovení tepelné ztráty větráním.

Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu v řešeném objektu byla stanovena, dle dohody s vedoucím bakalářské práce. Pro koupelnu a WC byla použita požadovaná dvojnásobná intenzita výměny vzduchu, pro schodiště byla použita 0,25 násobná intenzita výměny vzduchu a pro ostatní místnosti je použita půl násobná intenzita výměny vzduchu. Hodnoty byly zvoleny s ohledem na využití místností a tepelnou pohodu osob.

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$  [W], [L10]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}, \quad (6)$$

kde  $H_{V,i}$  Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K],

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

$\theta_e$  Výpočtová oblastní venkovní teplota [°C].

#### 4.1.3 Vyhodnocení celkových tepelných ztrát

Celkové tepelné ztráty rodinného domu dle normy ČSN EN 12831 činí  $\Phi_i = 9250$  [W]. Tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v tabulce 3. Výpočet tepelných ztrát byl proveden v programu Microsoft Excel a je přiložen samostatně na CD v příloze.

Tab. 3 Tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti  $\Phi_{T,i}$ ,  $\Phi_{V,i}$  [W] a celková tepelná ztráta  $\Phi_i$  [W]

Název místnosti	Číslo místnosti	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
Chodba	101	15	30	280	310
Obývací pokoj	102	20	980	640	1620
Schodiště	103	15	40	60	100
WC	104	20	70	240	310
Koupelna	105	24	320	730	1050
Kuchyně + jídelna	106	20	360	530	890
Garáž	107	15	610	160	770
Technická místnost	108	15	-125	75	-50
Chodba	201	15	-320	100	-220
Dětský pokoj	202	20	460	550	1010
Dětský pokoj	203	20	730	470	1200
Koupelna	204	24	400	300	700
WC	205	20	90	120	210
Ložnice	206	20	325	295	620
Pracovna	207	20	440	290	730
<b>Celková tepelná ztráta místností</b>		$\Sigma$	<b>4410</b>	<b>4840</b>	<b>9250</b>

Z tabulky 3 je zřejmé, že ve většině místností je dominantnější tepelná ztráta větráním. Je to způsobeno kvalitní izolací a materiály, které nám snižují hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{SKUT}$ . [W/m<sup>2</sup>.K] pod doporučené hodnoty. Další snížení tepelné ztráty prostupem je zapříčiněno přilehlým sousedním rodinným domem, kde nedojde ke kontaktu zdiva s venkovním prostředím. Předpokladem je, že sousední rodinný dům bude vytápěn na převažující vnitřní výpočtovou teplotu  $\theta_{int,i} = 20$  [°C]. V místě kontaktu zdiva se sousedním domem nebude použita izolace a dojde tedy i k větší úspoře finančních prostředků.

## 5. OTOPNÁ SOUSTAVA

Otopná soustava se skládá ze zdroje tepla, způsobu rozvodu tepla k otopným tělesům a koncových spotřebičů tepla např. otopných těles. Další součástí otopné soustavy je expanzní nádoba (tlaková, otevřená, automatické expanzní zařízení), tlakoměry, teploměry, potřebné armatury ke správnému chodu otopné soustavy (např. uzavírací, směšovací armatury, pojistné zařízení). Zdroji tepla a otopným tělesům jsou věnovány samostatné kapitoly.

Otopná soustava musí být schopna dobrého odvzdušnění. Přípojky k otopným tělesům by měly být co možná nejkratší. Potrubní síť musí být vhodně spádována tak, aby se vzduch, který je v otopné soustavě, dostal do nejvyšších míst, kde dojde k odvzdušnění pomocí odvzdušňovacích ventilů. Těmito ventily musí být opatřeno každé těleso. Spádování by se mělo pohybovat u ústředního vytápění kolem 3 – 5 ‰. Napouštění soustavy se provádí standardně z nejnižšího místa do vratného potrubí a pomalu, aby se mohl vytěšňovat vzduch. Otopnou soustavu není vhodné zcela vypouštět. Pokud vypustíme celou otopnou soustavu, ochromíme tím možnost vytápění a dojde ke znehodnocení otopné vody. Voda obohacená o kyslík by mohla bez úpravy poškodit otopnou soustavu korozivními účinky. Proto je vhodné vypouštět otopnou soustavu po větvích, kde časem dojde k úpravě vody na požadované hodnoty a nedochází k výrazné korozi.

Rozdělení otopných soustav:

1. Podle zajištění oběhu otopné vody:

- Přirozený oběh
- Nucený oběh

Soustava s přirozeným oběhem vody pracuje na principu rozdílných hustot přívodní a vratné vody. Vratná voda má vlivem nižší teploty vyšší hustotu než přívodní voda. Další důležitá hodnota je výškový rozdíl (vodní sloupec), který společně s rozdílem hustoty vody zajistí minimální tlakový rozdíl, který pak můžeme využít pro návrh potrubní sítě. Podmínkou správné funkce je, že tento tlakový rozdíl musí překonat tlakové ztráty potrubní sítě. Zdroj tepla je nejčastěji kotel na tuhá paliva s typickým teplotním spádem 90/70 [°C]. Tento spád zajistí potřebný rozdíl hustot. Výhoda této soustavy je nezávislost na elektrické energii (není čerpadlo). Tohoto lze využít například v horských oblastech, nebo v místech, kde je problematická dodávka elektrické energie.



Nevýhody soustavy jsou malé dopravní rychlosti  $w = 0,1 - 0,25$  [m/s], větší dimenze potrubí (větší investiční náklady), nemohou se použít regulační armatury, ale pouze neodporové ventily, v přechodných obdobích nespolehlivé vytápění. Proto se v dnešní době přirozený oběh používá pouze ve výjimečných situacích, které jsou popsány výše v textu.

Nucený oběh je oproti přirozenému oběhu závislý na elektrické energii (chod čerpadla). S tím jsou spojeny provozní a investiční náklady. Výhody jsou - možnost využití vyšších rychlostí v soustavě, instalace regulačních armatur, šroubení, lepší regulace tlakových ztrát. Většina otopných soustav se navrhuje s nuceným oběhem vody.

2. Podle provedení hlavního rozvodu:

- Soustavy se spodním rozvodem
- Soustavy s horním rozvodem
- Soustavy částečně s horním rozvodem

3. Podle rozvodu k otopným tělesům:

- Vertikální rozvod
- Horizontální rozvod

4. Podle způsobu přívodu a odvodu otopné vody:

- Dvoutrubkové otopné soustavy
- Jednotrubkové otopné soustavy

5. Podle spojení s atmosférou:

- Otevřené (otevřená expanzní nádoba)
- Uzavřené (tlaková expanzní nádoba)

6. Podle teploty:

- Nízkoteplotní do 65 [°C]
- Teplovodní do 110 (115) [°C]
- Horkovodní nad 110 (115) [°C]

7. Podle materiálu otopné soustavy:

- Ocel
- Měď
- Plast (PEX, VPE atd.)

Z předešlého rozdělení [L11] můžeme popsat otopnou soustavu bakalářské práce. Otopnou soustavu v rodinném domě navrhují jako dvoutrubkovou, horizontální, protiproudou, s nuceným oběhem vody se spodním rozvodem. V prvním nadzemním podlaží je vedeno potrubí v podlaze, kde je izolováno pomocí izolace Tubex standart. V druhém nadzemním podlaží je vedeno potrubí nad podlahou bez izolace. V místech prostupu stěnou bude potrubí opatřeno chráničkou. Materiálem rozvodů otopné vody byla zvolena měď. Spojování rozvodů otopné soustavy bude provedeno pájením.

Teplotní spád otopné soustavy byl předběžně vypočítán pomocí metody zohledňující tepelnou pohodu uživatele.

### 5.1 Návrh teplotního spádu

U návrhu teplotního spádu [L12] musí být splněna podmínka, aby délka otopného tělesa byla minimálně stejná jako délka okna.

Nutná podmínka

$$L_{OT} \geq L_{OK} \text{ [m]}, \quad (7)$$

kde  $L_{OT}$  Délka otopného tělesa [m],

$L_{OK}$  Délka okna [m].

Dále použijeme vzorec pro výpočet střední teploty otopného tělesa (8). V případě rovnosti délky okna a délky otopného tělesa můžeme tento vzorec zjednodušit. Postup vyjádření střední teploty otopného tělesa  $t_{OT}$  [°C]

$$L_{OT} \cdot H_{OT} \cdot (t_{OT} - t_i) \geq L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

Zjednodušení při shodné délce otopného tělesa a okna:

$$H_{OT} \cdot (t_{OT} - t_i) \geq H_{OK} \cdot (t_i - t_{OK})$$

Střední teplota otopného tělesa  $t_{OT}$  [°C]

$$t_{OT} \geq t_i \cdot \left(1 + \frac{H_{OK}}{H_{OT}}\right) - t_{OK} \cdot \frac{H_{OK}}{H_{OT}} \quad [^\circ\text{C}], \quad (8)$$

kde  $t_i$  Vnitřní výpočtová teplota [°C],

$t_{OK}$  Povrchová teplota okna na vnitřní straně [°C],

$H_{OK}$  Výška okna [m],

$H_{OT}$  Výška otopného tělesa [m].

Dále musíme určit povrchovou teplotu okna na vnitřní straně, tu určíme pomocí rovnosti prostupu a přestupu tepla na vnitřní straně.

Povrchová teplota okna na vnitřní straně  $t_{OK}$  [°C]

$$t_{OK} \geq t_i \cdot \left(1 - \frac{U_{OK}}{\alpha_{i,OK}}\right) + t_e \cdot \frac{U_{OK}}{\alpha_{i,OK}} \quad [^\circ\text{C}], \quad (9)$$

kde  $t_e$  Venkovní oblastní výpočtová teplota [°C],

$U_{OK}$  Součinitel prostupu tepla okna [W/m<sup>2</sup> K],

$\alpha_{i,OK}$  Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně okna [W/m<sup>2</sup> K].

Na základě výpočtu střední teploty otopného tělesa  $t_{OT}$  zvolíme teplotní spád např. 10 až 15 [K] s tím, že  $t_{OT}$  položíme přibližně rovnu  $t_{W2}$ .

## 5.2 Vzorový výpočet teplotního spádu

$$L_{OT} \geq L_{OK}$$

$$1,2 \geq 1,2$$

Podmínka splněna, vzorec zjednodušíme díky shodné délce okna a otopného tělesa.

Povrchová teplota okna na vnitřní straně  $t_{OK}$  [°C]

$$t_{OK} \geq t_i \cdot \left(1 - \frac{U_{OK}}{\alpha_{i,OK}}\right) + t_e \cdot \frac{U_{OK}}{\alpha_{i,OK}}$$

$$t_{OK} \geq 20 \cdot \left(1 - \frac{1,3}{8}\right) + (-12) \cdot \frac{1,3}{8}$$

$$t_{OK} = 14,8 \text{ [°C]}$$

Střední teplota otopného tělesa  $t_{OT}$  [°C]

$$t_{OT} \geq t_i \cdot \left(1 + \frac{H_{OK}}{H_{OT}}\right) - t_{OK} \cdot \frac{H_{OK}}{H_{OT}}$$

$$t_{OT} \geq 20 \cdot \left(1 + \frac{1,2}{0,6}\right) - 14,8 \cdot \frac{1,2}{0,6}$$

$$t_{OT} \geq 30,4 \text{ [°C]}$$

Teplotní spád volím 55/40 [°C] z důvodu variability volby otopných těles a rovněž z důvodu lepší regulovatelnosti otopné soustavy. Při nižším teplotním spádu musela být navržena otopná tělesa o vyšším výkonu, která dispozičně nevyhovovala v některých místnostech, kde je vyšší tepelná ztráta.

## 6. OTOPNÁ TĚLESA

Po vypočítání tepelných ztrát jednotlivých místností a stanovení teplotního spádu, můžeme navrhnout do místností otopná tělesa. Otopná tělesa musí být navržena tak, aby pokryla tepelnou ztrátu dané místnosti. V některých místnostech nebudou instalována otopná tělesa a daná ztráta těchto místností bude přičtena k sousedním místnostem. Otopná tělesa budou umístěna pod okny v celé délce okna.

### 6.1 Druhy otopných těles

Druhy otopných těles pro otopnou soustavu dělíme na desková, článková, trubková a konvektory.

Desková otopná tělesa jsou souvislé hladké desky s možným zvětšením povrchu pomocí zvlnění nebo konvekčních plechů. Otopná tělesa jsou po obvodě švově svařena a mezi jednotlivými kanálky jsou svařena bodově. Plech na výlisky je o tloušťce 1,25 až 1,30 [mm]. Desková otopná tělesa dělíme na jednoduchá, zdvojená, ztrojená. Přestupní plocha může být bez nebo s rozšířením, které má vliv na tepelný výkon. Tělesa jsou zakryta bočnicí a ze shora výdechovou mřížkou, která zlepšuje vzhled tělesa. Desková otopná tělesa mají malý vodní obsah, který umožňuje rychlou reakci na regulační zásah. Hmotnost těles je nižší než u těles článkových. Desková otopná tělesa se dodávají v různých barevných provedeních a je možné je esteticky sladit s interiérem.

Článková otopná tělesa jsou složena z jednotlivých článků, které mají různé tvary. Materiál těles je např. ocel, litina, slitiny hliníku. Technologický výrobní postup je např. lisování plechů, odlévání, tlakové lití. Spojování článků přes těsnění spojení vsuvkou (pravý, levý závit) nebo svařováním. Každé otopné těleso je opatřeno zátkou s odvodušňovacím ventilem. Dříve se spojovalo přímo na stavbě, dnes již kvůli povrchové úpravě přímo v továrně. Tělesa se dodávají od výrobců již s určitým počtem článků (min, počet 3 článků), která je daná výrobní řadou. Výrobci umožňují rozšíření plochy na straně vzduchu, kde dochází k zvýšení podílu tepla sdíleného konvekcí a snížení podílu tepla sdíleného sáláním.

Trubková otopná tělesa jsou řešena jako rozvodné a sběrné komory, navzájem spojené řadou trubek menších průřezů. Trubky mohou být kruhového, obdélníkového, čtvercového nebo obecně kombinovaného průřezu. Trubková otopná tělesa mohou být ve tvaru meandru nebo registru. Materiál trubek je nejčastěji ocel nebo měď s možným rozšířením vnější strany

o přestupní plochu. Nejčastěji se trubková otopná tělesa používají do koupelen k sušení textilií. Tělesa se mohou instalovat s estetickými nebo praktickými doplňky, jako jsou zrcadla nebo držáky na předměty.

Konvektor je otopné těleso, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně konvekcí. Skládá se nejčastěji z výměníku tepla a skříně, opatřené v horní části výdechovou mřížkou. Konvektory lze dělit na skříňové, soklové a zapuštěné. Skříňové konvektory jsou dodávány jako celek, kde část jejich skříně může tvořit stavební konstrukce nebo zařízení interiéru. Soklové konvektory jsou umístěny ve vytápěném prostoru u podlahy s nízkou skříní. Jsou umísťovány pod nízký parapet, a proto jsou nazývány podparapetní. Zapuštěné konvektory jsou součástí stavby. Jedná se nejčastěji o podlahu, kdy je žebrovka uložena v kanálu v podlaze pod oknem a zakryta ochranou nášlapnou rohoží. Tento konvektor nazýváme podlahovým. Další typ konvektoru může být stropní. Konvektory jsou často osazovány nuceným vybitím tepla pomocí ventilátoru [L13].

## 6.2 Instalovaná desková a trubková otopná tělesa

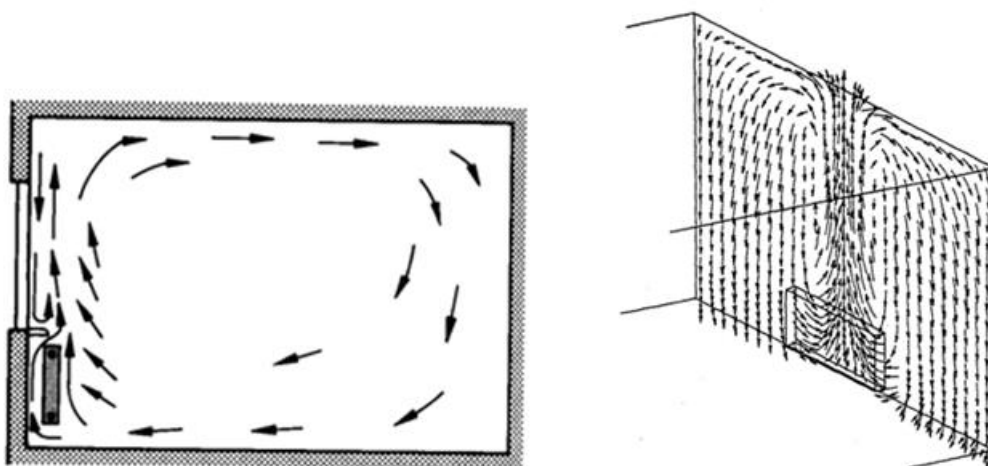
Desková otopná tělesa jsou určena k montáži do otopných soustav ústředního vytápění budov s nejvyšším přípustným provozním přetlakem 1,0 [MPa], ve kterých se používá jako teplonosná látka voda nebo vodní roztoky o nejvyšší přípustné provozní teplotě 110 [°C]. Jsou určena pro jednotrubkové a dvoutrubkové otopné soustavy s nuceným oběhem a některá i pro samotízný oběh. Tělesa musí být odborně instalována v teplovodních tepelných soustavách, s ohledem na ochranu proti škodám způsobených korozi a vodním kamenem. Rozsah pH by se měl pohybovat v rozmezí 8,5 – 9,5 pro soustavy, které neobsahují hliník. Celková tvrdost vody by měla být do 1 [mmol/l]. Dále se udává solnost, která by měla být v rozsahu 300 – 500 [μS/cm]. Důležitý je malý obsah kyslíku v otopné soustavě, který by neměl překročit hodnotu 0,1 [mg/l] [L14].

Do bakalářské práce jsem vybral desková otopná tělesa od firmy Korado a.s. Jedná se o ocelová desková tělesa. Model otopných těles byl zvolen RADIK VKL. Otopná tělesa RADIK VKL jsou v provedení VENTIL KOMPAKT. Tento druh řešení umožňuje levé spodní napojení otopného tělesa na otopnou soustavu. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní laše. Pokud by těleso mělo větší délkový rozměr jak 1800 [mm], bude instalováno šest laší. Typ VENTIL KOMPAKT má zabudovaný vnitřní propojovací rozvod s integrovaným ventilem se spodními vývody a tvarovou přední deskou. Tělesa obsahují od výrobce předinstalované

odvzdušňovací ventily. Pro regulaci budou k tělesům dodána regulační šroubení a termostatické ventily s termostatickými hlavicemi. Pro rodinný dům byly použity typy RADIK VKL 10, 11, 20, 21, 22. Tyto typy byly vybrány s ohledem na výšku parapetu, který určil maximální výšku otopného tělesa 600 [mm]. Tento rozměr je vhodný vzhledem k zajištění konvekce pod otopnými tělesy a možnosti úklidu pod danými tělesy. S ohledem na délku a počet oken v jednotlivých místnostech budou tělesa o délce 1400 [mm] a 1200 [mm] [L14].

Těleso, které je umístěné pod oknem u ochlazované stěny, zabraňuje chladným proudům padajícím k podlaze ve vytvoření oblastí tepelné nepohody. Teplé konvekční proudy od tělesa stoupají vzhůru, kde dojde ke kontaktu s chladnými padajícími proudy, které se obrací, viz. obr. 2.

Pro rodinný dům byla také navržena trubková otopná tělesa KORALUX RONDO MAX – M. Trubkové otopné těleso je vyrobeno z uzavřených ocelových profilů s průřezem ve tvaru “D” a prohnutých profilů s kruhovým průřezem. Trubkové otopné těleso má spodní středové připojení s přípojovací roztečí 50 [mm]. Součástí sady je odvzdušňovací zátka, zaslepovací zátka a upevňovací sada na stěnu. Trubkové otopné těleso má nejvyšší provozní přetlak vody 1,0 [MPa]. Může být použito pro systémy s nuceným nebo přirozeným oběhem teplotnosné látky. Trubková otopná tělesa byla navržena do koupelen, kde hradí část tepelné ztráty a zbytek hradí desková otopná tělesa v okolních místnostech [L14].



Obr. 2. Ukázka proudění vzduchu při umístění otopného tělesa pod okno [L15].

### 6.3 Přepoččet tepelného výkonu otopného tělesa

Výrobci stanovují výkony otopných těles dle ČSN EN 442 pro jmenovité teplotní parametry 75/65/20 [°C]. Teplotní spád pro rodinný dům je 55/40 [°C] s různými vnitřními výpočtovými teploty.

Proto se musí nominální parametry přepočítat na skutečné provozní podmínky [L16]. Pro výpočet uvažuji pouze opravný součinitel na teplotní rozdíl, ostatní opravné součinitele v bakalářské práci zanedbávám z důvodu, že otopné těleso nebude zakryto žádnou překážkou v prostoru a součinitel připojení tělesa je roven 1 [-].

$$\dot{Q}_{sk,OT} = \dot{Q}_{N,OT} \cdot f_{\Delta t} \quad [\text{W}], \quad (10)$$

kde  $\dot{Q}_{N,OT}$  Jmenovitý výkon otopného tělesa [W],

$f_{\Delta t}$  Opravný součinitel na teplotní rozdíl [-].

Opravný součinitel na teplotní rozdíl se stanoví podle vypočtené hodnoty teplotního podílového součinitele  $c$ .

$$c = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} \quad [-], \quad (11)$$

kde  $t_{w1}$  Teplota přívodní vody [°C],

$t_{w2}$  Teplota vratné vody [°C],

$t_i$  Vnitřní výpočtová teplota [°C].

Výsledek podílového součinitele se porovná dle dvou podmínek, které nám určí vzorec pro výpočet středního teplotního rozdílu.

Výsledek pro  $c \geq 0,7$  opravný součinitel bude počítán z aritmetických rozdílů teplot.

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \quad [\text{K}], \quad (12)$$

kde  $t_{w1}$  Teplota přívodní vody [°C],

$t_{w2}$  Teplota vratné vody [°C],

$t_i$  Vnitřní výpočtová teplota [°C].



Výsledek pro  $c \leq 0,7$  opravný součinitel bude počítán z logaritmicky určených rozdílů teplot.

$$\Delta t = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}} \text{ [K]}, \quad (13)$$

kde  $t_{w1}$  Teplota přívodní vody [°C],

$t_{w2}$  Teplota vratné vody [°C],

$t_i$  Vnitřní výpočtová teplota [°C].

Výpočet opravného součinitele na teplotní rozdíl provedeme dosazením nominálních a skutečných parametrů pro otopná tělesa.

$$f_{\Delta t} = \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n \text{ [-]}, \quad (14)$$

kde  $n$  Teplotní exponent otopného tělesa [-],

$\Delta t$  Teplotní rozdíl [K],

$\Delta t_N$  Jmenovitý teplotní rozdíl [K].

Teplotní exponent otopného tělesa udává výrobce a závisí na mnoha faktorech. Závisí na druhu a typu otopného tělesa, průtoku i teplotách. Výrobce udává hodnoty teplotního exponentu jako konstanty, popřípadě v určitém rozmezí. Pro desková otopná tělesa se teplotní exponent pohybuje v rozmezí 1,28 – 1,38 a pro trubková otopná tělesa 1,22 – 1,26. Pro výpočet otopných těles jsem využil program od firmy Korado a.s., který je dostupný na jejich webových stránkách. Pro jednu místnost jsem provedl výpočet pro ověření výsledků, dle vzorců (10), (11), (12), (14). Přepočítané výkony otopných těles a návržení otopných těles je uvedeno v tabulce č. 4.

Tab. 4 Přepočítané výkony otopných těles a návržení otopných těles

<b>Přepočítané výkony otopných těles a návržení otopných těles</b>					
<b>Č. místnosti</b>	$\Phi_i$ [W]	$\Phi_{instal}$ [W]	<b>Počet OT</b>	<b>Typ OT</b>	<b>Rozměr [mm]</b>
101	310	470	1	10	600 x 1400
102 + 103	1720	2050	2	22	600 x 1400
104 + 105	810	820	1	22	600 x 1400
104 + 105	550	550	1	KRM	1820 x 745
106	890	1060	2	11	600 x 1200
107	770	780	1	11	600 x 1400
108	nevytápěno				
201	nevytápěno				
202	1010	1030	1	22	600 x 1400
203	1200	1350	2	21	600 x 1200
204 +205	480	490	1	21	600 x 800
204 +205	430	440	1	KRM	1820 x 595
206	620	630	1	11	600 x 1400
207	730	760	2	10	600 x 1400

## 7. TLAKOVÉ ZTRÁTY POTRUBNÍ SÍTĚ

Po základním návrhu rozvodů otopné soustavy je nutné stanovit dimenze potrubí a v závislosti na tom provést výpočet tlakových ztrát. Materiálem pro realizaci rozvodů otopné soustavy byla zvolena měď. Pro návrh potrubní sítě existuje několik možností. V této bakalářské práci byla zvolena tzv. metoda ekonomických rychlostí. Optimální ekonomická rychlost je pro soustavy s nuceným oběhem  $w_{opt} = 0,6$  [m/s], [L17]. Na základě výpočtu hmotnostního průtoku dle tepelných výkonů otopných těles se dosazením  $w_{opt}$  získá optimální dimenze potrubí. V závislosti na tom se pak volí skutečné dimenze potrubní sítě, ze kterých stanovujeme tlakové ztráty (místní, třením).

Hmotnostní průtok  $\dot{m}$  [kg/s]

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_m}{c \cdot \Delta t_w} \text{ [kg/s]}, \quad (15)$$

kde	$\dot{Q}_m$	Tepelný výkon otopného tělesa (těles)	[W],
	$c$	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K],
	$\Delta t_w$	Teplotní spád otopné soustavy	[K].

Tlaková ztráta třením dle Darcy – Weissbachova vztahu:

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \cdot l = R \cdot l \text{ [Pa]}, \quad (16)$$

kde	$\lambda$	Součinitel tření	[-],
	$w$	Rychlost proudění vody	[m/s],
	$d$	Skutečný vnitřní průměr potrubí (dle tabulky)	[m],
	$l$	Délka uvažovaného úseku	[m],
	$\rho$	hustota proudící kapaliny	[kg/m <sup>3</sup> ],
	$R$	Měrná tlaková ztráta	[Pa/m].

Stanovení tlakové ztráty třením jsem provedl pomocí tabulek [L18]. Zde je uveden vztah hmotnostního průtoku, měrné tlakové ztráty  $R$  [Pa/m] a rychlosti proudění vody  $w$  [m/s].

Poté jsem dle délek jednotlivých úseků potrubní sítě vypočítal tlakovou ztrátu třením. Tato metoda se používá v praxi, ale je ještě zjednodušena profesionálními programy pro návrh potrubní sítě a tlakových ztrát. Dimenze potrubí od zdroje tepla jsou o rozměru Cu 22x1 [mm], následuje změna dimenze na Cu 18x1 [mm] a Cu 15x1 [mm]. Menší dimenze se nedoporučují vzhledem k špatnému spojování při pájení mědi, kde může dojít k poškození nebo zanesení potrubí, a také vzhledem k ceně těchto dimenzí.

Tlaková ztráta místními odpory  $\Delta p_m$  [Pa]:

$$\Delta p_m = \sum_{i=1}^n \xi_i \frac{w^2}{2} \cdot \rho = Z \text{ [Pa]}, \quad (17)$$

kde	$w$	Rychlost proudění vody	[m/s],
	$\rho$	Hustota proudící kapaliny	[kg/m <sup>3</sup> ],
	$\xi_i$	Součinitel místního odporu	[-],
	$Z$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa].

Pro výpočet tlakové ztráty místními odpory musíme mít představu o rozmístění otopných těles a dispozici objektu, abychom správně nasčítali součinitele místních odporů.

Hustotu vody můžeme v případě nuceného oběhu volit zjednodušeně  $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>] nebo přesný výpočet ze znalosti teplotního spádu otopné soustavy.

Celková tlaková ztráta je určena prostým sečtením tlakové ztráty třením a místními odpory, dle vzorce:

$$\Delta p_{ztr} = \Delta p_t + \Delta p_m = R \cdot l + Z \text{ [Pa]}, \quad (18)$$

kde	$\Delta p_t$	Tlaková ztráta třením	[Pa],
	$\Delta p_m$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa],
	$l$	Délka uvažovaného úseku	[m],
	$R$	Měrná tlaková ztráta	[Pa/m],
	$Z$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa].

## 7.1 Hydraulické vyvážení

Nejprve je třeba určit okruh obsahující otopné těleso, které je tzv. hydraulicky nejvzdálenější. Nejčastěji se jedná o těleso umístěné nejdále od zdroje tepla a zároveň s vysokým tepelným výkonem. Takové otopné těleso bude mít regulační šroubení a termostatické ventily plně otevřené. Ostatní otopná tělesa budou doregulována podle rozdílu tlaků od hydraulicky nejvzdálenějšího tělesa tak, aby byla soustava hydraulicky vyvážená. Pro daný rodinný dům je nejvzdálenější těleso v místnosti -102-. Ostatní tělesa budou doškrcena tak, aby se tlaková ztráta rovnala právě tělesu v místnosti -102-.

Hydraulické vyvážení u ostatních těles bude zajištěno pomocí regulačních šroubení typu Vekoluxivar od firmy IVAR CS, spol. s r. o. a termostatických ventilů integrovaných od firmy Korado a.s. Nastavení regulačních šroubení a termostatických ventilů se určí podle vypočítaných hodnot  $k_v$ . Výrobci udávají pomocí grafů nebo tabulek stupeň nastavení ventilů a šroubení pro dané hodnoty  $k_v$  [L19], [L20].

K celkové tlakové ztrátě je třeba přičíst tlakovou ztrátu regulačního šroubení, termostatických ventilů a případně tlakovou ztrátu vlastních těles. V projektu jsou instalována především desková otopná tělesa typu VK (Ventil kompakt), kde je součástí otopných těles ventil, jehož tlaková ztráta zahrnuje i otopná tělesa (20).

Výpočet pro trubková otopná tělesa:

$$\Delta p_C = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_{R\dot{s}} + \Delta p_{OT} + \Delta p_{TRV} \text{ [Pa]}, \quad (19)$$

Výpočet pro otopná tělesa typ VK:

$$\Delta p_C = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_{R\dot{s}} + \Delta p_{OT+TRV} \text{ [Pa]}, \quad (20)$$

kde	$\Delta p_t$	Tlaková ztráta třením	[Pa],
	$\Delta p_m$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa],
	$\Delta p_{R\dot{s}}$	Tlaková ztráta regulačního šroubení	[Pa],
	$\Delta p_{OT}$	Tlaková ztráta otopného tělesa	[Pa],
	$\Delta p_{TRV}$	Tlaková ztráta termostatického ventilu	[Pa].

Výpočet tlakové ztráty plně otevřeného regulačního ventilu nebo šroubení dle vzorce:

$$\Delta p_{RS,TRV} = \Delta p_o \cdot \left( \frac{\dot{V}}{k_v} \right)^2 = 10^5 \cdot \left( \frac{\dot{V}}{k_v} \right)^2 \text{ [Pa]}, \quad (21)$$

kde  $\Delta p_o$  Základní tlaková ztráta,  $\Delta p_o = 1000 \text{ Pa}$  [Pa],

$\dot{V}$  Objemový průtok pro dané těleso [m<sup>3</sup>/h],

$k_v$  Jmenovitý průtok armaturou [m<sup>3</sup>/h],

Hodnoty  $k_v$  jsou odečteny z tabulkových hodnot dodaných výrobcem regulačních armatur [L19], [L20].

Následně, po výpočtu respektive po nastavení tlakových ztrát na regulačním šroubení a ventilu, přičteme tyto hodnoty k tlakové ztrátě jednotlivých úseků s otopnými tělesy tak, aby součet odpovídal nejvzdálenějšímu tělesu.

Celková tlaková ztráta nejvzdálenějšího okruhu činí 13,1 [kPa]. K této celkové ztrátě musíme ještě přičíst tlakovou ztrátu zdroje tepla. Zdroj tepla byl vybrán od firmy Buderus a.s., typ Logamax plus GB – 14 [L21]. U tohoto typu kondenzační kotle pro danou otopnou soustavu rodinného domu vyšla tlaková ztráta zdroje tepla 4,2 [kPa]. Po součtu je výsledná celková tlaková ztráta 17,3 [kPa] a nejvyšší hmotnostní průtok v otopné soustavě činí 597 [kg/h]. Jednotlivá nastavení regulačních a termostatických ventilů jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci Rozvinuté schéma zapojení.

V kondenzačním kotli je instalováno z výroby nízkoenergetické modulační oběhové čerpadlo (energetická třída A). Toto modulační čerpadlo při požadovaném průtoku a tlakové ztrátě otopné soustavy bezpečně zajistí překonání tlakových ztrát a dopravu topné vody k otopným tělesům [L21].

## 8. ZDROJ TEPLA A PŘÍPRAVA TV

### 8.1 Zdroj tepla

Volba zdroje tepla je velmi důležitá nejen z hlediska požadovaného výkonu, ale i z hlediska účinnosti jeho využití během otopného období. Zdroje ústředního vytápění můžeme definovat podle různých kritérií [L22].

1. Podle teploty nosné látky:
  - Kotle vodní
  - Kotle parní
2. Podle tlaku teploty nosné látky:
  - Kotle nízkotlaké
  - Kotle středotlaké
  - Kotle vysokotlaké (nejsou určeny pro ústřední vytápění)
3. Podle teploty nosné látky (voda):
  - Kotle teplovodní do 110 (115) [°C]
  - Kotle horkovodní nad 110 (115) [°C]
4. Podle použitého paliva:
  - Kotle na tuhá paliva
  - Kotle na kapalná paliva
  - Kotle na plynná paliva
  - Kotle kombinované
  - Elektrokotle
5. Podle tlaku ve spalovacím prostoru:
  - Podtlakové (atmosférické kotle, kotle na tuhá paliva)
  - Přetlakové (na kapalná a plynná paliva)

6. Podle materiálu teplosměnné plochy:
  - Kotle litinové, článkové – stacionární
  - Kotle ocelové
  - Kotle měděné – do výkonu 35 [kW], nástěnné kotle
  - Kotle ze slitin hliníku
7. Podle odolnosti vzhledem k nízkoteplotní korozi
  - Kotle klasické (standardní)
  - Kotle nízkoteplotní
  - Kotle kondenzační

Pro rodinný dům byl navržen plynový kondenzační kotel. Princip kondenzačního kotle se liší od nízkoteplotního kotle ve využití kondenzačního tepla spalin. Ke kondenzaci dochází v případě, kdy teplota spalin klesne pod teplotu rosného bodu vratné vody. V tomto případě může dojít k nízkoteplotní korozi a následnému narušení klasických a nízkoteplotních kotlů. Ochrana pro klasické, nízkoteplotní kotle spočívá v míšení výstupní topné vody z kotle s vratnou vodou z otopné soustavy na požadovanou teplotu, aby nedošlo k vzniku nízkoteplotní koroze. Tuto ochranu lze docílit několika způsoby např. čerpadlem v obtoku kotle, trojcestným směšovacím ventilem v kotlovém okruhu atd. Teplotu pro vznik nízkoteplotní koroze kotlů nelze jednotně stanovit. Tyto hodnoty by měli uvádět výrobci pro dané typy kotlů. Můžeme však předpokládat, že nízkoteplotní koroze vzniká přibližně již při teplotě 60 [°C].

Konstrukce kondenzačních kotlů díky velké ploše výměníku (nebo dvou výměníků) umožňuje využít kondenzační teplo spalin. Po předání primárního tepla ze spalin dochází k jejich dalšímu ochlazení až na teplotu, která se nachází pod teplotou rosného bodu. Jestliže se teplota pohybuje v této oblasti, vodní pára obsažená ve spalinách kondenzuje, a tím je tepelná energie dodatečně předávána do otopné soustavy. Kondenzační technika využívá navíc nejen toto latentní teplo, ale i primární tepelná energie je využita účinněji než u klasických kotlů. Teplota rosného bodu spalin zemního plynu je cca 50 – 55 [°C]. Proto je důležité, aby se teplota vratné vody pohybovala pod touto teplotou, z důvodu optimální funkce kotle.



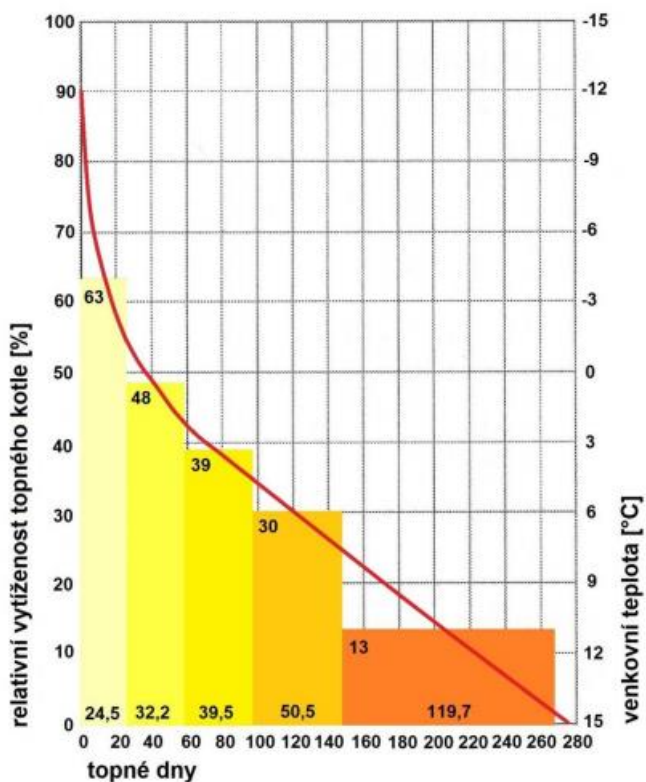
U kondenzačních kotlů vzniká kondenzát, který je ukazatelem správné funkce kotle. Kondenzát se odvádí do kanalizace a má pH hodnotu přibližně 3 – 3,8 [pH]. Tato hodnota označuje kondenzát jako mírně kyselý, přičemž v dnešní době je v kanalizaci spíše zásadité prostředí. Správce kanalizace tak může požadovat neutralizaci kondenzátu. Záleží ale na každém provozovateli a následné domluvě. V případě neutralizace můžeme použít sloučeninu vápníku v zrnité formě. Tím bychom měli zvýšit pH na 6,5 – 8, které je možné odvádět do kanalizace. Většina výrobců kotlů má vlastní zařízení na neutralizaci přímo instalované v sestavě kotle. Můžeme říci, že na každých 10 [kW] výkonu zdroje připadá přibližně 1 litr kondenzátu, který musíme odvést do kanalizace. Z tohoto důvodu bude technická místnost opatřena podlahovou vpustí.

Normovaný stupeň využití [L23].

V minulosti se účinnost spalovacích zařízení stanovovala prostřednictvím výhřevnosti paliva. Po zavedení kondenzační techniky bylo nutno zohlednit i využitou část latentního tepla. Proto se při prokazování energetického využití moderních kotlů používá takzvaný normovaný stupeň využití, který v případě kondenzačních kotlů nabývá hodnot nad 100 [%]. V neodborně psaných publikacích nebo nejčastěji v obchodních prospektech bývá zaměňován s účinností. Kdybychom však počítali účinnost kondenzačního kotle ze spalného tepla, dojdeme korektním fyzikálním výpočtem k hodnotě účinnosti maximálně ve výši cca 98 [%]. Aby bylo možné provést adekvátní porovnání konvenčních a kondenzačních kotlů, stanovuje se normovaný stupeň využití u kondenzačních kotlů rovněž ve vztahu k výhřevnosti.

Protože česká technická legislativa dosud tento pojem neimplantovala, vychází se při prokazování energetického využití kotlů z německé normy DIN 4702, část 8. Tato norma stanovuje standardizovaný postup měření, takže je možné porovnávat měření různých zkušeben.

Normovaný stupeň využití je definován jako roční stupeň využití vypočítaný z pěti zkušebně změřených dílčích zatížení, která dle obr. 3 byla stanovena tak, aby plochy všech pěti obdélníků pod křivkou četnosti výskytu venkovní teploty, které představují množství kotlem dodané práce v daném časovém úseku, byly stejné. Měří se při teplotních parametrech otopné soustavy 75/60 [°C] a 40/30 [°C]. Jak plyne z obr. 3, s dílčím zatížením 63 [%] pracuje kotel 24,5 dne, s dílčím zatížením 13 [%] pak 119,7 dne.



Obr. 3 – Určení normovaného stupně využití dle DIN 4702, část 8 [L23]

Zdroj tepla je od firmy Buderus a.s., typ Logamax plus GB – 14 obr. 4 [L21]. Tento druh kondenzačního kotle můžeme použít pro nízkoenergetické, vícegenerační, řadové, bytové, komerční domy a průmyslové podniky.



Obr. 4 – Nástěnný kondenzační kotel, Logamax plus GB – 14 [kW] od firmy Buderus a.s.

Výrobce dodává tento typ kotle ve dvou výkonových variantách (14 a 24 [kW]). Vzhledem k výši tepelných ztrát volí výkonovou variantu se 14 [kW]. Kotel je vybaven modulačním hořákem v rozsahu výkonu od 3,2 do 14,0 [kW]. Pro přizpůsobení průtoku otopné vody na okamžitý výkon hořáku je instalováno nízkoenergetické modulační oběhové čerpadlo (energetická třída A). Toto čerpadlo má nižší nároky na elektrickou energii oproti dříve používaným oběhovým čerpadlům a plně postačuje nárokům otopné soustavy. Palivo pro zdroj tepla může být zemní nebo kapalný plyn, kde musí být součástí sada na přestavbu kotle na zkapalněný plyn. Součástí dodávky je i potřebné vybavení k správné funkci kotle, jako jsou - integrovaný kohout pro plnění a vypouštění a pojistný ventil pro vytápění. Kotel dále obsahuje integrovanou expanzní nádobu o objemu 12 [l], tlakoměr pro měření tlaku otopné vody a třícestný přepínací ventil.

Napojení kondenzačního kotle bude do stávajícího komínového průduchu. Při rozsáhlé rekonstrukci rodinného domu bych doporučil vyvložkování komínu od firmy Schiedel [L24]. Navrhoval bych např. Schiedel KERANOVA obr. 5. Jedná se o vysoce kvalitní univerzální sanační systém s tenkostěnnou keramickou vložkou. Je odolný vůči vlhkosti a může být provozován v suchém i mokřím režimu. Systém se vyznačuje maximální tepelnou odolností a vysokou životností. Tento systém je možno navrhovat a provozovat i jako přetlakový. Materiál vložky umožňuje použití systému nejen pro plynové a olejové spotřebiče, ale také pro odvod spalin od spotřebičů na tuhá paliva.



Obr.5 - Sortiment vyvložkování komínového průduchu od firmy Schiedel [L24].

Komínový systém Keranova vyžaduje pro bezpečnou montáž určité praktické předpoklady. Proto je vhodné, aby montáž vždy provedla odborná firma. Systém sestává ze souboru šamotových profilovaných tenkostěnných vložek a širokého příslušenství od kondenzátní misky po kónické vyústění. Vložky se vyrábějí v délkách 665 [mm] a 1335 [mm] s tloušťkou stěny od 6,5 [mm] do 12 [mm] (podle průměru vložky).

Přívod spalovacího vzduchu do technické místnosti –108- bude zajištěn otvorem v okenním rámu, který eliminuje možnost přerušení přívodu spalovacího vzduchu.

## 8.2 Příprava TV

Pro přípravu teplé vody bude využit zásobník od firmy Buderus a.s. Tento výrobce přímo doporučuje typy zásobníků [L21], které bychom měli použít k přípravě teplé vody s ohledem na volbu kotle od dané společnosti.

Zásobník teplé vody bude navržen s ohledem na přednostní přípravu teplé vody [L25]. Princip spočívá v přepínání celého výkonu zdroje tepla na dohřev teplé vody. Z hlediska bilance potřeby tepla budovy můžeme vycházet z předpokladu, že potřeba tepla pro otopnou soustavu je většinou vyšší než potřeba tepla pro ohřev TV. Výhodou přednostního ohřevu TV je tedy možnost využití maximálního tepelného výkonu zdroje tepla, který je primárně navržen pro otopnou soustavu. V zásobníku jsou umístěna čidla, která při poklesu teploty TV pod nastavenou hodnotu vysílají signál a kotel přepíná svůj výkon z otopné soustavy na dohřev vody v zásobníku. Výkon zdroje v kondenzačním cyklu by nemusel být dostačující na dohřev TV v zásobníku, proto kotel může navýšit teplotu kotlové vody (např. na 80 [°C]). V takovém případě nemusí pracovat v kondenzačním cyklu. Po dosažení požadované teploty v zásobníku opět čidlo teploty předá signál do kotle, a ten přepíná svůj výkon zpět do otopné soustavy. Doba potřebná k dohřátí zásobníku TV nesmí být příliš dlouhá, aby během přerušení dodávky tepla do otopné soustavy nedošlo k ovlivnění tepelné pohody ve vytápěném prostoru. Optimálně by doba dobíjení zásobníku TV neměla nepřekročit 10 minut.

### 8.2.1 Výpočet objemu zásobníku

Objem zásobníku lze stanovit dle vzorce (22) [L25]:

$$Q_{k,N} = \frac{V_Z \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot x_p}{\tau_a} \Rightarrow V_Z = \frac{\dot{Q}_{k,N} \cdot \tau_a}{y \cdot \rho \cdot c \cdot x_p} \quad (22)$$

$$V_z = \frac{14000 \cdot 420}{0,94 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot 10} = 0,149 \text{ m}^3 = 149 \text{ [l]},$$

kde	$\dot{Q}_{k,N}$	Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla	[W],
	$\tau_a$	Doba ohřevu teplé vody, volba 7 min	[s],
	$y$	Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV	[-],
	$\rho$	Hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ],
	$c$	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K],
	$x_p$	Spínací diference pro dohřev TV volba 10 K	[K].

Objem zásobníku teplé vody z výpočtu (22) vyšel  $V_z=149$  [l]. Z katalogu výrobce byl vybrán zásobník teplé vody, který nejlépe vyhovoval podmínkám výpočtu. Zásobník teplé vody bude dodán od firmy Buderus a.s., typ Logalux SU 160 W, obr. 6. Objem zásobníku teplé vody činí 160 [l]. Tento typ zásobníku je kompatibilní s kondenzačním kotlem dodaný od téže firmy.



Obr. 6 – Zásobník teplé vody Logalux SU 160 W od firmy Buderus a.s., [L21].

## 9. REGULACE

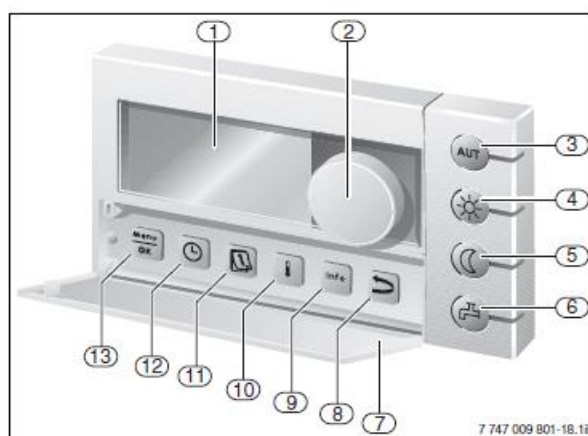
Systém regulace bude volen s ohledem na typ kotle a volím ji od stejného výrobce [L21] tak, aby se zamezilo případným technickým problémům z pohledu správné funkčnosti a vzájemných vazeb regulačního systému s kotlem.

Pro rodinný dům jsem zvolil regulaci podle venkovní teploty s korekcí prostorové teploty. Základem je digitální řídicí jednotka Logamatic EMS s integrovaným hořákovým automatem Logamatic BC25 obr. 7, který vedle řízení a kontroly hořáku přejímá i bezpečnostní funkce kotle.



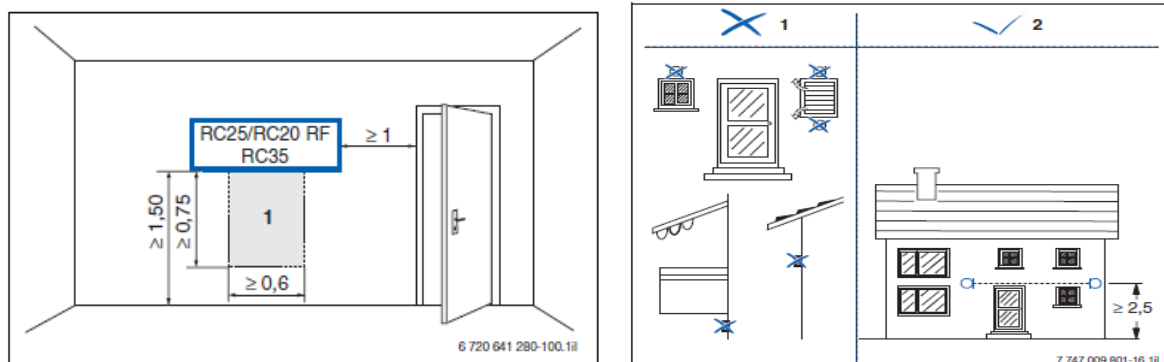
Obr. 7 – Řídicí jednotka Logamatic EMS, [L21].

Pro uživatelskou regulaci teplot bude instalována obslužná jednotka RC35 obr. 8. U regulace řízené podle teploty v prostoru je systém vytápění nebo otopný okruh řízen v závislosti na teplotě v referenční místnosti.



Obr. 8 – Obslužná jednotka RC 35 od firmy Buderus a.s., [L21].

U regulátoru RC 35 je čidlo teploty integrováno přímo v jednotce. Z toho důvodu musí být jednotka instalována v referenční místnosti (dle obr 9). Místnost -102- v rodinném domě bude označena jako referenční, přičemž tato místnost by měla být nejčastějším místem pobytu osob v objektu. Umístění bude před instalací konzultováno s majitelem rodinného domu. Čidlo venkovní teploty je třeba instalovat tak, aby mohlo měřit venkovní teplotu bez ovlivnění (dle obr. 9). Je nutné jej instalovat na severní neosluněnou stranu rodinného domu ve výšce 3 [m] od terénu.



Obr. 9 – Zobrazení umístění prostorového čidla a venkovního čidla od firmy Buderer a.s., [L21].

## 10. ZABEZPEČOVACÍ A POJISTNÉ ZAŘÍZENÍ

### 10.1 Pojistné zařízení

Pojistné zařízení [L26] jistí zdroj tepla proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Pojistné zařízení pro zdroje tepla (kotle) do 50 [kW] zajišťuje výrobce kotlů. Otvírací přetlak je běžně přednastaven na 300 [kPa]. Pojistné potrubí musí být svedeno nad kanalizační odpad tak, aby neohrožovalo uživatele, a musí být zajištěna vizuální kontrola funkce pojistného ventilu. V žádném případě nesmí být přímo propojeno do kanalizačního potrubí. Na tzv. pojistném úseku rovněž nesmí být žádné uzavírací armatury.

### 10.2 Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení [L26] (tlaková expanzní nádoba) zabezpečuje otopnou soustavu proti náhlým změnám teploty potažmo tlaků v rámci tepelné roztažnosti otopné vody v soustavě. Tlaková expanzní nádoba o objemu 12 [l] je od výrobce součástí, ale je nutné pojistné zařízení překontrolovat, zda objem expanzní nádoby vyhovuje objemu celé soustavy a bude zajištěn její bezpečný provoz.

Minimální požadovaný objem expanzní nádoby:

$$V_{EN-T} = \frac{1,3 \cdot V_s \cdot n}{\eta} \quad [l], \quad (23)$$

kde  $V_s$       Objem vody v soustavě (potrubí, OT, kotel, ZTV)      [l],

$\eta$           Stupeň využití EN      [-],

$n$           Součinitel zvětšení objemu      [-].

Součinitel zvětšení objemu:

$$n = \frac{1000}{\rho_{t55}} - \frac{1000}{\rho_{t10}} = \frac{1000}{985,689} - 1,0004 = 0,01412 \quad [-]. \quad (24)$$

Nejvyšší dovolený absolutní tlak:

$$p_{h,dov.A} = p_{h,dov} + p_b = 300 + 100 = 400 \quad [kPa], \quad (25)$$

kde  $p_{h,dov}$       Nejvyšší dovolený pracovní přetlak      [kPa],



$p_b$  Barometrický tlak [kPa].

Nejnižší dovolený absolutní tlak:

$$p_{d,dov.A} = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g + p_b = 1,1 \cdot 5,6 \cdot 0,98915 \cdot 9,81 + 100 = 159,53 \text{ [kPa]}, \quad (26)$$

kde  $h$  Výška vodního sloupce (od EN k nejvyššímu OT) [m],

$\rho$  Střední hustota otopné vody [kg/m<sup>3</sup>],

$g$  Tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>].

Stupeň využití EN:

$$\eta = \frac{P_{h,dov.A} - P_{d,dov.A}}{P_{h,dov.A}} = \frac{400 - 159,53}{400} = 0,601 \text{ [-]}, \quad (27)$$

kde  $P_{h,dov.A}$  Nejvyšší dovolený absolutní tlak [kPa],

$P_{d,dov.A}$  Nejnižší dovolený absolutní tlak [kPa].

Vypočítané hodnoty dosadíme do výše uvedeného vztahu (23)

Minimální požadovaný objem expanzní nádoby:

$$V_{EN-T} = \frac{1,3 \cdot 81,33 \cdot 0,01412}{0,601} = 2,48 \text{ [l]}. \quad (23)$$

Objem expanzní nádoby je 12 [l], který vyhovuje minimálnímu požadovanému objemu expanzní nádoby.

## 11. POTŘEBA TEPLA A PALIVA

### 11.1 Potřeba tepla na vytápění

Pro výpočet roční potřeby tepla na vytápění byla využita tzv. denostupňová metoda. Nejdříve musíme vypočítat teoretickou potřebu tepla. Následně můžeme pomocí teoretické potřeby tepla a účinností kotle, rozvodů tepelné energie a obsluhy (regulace) stanovit skutečnou potřebu tepla. Řešený objekt se nachází v oblasti Praha, k této oblasti budou vztaženy potřebné tabulkové hodnoty.

Teoretická potřeba tepla na vytápění [L27]:

$$Q_{vyt,teor} = 24 \cdot 3600 \cdot \dot{Q}_c \cdot \frac{d \cdot (t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \cdot \varepsilon \cdot e_t \cdot e_d \quad [J], \quad (27)$$

kde	$\dot{Q}_c$	Celková tepelná ztráta objektu	[W],
	$d$	Počet dnů v otopném období	[den],
	$t_{is}$	Průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C],
	$t_{es}$	Průměrná venkovní teplota za otopné období	[°C],
	$t_e$	Oblastní venkovní výpočtová teplota	[°C],
	$\varepsilon$	Opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek pro výpočet tepelných ztrát objektu	[-],
	$e_t$	Opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění	[-],
	$e_d$	Opravný součinitel na zkrácení doby provozu otopné soustavy při přerušovaném vytápění	[-]-

Provedeme dosazení do vzorce (27):

$$\begin{aligned} Q_{vyt,teor} &= 24 \cdot 3600 \cdot \dot{Q}_c \cdot \frac{d \cdot (t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \cdot \varepsilon \cdot e_t \cdot e_d = \\ &= 24 \cdot 3600 \cdot 9250 \cdot \frac{225 \cdot (19,5 - 4,3)}{19,5 - (-12)} \cdot 0,6 \cdot 0,95 \cdot 1 = 49460 MJ = 49,46 [GJ] \end{aligned}$$

Teoretická potřeba tepla na vytápění pro objekt situovaný v Praze vychází  $Q_{vyt,teor} = 49,46$  [GJ]. Z teoretické potřeby tepla na vytápění a ze znalosti účinnosti kotle, rozvodů a obsluhy (regulace) vypočítáme dle vzorce (33) skutečnou potřebu tepla na vytápění.

Skutečná potřeba tepla na vytápění:

$$Q_{vyt,skut} = \frac{Q_{vyt,teor}}{\eta_{Kotel} + \eta_{Rozvod} + \eta_{Obsluha}} = \frac{49,46}{0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,98} = 53,10 \text{ [GJ]}, \quad (28)$$

kde  $Q_{vyt,teor}$  Teoretická potřeba tepla na vytápění [GJ],

$\eta_{Kotel}$  Účinnost zdroje tepla (kotle) [-],

$\eta_{Rozvod}$  Účinnost rozvodu tepelné energie [-],

$\eta_{Obsluha}$  Účinnost obsluhy (regulace) [-].

## 11.2 Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Výpočet roční potřeby tepla na přípravu teplé vody je dán dle vztahu (34).

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody [L27]:

$$Q_{TV,Rok} = 365 \cdot (1 + z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{2P} \cdot (t_2 - t_1) \text{ [GJ]}, \quad (29)$$

kde  $z$  Poměrný koeficient ztrát závislý na délce rozvodů,  $z=0,4$  [-],

$\rho$  Hustota vody [kg/m<sup>3</sup>],

$c$  Měrná tepelná kapacita vody [J/kg. K],

$t_2$  Teplota ohřáté vody [°C],

$t_1$  Průměrná teplota přiváděné studené vody [°C],

$V_{2P}$  Potřeba vody pro objekt [m<sup>3</sup>/den].

Potřeba teplé vody pro rodinný dům se volí v praxi v rozmezí 40 – 50 [l/os.den]. V rodinném domě budou ubytovány čtyři osoby, pro které jsem zvolil potřebu vody 40 [l/os.den]. Provedeme dosazení do vztahu (29).

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody:

$$Q_{TV,Rok} = 365 \cdot (1 + z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{2P} \cdot (t_2 - t_1) = 365 \cdot (1 + 0,4) \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot (0,04 \cdot 4) \cdot (55 - 10) = 15,4[\text{GJ}]$$

Následně můžeme sečíst potřebu tepla na vytápění a přípravu teplé vody a z těchto hodnot zjistit potřebu paliva a následně i provozní náklady za palivo pro investora.

Celková potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody [L27]:

$$Q_{celk} = Q_{vyt,skut} + Q_{TV,Rok} = 53,10 + 15,4 = 68,5 [\text{GJ}], \quad (30)$$

kde  $Q_{vyt,skut}$  Skutečná potřeba tepla na vytápění [GJ],

$Q_{TV,Rok}$  Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody [GJ].

### 11.3 Potřeba paliva a jeho cenové zhodnocení

Z předchozího výpočtu (30) můžeme stanovit potřebu a cenu paliva, ale musíme si uvědomit, že výsledné hodnoty jsou pouze orientační. Potřeba paliva je ovlivněna kvalitou zemního plynu a cena paliva je ovlivněna distributorem. Proto výslednou potřebu paliva nemůžeme brát za pevnou, neboť během provozu kotle se může změnit.

Ze vztahu (30) můžeme za pomoci výhřevnosti zemního plynu  $H_U$  [GJ/m<sup>3</sup>] zjistit potřebu paliva  $U_C$  [m<sup>3</sup>/rok] dle vztahu (31):

$$U_C = \frac{Q_{celk}}{H_U} = \frac{68,5}{0,03587} = 1910 [\text{m}^3/\text{rok}], \quad (31)$$

kde  $Q_{celk}$  Celková potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody [GJ],

$H_U$  Výhřevnost zemního plynu [GJ/m<sup>3</sup>].

Výhřevnost zemního plynu můžete porovnat dle tab. 5, kde jsou uvedeny hodnoty výhřevnosti jednotlivých světových dodavatelů zemního plynu [L28].

Tab. 5  $H_U$  [MJ/m<sup>3</sup>], výhřevnost zemního plynu dle původu

Zemní plyn	Výhřevnost
	$H_U$ [MJ/m <sup>3</sup> ]
Tranzitní ruský	35,870
Norský	39,653
Jihomoravský	36,296

Česká republika těží zemní plyn, ale ve velmi malém množství, a je proto závislá na dodávkách ze zahraničí. Přednostně se využívá tranzitní ruský plyn a norský plyn. Pro výpočet potřebného množství paliva využiji výhodnost ruského zemního plynu, protože má největší zastoupení na českém trhu.

Pro cenové zhodnocení musíme vybrat společnost, která distribuuje zemní plyn, ale i v tomto případě jde pouze o orientační hodnoty. Distributor zemního plynu má různé tarify, které si může investor objednat. Pro výpočet ceny zemního plynu jsem využil program z portálu TZB – info [L29]. V tomto programu jsem nastavil dodavatelskou společnost RWE Energie s.r.o. Z nastavených hodnot byl vytvořen graf, obr. 10. Společnost RWE Energie s.r.o. vykazuje celkové roční náklady  $C_{Celkem} = 30\,744,00$  [Kč].



Obr. 10 Společnost RWE Energie s.r.o., celkové roční náklady [Kč]

kde Oranžová barva značí náklady na vytápění,  $C_{Vyt} = 23\,260,00$  [Kč],

Modrá barva značí náklady na přípravu teplé vody,  $C_{TV} = 4\,028,00$  [Kč],

Zelená barva značí paušální poplatky,  $C_{Poplatek} = 3\,456,00$  [Kč].

Ceny zemního plynu určují dodavatelské společnosti, proto by bylo vhodné, aby před napojením investor zkontroloval tarify a vybral si podle vlastního uvážení nejvýhodnějšího dodavatele zemního plynu.

## 12. FINANČNÍ ZHODNOCENÍ A NÁVRATNOST INVESTIC

Investice pro rekonstrukci rodinného domu byla nejdříve v zateplení fasády a konstrukcí. Pořízení nového zdroje tepla, zásobníku teplé vody, otopných těles a nových rozvodů otopné vody společně s regulačními prvky u zdroje tepla a otopných těles. Nezbytnou součástí rozpočtu jsou topenářské práce a uvedení do provozu. Vyvložkování komínového průduchu bylo pouze doporučeno a záleží na investrovi, zda se rozhodne pro realizaci. Cena paliva po rekonstrukci byla vybrána od společnosti RWE Energie s.r.o.

Dle tab. 6 můžeme porovnat potřebu paliva před rekonstrukcí a po rekonstrukci.

Tab. 6 Potřeba paliva  $U_C$  [m<sup>3</sup>/rok] před a po rekonstrukci

Potřeba paliva $U_C$ [m <sup>3</sup> /rok]	
Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci
3 700,00	1 910,00

Dle tab. 7 můžeme porovnat roční náklady a úsporu za palivo.

Tab. 7 Roční náklady za palivo  $C_{celkem}$  [Kč]

Roční náklady za palivo $C_{celkem}$ [Kč]	
Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci
48 474,00	30 744,00
Roční úspora za palivo po rekonstrukci [Kč]	
17 730,00	

Náklady na rekonstrukci rodinného domu jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 8 Investice za jednotlivé položky a celková cena investice

Položka	Investice [Kč]
Izolace	215 000,00
Logamax plus GB – 14 kW, Logalux SU160, regulace	61 400,00
Otopná tělesa a příslušenství	64 000,00
Potrubní síť, izolace	10 000,00
Stavební, topenářské práce, zapojení OS	85 000,00
<b>Celkem</b>	<b>435 400,00</b>

Následně z nákladů na rekonstrukci a úspoře ročních nákladů na palivo lze vypočítat návratnost investice dle vztahu (32):

$$\tau_{Návrat} = \frac{Investice}{Úspora} = \frac{435400}{17730} = 24,55 \text{ let.} \quad (32)$$

Návratnost investice je přibližně 24 let a 7 měsíců. Je však třeba zdůraznit fakt, že uvedené ceny v tab. 8 jsou hodnoty ceníkové a skutečná dodavatelská cena může být výrazně nižší. Návratnost investice tak může výrazně klesnout.

### 13. ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabýval rekonstrukcí rodinného řadového domu. V první řadě bylo nutné stanovit tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a určit požadované tloušťky izolačních materiálů dle normy ČSN 73 0540-2, kde hodnoty součinitelů prostupů tepla vycházely pod doporučené hodnoty předem zmíněné normy. Následně bylo nutné určit tepelné ztráty řešeného objektu dle platné normy ČSN EN 12831. Tepelné ztráty byly vypočítány zjednodušenou metodou dle profesora Vaverky. Zdroj tepla a zásobník na přípravu teplé vody byly zvoleny od firmy Buderus a.s.. Zdroj tepla bude kondenzační kotel o výkonu 14 [kW] typ Logamax plus GB – 14 a zásobník teplé vody Logalux SU 160 o objemu 160 [l] od firmy Buderus a.s.. Součástí dodávky bude také regulace od stejné firmy. Regulace byla vybrána s instalovaným čidlem venkovní teploty s korekcí prostorové teploty. Čidlo venkovní teploty bude instalováno na severní straně objektu ve výšce 3 m. Čidlo prostorové teploty bude instalováno v referenční místnosti -102-. Pro pokrytí tepelné ztráty a zajištění tepelné pohody osob byla vybrána otopná tělesa od firmy Korado a.s.. Od této firmy budou nainstalována otopná desková tělesa typu VKL. Těleso má levé spodní zapojení. Dále byla navržena trubková otopná tělesa KORALUX RONDO MAX – M, která jsou instalována v koupelnách. Pro zajištění správné funkčnosti otopných těles bylo nutné stanovit tlakové ztráty potrubní sítě a otopných těles. Po zjištění tlakových ztrát byl vybrán okruh s největší tlakovou ztrátou, který se nachází v místnosti -102-. Ostatní okruhy s otopnými tělesy byly doregulovány pomocí termostatických ventilů, které jsou integrovány v otopných tělesech a také pomocí regulačních šroubení od firmy IVAR CS, spol. s r.o.. Nedílnou součástí je zabezpečovací a pojistné zařízení. Obě tato zařízení jsou instalována do zdroje tepla. Zabezpečovací zařízení v kotli má objem 12 [l]. Expanzní nádoba byla zkontrolována s ohledem na konkrétní otopnou soustavu, kde minimální potřebný objem vychází 2,48 [l]. Tlaková expanzní nádoba instalovaná v kotli je tak pro potřeby dané otopné soustavy plně dostačující. Pojistný ventil disponuje otevíracím přetlakem 300 [kPa]. Potrubí od pojistného zařízení bude svedeno nad odpad, kde bude zajištěna vizuální kontrola a zároveň nesmí ohrozit uživatele. V kotli je rovněž instalováno oběhové čerpadlo, které vyhovuje pracovnímu bodu charakteristiky s hodnotami celkového hmotnostního průtoku 597 [kg/h] a dopravního tlaku 17,3 [kPa]. Dále byla zjištěna potřeba tepla na vytápění 53,10 [GJ] a přípravu teplé vody 15,4 [GJ]. Z těchto hodnot jsem zjistil potřebné množství zemního plynu, které činí 1910 [m<sup>3</sup>]. Pomocí výpočetní techniky na portálu TZB - info.cz byl určen tarif od společnosti RWE Energie s.r.o., kde cena paliva činí  $C_{\text{Celkem}} = 30\,744,00$  [Kč].



Následně jsem mohl provést finanční zhodnocení před a po rekonstrukci. Celková cena investice byla stanovena na 485 400,00 [Kč] (pomocí ceníkových cen) a úspora na energiích činí 17 730,00 [Kč] za rok. Z těchto dvou hodnot lze stanovit dobu návratnosti, která činí přibližně 24 let a 7 měsíců.

**Seznam literatury:**

- [1] ISOVER Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. – Isover TF PROFI [online]. [citace 2015]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/tl-tf-profi-534-cz.pdf>
- [2] Baunit, spol. s r.o. – vápenocementová omítka Baunit manu 2 [online]. [citace 2015]. Dostupné z: <http://www.baunit.cz/upload/592>
- [3] Wienerberger a.s. – produktový katalog obvodového a vnitřního zdiva [online]. [citace 2015]. Dostupné z: <http://www.wienerberger.cz/zdivo>
- [4] ISOVER Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. – Isover UNIROL PROFI [online]. [citace 2015]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/tl-isover-unirof-profi-1463.pdf>
- [5] ISOVER Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. – Isover T [online]. [citace 2015]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/isover-t-94-cz.pdf>
- [6] ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budov – část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [7] ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budov – část 4: Výpočtové metody. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [8] ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [9] Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích. ŠUBRT Roman. TZB - info.cz [online] 2012. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [10] ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu část 7: Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru – základní případy. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [11] BAŠTA, Jiří: Části otopné soustavy. [4. přednáška, Základy vytápění]. Praha 29. 10. 2015.
- [12] BAŠTA, Jiří. Otopné plochy. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. 328 s. ISBN 80-01-02365-6.

- [13] Otopné plochy (II) – Druhy otopných těles, BAŠTA, Jiří, VAVŘIČKA Roman. TZB – info.cz [online] 2006. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>
- [14] KORADO a.s., Česká Třebová. Otopná tělesa typ VKM. Technický katalog deskových otopných těles [online]. 2016. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1454416522.pdf>
- [15] Otopné plochy – teplotnické chování otopné plochy a pohoda prostředí. BAŠTA Jiří. TZB - info.cz [online]. 2006 [citace 2015, obr 2, 16,]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3052-otopne-plochy-uvod-do-problematiky>
- [16] BOHÁČ, Jindřich: Přepoččet tepelného výkonu otopných těles a návrh otopného tělesa. [4. cvičení, Základy vytápění]. Praha 12. 11. 2015.
- [17] BAŠTA, Jiří: Výpočet tlakových ztrát. [6. přednáška, Základy vytápění]. Praha 5. 11. 2015.
- [18] Internetové pomocné tabulky pro stanovení tlakových ztrát potrubí, REINBERK, Zdeněk. FS ČVUT [online]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/reinberk/vypocty/dimtab.php>
- [19] Firma IVAR CS, spol. s r. o.. Regulační a uzavírací šroubení typ Vekoluxivar dvoutrubkový systém. Technický list regulačních a uzavíracích armatur [online]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/regulacni-a-uzaviraci-sroubeni>
- [20] Firma KORADO a.s., Česká Třebová. Stupeň nastavení ventilu typ RADIK VENTIL KOMPAKT. Technický list. [online]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/8-stupnovy-vlozeny-ventil-pro-deskova-otopna-telesa-v-provedeni-ventil-kompakt.pdf>
- [21] Firma Buderus a.s.. Projekční podklady k nástěnným kotlům. Technická list pro kotel Logamax plus GB – 14. [online]. Dostupné z: [http://www.buderus.cz/files/201205180910350.PP\\_GB072\\_GB17\\_GB172T\\_2012\\_CZ.pdf](http://www.buderus.cz/files/201205180910350.PP_GB072_GB17_GB172T_2012_CZ.pdf)
- [22] BAŠTA, Jiří: Kotle pro ústřední vytápění. [11. přednáška, Základy vytápění]. Praha 10. 12. 2015.
- [23] Topenářská příručka 3. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. 378 s. [citace s. 80, obr1,]. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [24] Firma Schiedel, s.r.o., Horoušanská 286 250 81 Nehvizdy. Rekonstrukce komínů. Technické katalogy. [online]. Dostupné z: <http://www.schiedel.cz/cz/schiedel-keranova>

- [25] Metody návrhu zásobníku teplé vody. VAVŘIČKA Roman. TZB - info.cz [online]. 2011 [citace 2015]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- [26] BAŠTA, Jiří: Pojistné a zabezpečovací zařízení. [10. přednáška, Základy vytápění]. Praha 3. 12. 2015.
- [27] BOHÁČ, Jindřich: Výpočet potřeby tepla a paliva, Denostupňová metoda. [3. cvičení, Základy vytápění]. Praha 15. 10. 2015.
- [28] FS ČVUT. Využití zemního plynu ve vytápění. [online]. Praha 2011. Dostupné z: [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/VYT/Plyn\\_ve\\_vytapeni.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/VYT/Plyn_ve_vytapeni.pdf)
- [29] Porovnání nákladů na vytápění. BECHYNĚ Milan a spol.. TZB - info.cz [online]. 2015. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

### **Seznam příloh:**

#### **Přílohy na CD:**

- |  |       |
|--|-------|
| Příloha: 1 Výpočet součinitele prostupu tepla ČSN 73 0540-2/2011 | (xls) |
| Příloha: 2 Výpočet tepelných ztrát dle ČSN 12 831                | (xls) |
| Příloha: 3 Výpočet tlakových ztrát                               | (xls) |
| Příloha: 4 Bakalářská práce – elektronická podoba                | (pdf) |
| Příloha: 5 Výkresová dokumentace                                 | (dwg) |

#### **Seznam výkresové dokumentace:**

- |                      |                                      |          |
|----------------------|--------------------------------------|----------|
| 3 – TŽP – 2016 – 1.1 | RD – 1.NP ROZVODY VYTÁPĚNÍ           | (1 x A2) |
| 3 – TŽP – 2016 – 1.2 | RD – 2.NP ROZVODY VYTÁPĚNÍ           | (1 x A2) |
| 3 – TŽP – 2016 – 1.3 | ROZVINUTÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ            | (4 x A4) |
| 3 – TŽP – 2016 – 1.4 | SCHÉMA ZAPOJENÍ KOTLE A ZÁSOBNÍKU TV | (1 x A3) |