

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vypracovala:**

**Daria Bashkatova**

**Vedoucí práce:**

**prof. Ing. Karel Kabele, CSc.**

**2022/2023**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Bashkatova</u>	Jméno: <u>Daria</u>	Osobní číslo: <u>420317</u>
Zadávací katedra: <u>k11125 TZB</u>		
Studijní program: <u>A+S</u>		
Studijní obor/specializace: <u>A+S</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění bytového domu

Název bakalářské práce anglicky: Apartment house heating

Pokyny pro vypracování:  
Zpracujte projekt vytápění v úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb., obsahující technickou zprávu, výpočet roční potřeby tepla a tepelného výkonu, návrh dimenzí potrubí a otopných ploch, návrh zdroje tepla, půdorysy 1:50 až 1:100, schéma zapojení UT, schéma zapojení zdroje tepla, návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení, návrh přípravy teplé vody .

Seznam doporučené literatury:  
Kabele a kol. : Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010)  
Petráš a kol: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005  
K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov. Vytápění - podklady pro cvičení. Nakladatelství ČVUT 2013;  
J.Bašta, K.Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č.1 - Společnost pro techniku prostředí 2008

Jméno vedoucího bakalářské práce: prof.Ing.Karel Kabele, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 19.9.2022 Termín odevzdání BP v IS KOS: 9.1.2022  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

.....  
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

.....  
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

## **Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma "Vytápění bytového domu" vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne:

podpis:

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat panu prof. Ing. Karlu Kabele, CSc. za profesionální přístup, cenné rady a ochotu při vedení mé bakalářské práce. Také děkuji mé rodině za veškerou podporu a důvěru po celou dobu mého studia.

# **Obsah bakalářské práce**

**Výpočtová část**

**Projektová část**

**Přílohy**

## **Abstrakt**

Předmětem bakalářské práce je návrh řešení vytápění bytového domu. Práce je rozdělena do 2 jednotlivých částí – výpočtové a projektové.

Výpočtová část bakalářské práce popisuje samotný návrh systému vytápění bytového domu na základě norem a předpisů.

Projektová část obsahuje výkresovou dokumentaci pro navržený systém vytápění řešeného bytového domu. Součástí projektové části je také technická zpráva.

Veškeré dílčí výpočty, potřebné pro návrh systému vytápění, jsou obsaženy v přílohách k bakalářské práci.

## **Klíčová slova**

Vytápění, zdroj tepla, tepelné čerpadlo, otopná soustava, otopné těleso

## **Abstract**

The subject of the bachelor's thesis is the design of a heating solution for an apartment building. The work is divided into 2 individual parts – calculation and project.

The calculation part of the bachelor's thesis describes the design of the heating system of the apartment building based on standards and regulations.

The project part contains the drawing documentation for the proposed heating system of the apartment building. The project part also includes a technical report.

All partial calculations needed for the design of the heating system are contained in the appendices to the bachelor's thesis.

## **Keywords**

Heating, heating source, heat pump, heating system, heating element

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VÝPOČTOVÁ ČÁST**

**Vypracovala:**

**Daria Bashkatova**

**Vedoucí práce:**

**prof. Ing. Karel Kabele, CSc.**

**2022/2023**

# Obsah

Úvod	2
1 Příprava teplé vody	3
3 Návrh tepelného čerpadla	5
4 Návrh oběhového čerpadla	6
5 Návrh regulačního ventilu	8
6 Pojistné a zabezpečovací zařízení	9
6.1 Návrh expanzní nádoby	9
7 Návrh třícestného směšovacího ventilu	10
8 Návrh izolace potrubí	11
9 Závěr	12
10 Zdroje	13
11 Seznam obrázků	14
12 Seznam tabulek	15



## Úvod

Nedílným předpokladem pro návrh otopné soustavy zadaného bytového domu ve výpočtové části bakalářské práce slouží dílčí výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností a návrh otopných ploch vhodného výkonu, které jsou součástí „Příloh“. [11]

# 1 Příprava teplé vody

Pro řešený objekt je uvažován zásobníkový ohřev teplé vody. Dle počtu uživatelů bytového domu lze stanovit potřebu teplé vody za den.

Počet osob v bytech: 84

Potřeba TV za časovou periodu  $V_{2p}$ :

pro bytové domy:  $V_{2p} = 0,06 [m^3/osoba \cdot den] = 60 [l/osoba \cdot den]$  (1.1) [3]

$$V_{2p} = 0,06 \cdot 84 = 5,04 [m^3/den]$$

Potřeba tepla odebraného z ohříváče  $E_{2p}$ :

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} [Wh/den] \quad (1.2) [3]$$

Teoretické teplo  $E_{2t}$  pro ohřátí množství  $V_{2p}$ :

$$E_{2t} = V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1) [Wh/den] \quad (1.3) [3]$$

$$E_{2t} = 5,04 \cdot 1000 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10) = 263768,4 [Wh/den] = 263,768 [kWh/den]$$

Teplo ztracené při ohřevu a dopravě TV:

$$E_{2z} = E_{2t} \cdot z [Wh/den] \quad (1.4) [3]$$

$$E_{2z} = 263,768 \cdot 0,5 = 131,884 [kWh/den]$$

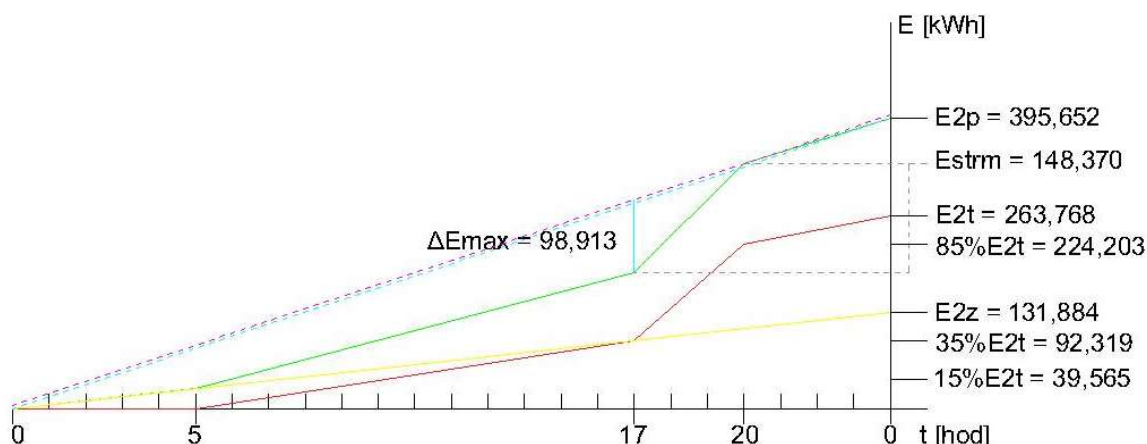
$$E_{2p} = 267,368 + 131,884 = 395,652 [kWh/den]$$

Velikost zásobníku TV:

$$V_z = \frac{\Delta E_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \quad (1.5) [3]$$

$$V_z = \frac{98913}{1000 \cdot 1,163 \cdot (55-10)} = 1,890 [m^3] = 1890 [l]$$

Návrh: zásobník teplé vody Regulus RBC 2000, užitiný objem 1977 l. [5]



Obrázek 1.1 Graf potřeby a dodávky tepla

Nejstrmější časový interval od 17:00 do 20:00 148370 Wh – nutný příkon 49,457 kW.

## 2 Tepelná roční bilance

Tepelnou roční bilanci řešeného objektu lze stanovit z následujících výpočtů:

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody:

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,d} \cdot (55 - t_{svl}) / (55 - t_{svz}) \cdot (N - d) [Wh/rok] \quad (2.1) [3]$$
$$Q_{TV,r} = 395,652 \cdot 216 + 0,8 \cdot 395,652 \cdot (55 - 15) / (55 - 10) \cdot (365 - 216)$$
$$= 127,382 [MWh/rok]$$

Roční potřeba tepla na vytápění je stanovena pomocí denostupňové metody:

$$Q_{VYT,r} = (24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D) / (t_{is} - t_e) [Wh/rok] \quad (2.2) [3]$$
$$Q_{VYT,r} = (24 \cdot 41,206 \cdot 0,674 \cdot 2894,4) / (17,4 - (-12)) = 65,621 [MWh/rok]$$

Celková roční potřeba tepla:

$$Q_R = Q_{VYT,r} + Q_{TV,r} [MWh/rok] \quad (2.3) [3]$$
$$Q_R = 65,621 + 127,382 = 193,003 [MWh/rok]$$

### 3 Návrh tepelného čerpadla

Zdrojem tepla pro řešený objekt je uvažováno tepelné čerpadlo typu země/voda. Pozemek, na kterém je umístěn bytový dům umožňuje rozmístění zemních vrtů.

Tepelné čerpadlo je navrženo na základě potřebného tepelného výkonu na vytápění bytového domu a přípravu teplé vody.

Tepelné ztráty bytového domu jsou spočítané na hodnotu 41,206 kW.

Nutný příkon pro přípravu teplé vody je 49,457 kW.

Přípojnou hodnotu je zvolena jako maximální z hodnot spočítaných v (3.1) a (3.2).

$$Q_{p1} = 0,7 \cdot Q_{tpz} + 1 \cdot Q_{tuv} \quad (3.1) [3]$$

$$Q_{p1} = 0,7 \cdot 41,206 + 1 \cdot 49,457 = 78,301 [kW]$$

$$Q_{p1} = 1 \cdot Q_{tpz} \quad (3.2) [3]$$

$$Q_{p1} = 1 \cdot 41,206 = 41,206 [kW]$$

$$\max(78,301; 41,206) = 78,301 \text{ kW}$$

Návrh: tepelné čerpadlo země/voda Viessmann Vitocal 300-G Pro (BW 301.C090), jmenovitý tepelný výkon je 111 kW, COP = 4,7. [6]

Počet zemních vrtů:

$$Q_{ch} = Q_t - \frac{Q_t}{COP} \quad (3.3) [13]$$

$$Q_{ch} = 111 - \frac{111}{4,7} = 87,383 [kW]$$

Potřebná hloubka vrtu:

$$l = \frac{Q_{ch}}{50} \quad (3.4) [13]$$

$$l = \frac{87383}{50} = 1748 [m]$$

Návrh: 16 vrtů o hloubce 110 m. Vrty budou umístěny západně od řešeného objektu a jsou od sebe vzdálené 5 m.

## 4 Návrh oběhového čerpadla

Otopná soustava řešeného objektu je uvažována s nuceným oběhem teplotnosné látky. Pro nucený oběh je potřeba navrhnout oběhové čerpadlo.

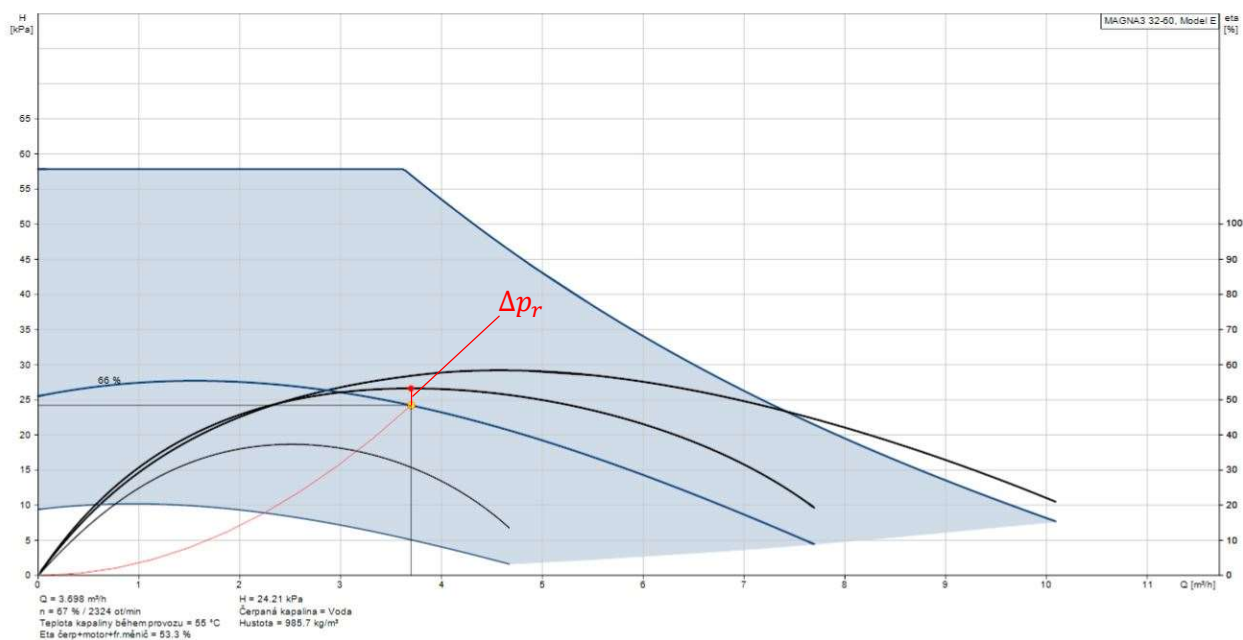
Oběhové čerpadlo pro okruh topení:

$$M_{\dot{c}} = \frac{Q_{\dot{c}}}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)} \quad (4.1) [3]$$

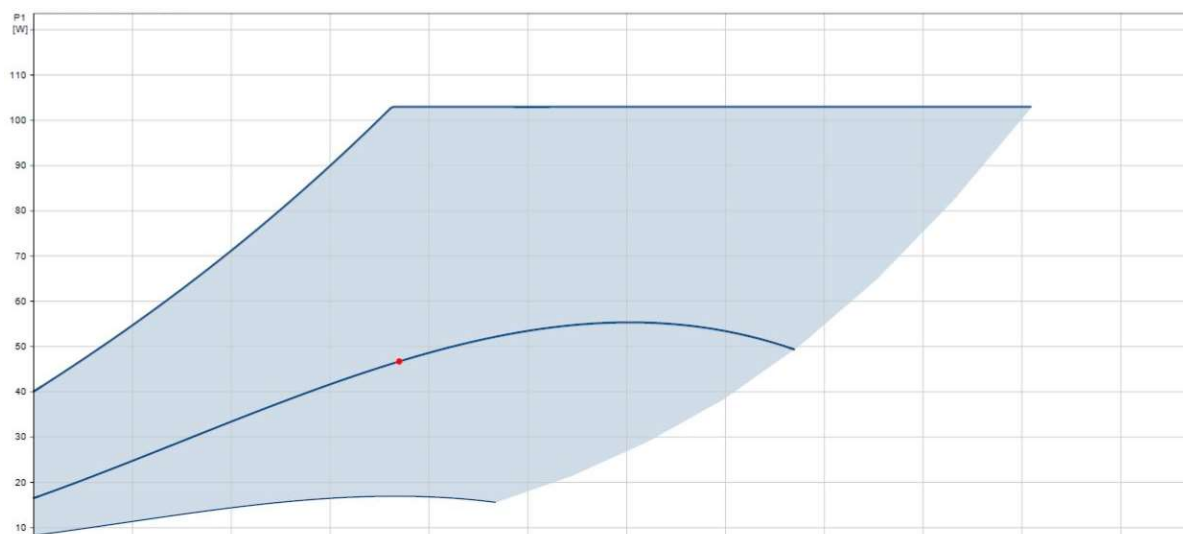
$$M_{\dot{c}} = \frac{42309}{4179 \cdot (55 - 45)} = 1,012 [kg/s]$$

$$V_{\dot{c}} = \frac{M_{\dot{c}}}{\rho_{\dot{c}}} \quad (4.2) [3]$$

$$V_{\dot{c}} = \frac{1,012}{985,7} = 1,027 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 3,698 [m^3/h]$$



Obrázek 4.1 Pracovní bod oběhového čerpadla Magna 32-60 [7]



Obrázek 4.2 Křivka výkonu oběhového čerpadla Magna 32-60 [7]

$$\Delta p_{\xi} = \Delta p_v + \Delta p \quad (4.3) [3]$$

$$\Delta p_{\xi} = 2,13 + 22,08 = 24,21 [kPa]$$

$$\Delta p_r = 26,95 - 24,21 = 2,74 [kPa]$$

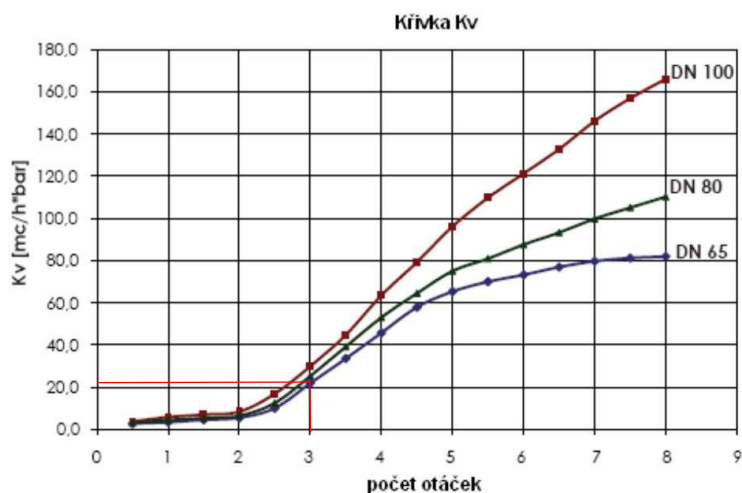
Návrh: oběhové čerpadlo Grundfos Magna 32-60. [7]

## 5 Návrh regulačního ventilu

Tlakové ztráty vedlejších okruhů otopné soustavy musí odpovídat tlakové ztrátě hlavního okruhu. Pro dodržení tohoto pravidla soustava musí být vyregulována regulační armaturou – regulačním ventilem.

$$K_v = 0,01 \cdot \frac{m}{\sqrt{\Delta p_r}} \quad (5.1) [3]$$

$$K_v = 0,01 \cdot \frac{3644,7}{\sqrt{2,74}} = 22,02 [m^3/h]$$



Obrázek 5.1 Nastavení regulačního ventilu [8]

Návrh: regulační ventil BRA.Ekoflux S DN 65 nastaveny na 3 otáčky. [8]

## 6 Pojistné a zabezpečovací zařízení

V teplovodní soustavě může docházet k úniku teplotně nosné látky z důvodu změn objemů. Je potřeba zabezpečit systém pomocí expanzního zařízení.

### 6.1 Návrh expanzní nádoby

Objem vody v otopné soustavě (pro nucený oběh s konvektory):

$$10 [l/kW] = 10 \cdot 42,309 = 423,09 [l]$$

$$V_e = e \cdot \frac{V_{system}}{100} \quad (6.1.1) [3]$$

$$V_e = 1,5 \cdot \frac{423,09}{100} = 6,35 [l]$$

$$V_{exp.min} = (V_e + V_{WR}) \cdot \frac{p_e + 10}{p_e - p_0} \quad (6.1.2) [3]$$

$$V_{WR} = 0,005 \cdot V_e \quad (6.1.3) [3]$$

$$V_{WR} = 0,005 \cdot 6,35 = 0,032 [l]$$

$$p_{ST} = h_{ST} \cdot \rho \cdot g \quad (6.1.4) [3]$$

$$p_{ST} = 18,65 \cdot 985,7 \cdot 9,81 = 180,340 [kPa]$$

Nejnižší provozní přetlak volíme  $p_0 = 210 \text{ kPa}$

$$V_{exp.min} = (6,35 + 0,032) \cdot \frac{280 + 100}{280 - 210} = 34,65 [l]$$

Plnicí přetlak soustavy:

$$p_{a,min} \geq \frac{V_{exp.min} \cdot (p_0 + 100)}{V_{exp.min} - V_{WR}} - 100 \quad (6.1.5) [3]$$

$$p_{a,min} \geq \frac{50 \cdot (210 + 100)}{50 - 0,032} - 100 = 210,2 [kPa]$$

$$p_{a,min} \leq \frac{(p_e + 10)}{1 + \frac{V_e \cdot (p_e + 100)}{V_{exp.min} \cdot (p_0 + 100)}} - 100 \quad (6.1.6) [3]$$

$$p_{a,max} \leq \frac{(280 + 100)}{1 + \frac{6,35 \cdot (280 + 100)}{50 \cdot (210 + 100)}} - 100 = 228,81 [kPa]$$

Počáteční přetlak soustavy volíme 220 kPa.

Minimální vnitřní průměr expanzního potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\Phi_p} \quad (6.1.7) [3]$$

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{111} = 16,3 [mm]$$

Volíme průměr potrubí 18x1,0.



## 7 Návrh třícestného směšovacího ventilu

Pro zajištění potřebné teploty v otopné soustavě se použije třícestný směšovací ventil, který se osazuje na přívodní potrubí a vykonává směšování teplotonosné látky.

$$K_v = 0,01 \cdot \frac{m}{\sqrt{\Delta p_v}} \quad (7.1) [3]$$

$$K_v = 0,01 \cdot \frac{3644,7}{\sqrt{22,083}} = 7,76 [m^3/h]$$

$$\Delta p_v = \left(0,01 \cdot \frac{m}{K_{vs}}\right)^2 \quad (7.2) [3]$$

$$\Delta p_v = \left(0,01 \cdot \frac{3644,7}{25}\right)^2 = 2,13 [kPa]$$

Návrh: třícestný směšovací ventil Regulus LK 840 2.0, 6/4" F, PN 10, DN 40. [9]

## 8 Návrh izolace potrubí

Materiálem potrubí otopné soustavy byla zvolena měď. Potrubí je potřeba izolovat pro snížení tepelných ztrát a teploty povrchu potrubí. [3]

Pro návrh izolace měděného potrubí byla použita kalkulačka na ze zdroje. [10]  
Výpočty pro jednotlivé potrubí jsou znázorněny v části „Přílohy“.

Dimenze potrubí [mm x mm]	Návrh izolace	Tloušťka izolace [mm]
22x1,0	PAROC > Section aluCoat T	30
28x1,5	PAROC > Section aluCoat T	30
35x1,5	PAROC > Section aluCoat T	30
42x1,5	PAROC > Section aluCoat T	40
54x2,0	PAROC > Section aluCoat T	40

Tabulka 8.1 Návrh izolace potrubí [10]

## 9 Závěr

Výpočtová část bakalářské práce obsahuje návrh jednotlivých částí otopné soustavy bytového domu. Na základě dostupných podkladů postupně byly stanoveny tepelné ztráty jednotlivých místností bytového domu a navrženy vhodné otopné plochy, pokrývající potřebu tepelného výkonu. Souběžně s výpočtovou částí byla zpracována projektová část pro potřebu návrhu umístění distribučního potrubí, jeho materiálu, dimenzí a izolace. Byl proveden návrh přípravy teplé vody a spočítána tepelná bilance objektu. V technické místnosti byly navrženy nezbytné součásti otopné soustavy – zdroj tepla, akumulární nádrž, zásobník teplé vody, expanzní nádoba, elektrokotel a veškeré armatury, potřebné pro regulaci a zabezpečení systému. Pro řešení projektu byly zpracovány grafické podklady a technická zpráva, které jsou součástí projektové části bakalářské práce. Dílčí výpočty a použité technické listy výrobců byly pro přehlednost spojeny do části příloh.

## 10 Zdroje

- [1] - BAŠTA, Jiří. *Otopné soustavy teplovodní*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 1998. ISBN 80-02-01254-2
- [2] - KABELE, Karel. *Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění*. 2. vyd. V Praze: ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04722-4
- [3] - KABELE, Karel. *Technická zařízení budov: vytápění-podklady pro cvičení*, [Cit. 28.12.2022]. V Praze: ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05203-7
- [4] - PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. ISBN 80-8076-020-9
- [5] – Regulus s.r.o., Zásobníky teplé vody (bojlery) [online], [Cit. 18.12.2022]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/zasobnik-rbc-2000~1>
- [6] – Viessmann, spol. s r.o., Vitocal 300-G Pro [online], [Cit. 18.12.2022]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelna-cerpadla/velka-tepelna-cerpadla/vitocal-300g-pro.html>
- [7] – Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o., Výrobky a služby [online], [Cit. 28.12.2022]. Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/cz/products/magna/magnaupe-series-2000/magna-32-60-96748493?tab=variant-curves&pumpsystemid=2007173307>
- [8] – IVAR CS spol. s r.o., Uzavírací a vyvažovací ventily [online], [Cit. 28.12.2022]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/prirubovy-uzaviraci-a-vy vazovaci-ventil-p142100/>
- [9] – Regulus s.r.o., Ventily směšovací [online], [Cit. 28.12.2022]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/ventil-smesovaci-tricestny-lk-840-2-0-6-4-f-kvs-25-0>
- [10] – Topinfo s.r.o., Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací [online], [Cit. 20.12.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-ztraty-potrubi-s-izolaci>
- [11] – Webové stránky katedry TZB K125, fakulta stavební, ČVUT v Praze, Projekční podklady a pomůcky [online], [Cit. 10.11.2022]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady>
- [12] - – Topinfo s.r.o., Tepelná čerpadla – schemata: 1. Základní zapojení s akumulacním zásobníkem [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2820-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-i>
- [13] - GEROTop spol. s r.o., Návrh vrtů pro tepelná čerpadla [online], [Cit. 18.12.2022]. Dostupné z: <https://www.gerotop.cz/dimenzovani-hlubinnych-vrtu#:~:text=Vrt%20pro%20tepelna%C3%A9%20C4%8Derpadlo%20%E2%80%93%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD,tvo%C5%99en%C3%BD%20uzav%C5%99en%C3%BDm%20okruhem%20trubn%C3%ADho%20veden%C3%AD>

## 11 Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Graf potřeby a dodávky tepla	3
Obrázek 4.1 Pracovní bod oběhového čerpadla Magna 32-60 [7]	6
Obrázek 4.2 Křivka výkonu oběhového čerpadla Magna 32-60 [7]	6
Obrázek 5.1 Nastavení regulačního ventilu [8]	8

## 12 Seznam tabulek

Tabulka 8.1 Návrh izolace potrubí [10]

11